

# Ingegneri & Ingegneria a Firenze

In occasione dei 50 anni  
(dal 1970-71 al 2020-21)  
degli studi di Ingegneria presso  
l'Ateneo fiorentino

a cura di

Franco Angotti, Giovanni Frosali,  
Giuseppe Pelosi, Marco Pierini

  
FIRENZE  
UNIVERSITY  
PRESS

DIALOGHI CON LA SOCIETÀ

- 3 -



# Ingegneri & Ingegneria a Firenze

In occasione dei 50 anni (dal 1970-71 al 2020-21) degli studi  
di Ingegneria presso l'Ateneo fiorentino

*a cura di*

FRANCO ANGOTTI

GIOVANNI FROSALI

GIUSEPPE PELOSI

MARCO PIERINI

FIRENZE UNIVERSITY PRESS

2021



Ingegneri & Ingegneria a Firenze : in occasione dei 50 anni (dal 1970-71 al 2020-21) degli studi di Ingegneria presso l'Ateneo fiorentino / a cura di Franco Angotti, Giovanni Frosali, Giuseppe Pelosi, Marco Pierini. – Firenze : Firenze University Press, 2021.  
(Dialoghi con la società ; 3)

<https://www.fupress.com/isbn/9788855184335>

ISBN 978-88-5518-432-8 (Print)

ISBN 978-88-5518-433-5 (PDF)

ISBN 978-88-5518-434-2 (XML)

DOI 10.36253/978-88-5518-433-5


Graphic design: Alberto Pizarro Fernández, Lettera Meccanica SRLs  
Front cover: Gabriella Migliore, Università di Firenze

*FUP Best Practice in Scholarly Publishing* (DOI [https://doi.org/10.36253/fup\\_best\\_practice](https://doi.org/10.36253/fup_best_practice))

All publications are submitted to an external refereeing process under the responsibility of the FUP Editorial Board and the Scientific Boards of the series. The works published are evaluated and approved by the Editorial Board of the publishing house, and must be compliant with the Peer review policy, the Open Access, Copyright and Licensing policy and the Publication Ethics and Complaint policy.

Firenze University Press Editorial Board

M. Garzaniti (Editor-in-Chief), M.E. Alberti, F. Vittorio Arrigoni, E. Castellani, F. Ciampi, D. D'Andrea, A. Dolfi, R. Ferrise, A. Lambertini, R. Lanfredini, D. Lippi, G. Mari, A. Mariani, P.M. Mariano, S. Marinai, R. Minuti, P. Nanni, A. Orlandi, I. Palchetti, A. Perulli, G. Pratesi, S. Scaramuzzi, I. Stolzi.

 The online digital edition is published in Open Access on [www.fupress.com](http://www.fupress.com).

Content license: except where otherwise noted, the present work is released under Creative Commons Attribution 4.0 International license (CC BY 4.0: <http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/legalcode>). This license allows you to share any part of the work by any means and format, modify it for any purpose, including commercial, as long as appropriate credit is given to the author, any changes made to the work are indicated and a URL link is provided to the license.

Metadata license: all the metadata are released under the Public Domain Dedication license (CC0 1.0 Universal: <https://creativecommons.org/publicdomain/zero/1.0/legalcode>).

© 2021 Author(s)

Published by Firenze University Press  
Firenze University Press  
Università degli Studi di Firenze  
via Cittadella, 7, 50144 Firenze, Italy  
[www.fupress.com](http://www.fupress.com)

*This book is printed on acid-free paper  
Printed in Italy*

Questo volume è pubblicato con il contributo del Dipartimento di Ingegneria Civile ed Ambientale, del Dipartimento di Ingegneria dell'Informazione, del Dipartimento di Ingegneria Industriale dell'Università di Firenze e dell'Associazione degli Alumni della Scuola di Ingegneria in Santa Marta.





## INDICE

PRESENTAZIONE	XI
<i>Luigi Dei</i>	
PRESENTAZIONE DELLA PRIMA EDIZIONE	XIII
<i>Alberto Tesi</i>	
PREFAZIONE	XV
<i>Franco Angotti, Giovanni Frosali, Giuseppe Pelosi, Marco Pierini</i>	
PARTE I	1
CONTESTO E STRUTTURA	1
Introduzione alla Parte I	3
Firenze avrà la Facoltà di Ingegneria*	5
<i>Enzo Ferroni</i>	
Le tradizioni dell’Ingegneria	15
<i>Giuseppe Francini</i>	
Gli studi di Ingegneria	21
<i>Gaetano Villari</i>	
Tracce del passato	29
Il Collegio Architetti e Ingegneri a Firenze	30
<i>Ferdinando Rossi</i>	
Il biennio propedeutico per l’avviamento agli studi di ingegneria nei documenti dell’Archivio Storico dell’Università di Firenze	34
<i>Leonardo Lucci, Fioranna Salvadori, Stefano Selleri</i>	
Dalla Villa di Montughi alla nuova Scuola di Ingegneria dell’Ateneo fiorentino: storia e analisi progettuale di un complesso monumentale sulle colline di Firenze*	44
<i>Serena Acciai, Alberto Becherini</i>	
Villa Cristina sul colle di Montughi, un percorso per immagini*	49
<i>Luca Brogioni, Monica Fanciulli</i>	
L’emendamento Labouchere, Alan Turing e il complesso di Santa Marta. Ovvero una coincidenza fortuita che fa incrociare Turing con la Scuola di Ingegneria di Firenze*	60
<i>Giacomo Bucci</i>	
Tra ulivi e gechi. Il periodo fiorentino del Nobel per la Fisica Enrico Fermi*	64
<i>Daniele Dominici, Giuseppe Pelosi</i>	
Fermi IEEE Milestone is dedicated at the University of Florence*	65
<i>Enrico Del Re, Giuseppe Pelosi</i>	
L’ingegnere quantistico	68
<i>Massimiliano Pieraccini</i>	
‘La Delibera’ ovvero un racconto breve	70

Dal biennio al triennio degli studi di Ingegneria	73
L'offerta didattica di Ingegneria: dalla Facoltà alla Scuola <i>Marcantonio Catelani</i>	79
Ingegneria in numeri	89
Uno sguardo al futuro, una iniziativa dell'Ateneo per il complesso di Santa Marta* <i>Francesco Napolitano</i>	101
PARTE II	109
ATTORI E PROTAGONISTI	109
Introduzione alla Parte II	111
Le strategie della Facoltà di Ingegneria. Intervista con i Presidi <i>Renato Giannetti</i>	113
Lauree <i>honoris causa</i>	125
1978: Giovanni Sansone – Laurea in Ingegneria Elettronica	125
1980: Nello Carrara – Laurea in Ingegneria Elettronica	129
1981: Giovanni Michelucci – Laurea in Ingegneria Civile	134
1996: Paolo Fresco – Laurea in Ingegneria Meccanica	143
2004: Jean Todt – Laurea in Ingegneria Meccanica	148
I professori emeriti	153
Nuove tendenze dei codici europei nella progettazione strutturale <i>Franco Angotti</i>	154
Un contributo per la crescita della ricerca elettronica a Firenze <i>Carlo Atzeni</i>	167
Il «sacrilegio» dei ponti* <i>Ignazio Becchi</i>	176
Quaranta anni e più di evoluzione dei microprocessori* <i>Giacomo Bucci</i>	190
Immagini e comunicazioni digitali <i>Vito Cappellini</i>	203
Macchine e sistemi per l'energia e l'ambiente a Firenze (e non solo): l'eredità scientifica di Sergio Stecco* <i>Ennio Carnevale</i>	214
Innovare l'Università* <i>Giorgio Federici</i>	218
Sistemi dinamici non lineari: una introduzione <i>Roberto Genesio</i>	227
Una lunga e appassionata storia in Ingegneria fra fluidodinamica e nuove frontiere dell'energia* <i>Francesco Martelli</i>	232
Evoluzione del controllo adattativo nel quarantennio 1970-2010: dall'auto-sintonia nel continuo alla commutazione nel discreto <i>Edoardo Mosca</i>	242
I docenti della Facoltà	247
Tra gli ex-studenti	253

Associazione degli Alumni della Scuola di Ingegneria in Santa Marta* <i>Franco Angotti</i>	257
POSTFAZIONE DELLA PRIMA EDIZIONE <i>Stefano Manetti</i>	261
POSTFAZIONE DEL PRESIDENTE DELLA SCUOLA DI INGEGNERIA <i>Alessandro Fantechi</i>	263
POSTFAZIONE DELLA RETTRICE DELL'UNIVERSITÀ DI FIRENZE <i>Alessandra Petrucci</i>	265
RINGRAZIAMENTI	267
GLI AUTORI	269
I CURATORI	271

\* I contributi segnati con un asterisco sono introdotti in questa seconda edizione. Tutti gli altri contributi, presenti già nella prima edizione *Ingegneri & Ingegneria a Firenze, A quarant'anni dall'istituzione della Facoltà di Ingegneria*, A. Corvi, G. Frosali, E. Paris, G. Pelosi e A. Viviani (a cura di), Firenze University Press, Firenze, 2013, sono stati rivisti ed eventualmente aggiornati.

## INDICE DELLE SCHEDE

Scheda 1 Intervista a Nello Carrara	8
Scheda 2 Giuseppe Francini studente	18
Scheda 3 Luigi Morandi e Radio CORA	41
Scheda 4 Lettera di Vilfredo Pareto a Emilia Peruzzi	55
Scheda 5 Enrico Fermi a Firenze	65
Scheda 6 Cos'è l'IEEE	66
Scheda 7 IEEE <i>Milestone</i> a Santa Marta per Enrico Fermi	67
Scheda 8 Il team di progetto del Laboratorio Sperimentale di Ateneo	97
Scheda 9 Dalla Facoltà alla Scuola di Ingegneria, dai Presidi ai Presidenti	118
Scheda 10 Nello Carrara e le «microonde»	127
Scheda 11 Un percorso espositivo attraverso la tecnologia	197



Alla vigilia dell'Unità d'Italia Firenze è un promettente polo di studi politecnici, grazie all'esperienza del Corpo di Ingegneri di Acque e Strade, alla precocità delle costruzioni ferroviarie, all'importanza del settore minerario, alla solidità d'impianto dell'Istituto Tecnico Toscano. A differenza di ciò che accadde a Milano e a Torino, tuttavia, l'Istituto Tecnico Toscano non fu trasformato in un Politecnico deputato alla formazione degli ingegneri. Le ragioni di questo mancato sviluppo affondano nelle scarse propensioni 'industrialiste' del gruppo dirigente uscito vittorioso dalla 'rivoluzione pacifica' del 1859, nella volontà di autonomia rispetto al sistema scolastico nazionale costruito a norma della legge Casati, in una domanda locale di competenze ingegneristiche meno dinamica del previsto. Prevalsero così i venti di 'normalizzazione' insufflati dal governo, dalle università e dai più prestigiosi Collegi di Ingegneri. Tuttavia Firenze continuò a rappresentare un importante polo tecnologico, specie in rapporto alle infrastrutture ferroviarie, alle opere pubbliche, alle industrie metalmeccaniche (si pensi al Pignone e alla Galileo): ma fu solo a cent'anni dall'Unità che la città divenne sede di una Facoltà di Ingegneria.

[da F. Angotti, G. Pelosi, S. Soldani (a cura di), *Alle radici della moderna ingegneria – Competenze e opportunità nella Firenze dell'Ottocento*, Firenze University Press, Firenze, 2010]



## PRESENTAZIONE

*Luigi Dei*

Rettore dell'Università di Firenze (dal 2015-16 al 2020-21)

È davvero un piacere assistere alla pubblicazione della seconda edizione da parte della Firenze University Press del volume 'Ingegneri & Ingegneria a Firenze - A quaranta anni dell'Istituzione della Facoltà di Ingegneria' che porta il nuovo titolo 'Ingegneri & Ingegneria a Firenze - In occasione dei 50 anni (dal 1970-71 al 2020-21) degli studi di Ingegneria presso l'Ateneo fiorentino' e che s'inserisce nell'ambito delle varie iniziative che hanno celebrato il mezzo secolo di vita della nostra ingegneria universitaria. Mi corre l'obbligo, al quale adempio con entusiasmo e sincera partecipazione, di ringraziare tutte e tutti coloro che hanno contribuito sia alla prima che alla seconda edizione del libro. Mezzo secolo d'ingegneria nella nostra Università: tutto sommato un breve periodo, ma di una intensa e travolgente evoluzione, la cui portata si stenta ancor oggi a realizzare compiutamente. In questi cinquanta anni i cambiamenti del mondo sono stati scanditi in modo clamorosamente emblematico dallo sviluppo delle scienze ingegneristiche e più in generale dalle straordinarie acquisizioni della ricerca scientifica e delle sue innumerevoli e strepitose applicazioni tecnologiche. La rivoluzione informatico-digitale ne è forse l'indice più eclatante, ma non dimentichiamo che in tutti i campi del progresso scientifico-tecnologico si è assistito a qualcosa di eccezionale, il cui esito faticiamo ancora a ben comprendere e storicizzare. In tale contesto si sono sviluppati ed evoluti gli studi ingegneristici presso il nostro Ateneo e il volume li ripercorre con dovizia di particolari, sia riguardo alla qualità e quantità, che per quanto attiene ai vari protagonisti. Ne esce un bellissimo affresco di cui sicuramente possono menar vento gli artefici, ma credo parimenti anche l'intera nostra Accademia. Nei sei anni del mandato rettorale che mi accingo a concludere fra pochi mesi ho avuto modo di apprezzare le varie e multiformi ricerche delle colleghe e dei colleghi di Santa Marta: esse sono il frutto delle loro intelligenze e dei loro talenti, ma anche della tradizione fatta di illustre Maestre e illustri Maestri che il volume giustamente mette in risalto e celebra. Durante la campagna elettorale delle primavere del 2015 ebbi modo di conoscere il nostro mondo accademico di un'Università generalista in modo approfondito e puntuale, scoprendo uno straordinario caleidoscopio di 'bellezze culturali' e di attrici e attori eccezionali, che queste bellezze hanno generato e continuano a generare. Fu allora che mi diletta a scrivere un 'pacchetto' di lodi a tutte le nostre discipline e l'occasione di questa prefazione è ideale per riproporre all'attenzione delle lettrici e dei lettori la lode alle scienze ingegneristiche con la quale concludo queste brevi righe di prefazione.

«Spesso nella vita dobbiamo affrontare il guado di un fiume impetuoso che c'impaurisce e ci rende inermi, arrampicarci su montagne dalle erte pendici ricche di avversità, inventare e costruirci strumenti che rendano la nostra esistenza più lieve e ricca di benessere, correre ed essere veloci per giungere alla mèta dei nostri traguardi e delle nostre ambizioni o desideri. Accade che tutti questi ostacoli possano scoraggiarci e indurci alla rassegnazione e a gettare la spugna, fin quando ... improvvisamente un viadotto toglie incantevolmente le nostre paure, una galleria fora le ostilità del monte, oggetti di precisa e ingegnosa meccanica ci recano agevole floridezza, straordinari marchingegni su due o quattro ruote dileguano l'arrendevolezza e infondono coraggio e vigoria a trecento all'ora. Per non parlare di quell'altra bella storia che dice che c'erano una volta due numeri molto piccoli, anzi uno di essi era il non-numero, lo zero; l'altro, invece, era il più piccolo dei numeri interi, l'uno. Si volevano molto bene ed erano assai tranquilli. Ce n'erano tanti altri, infiniti, più grandi di loro, ma quei due godevano di particolari proprietà, erano molto, molto singolari. In questo tempo, chiamato dei numeri interi, si stava decisamente bene, perché fra un numero e l'altro non c'era niente, nessun estraneo a disturbare: calma e serenità. In questo paese delle meraviglie niente ascensori, solo scale fatte a gradini, ciascun numero occupava uno scalino e non esisteva possibilità di scivolare con continuità. Poi arrivarono le invasioni dei razionali, degli irrazionali, dei complessi e dall'universo del discontinuo e del discreto si passò al mondo dell'infinitesima continuità. Passarono secoli e secoli fin quando accadde che i due piccoli numeri decisero di reinventare la loro esistenza, si avvicinarono, si strizzarono l'occhio e

con un colpo di genio, dandosi la mano miliardi e miliardi di volte cominciarono a cantare una meravigliosa canzone: '0101010001110001001100001'. Tutte le creature della natura rimasero estasiato, perché scoprirono che ogni piccola o grande bellezza poteva essere ricomposta grazie a quei due minuti individui. Fu allora che gli uccellini di tutto il pianeta da quel di iniziarono a cinguettare allegri e gaudenti in un modo che mai nessun aveva sentito: 'bit, bit, bit'! Non ci crederete, ma tutto ciò è stato ed è ingegneria!»

*Firenze, 23 maggio 2021*

## PRESENTAZIONE DELLA PRIMA EDIZIONE

*Alberto Tesi*

Rettore dell'Università di Firenze (dal 2009-10 al 2014-15)

In occasione dei suoi quarant'anni la Facoltà di Ingegneria propone la pubblicazione di questo libro al quale se ne affiancheranno altri tutti dedicati alla storia degli studi di ingegneria a Firenze a partire dalla istituzione dell'Università, avvenuta nel 1924, quando si avviarono anche i corsi del biennio presso la Facoltà di Scienze.

La Facoltà di Ingegneria a Firenze viene istituita nell'anno accademico 1970-71 con due corsi di laurea (Ingegneria Meccanica ed Elettronica) ai quali, nell'anno accademico successivo, si aggiungerà quello in Ingegneria Civile con le 3 sezioni: edile, idraulica e trasporti.

In quegli anni Firenze era uno dei poli industriali più importanti del nostro Paese ed era molto avvertita l'esigenza di poter contare su giovani con formazione adeguata.

Questo anniversario coincide con l'avvio della riforma universitaria che fra l'altro sancisce la soppressione delle Facoltà e l'istituzione delle Scuole: alla Facoltà subentra la Scuola di Ingegneria che prevede un ruolo più attivo dei Dipartimenti nell'organizzazione dell'offerta didattica.

È pertanto evidente che in un momento di così grande trasformazione strutturale dell'Università appare quanto mai importante riflettere e soffermarsi sulla storia, seppur breve, della Facoltà: conoscere da dove si viene per meglio impostare il futuro.

Con la citata riforma i Dipartimenti, già sede della ricerca scientifica, ora più grandi e più omogenei di un tempo, diventano i protagonisti dell'Università per l'accresciuta influenza che possono esercitare anche sull'offerta didattica. Si viene in tal modo a creare un più stretto legame tra offerta didattica e ricerca scientifica.

Questo nuovo modello organizzativo non mancherà, specie nell'area dell'ingegneria, di mostrare i suoi effetti in termini di sviluppo e di innovazione tecnologica con ricadute positive soprattutto nel contesto produttivo dell'area fiorentina.

Quaranta anni fa la Facoltà nasceva per preparare i tecnici richiesti dalle industrie, oggi la Scuola può costituire un importante fattore di sviluppo.

I nuovi Dipartimenti, a cui farà più direttamente riferimento la Scuola di Ingegneria, sono tre: il Dipartimento di Ingegneria dell'Informazione, il Dipartimento di Ingegneria Industriale ed il Dipartimento di Ingegneria Civile e Ambientale.

Sono previste, oltre alla pubblicazione di questo libro dal titolo *Ingegneri & Ingegneria a Firenze*, altre due pubblicazioni anche esse legate alla nostra Facoltà. In particolare, verrà riprodotto – su concessione della Temple University che detiene il manoscritto originale e degli eredi – il libro di Enrico Fermi di *Meccanica Razionale*, contenente le lezioni da lui tenute, dal 1924 al 1926, al biennio propedeutico per l'avviamento agli studi di Ingegneria.

Infine, è prevista anche la pubblicazione del libro *Onde elettromagnetiche* di Nello Carrara, che ha ottenuto – insieme a Giovanni Sansone, Giovanni Michelucci, Paolo Fresco e Jean Todt – una delle poche lauree *honoris causa* in ingegneria date dalla nostra Università.

Spero vivamente che queste pubblicazioni – che contribuiscono alla memoria degli studi di ingegneria nel nostro Ateneo – siano apprezzate anche dagli studenti che potranno così acquisire una maggiore conoscenza della Facoltà che hanno scelto per la loro formazione.

Desidero infine esprimere un sentito ringraziamento ai curatori e a coloro che hanno contribuito a vario titolo a questo libro.

*Firenze, 20 dicembre 2012*



## PREFAZIONE

*Franco Angotti, Giovanni Frosali, Giuseppe Pelosi, Marco Pierini*

Università di Firenze

L'idea di ricordare la nascita e lo sviluppo della Facoltà di Ingegneria dell'Università di Firenze è nata 10 anni fa in occasione del compimento dei suoi 40 anni. Oggi che celebriamo i 50 anni questo volume opportunamente aggiornato svolge una riflessione sui cambiamenti che in questi 10 anni si sono verificati a cominciare dalla applicazione della riforma che ha cambiato radicalmente la struttura universitaria italiana. La Facoltà, luogo di incontro di tutte le componenti essenziali per la formazione degli ingegneri è stata abolita. I Dipartimenti sono così diventati anche sede dell'organizzazione della didattica. È una trasformazione molto rilevante che ha richiesto un intenso impegno di tutti i docenti.

Si è perciò deciso di avviare le celebrazioni dei 50 anni con questo volume che recepisce in gran parte il contenuto della Parte I (Contesto e Struttura) e della Parte II (Attori e Protagonisti) cioè le due parti che sono state maggiormente interessate dalla citata riforma.

Naturalmente gli obiettivi delle due parti sono ora raggiunti con aggiornamenti e ampliamenti raccogliendo nel nuovo volume ricordi e documenti di un periodo attraversato da mutamenti significativi.

La curiosità ed il lavoro di ricerca degli editori e di tanti colleghi hanno allargato progressivamente l'orizzonte per recuperare non solo i contenuti della storia accademica, ma anche quelli della 'storia civile' della Facoltà. La Scuola di Ingegneria ha proseguito non solo il laborioso crescere, affermarsi e consolidarsi nell'Ateneo Fiorentino, ma ne ha rilevato anche le relazioni con il contesto sociale ed economico dove il ruolo degli ingegneri è stato sempre più presente ed incisivo conferendo, in particolare alla città di Firenze, una cultura tecnica evoluta ed in linea con i formidabili progressi tecnologici che hanno caratterizzato e tutt'ora caratterizzano i nostri tempi.

Siamo sicuri che i lettori di questo nuovo volume, che si propone di scrivere un pezzo di storia accademica, potranno in esso ritrovare situazioni nelle quali sono stati protagonisti e/o spettatori.

Gli argomenti trattati sono sviluppati in due grandi filoni: le caratteristiche dell'istituzione (genesì, sviluppo e recente evoluzione), gli attori ed i protagonisti (i Presidi della Facoltà, i laureati *honoris causa*, le lezioni magistrali, i docenti e gli ex-allievi) ed infine spunti storici della sede di Santa Marta e un cenno alla istituzione della Associazione degli Alumni, cioè di tutti i laureati nella Facoltà e poi nella Scuola.

Ciascuna di queste parti, preceduta da una sintetica introduzione, è a sua volta articolata, per rendere più efficace l'esposizione, in sezioni e sottosezioni. I contributi nei quali non compaiono esplicitamente gli autori, sono scritti direttamente dai curatori.

Tutti i dati, comprese le affiliazioni di coloro che hanno contribuito alla stesura dei testi, sono quelle 'fotografate' alla data di pubblicazione del testo.

Il volume presenta molto materiale – spesso inedito come quello fornito dall'Archivio Storico sia del Comune di Firenze sia dell'Istituto Storico Toscano della Resistenza e dell'Età contemporanea sia dell'Università di Firenze – che per la prima volta è stato raccolto nell'ambito di un unico progetto organico.

Rispetto alla prima edizione, in questa seconda edizione sono state introdotte alcune schede (elencate in un indice dedicato) a integrazione di alcuni contributi. La seconda edizione, pur mantenendo le prefazioni e postfazioni della prima, si apre poi con una nuova prefazione del Rettore uscente Luigi Dei e si chiude con una postfazione della Rettrice appena entrata in carica Alessandra Petrucci e dell'attuale Preside della Scuola Alessandro Fantechi.

Occorre poi ricordare che nel 2021 cade anche il settecentesimo anniversario della fondazione dell'Università di Firenze, o *Studium Generale*, fondata nel 1321 e riconosciuta da papa Clemente VI.



Un particolare ringraziamento va ai tre direttori dei dipartimenti dell'area dell'ingegneria: Bruno Facchini, Direttore del Dipartimento di Ingegneria Industriale (DIEF), Claudio Lubello, Direttore del Dipartimento di Ingegneria Civile e Ambientale (DICEA) ed Enrico Vicario, Direttore del Dipartimento di Ingegneria dell'Informazione (DINFO).

## PARTE I

### CONTESTO E STRUTTURA



Lo Studio Fiorentino si trovava a Firenze nell'omonima via dello Studio al n. 1. Lo Studio era l'università aperta nel 1321 come *Studium Generale*, al quale papa Clemente VI concesse gli stessi privilegi di cui godevano le altre università. Nel 1734, nei locali dell'antico Studio, venne trasferita la sede del Collegio Eugenio. 700 anni ci separano dalla nascita di questo *Studium Generale*.



## INTRODUZIONE ALLA PARTE I

Questa parte è dedicata alla struttura della Facoltà ed al contesto nel quale essa si è sviluppata negli anni. È articolata in sei sezioni.

I primi contributi, contenuti nelle prime due sezioni, sono di Enzo Ferroni ( Rettore dell'Università di Firenze) e dei Presidi Giuseppe Francini (ordinario di Elettronica Applicata) e Gaetano Villari (ordinario di Applicazioni di Matematica per l'Elettronica), e sono ripresi, rispettivamente, da una Relazione che il Rettore pubblicò sul *Bollettino dell'Ordine degli Ingegneri*, e da due articoli che gli stessi Presidi hanno pubblicato sui volumi *Storia dell'Ateneo Fiorentino* e *L'Università degli Studi di Firenze, 1924-2004*.

Segue una sezione molto particolare, *Tracce del passato*, che contiene alcuni brevi contributi di tipo storico, che sicuramente attireranno l'interesse e la curiosità del lettore.

La sezione 5 tratta la transizione dal biennio al triennio, giungendo fino ai giorni nostri, riallacciandosi ai contributi di Enzo Ferroni, Giuseppe Francini e Gaetano Villari. Segue la sezione 6, che racconta la transizione all'attuale offerta didattica, l'interruzione della tradizione del ciclo unico dei corsi di laurea di ingegneria, e la sua sostituzione col modello anglosassone di laurea e laurea magistrale.

Questa parte si conclude con un'analisi ed una sintesi efficace dell'evoluzione della dimensione della Facoltà negli anni, con le sezioni 6 e 7: *L'offerta didattica di Ingegneria: della Facoltà alla Scuola e Ingegneria in numeri*, entrambe riedite dalla prima edizione e quindi limitate ai primi quarant'anni.

Infine la sezione 8 dà uno sguardo al possibile futuro, edilizio, del complesso di Santa Marta.



## FIRENZE AVRÀ LA FACOLTÀ DI INGEGNERIA\*

*Enzo Ferroni*

Relazione del prof. Enzo Ferroni ( Rettore dell'Università di Firenze dal 1976-77 al 1978-79) sulla Facoltà di Ingegneria di Firenze tenuta al Collegio Ingegneri di Firenze e Toscana il 9 Dicembre 1971 e pubblicata sul Bollettino dell'Ordine degli Ingegneri, n. 2-3, anno XIX, marzo 1971

Magnifico Rettore, Signori, ringrazio vivamente il Presidente per l'immeritata presentazione ma, con permesso vorrei presentarmi dicendo che stasera nel Collegio degli Ingegneri c'è un intruso, cioè un non-ingegnere. Un intruso, nel senso che ritengo l'ingegneria (come la chimica o qualsiasi altra disciplina) una mentalità che si può acquisire con una sequenza annosa di esercitazioni e di studi in palestre diverse.

Comunque, non mi ritengo molto distante dalla mentalità dell'ingegnere per un marcato atteggiamento pragmatistico, sebbene, senta prevalente l'impostazione della Facoltà di Scienze e mi piaccia rimanere tra coloro che si vantano di essere sulle frontiere della conoscenza e che si prefiggono pertanto lo scopo di studiare proprio quello che non si capisce per incrementare gli elementi della conoscenza là dove sono man-chevoli.

Illustrare il profilo della lunga odissea vissuta per la istituzione della Facoltà di Ingegneria a Firenze è cosa ardua e lunga ma io sarò breve e semplice tant'è vero che ho pregato il Signor Presidente di annunciare questa mia chiacchierata come una conversazione e non come una conferenza.

Innanzitutto, quali le premesse? È a me gradito e doveroso ricordare il lavoro lodevolissimo svolto dalla Facoltà di Scienze e i suoi principali interpreti, fra cui il prof. G. Carobbi (qui presente), il prof. G. Sestini, il prof. G. Speroni, il prof. N. Carrara, il prof. G. Toraldo ed Altri. Tale lavoro è stato tessuto sempre con piena convinzione e costantemente teso verso un fine preciso, direi un compito tradizionale della Facoltà di Scienze: portare a battesimo la Facoltà di Ingegneria.

Sono state stilate relazioni precise, proposte sensate, concise mozioni e sentiti voti sollecitando l'attenzione delle Autorità Accademiche e Ministeriali nonché quelle dei Parlamentari, finché - tra promesse formali ed effettiva indifferenza - siano giunti alla situazione degli anni 1968/69.

Prima di tutto è opportuno meditare sulla situazione a monte della Università e in particolare sulla evoluzione spontanea della Scuola in Toscana. Se consideriamo il valoroso studio svolto dal Centro Studi Investimenti Sociali, riferendoci a certi indici percentuali, possiamo evidenziare dei fatti assai interessanti: nella istruzione classica si ha un notevole decremento mentre un incremento notevolissimo si avverte nella istruzione tecnica e professionale. Visto che siamo al Collegio degli Ingegneri sarà bene parlare con i numeri. La percentuale di iscrizione assorbita dall'istruzione tecnica passa dal 29% nel 53/54 al 39% nel 61/62. All'interno degli Istituti tecnici la propensione è andata sempre più accentuandosi verso l'indirizzo industriale, il cui relativo valore percentuale passa dal 5,8% nell'anno 53/54 al 18,7% nel 62/63. Lo studio sulla situazione italiana attuale e sulle previsioni immediate porta a risultati di notevole interesse: gli studi di tipo tecnico e professionale assorbiranno nel 75/76 il 74% delle nuove leve dell'istruzione media superiore e di tale valore il 40% circa si riferisce all'istruzione tecnica e il 33% a quella professionale.

Sono dei numeri che non possono interessare solo e soltanto le divisioni dell'Istruzione tecnica della Scuola media, ma debbono necessariamente interessare l'Università in quanto elementi essenziali per una

---

\* Contributo introdotto in questa seconda edizione.

valida programmazione e sopra-tutto per predisporre le strutture al recepimento di un così alto numero di giovani.

Nel proseguire l'elenco dei motivi che ci hanno indotto ad accelerare i tempi per addivenire all'istituzione della Facoltà di Ingegneria, gradirei cogliere la Vostra attenzione su un altro importante problema. L'assenza di una Facoltà, qualunque essa sia in qualsiasi Sede, (per es. la mancanza del triennio di applicazione di Ingegneria a Firenze) fa sì che molti giovani ben sapendo che dovranno andare (dopo il biennio) in altre Sedi più o meno lontane, molte volte e talvolta per difficoltà economiche vengono meno ai loro intenti e scelgono un'altra strada. Se il compromesso è purtroppo tante volte considerato elemento di apprezzata maturità, e certo che non è né bello né giusto che esso sia dei giovani. Evidentemente dal compromesso derivano gli effetti del compromesso e quando non si prende una strada con entusiasmo cioè con convinzione i risultati non sono sempre brillanti.

Pertanto, spesso numerosi giovani frequentano dei corsi non congeniali alla loro propensione spontanea e così facendo e magari senza rendersene conto incrementano la già alta viscosità di tutta l'attività didattica con particolare riguardo ai laboratori delle esercitazioni.

È un fatto grave a sé stante e per gli effetti che esso produce.

Un altro elemento di disagio è presentato dalla particolare posizione di subalternanza dei bienni propedeutici isolati rispetto alle Sedi dove si svolge l'intero corso di laurea.

Come Voi sapete gli ordinamenti delle Facoltà di Ingegneria prevedono un certo numero di insegnamenti obbligatori e di corsi complementari in Sede locale e questi sono discretamente variabili da Sede a Sede. Pertanto, per venire incontro agli studenti del biennio propedeutico di Firenze sarebbe stato necessario programmare ed attivare circa una trentina di corsi per offrire agli studenti - attraverso le possibili combinazioni - la possibilità di essere accolti al 3° di Ingegneria nelle varie Sedi italiane. evidente che, per tante ragioni, ciò non è possibile farlo.

Ai problemi connessi all'incrementato numero degli studenti, alla giustezza di offrire loro ogni possibilità di studio, alla strana amorfa situazione in cui vengono a trovarsi i bienni propedeutici isolati, altri nuovi e non secondari problemi si aggiungono quali ad es.:

- 1) Come è noto, la legge 910 consente la liberalizzazione dei piani di studio ovvero permette allo studente di formulare un proprio piano di studi (sulla base degli insegnamenti attivati in quella Sede universitaria). I Consigli di Facoltà sono chiamati ad approvare o meno tali piani o comunque a proporre modifiche ad essi in base al contenuto culturale e all'orientamento professionale che lo studente dichiara di voler perseguire.  
È evidente che un piano sensato deve necessariamente comprendere tutto l'arco degli studi universitari. Ne consegue che gli studenti di un biennio propedeutico isolato - che pur essi hanno il diritto di ogni altro cittadino di usufruire di quanto le normative di legge loro concedono - non possono praticamente formulare un piano di studi organico.
- 2) Con sempre maggiore frequenza si parla di un'altra liberalizzazione: l'accesso all'Università. È intuibile l'effetto e quindi la giustezza che l'Università cooperi alla predisposizione delle strutture necessarie per essere prontamente coerenti alle nuove esigenze.

Quanto fin'ora sinteticamente ricordato è più che sufficiente, a mio avviso, per riconfermare l'impegno della Facoltà di Scienze e l'opportunità di accelerare i tempi per addivenire all'istituzione del triennio di applicazione d'Ingegneria a Firenze. Il problema si potrebbe inquadrare in una normale modifica di statuto. Ma non si trattava per es. di aggiungere un nuovo corso complementare ai già numerosi in ogni corso di laurea oppure a precisare meglio la denominazione di un insegnamento.

In questi casi la prassi è nota, la soluzione è scontata e non si sente il bisogno di scomodare nessuno né cercare elementi di conforto alla propria convinzione: la proposta della Facoltà approvata dal Senato accademico e inviata al Superiore Ministero e dopo un certo tempo - talvolta sufficiente a far dimenticare la questione proposta - si notifica sulla Gazzetta Ufficiale in modifica ad un certo articolo dello statuto.

Proporre, quale modifica di statuto, l'istituzione del triennio di applicazione di ingegneria è cosa assai diversa perché essa implica un gravoso impegno finanziario, sottintende un piano edilizio e soprattutto perché non può essere solo un problema didattico di pertinenza formale dell'Ateneo, ma implica evidentemente gli interessi della comunità tutta.



Pertanto, nell'impostare un piano di studi o nell'adombrare un indirizzo di qualificazione è necessario, giusto ed opportuno prescegliere dei criteri non settoriali né occasionali. Sarebbe stato criticabile - a mio avviso - richiedere per Firenze l'istituzione del triennio di applicazione di Ingegneria tutte le specializzazioni previste dalla legge che presiede al suo attuale ordinamento (DPR n. 53 del 31-1-1960) compresa quindi in navale; oppure, inserire qualche indirizzo moderno, come la missilistica, proprio per dare un tono di attualità o la bionica - in cui fermamente credo - anche ben sapendo della difficoltà o per meglio dire della impossibilità almeno attuale di reperire un valido corpo docente.

Evidentemente per prima cosa ho meditato sull'annoso lavoro fatto dalla Facoltà, sul giudizio dei Colleghi e quindi sulla validità dei piani formulati. Ma ho altresì ritenuto opportuno guardarmi intorno per considerare in situazione operativa attuale e valutare (con un compromesso fra cautele e moderato ottimismo) quella potenziale del territorio, con particolare riguardo alla Toscana non litoranea. Pertanto, ho attentamente considerato gli atti del Comitato Regionale per la programmazione economica della Toscana e per agevolare i lavori della Commissione rettorale per la istituenda Facoltà ho preso contatto - a nome del Rettore - con gli esponenti dell'attività operativa di Arezzo, Pistoia, Prato e Siena al fine di reperire ulteriori elementi conoscitivi; il tutto inteso a rilevare le zone d'ombra o di penombra su cui richiamare l'attenzione delle Scuole di Ingegneria.

Una pregiudiziale è apparsa operativa: complementare l'attività degli Atenei vicini, rilevando in particolare proprio quelle tematiche non coperte (o parzialmente coperte) dai loro programmi in modo da poter offrire ai giovani studenti la possibilità di scegliere la Sede in base alle loro attitudini: offrendo loro, in sintesi, un più largo spettro di possibilità applicative.

Ciò è chiaramente sottolineato nell'impostazione del C.R.P.E.T. e trova evidenti basi logiche, didattiche, economiche e sociali.

Il non ricalcare i programmi degli studi degli Atenei di Pisa e di Bologna - nonostante le gloriose tradizioni delle loro Scuole di Ingegneria - rappresentava una scomoda necessità ma una valida impostazione. Tutto ciò evidentemente non riguarda i contenuti di quelle discipline veramente fondamentali (e pertanto obbligatorie su piano nazionale) che conferiscono ad un giovane studioso il bagaglio culturale proprio di un Ingegnere, qualunque sia la sua classificazione.

La volontà di uscire da schemi didattici e considerare l'opportunità e la giustizia di cercare le zone d'ombra o di penombra, cioè di richiamare l'attenzione dei docenti e degli studenti su quelle tematiche che non sono coltivate o sono parzialmente considerate nelle Università, ma che invece trovano concreta corrispondenza nelle attività operative del territorio o possono, per considerazioni diverse, avere una potenziale possibilità di inserirsi ed emergere sulla fronte del lavoro, rappresenta - a mio avviso - un atto magari tardivo di deferenza all'attività operativa.

È con questo atteggiamento che ho iniziato uno studio di ricerca, recependo statistiche e informazioni e, com'è nella prassi di uno sperimentale, ho voluto altresì constatare situazioni e fatti per poi meditare su quelli, sempre cercando di inquadrare la realtà attuale delle cose, distintamente dalla potenziale sua evoluzione.

In questa ricerca ho potuto constatare e confermare quanto asserito dal C.R.P.E.T. (i lineamenti di un primo schema di sviluppo): molte industrie hanno in Toscana una origine artigiana. Spesso la loro produzione si articola con una attrezzatura produttiva vecchia e tecnologicamente superata e talvolta attraverso procedimenti empirici.

Vi tralascio le fasi di questo studio e quindi i rari momenti di soddisfazione che la convinzione ci dona e i tanti di perplessità che l'incertezza apporta. La stesura di questo studio costituì per me una impegnativa «tesina di compilazione» che presentai al Consiglio della Facoltà di Scienze.

Vi illustrerò ora, sinteticamente, gli aspetti essenziali dei programmi:

### *Triennio di applicazione in Ingegneria Chimica*

Nel territorio non litoraneo della Toscana, nell'ambito vastissimo della Chimica, emergono almeno 3 zone in cui è giusto doveroso e opportuno richiamare l'attenzione delle scuole di Ingegneria: 1) La Chimica Tessile; 2) La Tecnologia del vetro e dei materiali ceramici; 3) La Metallurgia speciale. L'industria tessile trova in Prato un fulcro di notevole attenzione.

È evidente che se l'Università vuole effettivamente aprire un aperto colloquio con l'attività operativa, considerandosi paritetica-mente come componente del progresso economico e sociale, essa dovrà non solo preparare dei bravi tecnici esecutivi, ma soprattutto richiamare l'attenzione dei docenti su quelle problematiche di ricerca che possono effettivamente portare ad un salto qualitativo nelle tecnologie delle fibre, nelle tecniche tintorie e in genere nelle tecnologie special dell'industria tessile.

Una notevole attività, nella valle dell'Arno, è presentata dall'Industria Vetro-Ceramica. Come ho avuto modo di constatare, l'industria vetraria in particolare è pressoché al livello elementare e artigianale. Però, le nostre maestranze sanno dare al fuso amorfo colore e forma che riscuotono spontaneo gradimento; per cui, eccettuati s'intende i manufatti di serie assorbiti nell'industria enologica, la produzione trova facile diffusione. Il futuro sviluppo di questo campo di attività è strettamente conseguente all'affinamento delle tecnologie del vetro che da tanto tempo s'impone. Pertanto, la problematica dello stato vetroso e lo studio delle tecnologie relative debbono doverosamente trovare spazio nei programmi didattici e nell'attività di ricerca di un dipartimento di Ingegneria Chimica in Toscana. Lo stesso dicasi per quanto riguarda i prodotti ceramici,

in quanto proprio da questi materiali gli ambienti più qualificati della ricerca attendono validi contributi nelle applicazioni più diverse, non ultime nell'Elettronica e nella Missilistica.

Un altro vasto campo di attività e di interesse è rappresentato dalla Metallurgia e della Elettrometallurgia, con speciale riguardo al Rame e leghe di Rame e all'Oro e metalli preziosi. Oltre a questi che pur necessitano per il loro stesso divenire di un profondo affinamento tecnologico, deve essere preso in considerazione un altro campo della metallurgia: quello dei metalli speciali quali ad es. il Titanio, e lo Zirconio sui quali converge, da tante parti, una viva interessata attenzione.

La tecnologia del Titanio e dello Zirconio non è seguita né in Toscana né praticamente in Italia. La studio di questi elementi delle loro leghe, delle tecnologie relative, delle attese applicazioni rappresenta pertanto una proposta per una attività futura che trova - a mio avviso - in Toscana, premesse potenziali favorevoli.

#### SCHEDA 1

#### INTERVISTA A NELLO CARRARA

Nello Carrara fu tra i padri fondatori della Facoltà – oggi Scuola – di Ingegneria di Firenze. Riportiamo qui di seguito alcune sue parole di un'intervista rilasciata ad età oramai molto avanzata<sup>1</sup>



Un anziano Nello Carrara intervistato da Giuliano Carrara. L'intervista completa è disponibile su <https://www.youtube.com/watch?v=FJZyvj-FKeM>

*Aggiungerò che ho preso anche un'altra iniziativa in questo periodo<sup>2</sup>, a Firenze non c'era la Facoltà di Ingegneria. Quelli che dovevano studiare Ingegneria, compresi i miei figlioli, son dovuti andare altrove. In quel periodo in cui realizzai il Centro Microonde riuscii anche, con l'appoggio del Consiglio d'Amministrazione dell'Università, a fondare anche la Facoltà di Ingegneria a Firenze; sicché è nata anche la Facoltà di Ingegneria per iniziativa mia.*

Nello Carrara, a partire dal minuto 13 e 5 secondi dell'intervista.

<sup>1</sup> Nel video non vi sono indicazioni di date ma Nello Carrara dice di essere stato presidente della SMA fino a due anni prima. L'intervista ha quindi avuto luogo nel 1985 circa.

<sup>2</sup> Nello Carrara si riferisce ai tardi anni '60, inizio anni '70 ed all'inizio dello sviluppo dei radar da parte della SMA, azienda già esistente ma fino ad allora operante nel campo dei fari e fanali.

Pertanto, si è ritenuto giusto nel formulare piani di studio del triennio di applicazione di Ingegneria chimica offrire un decoroso spazio di attenzione alla metallurgia.

#### *Triennio di applicazione di ingegneria meccanica*

È facile in Toscana pensare all'Ingegneria meccanica per la polarizzazione spontanea che i Toscani hanno per la meccanica. Chi mi conosce sa che non è da me che è da attendersi su questa tema una facile retorica che cominci da e con Leonardo da Vinci.

Mi riferisco invece alla vasta attività di tantissimi che portano un validissimo contributo all'economia generale. Dobbiamo in particolare tenere presente gli insediamenti industriali nell'ambito della meccanica, come ad es. - per quanto riguarda Firenze - le Officine Galileo e il Nuovo Pignone.

Anche in questo caso, sempre mantenendo saldo il gruppo di materie istituzionali che conferiscono per il loro contenuto quella deformazione mentale che trasforma un diplomato delle Scuole superiori in un Ingegnere, ho ritenuto opportuno considerare due indirizzi: la meccanica di precisione e la meccanica tessile.

Il primo è confortato fra l'altro dall'attività dell'Istituto Nazionale di Ottica che ha sede a Firenze; l'altro, complementa l'indirizzo tessile del triennio di applicazione di Ingegneria Chimica in quanto, com'è noto, le macchine tessili non sono solo l'affinamento del telaio di Penelope, ma costituiscono oggi un complesso di macchine e apparecchiature che implicano una vasta ed affinata preparazione.

#### *Triennio di applicazione di Ingegneria Elettronica*

La giustezza di inserire nel piano didattico dell'Ingegneria a Firenze l'indirizzo elettrotecnico è stata confortata dal piacere e dal dovere di compiere un atto di sentita deferenza all'Opera svolta da Nello Carrara.

Come Voi sapete il prof. Nello Carrara, che purtroppo ha lasciato da pochi giorni l'attività didattica, ha nucleato a Firenze un valoroso centro di studi che si è sviluppato nel tempo, sotto la Sua direzione, fino alla costituzione dell'Istituto Nazionale di Microonde che oggi si è affermato in Italia e nel Mondo.

L'ingegneria elettronica potrà trovar nell'istituto Nazionale di Microonde un validissimo appoggio. Per questa collaborazione è possibile offrire ai giovani indirizzi moderni, quali quello delle telecomunicazioni, della radiolocalizzazione e della elaborazione delle informazioni.

Evidentemente per quanto riguarda alcuni aspetti quelli ad es. di radiolocalizzazione e le telecomunicazioni, dobbiamo con piacere ricordare che Firenze è sede dell'Istituto Geografico Militare.

Questi, in sintesi, gli aspetti più salienti che caratterizzano i piani di studi del triennio di applicazione di Ingegneria a Firenze.

Mi è particolarmente gradito leggerVi il verdetto del Consiglio della Facoltà di Scienze dal verbale della seduta del 23 Ottobre 1969:

Il Preside annuncia di aver steso una esauriente relazione sulla indifferibile necessità di istituire un triennio di applicazione di Ingegneria, di aver compilato documentate proposte per i piani di studio in Ingegneria Chimica, Ingegneria Meccanica e Ingegneria Elettronica (con la valida collaborazione del prof. N. Carrara); nonché infine un progetto di attuazione riguardante il piano edilizio, i dipartimenti, le cattedre e le Scuole di armonia ai capitoli dei loro statuti e della loro rela-<sup>1</sup>.

Il Consiglio della Facoltà di Scienze Matematiche, Fisiche e Naturali, udita la relazione del Preside, concorda ad unanimità sull'urgenza e sulla utilità del completamento degli studi di Ingegneria per i corsi di laurea in Ingegneria Chimica, Ingegneria Meccanica e Ingegneria Elettronica e dà mandato al Preside di proseguire nell'opera intrapresa, agevolando il Magnifico Rettore per addivenire ad una convergenza operativa degli intenti e degli interessi della Università, dell'Industria e di ogni altro Ente responsabile dello sviluppo sociale, culturale ed economico della Toscana.

Mi è particolarmente gradito sottolineare il contributo valido, cioè serio, operativo e responsabile, degli studenti del biennio d'ingegneria, perché la mia relazione che, ad unanimità, fu recepita e fatta propria della Facoltà di Scienze, fu oggetto di studio e di critica proprio e direi giustamente da parte degli studenti.

La loro proposta, chiaramente motivata, di aggiungere ai 3 indirizzi prima illustrati, quello dell'Ingegneria Civile, fu recepita dal Consiglio di Facoltà, che nella Seduta del 12 Maggio 1970 così si esprime:

---

<sup>1</sup> La frase è troncata nella pubblicazione originale sul Bollettino.

Gli studenti del biennio (circa 700) hanno - per autonoma e responsabile iniziativa - discusso ed apprezzato il progetto della Facoltà, chiedendo però, con precise motivazioni coerenti alla biunivoca correlazione fra Università e Territorio Regionale, di inserire l'Ingegneria Civile. Il Consiglio di Facoltà ha recepito tale necessità che integra e completa il progetto di istituzione.

### *Triennio di applicazione di Ingegneria Civile*

Il piano di studi non si differenzia sostanzialmente dal profilo tradizionale. Voi sapete meglio di me che l'ingegneria civile si articola su tre precisi notissimi indirizzi: l'edilizia, l'idraulica, e i trasporti.

Per quanto riguarda l'edilizia si dovrà necessariamente tener conto dell'attività della Facoltà di Architettura, auspicando uno spontaneo chiaro senso di biunivoca collaborazione, Per l'idraulica si potrebbe dire tante cose, ma la vicinanza dell'Arno mi esenta da facili prose. Per i trasporti, mi è gradito ricordare che Firenze è Sede del Servizio Materiale e Trazione delle Ferrovie dello Stato.

Proprio tenendo presente che i dipartimenti di Ingegneria sono impostati non come strutture chiuse ma vogliono invece essere considerati elementi propulsori dell'attività operativa del territorio ho adombrato qualche idea sulle Scuole di Specializzazione.

Ciò potrebbe essere ritenuto prematuro in quanto solo dopo l'effettivo completamento del triennio il problema può divenire attuale.

Ciò è vero se quando si parla di Scuole di Specializzazione si intende una sequenza di insegnamenti post-laurea su problematiche specifiche e definite, di durata assai variabile e di livello generalmente alto come compete a dei neo-laureati che ambiscono ad affinare la loro preparazione in un preciso campo teorico o applicativo. Questo tipo di Scuole ci saranno, a suo tempo.

Non è di questo che voglio parlarVi ma bensì del tipo di Scuola di Specializzazione intesa diversamente, come ho voluto sottolineare nella mia relazione al Consiglio di Facoltà di Scienze.

Ho ritenuto opportuno richiamare l'attenzione sulle diverse finalità di una Scuola di Specializzazione intesa non a valle, ma bensì a monte degli studi universitari. Tale proposta è confortata in me dall'attività degli Istituti tecnici. Mi riferisco ad es. alla Leonardo da Vinci e al Meucci di Firenze, al Buzzi di Prato, all'Istituto Tecnico di Arezzo a quello per Elettronici di Bibbiena, ecc.

Tali scuole di specializzazione dovrebbero avere il compito di affinare la preparazione dei tecnici diplomati, di svolgere corsi di aggiornamento per il personale docente, di iniziare collaborazioni nella ricerca tecnologica con personale degli Istituti Tecnici e dei Dipartimenti di Ingegneria in modo da lavorare insieme sullo stesso argomento. Ho motivo di ritenere che ciò potrebbe essere altamente positivo soprattutto per creare una necessaria sutura fra l'attività degli Istituti Tecnici e quella dei Dipartimenti di Ingegneria.

Stilare dei programmi sensati in base alle pregiudiziali assunte che traggono conforto dalla sentita convinzione di aprire finalmente un colloquio aperto responsabile e operativo fra Università e Territorio, non è sufficiente perché tutto ciò deve passare dal piano delle volontà a quello più concreto delle azioni.

L'Università attraverso i suoi Organi può avanzare formale richiesta di modifica di statuto chiedendo al Ministero ciò che è di sua competenza e cioè il numero delle cattedre, quello degli Assistenti, quello dei Tecnici per iniziare il I anno di applicazione; nonché contributi per attrezzature didattiche e scientifiche.

Per quanta sopra detto, tali formali richieste dovevano necessariamente essere confortate, non solo da un assenso formale, da un facile gratuito plauso, ma dalla dimostrazione che gli Enti responsabili dell'attività Industriale ed economica sono veramente interessanti alla istituzione del triennio di applicazione di Ingegneria, strutturato con quei precisi piani, in quanta la nuova Facoltà - inserendosi nelle prospettive della programmazione economica del territorio regionale - tende non solo ad incrementare il livello culturale, ma soprattutto ad offrire un centro propulsore che colmi quel reale disagio tecnologico che da tempo impone uno sforzo congiunto dell'Università e dell'Industria.

Nella commissione rettorale emerge l'opportunità di prendere contatto con le Associazioni Industriali e con le Camere di Commercio. Mi è gradito sottolineare - proprio in quanto figlio di un artigiano e quindi proveniente dal terzo stato - che con ciò non si voleva assolutamente trascurare l'importanza sempre più essenziale che le Organizzazioni del Lavoro hanno nell'attività operativa del Territorio e del Paese. Si trattava però di concretizzare degli apporti economici a dimostrazione delle convinzioni recepite.

Mi è gradito sottolineare di aver ricevuto una viva attenzione ed un sentito plauso da parte dei responsabili esponenti delle Camere di Commercio e delle Associazioni Industriali delle province di Arezzo, Firenze, Pistoia, Siena e dell'Unione Industriale Pratese. Dai colloqui intercorsi fra detti esponenti e i membri

della Commissione rettorale presieduta dal. Magnifico Rettore è stato adombrato un piano economico e previste le partecipazioni globali di tali Enti.

Tali partecipazioni dovranno essere dai Competenti Organi ratificate nelle forme (a me ignote) compatibili con gli statuti di tali Enti e quindi in armonia ai capitoli dei loro Statuti e delta loro relativa autonomia.

Mi è gradito altresì sottolineare la positiva valutazione del progetto della Facoltà espresso da un competente organo nazionale di consultazione programmatica quale il Centro di Studi Investimenti Sociali. Mi è gradito ricordare infine dell'occasione offertami dalle riunioni preparatorie l'organizzazione del Convegno «Università e Regione» nucleato per iniziativa dell'Associazione Nazionale Comuni Italiani. Anche in quella Sede, i motivi e le pregiudiziali assunte della Facoltà di Scienze - tesi a realizzare il completamento degli studi di Ingegneria a Firenze, il cui biennio compare nello Statuto dell'Università fino dal 1925 - furono recepiti senza riserve.

Tutto ciò ci fu di conforto, tenendo purtroppo presente la pesante indifferenza ostentatamente offerta da tanti e talvolta da molti giovani, eccetto – s'intende gli studenti del biennio di Ingegneria.

Comunque si fu in grado di adombrare un piano economico, evidenziando le convergenze degli intenti e dei possibili contributi, non dimenticando, per quanta riguarda il piano edilizio l'ovvia necessità di inserire i dipartimenti di Ingegneria nel piano edilizio generale dell'Ateneo fiorentino. Mi auguro vivamente che questo possa avere rapida attuazione coronando le attese di tanti e in particolare di coloro, me compreso, tante volte disillusi. Bisognava pertanto prospettare una soluzione temporanea o come si suol dire ponte, intesa magari come una prima immediata soluzione che richiederà altri complementi o addirittura altre soluzioni. Bisognava dimostrare di avere un tetto, una casa idonea a recepire aule e laboratori; Anche in questo caso, agevolati dall'attenzione di pochi, si è provveduto con tempestività, ancora costantemente confortati dagli studenti del biennio che si sono adoprati spontaneamente anche per eseguire rilevamenti di quote e di piante. È stato individuato un locale di circa 3.000 mq. non disagevole per l'ubicazione e che crediamo adattabile per dare inizio all'attività didattica dei corsi del triennio. Intanto il 15 Maggio 1970 il Senato dell'Università, ad unanimità, approva e fa voti che gli Enti interessati e soprattutto il Ministero della Pubblica Istruzione concorrano all'iniziativa con una rapida adesione che consenta dei corsi fino dal prossimo anno accademico.

Successivamente il Consiglio di Amministrazione approva ad unanimità la delibera di richiedere al Ministero il completamento del biennio propedeutico con la istituzione del triennio di applicazione di Ingegneria.

Il pregiudiziale assenso degli Organi accademici veniva così a coronare l'iniziativa della Facoltà di Scienze ed a trasformarla in una ufficiale proposta dell'Ateneo fiorentino.

Se sulla fronte degli Interni le cose procedevano con soddisfazione non bisognava - se pur non richiesto ma consigliato tralasciare il giudizio degli Atenei più vicini. Emergeva la opportunità di una consultazione preliminare diretta. Pertanto, una commissione della Facoltà di Scienze ebbe modo di esporre al Preside ed alcuni Colleghi della Facoltà di Ingegneria di Bologna gli elementi delle nostre convinzioni.

Poco tempo dopo il Preside, prof. Giovanni Cocchi, così mi scriveva:

«La Facoltà di Ingegneria di Bologna, vista la lettera del Preside della Facoltà di Scienze dell'Università di Firenze, considerato l'attuale elevato numero di studenti di Ingegneria, si dichiara favorevole, per quanto le compete, alla istituzione in Firenze di una Facoltà di Ingegneria per in quale formula il più cordiale augurio».

A seguito di preliminari colloqui tesi a chiarire i motivi, le pregiudiziali e gli scopi dell'iniziativa e di formali richieste scritte, il Consiglio della Facoltà di Ingegneria di Pisa, presieduto dal prof. Lazzarino, esprimeva in linea di massima parere favorevole dichiarandosi altresì disposto a prendere iniziative fattive in modo da fornire orientamenti utili allo sviluppo della nuova Facoltà.

Tali dichiarazioni, furono allegate alla voluminosa pratica. Colgo lieto l'occasione per porgere di nuovo il più vivo ringraziamento al Direttore Generale per l'istruzione Universitaria ed ai Suoi valorosi Collaboratori per l'attenzione che sempre ci è stata riservata, per il conforto validissimo che ci è stato offerto con preziosi consigli e suggerimenti, per l'apprezzata solerzia che è stata posta nel disbrigo delle numerose pratiche ed infine per la costante pazienza concessa alle nostre numerose interpellanze.

L'obbiettivo che si presentava ora all'orizzonte era evidentemente: il parere favorevole del Consiglio Superiore, Si rendeva necessario informare con chiarezza ed illustrare con convinzione il progetto agli esperti del Consiglio Superiore che avrebbero in quella Sede illustrato ai Colleghi il loro parere di competenti. I

nuovi lunghi viaggi, le nuove anticamere, i lunghi colloqui furono coronati da completo successo e non certo per l'abilità dell'ambasciatore quanto per la concreta validità dell'iniziativa. Il 18 Giugno 1970, il Ch.mo prof. G. Bonino, Consigliere Superiore, così mi scriveva: «La battaglia che Tu combatti per dare a Firenze il Triennio di Studi di Applicazione dell'Ingegneria è una battaglia sacrosanta. Le tradizioni dello Studio fiorentino, I valori scientifici ed umani che anche oggi ne mantengono altissima questa tradizione, la nuova dinamica della vita economica e sociale della Regione fiorentina, reclamano la concessione di una Scuola completa di Ingegneria a Firenze. Attendo che il Ministero trasmetta «la pratica» al Consiglio Superiore e Ti assicuro che metterò ogni mio impegno per difendere questo Tuo bellissimo progetto, perché esso possa tradursi al più presto in realtà operanti».

Finalmente la notizia: Il Consiglio Superiore è convocato il 9 Luglio e con molta probabilità è l'ultima riunione valida dell'attuale Consiglio.

Già di buon'ora il 9 luglio incrocio nell'anticamera del Consiglio Superiore in attesa di... attendere! La lunga giornata del 9 fu solo la vigilia di una altra lunga giornata di paziente attesa, premiata finalmente della bella notizia: il Consiglio Superiore ha espresso parere favorevole e senza alcuna riserva alla istituzione del triennio di applicazione di Ingegneria a Firenze. Volli attendere la chiusura dei lavori del Consiglio ed ebbi il piacere di ascoltare, dal Presidente di quell'alto consesso e da eminenti Consiglieri quali i prof.ri Supino e Bonino, il plauso per la completezza della pratica presentata non solo dal punto di vista formale, burocratico, ma anche e soprattutto per i complementi di carattere didattico, scientifico e operativo della nuova Facoltà nell'ambito delle prospettive regionali.

Non mi ricordo esattamente (e credo che non interessi molto) quante sono le tappe di rito dell'iter formale. Se non erro dalla Segreteria del Consiglio Superiore alla Direzione Generale quindi all'Ufficio legislativo per la stesura del Decreto e dell'articolato relativo; il tutto corredato in base ai pareri delle diverse divisioni per le loro competenze. Dal Ministero alla Presidenza della Repubblica per la firma del Capo dello Stato quindi di nuovo al Ministero della Pubblica Istruzione per la firma del Signor Ministro; poi inviato al Ministero di Grazia e Giustizia rimbalza alla Corte dei Conti, si riflette di nuovo al Ministero di Grazia e Giustizia e quindi infine passa alla stampa per la pubblicazione sulla Gazzetta Ufficiale. Può darsi che abbia dimenticato qualche tappa e sicuramente le sigle e i numeri dei vari protocolli ma senz'altro non ho certo dimenticato i numerosi viaggi nell'estate afosa, le lunghe anticamere, le speranze talvolta disilluse, le inattese buone notizie. Debbo ancora una volta sottolineare il comportamento veramente consapevole degli studenti del biennio di Ingegneria. Durante i lunghi mesi di attesa, le lunghe ore di anticamera, durante lo svolgersi della situazione non si sono né visti cartelli né ascoltati schiamazzi; è stato un composto silenzio come è giusto e doveroso assumere quando un atto così responsabile è alla firma del Capo dello Stato o del Signor Ministro.

Durante questa lunga storia ho avuto anche la sensazione dell'esistenza amorfa e fluttuante di qualche perplessità probabilmente indotta dall'immane flora microbica del sottogoverno. Ma le sensazioni sono trascurabili quando la convinzione è forte. La fine della storia è recentissima: in data 7 dicembre 1970 è pubblicato sulla Gazzetta Ufficiale il Decreto Presidenziale n. 914 che istituisce a Firenze la Facoltà di Ingegneria, con le firme di rito del Presidente Saragat, del Ministro Misasi e il visto del guardasigilli Ministro Reale!

Il Signor Ministro ha recentemente trasmesso al Magnifico Rettore la nomina del Comitato Tecnico per il primo funzionamento della Facoltà di Ingegneria nelle persone dei professori: Lucio Lazzarino, ordinario di Costruzioni di Macchine e Preside della Facoltà di Ingegneria di Pisa, Enzo Ferroni, ordinario di Chimica Fisica nella Facoltà di Scienze Matematiche, Fisiche e Naturali della Università di Firenze e Giovanni Serravalle, Straordinario di Elettrochimica nella Facoltà di Ingegneria dell'Università di Palermo. Devo premettere che già al Magnifico Rettore, al Direttore Generale e a qualificati esponenti del Ministero ebbe modo di dichiarare la non opportunità che il sottoscritto facesse pane del Comitato Tecnico e questo per due ragioni essenziali: a mio giudizio la competenza equivale all'autorità e pertanto non essendo un Ingegnere avrei lasciato volentieri il posto ad un competente; inoltre, siccome purtroppo è generalmente sottinteso che chi s'interessa di una cosa è interessato a quella, il sottoscritto si è adoperato, a viso aperto, per realizzare la Facoltà di Ingegneria a Firenze per un preciso impegno e per sentito dovere trasmessomi, quale Preside della Facoltà, dai miei predecessori.

Mi è gradito ricordare che proprio in questa Sede, il 30 del mese scorso, in occasione della conferenza tenuta dal prof. Lucio Lazzarino, il prof. Serravalle volle cogliere l'occasione per incontrarsi, insieme a me,

con Lui. Che il primo incontro fra i componenti del Comitato Tecnico sia avvenuto qui, proprio nel Collegio degli Ingegneri, e confortato dall'autorevole presenza del Signor Prefetto, è sembrato a tutti, come allora sottolineato dal Presidente del Collegio, un gradito auspicio.

Molti di Voi ed in particolare gli studenti del biennio attendono ancora in composto responsabile silenzio le proposte del Comitato Tecnico a cui il Signor Ministro ha demandato l'arduo compito di rendere operante il Decreto Presidenziale n. 914. Molti sono i problemi che ci assillano.

Questi convergono su tre elementi essenziali: Uomini, Spazi e Quattrini!

In primo piano gli uomini, perché sta a Loro nucleare la Scuola, dare ai giovani sicure basi culturali e professionali, trasmettere la validità delle problematiche evolventisi sulla fronte della conoscenza, dirigere il naturale entusiasmo nel Metodo Scientifico; il tutto con lo scopo essenziale non di autoriprodursi, ma di offrire al Paese tecnici più bravi e di essere presto superati dai loro Allievi.

Mi è gradito e doveroso ricordare che dal 1925 al 1970, il biennio propedeutico è stato curato, dalla Facoltà di Scienze e portato avanti, con grandissimo impegno ed elevato livello, da persone a tutti noi note e carissime fra cui ricordo Giovanni Sansone, Bruto Caldonazzo, Giorgio Sestini.

Come ebbi modo di dichiarare già nella prima riunione del Comitato Tecnico, sono disposto ad addvenire a temporali compromessi per quanto riguarda ad esempio la provvisorietà della sede o l'arredamento dei locali, ma mi rifiuto di giungere a compromessi per quanto riguarda il livello dell'insegnamento. Vivamente spero che il livello del triennio non sia inferiore a quello che per tanti anni la validità, la cura e la serietà dei nostri Maestri hanno saputo dare al biennio propedeutico, anche se ben consapevole della giustezza di quanto, per ben altre cose, il Machiavelli ebbe ad affermare; ch'è più difficile mantenere che conquistare uno Stato.

È certo che questo arduo problema è reso ancor più difficile dall'attuale impossibilità di offrire a validi docenti ambienti e mezzi indispensabili alla loro attività didattica e di ricerca.

Per quanta riguarda gli spazi, non c'è bisogno in questa Sede di trattarsi a lungo,

I laboratori dell'Ingegneria, come ad esempio quelli di Scienza delle Costruzioni, di Idraulica, di Elettrotecnica, non possono essere arrangiati in spazi angusti, ma hanno bisogno di vasti locali adatti per sistemare adeguatamente macchinario, apparecchiature ed impianti.

Reperire degli spazi idonei è un problema economico, ma non solo economico quando il problema si pone a Firenze.

È chiaro che quando ci sono gli uomini e gli spazi adeguati ci vogliono tanti quattrini, affinché i Docenti possano adempiere al loro dovere e perché tali spazi siano trasformati in operanti laboratori. Ieri si è riunito di nuovo il Comitato Tecnico, si è discusso per tante ore nel sentito disagio che deriva dal contrasto fra la volontà di venire incontro alle giustissime aspirazioni degli studenti e quindi di proporre al Magnifico Rettore il tempestivo inizio dei corsi del I anno del Triennio e le tante difficoltà di carattere tecnico, burocratico, economico e amministrativo in cui il Comitato si trova ad operare. Si sono recepiti i possibili elementi di giudizio, formulate precise richieste sulla disponibilità di locali e di fondi, sollecitate le attenzioni di Atenei vicini per conoscere concretamente le loro possibilità di agevolare il nostro lavoro, valutati i piani didattici del III anno per le specializzazioni contemplate dal Decreto Presidenziale allo scopo di soppesare l'attività, dei laboratori e quindi il relativo impegno economico, considerate le necessità - ridotte al minimo vitale - per formulare una responsabile proposta di inizio dei corsi e sottoporla all'attenzione del Magnifico Rettore.

È certo comunque che la perplessità più grande ci proviene da un assillante interrogativo: nell'ammissione che si possa in effetti constatare le condizioni minime indispensabili per proporre, per questo anno accademico, dei corsi almeno su 2 del 4 indirizzi previsti dal Decreto Presidenziale, chi ci assicura di poter proseguire nel prossimo anno accademico con il IV corso ed eventualmente attivare gli altri indirizzi? certo che se questa certezza non ci viene data o almeno non si profila con una elevata probabilità, iniziare il III corso è poca cosa, tante poca che sarebbe assai più leale e decoroso non iniziare affatto.

Il tempo che ci sta davanti per formulare una proposta responsabile è brevissimo. Dobbiamo sciogliere questa grave incertezza, cogliendo l'attenzione di tutti e condizionando la proposta di iniziare i corsi a precise ponderate richieste che le Autorità accademiche dovranno consapevolmente valutare. C'è molto da fare, l'impegno è grave ed il tempo è poco. Personalmente sono ottimista perché credo fermamente che «Chi camminerà senza stanchezza potrà dare anche ciò che non possiede».

Nonostante il lungo lavoro fatto perché solo in un anno siamo passati da un reiterato proposito ad un fatto concreto, posso assicurarVi che non sono stanco e che porrò tutto il mio entusiasmo e la mia attività per



compiere integralmente il mandato affidato dal Signor Ministro; cioè rendere operante il Decreto Presidenziale e vedere finalmente una bella e attiva Facoltà di Ingegneria, come Firenze si merita da tempo di avere.

Con questa speranza chiudo il mio intervento e ringraziandoVi della Vostra attenzione mi accingo ad accogliere il Vostro pensiero.

## LE TRADIZIONI DELL'INGEGNERIA

*Giuseppe Francini*

Il contributo è tratto da quello di Giuseppe Francini in *Storia dell'Ateneo Fiorentino*, vol. II, Ed. Parretti Grafiche, Firenze 1986, pp. 951-956. Le figure sono state introdotte dai curatori della presente pubblicazione

La tradizione delle opere di ingegneria nel territorio fiorentino, come altrove, risale a tempi remoti: infatti la funzione dell'ingegneria di fornire mezzi tecnici atti a provvedere ai bisogni materiali dell'umanità è antica quanto la civiltà stessa. Invece l'insegnamento organizzato, ad alto livello, dell'ingegneria è recente in tutto il mondo e recentissimo a Firenze.

Testimonianze di costruzioni di altissimo livello sono distribuite nel territorio fiorentino attraverso un arco di tempo di due millenni ed oltre, a partire dai resti etruschi e dall'acquedotto romano, che stupisce ancora per la qualità dei materiali impiegati e per la grande precisione della pendenza, attraverso le grandi opere rinascimentali fino a recenti opere come lo stadio e la stazione ferroviaria.

Tuttavia, tutte queste attività non ricadevano sotto uno specifico settore riconosciuto come ingegneria, tranne nei casi più recenti. Nei tempi più antichi gli Autori erano anonimi e in tempi successivi prendevano il nome di architetti, titolo già attestato da Erodoto per il costruttore dell'impianto idrico di una città. Il nome di ingegnere invece comincia a comparire verso il 1200 come costruttore di 'ingegni' e quindi prevalentemente con orientamento meccanico.

Il progresso delle tecniche era affidato più all'affinamento graduale attraverso procedure di prova e verifica, che non a sistematiche trattazioni di carattere teorico-sperimentale. Le attività di carattere utilitario, applicativo, si svolgevano al limite della magia oppure, per assicurare un uso sistematico, esse erano affidate a corpi speciali come, ad esempio, i Pontefici dell'antica Roma o i Maestri Comacini più tardi. Tali corpi impartivano l'insegnamento sotto forma di apprendistato assicurando: a) la trasmissione diretta delle cognizioni acquisite; b) l'uso appropriato di esse.

Tali compiti sono ancora oggi svolti in parte dalle associazioni di ingegneria e, rispettivamente, dagli enti di normalizzazione e controllo di qualità, ma una gran parte è stata assorbita dall'Università che, in quanto aperta a tutti e orientata alla ricerca, ha dato una forte accelerazione al progresso tecnico.

Beninteso non è che in passato, almeno in quello meno remoto, il progresso tecnico fosse affidato solo a metodi di prova e verifica: per la soluzione di problemi a più alto livello si faceva ricorso a studiosi la cui normale attività, a carattere più scientifico, può considerarsi meglio inquadrata nelle tradizioni di Facoltà diverse da quella di ingegneria. Si tratta di matematici e fisici che rivolgevano alla soluzione di problemi applicativi le capacità scientifiche già acquisite. Oppure compiti ancor più simili a quelli dell'ingegnere odierno erano svolti da architetti e disegnatori che riunivano in sé strettamente l'aspetto artistico con quello tecnico. Ancora oggi la lingua inglese, che crea facilmente nuovi termini per nuove cose, ma è restia ai cambiamenti non necessari, chiama disegno il progetto e dottore in filosofia (filosofia naturale) l'ingegnere al più alto livello.

L'insegnamento dell'ingegneria come attività pubblica organizzata nasce da necessità militari in Francia, dove nell'intorno del 1700 viene organizzato in forma moderna il corpo del genio con la scuola relativa.

La distinzione dell'ingegnere civile sia dall'ingegnere militare sia dall'architetto, si chiarisce soltanto nel diciannovesimo secolo. Lo sviluppo e la qualificazione dell'ingegnere civile in senso generale vanno di pari passo con lo sviluppo industriale e si comincia a separare l'ingegnere industriale, particolarmente a seguito dello sviluppo della macchina a vapore. Comunque, l'ingegnere tende a rimanere un pratico, di scarsa o nulla cultura scientifica. Stephenson, l'inventore della locomotiva a vapore e primo Presidente dell'associazione degli ingegneri meccanici inglesi, era analfabeta almeno fino a 18 anni. La dualità tra il metodo di prova e verifica e quello appoggiato alla ricerca teorica è ancora oggi in larga misura alla base della difficoltà di comunicazione che si riscontra tra la ricerca e la produzione industriale.

L'insegnamento dell'ingegneria moderna in apposite istituzioni pubbliche ha assunto veste precisa in Italia, sia in istituzioni di carattere militare, come la prestigiosa Accademia Navale di Livorno che ha dato un fondamentale contributo allo sviluppo dell'elettrotecnica e soprattutto dell'elettronica italiana, sia in istituzioni civili come i Politecnici di Torino e Milano, con cinque anni di corso, o come Facoltà universitarie di ingegneria che impartivano l'insegnamento in un triennio di applicazione preceduto da un biennio propedeutico, di carattere fisico-matematico, da seguire presso la Facoltà di Scienze (anche se in qualche caso si è avuto un triennio propedeutico seguito da un biennio di applicazione).

Le esigenze di insegnamento di ingegneria del territorio fiorentino sono state per lungo tempo coperte in massima parte dalle vicine e prestigiose Facoltà di ingegneria di Pisa e di Bologna, anche se alcuni studenti, per particolari orientamenti scelti o in vista di migliori occasioni di impiego, erano attratti da altre sedi, come i Politecnici di Torino e di Milano. Infatti, il territorio fiorentino, pur vantando la presenza di industrie quali le Officine Galileo e le Fonderie del Pignone, presentava possibilità di impiego prevalentemente nel settore civile.



Giuseppe Francini [Firenze, 29 marzo 1916 – Padova, 15 dicembre 1986] – dopo essere stato congedato dal biennio propedeutico nell'a.a. 1935-36 presso l'Università di Firenze – si laureò in Ingegneria Industriale Elettrotecnica presso il Politecnico di Torino. Nel 1957 fu il primo ternato della prima cattedra bandita in Elettronica in Italia. professore a Padova e poi a Firenze, è stato il primo Preside della Facoltà di Ingegneria dell'Ateneo Fiorentino.

Soltanto nel 1924-25 con la creazione a Firenze del biennio fisico-matematico della Facoltà di Scienze, il corso di studi di ingegneria ha potuto esser seguito a Firenze per i primi due anni, con la necessità per gli studenti di passare successivamente alle sedi tradizionali. La creazione a Firenze di un triennio di applicazione non apparve allora opportuna in quanto gli studenti erano in numero limitato, dell'ordine di due decine, e quindi da un lato potevano essere facilmente ospitati nelle sedi esistenti, dall'altro non sarebbero state possibili o comunque economicamente convenienti le elevate spese per impianti tecnici necessarie per i corsi applicativi.



Compressore ad ammoniac per impianti frigoriferi delle Fonderie del Pignone (1911) [M. Pacini, *La Fonderia del Pignone e gli ingegneri nella Firenze dell'Ottocento* in F. Angotti, G. Pelosi, S. Soldani (a cura di), *Alle radici della moderna ingegneria – Competenze e opportunità nella Firenze dell'Ottocento*, Firenze University Press, Firenze, 2010, pp. 87-106].



Le Officine Galileo viste dall'ingresso di via Carlo Bini (1917) [R. Pratesi, *Dal Museo della Specola alle Officine Galileo: una ricostruzione cronologica* in F. Angotti, G. Pelosi, S. Soldani (a cura di), *Alle radici della moderna ingegneria – Competenze e opportunità nella Firenze dell'Ottocento*, Firenze University Press, Firenze, 2010, pp. 107-120].

Deve peraltro essere rilevato che pur essendo comuni con altri indirizzi della Facoltà di Scienze, i corsi del biennio propedeutico presentavano al loro interno alcune diversificazioni per gli allievi ingegneri, atte a

renderne la preparazione più idonea al proseguimento applicativo. In particolare, tra gli altri illustri docenti il professor Giovanni Sansone soleva incontrare i suoi allievi, che si erano laureati in ingegneria nelle varie sedi, per trarne indicazioni sull'orientamento da dare al suo corso di analisi matematica.

Il biennio propedeutico di Firenze acquisì un elevato prestigio per la serietà della preparazione impartita dal corpo docente che si distingueva, non soltanto per l'alto livello scientifico, ma anche per l'impegno eccezionale nell'insegnamento, molto oltre quanto era previsto dall'ordinamento degli studi. Molti degli allievi ebbero modo dopo la laurea di distinguersi sia come docenti in varie Università italiane ed estere, sia come dirigenti e progettisti nell'industria.

Dopo l'ultima guerra mondiale la rapida crescita del numero degli studenti e le difficoltà logistiche del dopoguerra che rendevano difficile, anche dal punto di vista economico, il passaggio degli studenti ad altre Università per il completamento degli studi portarono ad una soluzione di emergenza e di rapida attuazione. Nacquero così nell'anno accademico 1944-45, i corsi bis di quelli della Facoltà di Ingegneria di Pisa gestiti a Firenze dall'Università pisana. La maggior parte dei professori di ruolo si spostavano settimanalmente da Pisa a Firenze: i professori incaricati e gli assistenti erano reperiti, quando possibile, a Firenze stessa. In questo modo il numero degli spostamenti di persone era piccolo e non occorre particolari spese per impianti per esercitazioni in quanto, quando non era possibile utilizzare ciò che esisteva localmente presso l'industria o presso istituti industriali era sempre possibile utilizzare la completa dotazione esistente a Pisa. Per lo svolgimento delle lezioni fu acquisita la sede di Santa Apollonia, successivamente rimasta all'Università di Firenze.

Successivamente i corsi bis si rafforzarono con la collaborazione dell'Università di Bologna, ma la soluzione adottata non poteva essere che transitoria ed i corsi si chiusero, col normalizzarsi della situazione, con l'anno accademico 1947-48, essendo ormai sostanzialmente superate le difficoltà che avevano portato ad adottare l'organizzazione dei corsi nella forma di corsi bis.

Tuttavia, proprio in seguito alla ripresa economica il problema dell'insegnamento dell'ingegneria rinasceva in forma diversa come esigenza dell'istituzione di una regolare Facoltà fiorentina. Infatti, Firenze, tradizionalmente città d'arte, si andava rapidamente arricchendo di attività tecniche multiformi, sia sotto

SCHEDA 2 GIUSEPPE FRANCINI STUDENTE

115  
2

Mod. 13

R. UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI FIRENZE

FACOLTÀ DI SCIENZE  
FISICHE E NATURALI

Processo verbale per l'esame di *Fisica Sperimentale*  
sostenuto oggi dal Signor *Francini Giuseppe*

ESAMINATORI	VOTAZIONE sull'Esame	VOTAZIONE per la Lode	OSSERVAZIONI
<i>Prof. Laureto Tieri</i>	10	4 <sup>a</sup>	
<i>Prof. Giorgio Abetti</i>	10	4 <sup>a</sup>	
<i>Prof. Attilio Colacevich</i>	10	4 <sup>a</sup>	
	30 e lode		

A seguito di tali risultati il candidato suddetto è stato *approvato*  
*con lode e lode + lode*

Firenze, *5 - Novembre 1945 - XV*

LA COMMISSIONE  
*Giuseppe Francini*  
*Giorgio Abetti*  
*Attilio Colacevich*

Verbale dell'esame di Fisica Sperimentale sostenuto da Giuseppe Francini al biennio propedeutico con i professori Laureto Tieri, Giorgio Abetti e Attilio Colacevich [Archivio Storico Università di Firenze]

l'aspetto scientifico, sia sotto quello industriale. Notevole importanza per lo sviluppo dell'elettronica a Firenze ebbe la creazione dell'Istituto di Ricerca sulle Onde Elettromagnetiche del CNR promosso e diretto per molti anni dal prof. Nello Carrara. Anche l'industria elettronica si sviluppava: oltre alla già esistente FIVRE, nascevano la OTE e la SMA, oltre a numerose altre ditte di minori dimensioni ma con notevole qualificazione, a volte a livello internazionale. Inoltre, il numero di studenti rapidamente crescente negli anni Sessanta, rendeva eccessivamente affollati i trienni e pertanto la creazione di nuove Facoltà si presentava come un modo di alleggerire la pesante situazione dei trienni esistenti.

In questo quadro nacque nella Facoltà di scienze di Firenze l'iniziativa per la creazione di una completa Facoltà di Ingegneria. Tale iniziativa trovò ampio consenso presso le autorità e presso gli ambienti economici, ma non può essere, taciuto l'entusiastico appoggio degli studenti che hanno contribuito in notevole misura alla continuità di sviluppo dell'iniziativa sostenendola con passione anche negli inevitabili momenti di difficoltà.

L'opera di programmazione portò ad individuare quattro settori di interesse che ben si collegavano alle attività economiche esistenti, o comunque alle necessità del territorio, in corrispondenza delle quali si prevedeva l'istituzione di quattro corsi di laurea: Ingegneria Meccanica, Ingegneria Elettronica, Ingegneria Civile e Ingegneria Chimica. L'opportunità di questa previsione è stata in seguito convalidata sostanzialmente anche fuori dal territorio fiorentino in quanto la si ritrova come criterio informatore in varie proposte di riforma delle facoltà di ingegneria italiane, anche se le denominazioni possono differire per tener conto di altri indirizzi esistenti, ad esempio alla laurea in elettronica della proposta fiorentina corrisponde una laurea più generale per tutto il settore elettrico.

Superata la fase di progetto e promozione e il necessario *iter* burocratico, si arriva alla costituzione del Comitato Tecnico incaricato di sovrintendere all'avviamento della Facoltà, procedendo in pari tempo all'avvio dei corsi. Il Comitato Tecnico, costituito dai professori Lucio Lazzarino, ordinario di Costruzioni di Macchine presso l'Università di Pisa, Presidente, Enzo Ferroni, ordinario di Chimica Fisica presso l'Università di Firenze, Giovanni Serravalli, Straordinario di Elettrochimica presso l'Università di Palermo, tenne la prima riunione il 30/11/1970.

Il Comitato Tecnico curò l'avvio contemporaneo del triennio e del biennio distinto da quello della Facoltà di scienze; provvide, secondo le varie procedure richieste ad acquisire i docenti necessari per l'insegnamento ed in particolare gli Ordinari necessari per la costituzione del Consiglio di Facoltà: fu anche costruito in viale Morgagni un edificio contenente le ampie aule necessarie per il biennio e fu presa in affitto una parte del Seminario Minore di Santa Marta per le necessità del triennio.

[...]



## GLI STUDI DI INGEGNERIA

*Gaetano Villari*

Il contributo è tratto da quello di Gaetano Villari in *L'Università degli Studi di Firenze, 1924-2004*, pp. 741-753. Le figure sono state introdotte dai curatori della presente pubblicazione.

[...]

### *Il biennio propedeutico a Firenze*

Con la riforma Gentile del 1923 l'Ateneo fiorentino, istituito da Cosimo Ridolfi nel 1880, venne inserito nelle università statali<sup>1</sup> e successivamente, nel 1924, fu attivato il corso di laurea in Matematica nella Facoltà di Scienze Fisiche e Naturali, che assunse in tal modo la denominazione di Scienze Matematiche, Fisiche e Naturali.

Nasce così a Firenze il biennio propedeutico per l'avviamento agli studi di ingegneria, nel quale per l'Analisi Matematica (Algebrica e Infinitesimale) appare il nome di Giovanni Sansone, e per la Meccanica Razionale quello di Enrico Fermi<sup>2</sup>.

Conformemente a quanto stabilito a livello nazionale, i corsi del biennio propedeutico di Firenze, oltre alle due Analisi e le due Geometrie (Analitica e Descrittiva), prevedevano gli insegnamenti di Meccanica Razionale, Fisica biennale, Chimica e Disegno ai quali, nel 1928, venne aggiunto anche quello di Mineralogia, e successivamente due prove di lingua straniera. I corsi erano ripartiti tra il primo ed il secondo anno con rigidi criteri di precedenza per i relativi esami, che avevano luogo in due sessioni (estiva e autunnale) consistenti ciascuna di due appelli<sup>3</sup>.

In un primo tempo, per molti insegnamenti, le lezioni per gli allievi ingegneri venivano tenute congiuntamente con gli studenti dei corsi di laurea in Matematica, Fisica e Chimica, salvo alcuni argomenti di particolare pertinenza che erano trattati separatamente alla fine dei rispettivi corsi. Comunque, il limitato numero degli iscritti<sup>4</sup> consentiva un efficace rapporto diretto dei docenti con gli allievi e quindi, come testimoniato in quegli anni dal ridottissimo numero di fuori corso, veniva a stabilirsi una forma di insegnamento di particolare validità, di cui il merito va principalmente ascritto all'eccezionale attività scientifica e didattica di Giovanni Sansone.

Come è stato infatti rilevato<sup>5</sup>:

---

<sup>1</sup> In un primo tempo l'Università di Firenze fu inclusa tra quelle di Categoria B, che erano a carico del bilancio statale solo per il 50% e per il resto venivano finanziate da Enti locali e da istituzioni private. Solo nel 1937 l'Ateneo fu inserito nella Categoria A, e gestito totalmente dallo Stato. Ciò fino alle recenti disposizioni di Legge in tema di «autonomia universitaria», che hanno radicalmente modificato l'aspetto amministrativo degli Atenei.

<sup>2</sup> Fermi mantenne l'insegnamento a Firenze fino al 1926, anno in cui fu chiamato a ricoprire la cattedra di Fisica Teorica dell'Università di Roma.

<sup>3</sup> Fino agli anni Cinquanta, all'Università di Firenze, per essere ammesso a un esame lo studente doveva aver ottenuto dal docente del corso una firma di iscrizione, ed una firma di frequenza. Inoltre, l'esame per una stessa materia poteva essere sostenuto solo due volte nel corso delle sessioni annuali.

<sup>4</sup> Fino all'anno accademico 1934-35 il numero degli iscritti al primo anno non superava la quarantina, e quello del secondo anno la trentina, quasi tutti di sesso maschile. Le donne non superavano in genere le due unità, e la prima di esse figura nell'anno accademico 1932-33.

<sup>5</sup> G. Francini, *Le tradizioni dell'Ingegneria*, in *Storia dell'Ateneo Fiorentino*, vol. II, Ed. Parretti Grafiche, Firenze, 1986, p. 954.



Il biennio propedeutico di Firenze acquisì un elevato prestigio per la serietà della preparazione impartita dal corpo docente che si distingueva, non soltanto per l'alto livello scientifico, ma anche per l'impegno eccezionale nell'insegnamento, molto oltre quanto era previsto dall'ordinamento degli studi. Molti degli allievi ebbero modo dopo la laurea di distinguersi sia come docenti in varie Università italiane ed estere, sia come dirigenti e progettisti nell'industria.

Alla fine degli anni Trenta, con l'avvento delle leggi razziali, e con il successivo inizio della seconda guerra mondiale, la situazione nelle Università subiva radicali cambiamenti. Per favorire gli studenti soggetti ad obblighi militari veniva introdotto un appello 'straordinario' di esami a febbraio, inteso come prolungamento della sessione autunnale del precedente anno accademico<sup>1</sup>.

In quegli anni il biennio di Firenze contava un centinaio di iscritti (di cui una donna) e in special modo dopo l'armistizio del 1943 e la successiva occupazione tedesca del territorio italiano, venne a porsi il problema della difficoltà di spostamento degli studenti fiorentini verso le facoltà di ingegneria che, nella maggioranza dei casi, erano quelle di Pisa e di Bologna. Nel 1944-45 vennero allora aggregati al biennio dei 'corsi bis' delle Scuole di Applicazione tenuti a Firenze da docenti dell'Università di Pisa e successivamente da quelli dell'Università di Bologna.

La fine della guerra lasciò profonde ferite anche nel tessuto universitario, sia per il riordino del settore normativo, sia per i notevoli danni subiti dai complessi edilizi.

Va comunque rilevata la rapidità con la quale venne ricostituito a Firenze l'impianto didattico e scientifico del settore matematico, e quindi anche la piena funzionalità del biennio propedeutico.

Oltre all'apporto di Giovanni Sansone per l'insegnamento delle Analisi Matematiche, che costituivano il nucleo centrale della preparazione scientifica di base per i futuri ingegneri, il campo delle Geometrie era di pertinenza di Luigi Campedelli, la Meccanica Razionale di Bruto Caldonazzo e successivamente di Giorgio Sestini, e il Disegno di Lando Bartoli.

Nell'immediato dopoguerra le lezioni di Fisica si svolgevano ad Arcetri, la Chimica e la Mineralogia nel complesso di via Gino Capponi, e quelle del gruppo matematico al primo piano di un edificio che sorgeva in via Alfani, dove attualmente si trova la Facoltà di Lettere<sup>2</sup>. Queste ultime furono in seguito temporaneamente trasferite nei locali del Rettorato non ancora ristrutturato (ex-aula di Storia dell'Arte), e poi ospitate per un biennio presso la Facoltà di Magistero in via del Parione. Infine, nel marzo 1963 quando venne costruito l'Istituto Matematico 'Ulisse Dini', furono trasferite, assieme al Disegno, in tale sede.

È comunque da osservare che il numero degli studenti iscritti al biennio propedeutico andava via via aumentando in misura significativa e soprattutto, a causa dei sopravvenuti provvedimenti di 'liberalizzazione' per l'accesso alle Università<sup>3</sup>, aveva assunto dimensioni tali da rendere necessaria l'adozione di insegnamenti separati destinati ai soli allievi ingegneri.

Ne derivò inoltre che, per ovviare a problemi di spazio e di funzionalità didattica, si rese necessaria la costruzione di un prefabbricato (ora demolito) in viale Morgagni, dotato di sei grandi aule, ove ebbero luogo tutti i corsi afferenti al biennio propedeutico della Facoltà di Scienze, fino alla successiva costituzione della Facoltà di Ingegneria che sarebbe avvenuta nel 1971.

### *La Facoltà di Ingegneria*

Come è stato già rilevato, a partire dagli anni '60 e soprattutto per effetto della Legge Capocaccia, il numero degli studenti che provenivano dai bienni propedeutici delle Facoltà di Scienze dei diversi Atenei aveva finito per assumere valori considerevoli, tali da provocare seri problemi per la funzionalità dei trienni di Applicazione, esistenti, a parte i due Politecnici, in solo nove sedi universitarie.

In particolare, a Firenze, dall'anno accademico 1961-62 nel quale si avevano 290 iscritti e 74 fuori corso, si era raggiunto, nel 1969-70, il numero di 640 iscritti e 112 fuori corso, che nella quasi totalità si

<sup>1</sup> Ovviamente non erano più richieste le firme di iscrizione e di frequenza ai corsi. Tale appello «straordinario» non venne soppresso dopo la fine delle ostilità, fino alla situazione attuale in cui le sessioni di esame si sono praticamente dilatate lungo l'intero anno accademico.

<sup>2</sup> Venivano utilizzate due aule, una delle quali molto ampia, non prive purtroppo di qualche serio inconveniente, specialmente nella stagione estiva, dovuto all'esistenza nel piano sottostante delle sale anatomiche.

<sup>3</sup> Va infatti ricordato che, per effetto della Riforma Gentile, per ottenere l'iscrizione ai bienni propedeutici era obbligatorio l'aver conseguito un diploma di maturità classica o di maturità scientifica, limitazione che venne appunto abolita.

sarebbero trasferiti per la continuazione degli studi nelle Facoltà di Pisa e di Bologna, già in serie difficoltà per l'aumento della propria popolazione studentesca.

I tempi, come suol dirsi, erano maturi per la nascita di nuove facoltà di ingegneria sul territorio nazionale<sup>1</sup>, e così anche a Firenze furono adottati i primi provvedimenti amministrativi atti a favorire una tale iniziativa.

Purtroppo, non tardarono a manifestarsi complicità di varia natura, a carattere non soltanto burocratico, e va forse sottolineato che, se il progetto con alterne vicende è stato realizzato, si deve in buona parte alla determinazione ostinata di un paio di docenti e di un gruppo particolarmente vivace e combattivo di studenti che, avendo superato il biennio, intendevano proseguire gli studi senza cambiare sede.

Numerose quindi le difficoltà che dovevano essere superate anche perché, a causa della situazione locale, l'iniziativa suscitava, sia sul piano scientifico che su quello professionale, significative, peraltro naturali, resistenze da parte di ambienti in vario modo legati alla Facoltà di Architettura attivata a Firenze fin dal 1936.

A tale proposito va ricordato che il territorio fiorentino, pur vantando la presenza di industrie quali le Officine Galileo e le Fonderie del Pignone, fino al primo dopoguerra presentava possibilità di impiego prevalentemente nel settore civile. Solo successivamente si è andato rapidamente arricchendo di attività tecniche multiformi, sia sotto l'aspetto scientifico, sia sotto quello industriale.

Tale stato di cose consigliò di rinunciare in un primo tempo alla creazione di un corso di laurea in Ingegneria Civile, limitando le richieste di attivazione ai soli settori della Meccanica e dell'Elettronica. Dopo alterne vicende, e grazie anche al benevolo interessamento di un autorevole personaggio politico, col DM n. 914 dell'allora Ministro Misasi, in data 27 settembre 1970, nasceva la Facoltà di Ingegneria dell'Università di Firenze, con l'attivazione del terzo anno di insegnamento per i corsi di laurea in Ingegneria Elettronica e Ingegneria Meccanica.

Il 30/11/1970 si riuniva per la prima volta il Comitato Tecnico presieduto da Lucio Lazzarino, Preside della Facoltà di Ingegneria di Pisa, e composto da Enzo Ferroni, Giovanni Serravalle e successivamente, per cooptazione, da Demore Quilghini<sup>2</sup>, titolare del corso di Meccanica Razionale per allievi ingegneri della Facoltà di Scienze di Firenze.

Nel primo anno di vita della nuova Facoltà, l'anno accademico 1970-71, il numero degli studenti iscritti era di 809 unità al biennio, 36 al terzo anno di Elettronica e 50 a quello di Meccanica. Si poneva dunque con urgenza il problema del reperimento di adeguati locali da destinare alle attività didattiche e scientifiche del triennio.

Una prima sistemazione provvisoria fu trovata prendendo in affitto parte del Collegio del Pellegrino<sup>3</sup> sito in via Bolognese 52. Ma fu subito evidente che, date le scarse possibilità offerte dalla situazione edilizia della città, una delle poche, se non l'unica soluzione per una sistemazione adeguata, e a tempi brevi, della Facoltà era costituita dal Seminario Minore di via S. Marta 3, costruito negli anni Trenta per iniziativa del cardinale Elia Dalla Costa.

Tale complesso, contornato da un vasto parco e corredato da ampi locali e corridoi distribuiti su tre piani e un sottosuolo, era solo parzialmente utilizzato dalla Curia, e dalla Provincia di Firenze che vi aveva sistemato la scuola media Poliziano. Iniziarono pertanto febbrili trattative con le autorità ecclesiastiche, che però si scontrarono ben presto con alcune resistenze pregiudiziali motivate da un certo clamore suscitato in quegli ultimi anni dalle attività alquanto vivaci del movimento studentesco. Fortunatamente, a seguito di un rassicurante incontro che si riuscì ad ottenere tra una rappresentanza del gruppo di studenti maggiormente interessati all'iniziativa e l'allora Arcivescovo di Firenze, card. Florit<sup>4</sup>, i timori di un coinvolgimento in eventuali disordini poterono essere superati e furono concessi in affitto quattro locali al pianterreno dell'ala sinistra dell'edificio, ed una grande stanza al piano superiore ove furono temporaneamente collocate le prime apparecchiature didattiche e scientifiche.

<sup>1</sup> Tale fenomeno, col passare degli anni, avrebbe finito per assumere il carattere di una vera e propria proliferazione.

<sup>2</sup> Al cui ammirevole impegno è prevalentemente dovuta la realizzazione della Facoltà di Ingegneria di Firenze.

<sup>3</sup> Successivamente acquisito dall'Ateneo e oggi adibito alla didattica del settore filosofico.

<sup>4</sup> Come può immaginarsi, particolarmente accurata fu la selezione degli studenti da presentare al Cardinale, opportunamente scelti tra quelli di aspetto meno appariscente sia per la capigliatura di dimensioni ridotte che per l'abbigliamento scarsamente vistoso. Ai quali furono inoltre fatte fare ripetute prove sul modo più consono di comportarsi in presenza dell'alto prelato, ivi compreso il bacio dell'anello pastorale!



Ritratto litografico del marchese Cosimo Pietro Gaetano Gregorio Melchiorre Ridolfi [Firenze, 28 novembre 1794 – Firenze, 5 marzo 1865], agronomo e politico italiano.



A sinistra: La copertina del testo di Enrico Fermi di Meccanica Razionale, relativo alle lezioni da lui tenute al biennio propedeutico per l'avviamento agli studi di Ingegneria dal 1924 al 1926. L'originale di questa copia del libro si trova presso la Temple University (Philadelphia, Pennsylvania, USA). A destra l'edizione critica pubblicata in *Enrico Fermi a Firenze*, R. Casalbuoni, D. Dominici e G. Pelosi (a cura di), FUP, 2019.



Alcuni membri del Comitato Tecnico incaricato di sovrintendere all'avviamento della Facoltà di Ingegneria: il Presidente Lucio Lazzarino (foto a sinistra), in occasione delle celebrazioni del ventennio della Facoltà nel 1991, ed Enzo Ferroni [per cortesia di Piero Baglioni], Rettore dell'Università di Firenze dal 1976 al 1979.

Iniziarono così, l'11 gennaio 1971, le lezioni dei corsi attivati del triennio di Applicazione, ed è da rilevare come tale circostanza abbia suscitato un favorevole interesse anche a livello cittadino, dato che, per iniziativa del Sindaco e del Rettore, fu recepita con una certa solennità nel corso di una pubblica cerimonia nel Salone dei 200 di Palazzo Vecchio<sup>1</sup>.

Si era intanto concretizzato l'utilizzo di numerosi altri locali del complesso di via S. Marta, anzi può dirsi che, nel giro di pochi anni, erano stati occupati in affitto quasi i due terzi di tutto l'edificio. Venne allora presa in considerazione l'eventualità dell'acquisto dell'intero immobile con le relative parti ad esso connesse, e in tal senso vennero avviati i primi sondaggi. Si trattò di un negoziato né rapido né semplice, in special modo dopo l'arrivo del card. Benelli alla guida dell'Arcidiocesi fiorentina, e se nel 1980, dopo fasi alterne, la vicenda finì per sortire una improvvisa soluzione positiva lo si deve sostanzialmente a fattori estranei alle trattative in corso.

Non possono però essere taciuti, a tale proposito, la sagacia, e anche il coraggio data la situazione finanziaria dell'Ateneo, dimostrati in quella circostanza dall'allora Rettore Franco Scaramuzzi che ha saputo cogliere l'opportunità per condurre in porto quella che a ben ragione può essere annoverata tra le più vantaggiose acquisizioni del patrimonio edilizio dell'Università di Firenze.

Con l'abbandono dei locali occupati dalla scuola media Poliziano, e l'esecuzione di numerosi lavori di risistemazione, l'intero edificio di via S. Marta 3, con l'eccezione di una parte dell'ala sinistra del secondo piano destinata temporaneamente agli insegnamenti di Fisica Superiore e di Fisica dello Spazio, è stato assegnato dal Consiglio di Amministrazione alla Facoltà di Ingegneria e utilizzato fino ai giorni nostri per le esigenze didattiche e scientifiche del triennio, mentre il biennio, abbandonata la vecchia sede del prefabbricato, è stato poi trasferito nel nuovo complesso didattico di viale Morgagni 42.

Questo per quanto concerne la situazione edilizia della Facoltà a Firenze. Non vanno però dimenticate le innovazioni derivanti dall'introduzione delle Scuole Dirette a Fini Speciali, dei Diplomi Universitari, e infine della Laurea triennale e di quella specialistica, con il distacco di una parte dell'attività didattica a Prato, Pistoia ed Empoli.

<sup>1</sup> Analoga cerimonia si sarebbe ripetuta, nel gennaio 1974, in occasione del conferimento delle prime due lauree in Ingegneria.

Ma soprattutto va segnalato che è in fase di progettazione una nuova sede destinata ad ospitare l'intera Facoltà nella piana di Sesto Fiorentino, complesso di edifici non più frutto di molteplici, anche se felici, interventi di adattamento, ma appositamente concepito per rispondere alle esigenze di una moderna struttura tecnico scientifica. Quando questo potrà realizzarsi non è al momento prevedibile, ma si potrà parlare allora, con buona sostanza, di una sistemazione definitiva.

Con la conclusione dei lavori del Comitato Tecnico, nell'ottobre del 1972, e la costituzione del Consiglio di Facoltà, la nuova struttura accademica assumeva a tutti gli effetti le normali funzioni degli analoghi organi universitari. Primo Preside venne eletto Giuseppe Francini, a cui molto si deve per l'organizzazione e il potenziamento degli studi di Ingegneria a Firenze.

Oltre alla creazione di numerosi Istituti, nell'anno accademico 1971-72 venne introdotta la laurea in Ingegneria Civile e, a partire dal 1974, tutti i cinque anni di corso erano regolarmente funzionanti in tre distinti settori.

La Facoltà era allora composta da 10 professori ordinari con 16 assistenti di ruolo, ed erano attivati 91 incarichi di insegnamento<sup>1</sup>. Il numero degli studenti era di 692 unità complessivamente iscritti al quinquennio di Elettronica, 567 a Meccanica e 656 a Civile. Situazione questa che, nel giro di pochi anni, avrebbe subito una rapida evoluzione quando si pensi che nell'anno accademico 1978-79 si sono raggiunti 1125 iscritti al corso di laurea in Elettronica, 516 a quello di Meccanica, 704 a quello di Civile, e 20 studenti al biennio di Ingegneria Chimica, oltre a 170 laureati (di cui una di sesso femminile in Ingegneria Elettronica). Firenze si apprestava dunque a diventare una sede ambita, sia per il personale docente che per la componente studentesca dell'intero comprensorio toscano.

Va comunque rilevato come, per effetto di un naturale ampliamento degli interessi scientifici, e per rispondere quindi anche all'esigenza di una più incisiva diversificazione della didattica, si pervenne ben presto all'attivazione di ulteriori Corsi di laurea, resa possibile dalla riforma degli ordinamenti didattici conclusasi con il DPR 20 maggio 1989, e, a partire dall'anno accademico 1991-92, si raggiunse in breve tempo il numero di sette Corsi, vale a dire: Ambiente e Territorio, Civile, Edile, Elettronica, Meccanica, Informatica, Telecomunicazioni, ciascuno suddiviso in specifici indirizzi, nell'ambito dei quali si sono avuti complessivamente a tutt'oggi [anno 2004 n.d.r.] 6395 laureati di cui 475 donne: 325 in Ambiente e Territorio, 1517 nel settore Civile, 2745 in quello dell'Elettronica, 1468 in Meccanica, 166 nell'Informatica e 174 nelle Telecomunicazioni.

Ciò fatalmente avrebbe provocato, per quanto attiene alla preparazione scientifica di base oltre che a quella di natura tecnico professionale degli studenti, una sempre più accentuata distinzione tra i nuovi ingegneri, la cui figura conseguentemente avrebbe finito per discostarsi in maniera significativa da quella classica dell'ingegnere 'senza ulteriori specificazioni qualitative' così come era stata intesa fino a qualche decennio innanzi<sup>2</sup>.

A partire dall'anno accademico 1990-91, per effetto della Legge Ruberti (DPR 382/80), vennero istituite le cosiddette 'Scuole dirette ai fini speciali' tre delle quali, afferenti al settore tecnologico, sono state gestite dalla Facoltà. Si trattava della Scuola per Esperto in Tecnologie tessili, di quella per Tecnico Superiore in Elettronica, e di quella per Topografo esperto, successivamente confluite, dal 1992, nei 'Diplomi universitari', strutture queste, per quanto riconducibili alle Facoltà di Ingegneria, adottate nell'intento di fornire un'adeguata risposta all'esigenza della formazione di tecnici specializzati di elevato livello, come richiesto dal progressivo sviluppo delle tecnologie, congiuntamente a quella di favorire l'inserimento delle giovani leve nel mondo del lavoro in maniera analoga a quanto era già in atto in molte nazioni della Comunità europea.

La manifesta impossibilità di accogliere i nuovi insegnamenti nei locali del complesso di via S. Marta provocava intanto la necessità del reperimento di ulteriori idonee sistemazioni edilizie a cui si poté far fronte con il trasferimento della rispettiva attività didattica a Prato<sup>3</sup>, ove sono stati attivati nel primo anno i Diplomi per l'Elettronica e per la Meccanica, e successivamente quello per l'Ambiente e per le Risorse. E per tali

<sup>1</sup> Il Consiglio di Facoltà, che all'atto della sua costituzione era composto da sette persone, per le successive chiamate e i numerosi trasferimenti, e per effetto anche delle nuove disposizioni legislative, è oggi formato da 229 membri più 9 rappresentanti della componente studentesca.

<sup>2</sup> Si pensi che, per alcuni indirizzi di certi corsi di laurea, sono stati consentiti piani di studio nei quali non figuravano la Scienza delle Costruzioni, la Fisica Tecnica e la Meccanica Applicata alle Macchine.

<sup>3</sup> In seguito sarebbero state attivate sedi didattiche distaccate anche a Pistoia ed Empoli.

strutture, considerando anche l'apporto dovuto alle Scuole dirette ai fini speciali, si sono complessivamente avuti 318 Diplomatici, di cui 70 di sesso femminile.

Si perviene così alla situazione attuale nella quale, come si è accennato nella premessa introduttiva, per effetto della Legge Zecchino e delle recenti disposizioni normative, il percorso didattico degli studi in ingegneria è stato suddiviso in un primo periodo triennale inteso a presentare caratteristiche di completezza rispetto alla formazione professionale degli studenti, e in un eventuale successivo biennio che dovrebbe consentire loro di completare una più accurata preparazione scientifica di base indirizzandoli verso determinati settori specialistici.

In quest'ordine di idee si sta intanto procedendo alla progressiva disattivazione degli anni di insegnamento dei 7 corsi afferenti alla vecchia laurea tradizionale, ai quali si è fatto in precedenza riferimento, che sono stati sostituiti da cinque Classi di lauree triennali: Scienze dell'Architettura e dell'Ingegneria Edile, Ingegneria Civile e Ambientale, Ingegneria dell'Informazione, Ingegneria Industriale, Economia aziendale (in collegamento con la Facoltà di Economia e Commercio), nel cui ambito sono stati attivati 14 corsi di laurea, quattro dei quali (Ingegneria dell'Ambiente e delle Risorse, Ingegneria dell'Informazione, Ingegneria Industriale, Economia e Ingegneria della Qualità) hanno luogo nella sede didattica distaccata di Prato, in piazza Ciardi 25, e uno (Ingegneria dei Trasporti) in quella di Pistoia, in via Bindi 14. Mentre, per il conseguimento del titolo specialistico, sono stati, o lo saranno<sup>1</sup>, attivati 12 corsi di laurea biennali, uno dei quali (quello di Ingegneria Gestionale) ha luogo nella sede distaccata di Empoli, in via Fratelli Rosselli 40.

Come è stato osservato, l'ordinamento attuale degli studi di ingegneria ha notevolmente accentuato l'indirizzo emerso con la Legge Ruberti in ordine ad una progressiva diversificazione dei percorsi didattici degli studenti della Facoltà privilegiando anche, per alcuni settori, l'aspetto manageriale nella formazione professionale dei futuri ingegneri. E va inoltre rilevato come il compattamento semestrale dei cicli didattici, derivante dalla necessità di completare in tempi ridotti programmi di insegnamento di una non trascurabile corposità, finisca fatalmente per comportare, in special modo nella parte propedeutica, una qualche seria difficoltà nell'assimilazione di alcuni basilari concetti teorici, inconvenienti al quale non sempre appare potersi facilmente porre rimedio nel corso del biennio di indirizzo per la laurea specialistica, prevalentemente rivolto allo studio di specifici settori della tecnologia avanzata.

Da quanto precede si potrebbe dunque essere indotti ad immaginare un considerevole apporto alla formazione di 'ingegneri di gestione', per i quali peraltro sono state predisposte opportune limitazioni normative concernenti le sfere di attività professionale dei singoli. Mentre non altrettanto potrebbe essere pensato per quanto riguarda la formazione di 'ingegneri di ricerca'.

Ad ogni buon conto, qualora non intervengano ulteriori modifiche di carattere normativo, l'inserimento nel mondo del lavoro dei nuovi soggetti forniti di laurea triennale e di laurea specialistica, è previsto per i prossimi anni, ed appare quindi prematuro cercare di esprimere oggi un obiettivo giudizio di merito.

Va infine ricordato che, nel suo primo trentennio di vita, la Facoltà di Ingegneria dell'Università di Firenze ha conferito quattro lauree *honoris causa*: a Giovanni Sansone in Ingegneria Elettronica, a Nello Carrara in Ingegneria Elettronica, a Giovanni Michelucci in Ingegneria Civile, e a Paolo Fresco in Ingegneria Meccanica. Un analogo riconoscimento è previsto nel corrente anno accademico per Jean Todt, *general manager* del settore corse della Ferrari.

[...]

---

<sup>1</sup> Allo scopo di impedire una eccessiva moltiplicazione dei corsi di laurea, il Senato Accademico ha stabilito che questi possono essere attivati solo se vi risultano iscritti più di cinque studenti!



## TRACCE DEL PASSATO

Gli ingegneri sono, spesso per natura oltre che per professione, sempre con lo sguardo rivolto al futuro, al mondo che verrà. Ma a Firenze non c'è edificio, colle, località che non abbia una lunga e interessante storia da raccontarci. E talvolta, anche per un ingegnere, è bello rivivere il passato attraverso le sue tracce ingiallite dal tempo.

In questa sezione, *Tracce del passato*, il primo contributo di Ferdinando Rossi [Firenze, 1 marzo 1905 – Firenze, 19 gennaio 1997] – Presidente del Collegio degli Ingegneri della Toscana dal 1966 al 1989 – è dedicato all'istituzione, nel 1876, del Collegio Architetti e Ingegneri di Firenze (oggi appunto Collegio degli Ingegneri della Toscana). Il Collegio ha svolto, sin dalla fondazione e sino alla istituzione degli Ordini nel 1923, anche la funzione di tutela professionale degli iscritti. Le attività prevalenti del Collegio oggi sono sia la diffusione e l'approfondimento delle conoscenze tecniche e scientifiche sia la formazione professionale, in stretta collaborazione con l'Università e gli Ordini professionali, in tutti i campi dell'ingegneria e dell'architettura.

Il secondo contributo è di Leonardo Lucci e Fioranna Salvadori e Stefano Selleri. Gli autori hanno avuto la pazienza di 'rovistare' nell'Archivio Storico dell'Università di Firenze per ricostruire il percorso di formazione degli iscritti al biennio propedeutico per l'avviamento agli studi di ingegneria, ma anche alla ricerca di nomi e curiosità.

Il terzo contributo, di Serena Acciai e Alberto Becherini (Architetti del Laboratorio Sperimentale di Ateneo) ripercorre la genesi della struttura di Villa Cristina che, nei primi anni '70 fu adibito a sede della neonata Facoltà di Ingegneria dell'Università di Firenze.

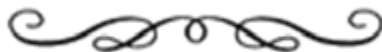
Invece il quarto contributo, di Luca Brogioni (all'epoca della prima edizione responsabile dell'Archivio Storico del Comune di Firenze) e Monica Fanciulli (Archivio Storico del Comune di Firenze) strettamente legato al precedente, ricostruisce, sulla base di materiale spesso inedito, la storia delle persone legate a tale struttura.

Il quinto contributo di Giacomo Bucci, professore emerito della Scuola di Ingegneria racconta di un legame poco noto fra l'edificio di Villa Cristina e Alan Turing, padre dell'informatica.

Il sesto contributo, di Daniele Dominici, professore ordinario di fisica dell'Università di Firenze e Giuseppe Pelosi, tra i curatori di questo volume, racconta invece un'altra curiosità poco nota, il breve periodo di Enrico Fermi docente al biennio propedeutico di Ingegneria a Firenze. A questo si lega anche il settimo contributo, di Enrico del Re, già professore ordinario di Telecomunicazioni all'Università di Firenze e Giuseppe Pelosi, relativo alla dedica di una *IEEE Milestone* per la pubblicazione, da parte di Enrico Fermi, della statistica che oggi porta il suo nome e quello di Paul Dirac, che è alla base della fisica dei semiconduttori e che Fermi pubblicò quando era a Firenze.

L'ottavo contributo dal titolo *L'ingegnere quantistico* di Massimiliano Pieraccini, docente della Scuola di Ingegneria ma anche scrittore (recentemente ha pubblicato per Rizzoli un 'thriller scientifico' intitolato *L'anomalia*). In questa duplice veste Pieraccini azzarda, espressamente per questo libro, un esperimento al confine tra archivistica e narrazione: una lettera apocrifia che Enrico Fermi avrebbe scritto a Firenze proprio nei giorni in cui elaborò la scoperta della statistica che prende il suo nome. È una fredda mattinata di inverno, Enrico Fermi aspetta in aula gli studenti del suo corso di Meccanica Razionale, in comune con il biennio di Ingegneria. Da mesi la sua mente è occupata da un problema di fisica statistica, ma non sempre il duro lavoro paga: ha, infatti, ricevuto una pessima notizia [...].

Infine, l'ultimo contributo dal titolo *'La Delibera' ovvero un racconto breve* propone uno spaccato di vita accademica presso la Facoltà, sapendone cogliere con efficacia i disarmanti aspetti surreali e paradossali.





## IL COLLEGIO ARCHITETTI E INGEGNERI A FIRENZE

*Ferdinando Rossi*

Il contributo è tratto dall'articolo di F. Rossi, *I Collegi Ingegneri ed Architetti ed il Collegio Ingegneri della Toscana*, «Bollettino Ingegneri», 1/2, Ed. Collegio degli Ingegneri della Toscana, Firenze, 1998. Le figure sono state introdotte dai curatori della presente pubblicazione.

[...]

Un fatto che certamente contribuì alla istituzione del Collegio Ingegneri e Architetti a Firenze, fu l'approvazione del nuovo Statuto del Collegio degli Ingegneri e Architetti di Milano, firmato a Firenze il 14 Febbraio 1869 da parte del Re Vittorio Emanuele II. Ciò non deve essere sfuggito al Peruzzi, allora Presidente del Consiglio Provinciale e chiamato l'anno dopo all'alta carica di Sindaco della nostra città. Si tennero convegni vari: il primo di essi a Roma nel 1875, cui partecipò l'ingegnere Giovanni Pini di Firenze e l'altro a Firenze, nel 1875, nella sala dell'Accademia delle Belle Arti in Piazza San Marco. Ubaldino Peruzzi fu Presidente onorario e vi presero parte Felice Francolini, architetto, e Giovanni Pini, ingegnere. Anche la nostra città si adeguò ai tempi e i tre partecipanti al congresso presero finalmente la decisione di sensibilizzare l'ambiente tecnico fiorentino per l'istituzione del collegio. Da notare che prima del 1876 esisteva a Pisa l'Associazione architetti ed ingegneri residenti in Toscana e non si spiegava come la sua presenza non avesse influito sulla realtà fiorentina. Verona e le più vicine a noi Arezzo e Siena, avevano Collegi di Ingegneri Agronomi, forse corrispondenti agli attuali Geometri. Dopo il 1860 in Toscana dominava l'Accademia dei Georgofili, cui apparteneva anche il Peruzzi, e forse questo fu dei motivi del ritardo con cui Firenze istituì il Collegio. Nonostante queste difficoltà l'ingegnere Giovanni Pini costituì, nel giugno del 1876, un Comitato promotore per fondare a Firenze un Collegio di Architetti e Ingegneri [...] Il Comitato promotore ebbe l'adesione di oltre 100 professionisti e nelle adunanze del 17 e 22 giugno 1876 fu approvato lo Statuto e furono eletti i componenti del comitato direttivo:

- comm. ing. Ubaldino Peruzzi, Presidente onorario;
- cav. prof. Felice Francolini, Presidente;
- comm. ing. Giovanni Morandini, primo vice Presidente;
- comm. prof. Emilio de Fabris, secondo vice Presidente;
- cav. ing. Giovanni Pini, Segretario;
- prof. cav. Michelangiolo Malorfi, tesoriere economo;
- cav. ing. Luigi Del Sarto, consigliere;
- cav. ing. David Duranti, consigliere;
- ing. Alessandro Cantagalli, consigliere.

L'articolo 1 dello Statuto stabiliva così la formazione e lo scopo della Società:

Art. 1: è istituita in Firenze una Società che porta il titolo di Collegio degli Architetti e degli Ingegneri. Il suo scopo è di contribuire al progresso scientifico, pratico, artistico, di tutto ciò che si riferisce alle varie professioni dell'architetto e dell'ingegnere.

Seguono 42 articoli attentamente studiati per l'andamento del Collegio. La sede era presso il Circolo Filologico (di cui era Socio Ubaldino Peruzzi) in via della Mattonaia, 4.

[...]

Il Collegio iniziò subito una grande attività, pubblicò gli Atti fino al 1908 e prese parte sostanziale sia nelle vicende di ristrutturazione della nostra città che, attraverso le relazioni con gli altri Collegi, a varie iniziative

per l'Italia e per l'estero. Importante inizio fu la relazione del 25 giugno 1878 per la fognatura di Firenze e la pavimentazione. Seguirono interventi per le ferrovie, per le stazioni ferroviarie, per l'Arno. È interessante seguire le vicende e apprendere come gli ingegneri e gli architetti erano consultati ed apprezzati sia in sede locale che nazionale. In seguito, il Collegio si occupò molto della istituzione della scuola di ingegneria, dei programmi dettagliati per le scuole di architettura e per la preparazione di base. Ubaldino Peruzzi era attivissimo e partecipava alle riunioni di consiglio.

Fu pubblicato un interessante Dizionario Tecnico dell'Architetto e dell'Ingegnere civile e agronomo edito nel 1883 e si insisteva molto nel valorizzare la proposta del Collegio di Napoli, assai attivo, per dare incremento alla Società di ingegneri ed architetti italiani di Roma, organo necessario per il coordinamento. Era il momento in cui i progressi della elettrotecnica entusiasmarono tutti e il nostro Collegio dimostrava molto interesse per questo settore, naturalmente non trascurando quello edile dato che era costituito da architetti e ingegneri (cosa che poi non proseguì a lungo). Il Collegio prendeva parte a tutti i congressi che si ripetevano in tutta Italia e fino dal 1887 si verificò la necessità di istituire i consigli dell'Ordine e di pensare all'ordinamento degli studi scientifici nelle scuole di architettura. Nel 1887 il Collegio organizzò una grande esposizione regionale toscana di materiali da costruzione, decorazione ed opere di finimento, ubicata fra via Lamarmora, via della Dogana e nei locali delle antiche scuderie di S. Marco (ora Università). Fu Presidente onorario Ubaldino Peruzzi ed effettivo Felice Francolini e fu inaugurata con l'intervento dei reali d'Italia. Successivamente una commissione studiò una proposta di legge per la tenuta dell'Albo presso ogni Corte d'Appello. Ubaldino Peruzzi morì nel 1891 ma il Collegio da lui voluto e potenziato proseguì e prosegue la sua benefica opera.

Si discusse sui titoli di ingegnere conseguiti nelle varie regioni d'Italia, per l'ammissione alle scuole di ingegneria con la licenza tecnica superiore o liceale e per gli architetti si continuò un periodo di transizione. L'attività del Collegio è veramente intensa e i vari Presidenti che si alternano nel comitato direttivo sono molto impegnati. La trasformazione degli impianti industriali a vapore in sistemi a motori elettrici fu motivo di ricerca come lo furono le linee tranviarie cittadine prima delle quali fu Firenze-Fiesole. Nel 1892-93 una rappresentanza del nostro Collegio andò al congresso di Chicago, organizzato dagli ingegneri in occasione della esposizione colombiana. Per la parte elettricità l'Italia fu ufficialmente rappresentata dal prof. Galileo Ferraris di Torino inventore del motore a campo rotante ed erano presenti Thomas Alva Edison, Graham Bell e Nicola Tesla.



Ubaldino Peruzzi de' Medici [Firenze, 2 aprile 1822 – Antella, 9 settembre 1891], ingegnere minerario. Fu Sindaco di Firenze e uno dei Ministri del neonato Regno d'Italia.



La casa dell'arch. Felice Francolini [Firenze, 9 giugno 1809 – Firenze, 4 gennaio 1896] in via della Mattonaia 18 a Firenze. Sulla facciata la lapide posta dal Collegio degli Architetti e Ingegneri di Firenze.

L'interesse del Collegio si rivolse particolarmente alle conseguenze relative al terremoto del 1895 nella città di Firenze e nello stesso anno furono poste basi concrete per lo studio della questione professionale e per l'istituzione dei consigli dell'Ordine nati per volontà dei collegi come difesa dei datori di lavoro, dei progettisti e direttori dei lavori. In questi anni nacque anche una società toscana degli ingegneri e degli architetti che si fuse con il Collegio dopo breve esistenza.

Si precisò che ogni Corte d'appello del Regno dovesse avere un Albo di ingegneri e di architetti cui avevano diritto di iscriversi soltanto coloro che possedevano il diploma di abilitazione all'esercizio della professione. Nel 1896 il Collegio partecipò al congresso ingegneri e architetti di Genova con gli ingegneri Giovanni Pini, Guido Martini, Crociatelli, Attilio Rampolli. Si difesero i diritti degli ingegneri laureati e si propose la loro unica ammissione nelle amministrazioni governative. Il 22 febbraio 1897 fu pubblicato il primo regolamento interno del consiglio dell'Ordine degli architetti e ingegneri in Toscana approvato in quella data dal collegio. Nel 1898 il Collegio prese viva parte per il progetto della nuova sede della biblioteca Nazionale e già si discuteva ampiamente sulla possibilità di attuazione della 'telegrafia senza filo'. I temi concernenti l'elettricità affascinavano ed erano sempre causa di frequenti riunioni. Si trattava dei vantaggi della corrente continua, della illuminazione pubblica e della trazione elettrica. Già si voleva un ampliamento della sede perché gli angusti locali dell'inizio erano insufficienti. Fu trovata una nuova sede in via dei Benci n. 10 ove aveva uffici anche l'Associazione Elettrotecnica.

In una riunione di consiglio del 1901 si ricordò quanto il prof. Camillo Boito, direttore della scuola di architettura del Politecnico di Milano, scriveva nella nuova antologia il 1° febbraio 1890:

[...] fate che l'architetto ritorni artista; cavatelo dalle scuole di applicazioni per gli ingegneri, educatelo negli istituti di belle arti; nutritelo di quel tanto di scienza che gli basti per architettare, ma non lo soffocate di dottrina indigesta, non gli mortificate la fantasia.

Si voleva una differenza con gli ingegneri e sembra che oggi ritorni di attualità questa maniera di pensare, con l'Unità Europea.

Nel 1902 si riaccese la polemica per l'abuso del titolo di ingegnere specialmente per gli 'ingegneri agronomi' in rapporto con i diplomati e i laureati. Per l'attenzione verso la nostra città, è importante la discussione avvenuta nel 1903 sullo scalo merci di Porta al Prato e sulla nuova stazione merci succursale di Campo di Marte, presso Rifredi, con l'allacciamento alle linee livornesi. Sulle novità costruttive con il cemento armato si ebbero numerosi interventi e nello stesso anno il nostro Collegio prese a cuore la questione della direttissima Bologna-Roma.

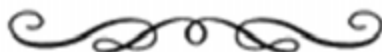
Non trascurò mai di parlare della necessità di una legge per proteggere l'esercizio professionale molto sostenuta dall'attivo Collegio di Napoli. Il Collegio, in grande attività, nel 1905 fu invitato dal Prefetto per occuparsi di questioni riguardanti la navigazione fluviale. Si propose già l'istituzione di scuole speciali per architetti che furono realizzate molto più tardi.



Vilfredo Pareto [Parigi (Francia), 15 luglio 1848 – Céligny (Svizzera), 19 agosto 1923]. è stato un ingegnere, economista e sociologo. Socio del Collegio degli Architetti e Ingegneri di Firenze dal 1880 al 1886. Lo studio di Pareto era in Via Ghibellina 100 e successivamente in Via dei Bardi 7.



Giuseppe Poggi [Firenze, 3 aprile 1811 – Firenze, 5 marzo 1901], redattore nel 1865 del piano regolatore di Firenze, è stato socio del Collegio degli Architetti e Ingegneri di Firenze dal 1876 al 1899, diventandone Presidente Onorario nel 1897.



IL BIENNIO PROPEDEUTICO PER L'AVVIAMENTO AGLI STUDI DI INGEGNERIA NEI DOCUMENTI DELL'ARCHIVIO  
STORICO DELL'UNIVERSITÀ DI FIRENZE

*Leonardo Lucci, Fioranna Salvadori, Stefano Selleri*

In questa nota sono presentati i risultati di una ricerca effettuata presso l'archivio storico dell'Università di Firenze, relativa al biennio propedeutico di avviamento agli studi di ingegneria presso l'Università di Firenze. In particolare, si è cercato di ricostruire il percorso di formazione degli studenti del biennio propedeutico attraverso i dati ricavabili sia dagli annuari per gli anni accademici dal 1924-25 fino al 1969-70, sia dai registri della carriera scolastica degli studenti delle sezioni di Scienze Fisiche e Naturali e di Scienze Matematiche, Fisiche e Naturali. Sulla base di questi documenti sono state elaborate le diverse tabelle riepilogative riportate di seguito.

In Tabella I sono mostrati i dati relativi al numero di studenti 'approvati all'esame di Licenza del biennio propedeutico all'Ingegneria', a partire dall'a.a. 1924-25, confrontati con quelli relativi ai laureati in Fisica, Matematica e Fisica, Chimica. Si osserva che dall'a.a. 1927-28 all'a.a. 1933-34 gli studenti devono superare un esame espresso all'inizio in 50-esimi e successivamente in 150-esimi (50 punti per la prova scritta, 50 punti per la prova orale e 50 punti per la prova grafica). I dati di Tabella I sono dedotti dagli annuari dell'Università di Firenze. Si segnala che le successive tabelle (Tabella II e Tabella III) tengono conto anche degli studenti presenti sui registri delle carriere, in cui sono presenti anche gli studenti che sono stati 'approvati all'esame di Licenza del biennio propedeutico all'Ingegneria' prima dell'a.a. 1927-28 e dopo l'a.a. 1933-34. Si segnala che con il RD 2044/ 1935-XIV viene stabilito il nuovo ordinamento della didattica, secondo cui

il corso degli studi di ingegneria si deve considerare quinquennale e perciò unico nonostante la divisione in biennio e triennio. In conseguenza gli studenti attualmente iscritti al secondo corso del biennio propedeutico d'ingegneria non sosterranno l'esame di licenza.

Fino all'a.a. 1933-34 (ultimo anno in cui era previsto un esame di licenza) il numero di studenti che hanno superato il biennio propedeutico sono 214. Di questi il 76% proveniva dall'area fiorentina, avendo conseguito gli studi superiori presso i Licei di Firenze elencati in Tabella II. Si ricorda che, fino alla Legge Codignola 910/69, gli studenti che avevano frequentato gli Istituti Tecnici non potevano accedere direttamente all'Università.

Sempre relativamente agli studenti che, fino all'anno accademico 1933-34, hanno superato il biennio propedeutico di avviamento all'ingegneria, la Tabella III riporta invece la distribuzione percentuale delle destinazioni raggiunte dopo la conclusione del biennio di avviamento.

In Tabella IV è riportato dall'a.a. 1924-25 fino all'a.a. 1969-70 (nell'a.a. 1970-71 viene istituita la Facoltà di Ingegneria) il numero degli iscritti al biennio propedeutico per l'avviamento agli studi di ingegneria, confrontato sia con il numero di studenti iscritti alla Facoltà di Scienze Matematiche Fisiche e Naturali (a cui il biennio afferiva), sia con il numero complessivo di iscritti all'Università di Firenze. In realtà la percentuale nell'ultima colonna di Tabella IV – ovvero il rapporto tra il numero di iscritti all'avviamento all'ingegneria e quello degli iscritti alla Facoltà di Scienze Matematiche, Fisiche e Naturali (in cui sono compresi gli iscritti al biennio propedeutico) – potrebbe sottostimare l'incidenza della componente ingegneristica. Infatti, la presenza di studenti dell'avviamento di ingegneria è mediamente limitata a due anni, mentre per gli altri corsi di laurea le presenze si protraggono mediamente per oltre due anni.

Nell'anno accademico 1970-71, primo anno della nuova Facoltà di Ingegneria, il numero totale degli studenti iscritti agli studi di ingegneria era di 1.036 (920 al biennio, 36 al terzo anno di Elettronica e 50 a quello di Meccanica). Gli iscritti nello stesso anno accademico all'Università di Firenze erano 26.068 e quelli alla Facoltà di Scienze Matematiche Fisiche e Naturali (a questo punto evidentemente senza la componente ingegneristica) erano invece 2.533.

Le notizie riportate di seguito sono articolate in diversi paragrafi. In particolare, sotto il titolo *Tra gli studenti*, viene proposta una selezione di studenti che hanno frequentato il biennio per l'avviamento all'ingegneria nel decennio dal 1924 al 1934; nel paragrafo dal titolo *La componente femminile* sono citate le

prime donne che frequentavano il biennio ed è mostrata una tabella che evidenzia l'incidenza della componente femminile sul totale degli iscritti al biennio dall'a.a. 1931-32 all'a.a. 1970-71; nel paragrafo dal titolo *Ordine degli studi* si riportano invece gli esami che dovevano essere sostenuti per superare il biennio di avviamento, con l'indicazione dei docenti più illustri che si succedettero nell'insegnamento delle materie di base fino all'a.a. 1933-34; infine, il paragrafo dal titolo *Fonti presso l'Archivio Storico dell'Università di Firenze* elenca le fonti da cui sono stati estratti i dati utilizzati per effettuare la ricerca oggetto di questo capitolo.

*Tabella I – Il numero di studenti che sono stati 'approvati all'esame di Licenza del biennio propedeutico all'Ingegneria' è confrontato, per anno accademico, con quello degli studenti che hanno conseguito la Laurea in Fisica, Fisica e Matematica, Matematica e Chimica. I dati sono presi dagli annuari della Regia Università degli Studi di Firenze.*

	1923-24	1924-25	1925-26	1926-27	1927-28	1928-29	1929-30
Avviamento all'Ingegneria				17	24	12	24
Laurea in Fisica				1	4	5	3
Laurea in Fisica e Matematica							1
Laurea in Matematica			3	1	4	8	6
Laurea in Chimica	29	24	19	12	14	10	7

*Tabella I – (continuazione).*

	1930-31	1931-32	1932-33	1933-34	1934-35	1935-36	1936-37
Avviamento all'Ingegneria	18	18	24	21			
Laurea in Fisica	4	4	2	2	5	1	4
Laurea in Fisica e Matematica	1	3	1				
Laurea in Matematica	10	3	2	5	5	3	6
Laurea in Chimica	5	3	14	7	8	10	10

*Tabella II – Il 76% degli studenti che, fino all'anno accademico 1933-34, hanno superato il biennio propedeutico di avviamento all'ingegneria, provenivano dall'area fiorentina; di questi si riporta la distribuzione percentuale tra i vari licei di Firenze.*

Suole fiorentine	%
Liceo Scientifico Leonardo da Vinci <sup>1</sup>	57%
Liceo Michelangelo <sup>2</sup>	15%
Liceo Dante <sup>3</sup>	14%
Liceo Galileo <sup>4</sup>	11%
Altro	2%

<sup>1</sup> Nel settembre 1923 veniva istituito a Firenze il primo Liceo Scientifico. Il Liceo ebbe la prima sede in Via della Colonna, nei locali della soppressa Scuola Normale Complementare Carducci. Nel 1924 si spostò nei locali dell'ex Scuola Normale Tornabuoni alle Cure nel viale Regina Vittoria (l'attuale viale Don Minzoni) e fu intitolato a Leonardo da Vinci. Negli anni '50 la Provincia di Firenze provvide alla costruzione di un nuovo edificio che è l'attuale sede del Liceo.

<sup>2</sup> Il Liceo Classico Michelangelo si trova in via della Colonna. Fu fondato nel 1898 con sede nei locali del Convento di Santa Maria Maddalena.

<sup>3</sup> Il Liceo Ginnasio Dante si trova a Firenze, in via Puccinotti, 55, affacciato su piazza della Vittoria, ed è una delle scuole più antiche della città. La sua fondazione, col nome di Liceo Fiorentino, risale al 30 settembre 1853, per decreto del granduca Leopoldo II. Nel 1859 esso ebbe sede nel palazzo Borghese in via del Palagio del Podestà, (oggi via Ghibellina), nel 1862 si trasferì nel palazzo Da Cepparello in via del Corso. Nel 1865 divenne 'Liceo Dante', in occasione del sesto centenario della nascita di Dante Alighieri e trovò la sua sede attuale solo nel 1921.

<sup>4</sup> Nel 1775 gli Scolopi acquistarono l'edificio di via Martelli (sede attuale del Liceo-Ginnasio Galileo) e trasferirono lì la loro scuola, che ebbe immediato sviluppo. Nel palazzo gli Scolopi rimasero anche dopo la formazione del Regno d'Italia, ma spostarono altrove la scuola quando, nel 1878, cedettero una parte dell'edificio come sede di un Ginnasio Regio che prese il nome di «Galileo», al quale nel 1884 fu aggiunto anche il Liceo.

Tabella III – Distribuzione percentuale delle destinazioni raggiunte dagli studenti che hanno concluso il biennio di avviamento all'ingegneria fino all'a.a. 1933-34.

Destinazione	%
Politecnico di Torino	44%
Scuola di Applicazione di Pisa	18%
Politecnico di Milano	11%
Scuola di Applicazione di Bologna	11%
Scuola di Applicazione di Roma	7%
Scuola di Applicazione di Padova	2%
Scuola di Applicazione di Genova	1%
Altro	6%

Tabella IV – Studenti, per anno accademico, iscritti (compresi gli studenti fuori corso) all'Università di Firenze (UniFi), alla Facoltà di Scienze Matematiche, Fisiche e Naturali (SMFN) ed al biennio propedeutico per l'avviamento all'ingegneria (Ing); l'acronimo 'dnd' sta per 'dato non disponibile'.

a.a.	UniFi	SMFN	Ing	Ing/SMFN	a.a.	UniFi	SMFN	Ing	Ing/SMFN
1924-25					1948-49	9.349	1.166	dnd	-
1925-26	1.194	238	95	39,9%	1949-50	8.490	1.080	dnd	-
1926-27	1.272	267	110	41,2%	1950-51	8.579	1.144	dnd	-
1927-28	1.277	240	78	32,5%	1951-52	8.157	1.184	dnd	-
1928-29	1.285	201	65	32,3%	1952-53	8.296	1.180	dnd	-
1929-30	1.229	182	59	32,4%	1953-54	7.750	1.142	238	20,8%
1930-31	1.232	160	62	38,8%	1954-55	7.705	1.073	198	18,5%
1931-32	1.362	176	68	38,6%	1955-56	7.681	1.111	220	19,8%
1932-33	1.432	199	78	39,2%	1956-57	7.599	1.171	258	22,0%
1933-34	1.549	208	85	40,9%	1957-58	7.945	1.264	301	23,8%
1934-35	1.634	223	90	40,4%	1958-59	8.182	1.384	319	23,0%
1935-36	1.604	231	66	28,6%	1959-60	8.841	1.435	315	22,0%
1936-37	4.500	249	72	28,9%	1960-61	dnd	dnd	dnd	-
1937-38	4.726	281	85	30,2%	1961-62	9.763	1.549	364	23,5%
1938-39	5.758	362	126	34,8%	1962-63	10.491	1.603	345	21,5%
1939-40	6.429	499	163	32,7%	1963-64	10.714	1.695	390	23,0%
1940-41	7.577	737	254	34,5%	1964-65	11.382	1.706	399	23,4%
1941-42	dnd	dnd	dnd		1965-66	13.037	2.020	448	22,2%
1942-43	10.556	1.105	365	33,0%	1966-67	14.502	2.332	585	25,1%
1943-44	9.466	1.207	dnd	-	1967-68	15.880	2.673	611	22,9%
1944-45	8.863	1.265	dnd	-	1968-69	18.669	3.310	695	21,0%
1945-46	10.021	1.304	dnd	-	1969-70	21.904	3.215	752	23,4%
1946-47	10.264	1.173	dnd	-					
1947-48	10.271	1.141	dnd	-					

#### Tra gli studenti

In questa sezione è presentata una galleria di immagini – con una didascalia esplicativa – relativa ad una selezione di studenti che hanno seguito il biennio propedeutico per l'avviamento agli studi di Ingegneria nel decennio dal 1924 al 1934.

Alcuni studenti come Manlio Mandò (approvato all'esame di Licenza del biennio propedeutico all'Ingegneria nell'a.a. 1931-32) e Francesco Scandone (approvato all'esame di Licenza del biennio propedeutico all'Ingegneria nell'a.a. 1926-27) conseguirono poi la Laurea in Fisica. Li ritroviamo nella carriera accademica.



Giuseppe Stefanelli [Firenze, 10 giugno 1905 – Firenze, 18 ottobre 2009] (a destra) in una foto dell'agosto 1926 insieme a due amici. Giuseppe Stefanelli frequentò a Firenze il biennio di avviamento all'ingegneria, durante il quale sostenne, tra gli altri, l'esame di Meccanica Razionale con Enrico Fermi (titolare del corso), di cui nell'immagine di destra si riporta il verbale. Dopo essersi laureato in Ingegneria a Pisa, fu professore ordinario di Meccanica Agraria e Presidente dell'Accademia dei Georgofili dal 1977 al 1986 [per cortesia di Paolo Blasi].



Ugo Piperno [Firenze, 24 febbraio 1908 – Milano, 31 marzo 1996], dopo il biennio propedeutico di studi a Firenze nel 1924-26, si laureò in Ingegneria Elettrotecnica presso il Politecnico di Torino a ventuno anni. Lavorò alla Autelco, società di telefoni ed apparecchi di precisione, con varie cariche. La società venne acquisita da GTE nel 1963 e fusa con la parte radio della Magneti Marelli (già diventata in precedenza GTE) diventando in Italia GTE-Telecomunicazioni (nella foto lo stabilimento a Cassina de Pecchi), di cui Piperno fu Presidente dal 1974 al 1983. Piperno fu uno dei pionieri della produzione di fibre ottiche in Italia e Amministratore Delegato del Consorzio STS per le trasmissioni da satellite.

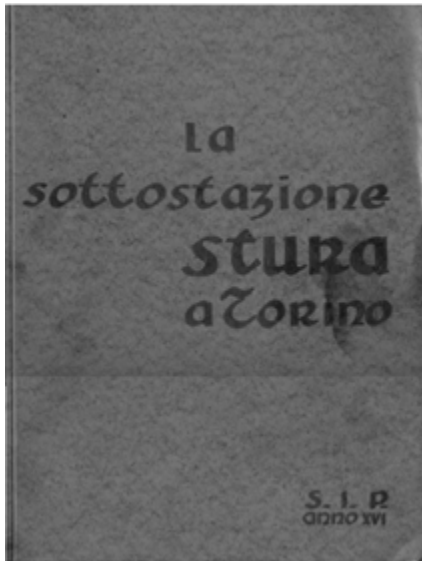




Una curiosità: Tito Tommaso Maria Brunetti [Firenze, 18 dicembre 1905 – Piacenza, 13 luglio 1954], dopo il biennio propedeutico di studi a Firenze nel periodo 1924-26, si laureò presso il Politecnico di Milano. Figlio di Giovanni Brunetti – che insegnò diritto civile all’Università di Firenze e fu Preside della Facoltà di Giurisprudenza – sposò la figlia di Rupprecht di Baviera (nella foto), Principe ereditario della Corona di Baviera.



Giampietro Martarelli [Verona, 7 giugno 1910 – Firenze, 20 gennaio 1987] – approvato all’esame di Licenza del biennio propedeutico all’Ingegneria nell’a.a. 1929-30 e laureatosi al Politecnico di Milano in Ingegneria Industriale – fotografato vicino alla locomotiva FS E626. Giampietro Martarelli ha lavorato dal 1934 al 1976 alle Ferrovie dello Stato, dove ha ricoperto l’incarico di Direttore del Compartimento di Firenze, è stato docente universitario e Presidente dell’Ordine degli Ingegneri della Provincia di Firenze dal 1960 al 1962. [per cortesia di Giancarlo Martarelli].



La copertina del libro *La sottostazione Stura a Torino* (Società Editrice Torinese, Torino, 1938) di Arnolfo Pernier, da cui è tratta la veduta panoramica riportata nella foto a destra. Arnolfo Pernier [Firenze, 28 aprile 1912 – ?, 1941] – figlio dell’archeologo Luigi Pernier – fu approvato all’esame di Licenza del biennio propedeutico all’Ingegneria nell’a.a. 1930-31 e si laureò al Politecnico di Torino. È stato ingegnere presso la Società Idroelettrica Piemontese (SIP).



Foto di Eugenio Curiel<sup>1</sup> – approvato all’esame di Licenza del biennio propedeutico all’Ingegneria nell’a.a. 1930-31 – dall’Archivio Storico dell’Università di Firenze. Eugenio Curiel [Trieste, 11 dicembre 1912 – Milano, 24 febbraio 1945] è stato docente universitario, partigiano, direttore de *L’Unità* (1943-1944) e capo del ‘Fronte della gioventù per l’indipendenza nazionale e per la libertà’. È Medaglia d’Oro al Valor Militare alla memoria.

<sup>1</sup> Foto restaurata digitalmente dal gruppo *Image Analysis Processing and Protection* (IAPP), Laboratorio di Elaborazione dei Segnali e Comunicazioni (LESC), Dipartimento di Ingegneria dell’Informazione.



Gualtiero Morpurgo [Ancona, 3 giugno 1913 – Milano, 29 settembre 2012] approvato all'esame di Licenza del biennio propedeutico all'Ingegneria nell'a.a. 1931-32. Morpurgo fu, con Mario Pavia, progettista e, costruttore delle navi Fede e Fenice a bordo delle quali migliaia di sopravvissuti ai lager nazisti salparono alla volta della Palestina, all'epoca sotto mandato britannico, dal porto di La Spezia (da qui il nome di 'porta di Sion'). Fu uno dei grandi protagonisti dei movimenti di emigrazione ebraica dall'Italia verso il nascente Stato di Israele e per questo fu premiato nel 1992 dal primo ministro israeliano Y. Rabin.



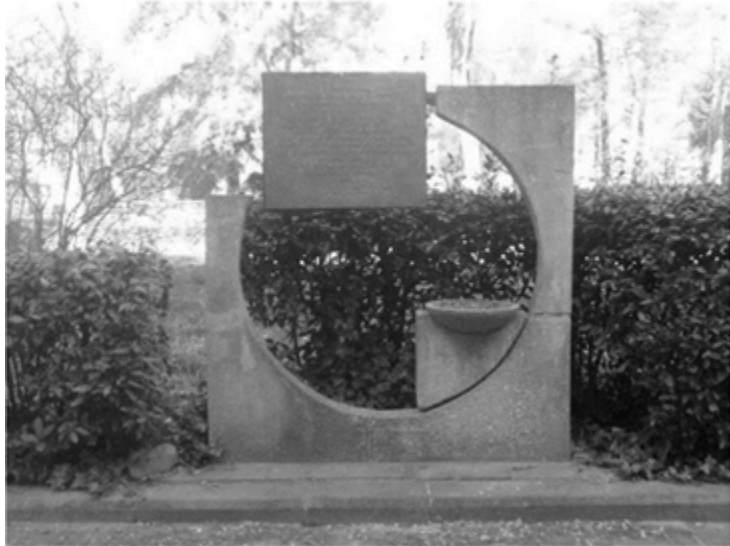
Giorgio Montecorboli – approvato all'esame di Licenza del biennio propedeutico all'Ingegneria nell'a.a. 1931-32 – si iscrisse alla Regia Scuola Navale Superiore di Genova. Montecorboli [Firenze, 3 gennaio 1912 – Auschwitz, ?] arrestato a Firenze e deportato nel campo di sterminio, non è sopravvissuto alla Shoah. [<http://www.nomidellashoah.it>]. Nella figura la lapide in cui compare il suo nome presso la Sinagoga di Firenze in via Farini [per cortesia della Comunità Ebraica di Firenze].

## SCHEDA 3

## LUIGI MORANDI E RADIO CORA

Luigi Morandi (Firenze, 26 gennaio 1920 – Firenze, 10 giugno 1944) fu studente del biennio propedeutico agli studi di Ingegneria dell'Università di Firenze.

Nella Resistenza fiorentina fu tra coloro che dettero luogo ad un servizio di informazioni per gli Alleati noto come Radio CORA. Medaglia d'oro al valor militare alla memoria.



A sinistra, Luigi Morandi, Per gentile concessione dell'Archivio Istituto Storico Toscano della Resistenza e dell'Età contemporanea (CB 10.37). A destra, targa commemorativa di Luigi Morandi, Enrico Bocci e Italo Piccagli, tutti di radio CORA, in Piazza d'Azeglio a Firenze.

*Tabella V – Componente femminile (F) degli studenti, organizzata per anno accademico, del biennio propedeutico per l'avviamento all'ingegneria. La colonna M&F si riferisce al numero complessivo degli iscritti. La documentazione non è disponibile per gli anni accademici non presenti in tabella.*

a.a.	M & F	F	a.a.	M & F	F
1932-33	78	1	1959-60	315	2
1933-34	85	3	-	-	-
1934-35	90	1	1962-63	345	2
1935-36	66	1	1963-64	390	3
-	-	-	1964-65	339	3
1953-54	238	1	1965-66	448	1
1954-55	198	2	1966-67	585	2
1955-56	220	3	1967-68	611	1
1956-57	258	1	1968-69	695	3
1957-58	301	3	1969-70	752	2
1958-59	319	1	1970-71	920	6

### *La componente femminile*

Per quanto riguarda la presenza della componente femminile tra gli iscritti al biennio per l'avviamento all'ingegneria, si segnala che la prima donna iscritta al biennio propedeutico per l'a.a. 1932-33 è Flora Bassi. Successivamente si iscrivono nell'a.a. 1933-34 sia Maria Biozzi sia Matilde Giachetti. Tutte e tre passeranno ad altro corso di laurea.

Negli anni accademici che vanno dal 1932-33 al 1970-71, l'impatto della componente femminile iscritta al biennio propedeutico all'ingegneria risulta dalla Tabella V.

### *Ordine degli studi*

In questa sezione si prende brevemente in esame l'ordine degli studi fino all'anno accademico 1933-34 (ultimo anno in cui era previsto l'esame di Licenza del biennio propedeutico all'Ingegneria).

In particolare, nell'anno accademico 1924-25, l'ordine degli studi prevedeva il seguente piano:

#### Anno I

- Analisi matematica (Parte I) e relativi esercizi – prof. Francesco Tricomi
- Geometria analitica e proiettiva (con esercizi) – prof. Edgardo Ciani
- Fisica sperimentale – prof. Antonio Garbasso
- Chimica generale ed inorganica – prof. Luigi Rolla
- Disegno – prof. Raffaello Brizzi

#### Anno II

- Analisi matematica (Parte II) e relativi esercizi – prof. Francesco Tricomi
- Geometria descrittiva (con esercizi) – prof. Edgardo Ciani
- Fisica sperimentale – prof. Antonio Garbasso
- Esercizi di Chimica – prof. Luigi Rolla
- Disegno – prof. Raffaello Brizzi

Agli studenti viene inoltre consigliato di seguire il corso di Meccanica Razionale tenuto dal prof. Enrico Fermi.



Antonio Garbasso [Vercelli, 16 aprile 1871 – Firenze, 14 marzo 1933] tenne il corso di Fisica sperimentale fino all'a.a. 1932-33.

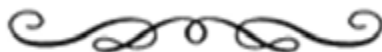
Tra i professori che si sono succeduti nell'insegnamento dell'Analisi matematica (che assumerà il nome di Analisi algebrica e di Analisi infinitesimale) vale la pena ricordare – oltre a Francesco Tricomi – Giovanni Sansone. Per l'insegnamento del corso di Meccanica Razionale si ricordano anche i nomi di Enrico Persico, Gilberto Bernardini e Bruto Caldonazzo.

Per quanto riguarda il piano di studi si evidenzia che negli anni successivi all'anno accademico 1924-25 si aggiungono come 'consigliati' gli esami di Mineralogia e di Geologia e come 'obbligatorio' l'esame di Meccanica razionale.

*Fonti dell'Archivio Storico dell'Università di Firenze*

- Regio Istituto di Studi Superiori, pratici e di perfezionamento in Firenze, Sezione di Scienze Fisiche e Naturali. Registro della Carriera scolastica degli studenti. Vol. VI, VII, VIII
- Regia Università degli Studi di Firenze, Sezione di Scienze Matematiche, Fisiche e Naturali, Avviamento all'Ingegneria. Registro della Carriera scolastica degli studenti. Vol I, II, III
- *Regia Università degli Studi di Firenze, Sezione Studenti*, filza n. 546, inserto n. 14907, «fascicolo carriera universitaria di Tito Brunetti»
- *Regia Università degli Studi di Firenze, Sezione Studenti*, filza n. 561, inserto n. 15307, «fascicolo carriera universitaria di Eugenio Curiel»
- *Regia Università degli Studi di Firenze, Sezione Studenti*, filza n. 599, inserto n. 16394, «fascicolo carriera universitaria di Gualtiero Morpurgo»
- *Regia Università degli Studi di Firenze, Sezione Studenti*, filza n. 599, inserto n. 15395, «fascicolo carriera universitaria di Giorgio Montecorboli» *Regia Università degli Studi di Firenze*, filza n. 570, anno 1927, fasc. 94 «Circolari ministeriali»
- *Regia Università degli Studi di Firenze*, filza n. 668, anno 1936, fasc. 154 «Nuovo ordinamento didattico universitario»
- *Regia Università degli Studi di Firenze*, filza n. 653, anno 1937, fasc. 127 «Piani di Studio delle Facoltà e Programmi dei corsi di insegnamento»
- Regia Università degli Studi di Firenze, *Annuari per l'anno accademico 1924-1925*, Tipografia Galletti e Cocci, Firenze, 1925
- Regia Università degli Studi di Firenze, *Annuari per gli anni accademici 1925-1929*, (5 v.), Firenze, Stab. Tip. Già Chiari, succ. C. Mori, Firenze, 1926-1930
- Regia Università degli Studi di Firenze, *Annuario per gli anni accademici 1930-1937* (7 v.), Stab. Grafico C. Ruffilli, Firenze, 1931-1937
- Regia Università degli Studi di Firenze, *Annuario per gli anni accademici 1937-1941* (4 v.), G.C. Sansoni Editore, Firenze, 1938-1942
- Regia Università degli Studi di Firenze, *Annuario per il biennio accademico 1941-1943* (4 v.), CYA Editore, Firenze 1942-1944
- Università degli Studi di Firenze, *Annuario per gli anni accademici 1943-1944 - 1952-1956*, (2 v.), Poligrafico Toscano, Firenze-Empoli, 1954-1957
- Università degli Studi di Firenze, *Annuario per gli anni accademici 1956-1971*, (11 v.), Editore dall'Ateneo Fiorentino, Firenze, 1960-1973

Sono inoltre disponibili le schede di ogni studente e la cartella dei documenti. Alcune cartelle risultano danneggiate dall'alluvione a Firenze del novembre 1966.



DALLA VILLA DI MONTUGHI ALLA NUOVA SCUOLA DI INGEGNERIA DELL'ATENEO FIORENTINO: STORIA E ANALISI PROGETTUALE DI UN COMPLESSO MONUMENTALE SULLE COLLINE DI FIRENZE\*

*Serena Acciai, Alberto Becherini*

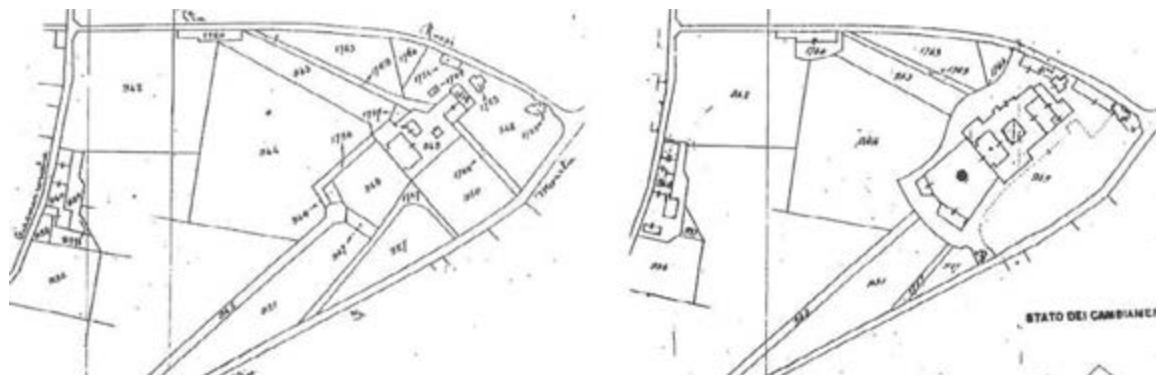
Il complesso di Santa Marta, oggi sede della Scuola di Ingegneria, deriva la sua attuale struttura da una successione di interventi, ampliamenti e cambi di destinazione d'uso che hanno trasformato il nucleo originario sorto sul colle di Montughi in un complesso di grande valore storico, architettonico e paesaggistico.

Per comprendere meglio quali strategie di intervento attuare per una completa riorganizzazione e riqualificazione del complesso dal punto di vista funzionale e architettonico, risulta fondamentale ricostruire lo sviluppo storico del complesso, a partire dall'edificazione del nucleo originario, ancora oggi riconoscibile: Villa Cristina.

*Il complesso di Santa Marta nel tempo*

Il complesso, situato sulle colline a nord-ovest di Firenze, deriva la sua collocazione dal luogo in cui la famiglia Gerini stabilì, a partire dal 1647, la propria residenza di villeggiatura<sup>1</sup>. L'edificio occupava una posizione dominante sulla pianura fiorentina, in un ampio terreno stretto tra via del Palazzo Bruciato (oggi via Ernesto Rossi) e via dei Cappuccini.

Proprietà della famiglia dei Dell'Accetta fino al 1469, la residenza, costituita inizialmente da un palazzo con orto e prato, era stata posseduta da varie famiglie prima di essere acquistata dai Gerini, che la trasformarono in villa signorile. L'edificio, infatti, presentava in origine i caratteri tipici dei poderi toscani e fu ampliato e arricchito per rispondere ai dettami dell'architettura secentesca: furono costruite due ali con loggiati e balconi a cingere il cortile aperto sul giardino, le pareti esterne vennero ornate e nei prati limitrofi venne ricavato un giardino all'italiana cinto da mura e da quinte prospettiche. La Villa dei Gerini, per come si presentava in quegli anni, è descritta da un'incisione di Giuseppe Zocchi, che mostra l'edificio nella sua interezza e offre una chiara testimonianza dello stretto rapporto stabilito da quest'ultimo con il giardino e con le colline circostanti.



Planimetrie catastali a confronto che evidenziano le modifiche apportate a fine '800 – aggiornamento catastale datato 1905 [Archivio di Stato di Firenze, Catasto Generale Toscana].

Nel 1827, la villa fu venduta al pittore fiorentino Giovanni Landini, per poi passare, nel 1865, a Laura e Cristina Bowdoin, che apportarono sostanziali modifiche all'interno dell'edificio e attribuirono alla villa il nome con il quale ancora oggi è conosciuta: Villa Cristina. Le principali modifiche attuate in questo periodo

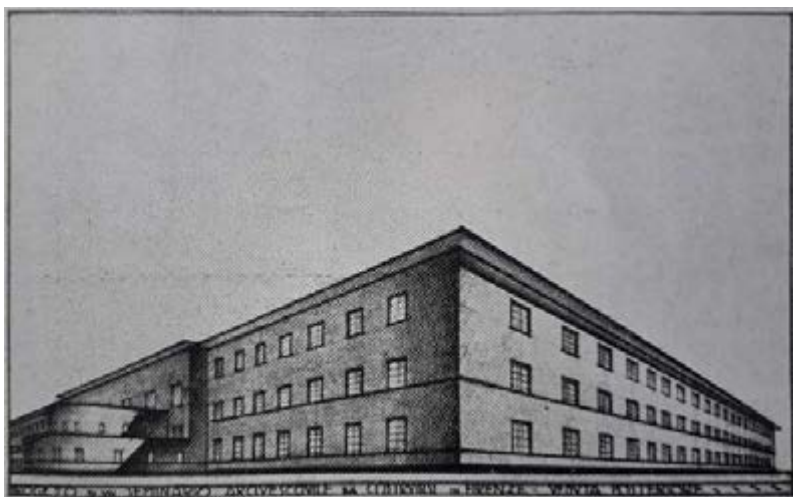
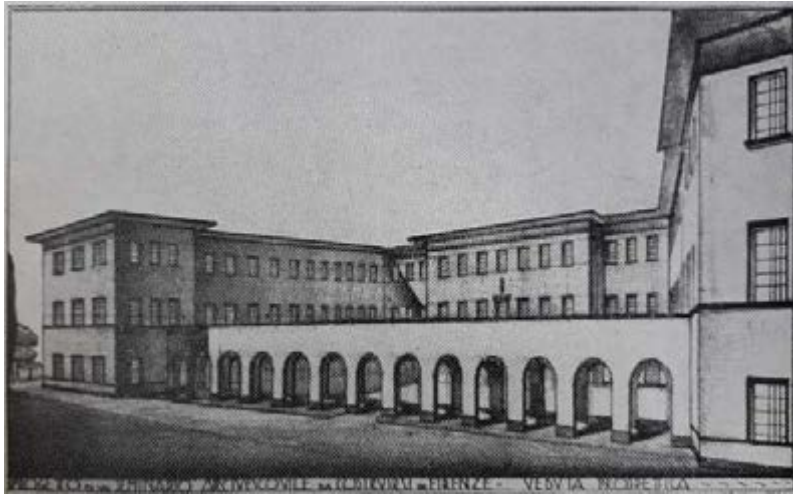
\* Contributo introdotto in questa seconda edizione.

<sup>1</sup> Università degli Studi di Firenze, Ex Seminario Minore di Firenze, Firenze, via S. Marta 3, *Relazione storica*, a cura di R. Romanelli, marzo 2005, p. 1. Si vedano, in particolare, per le informazioni storiche relative a Villa Cristina riportate di seguito, le pp. 1-6.

relativamente al corpo di fabbrica sono documentate dalle planimetrie catastali, in cui si segnalano i seguenti interventi: l'aggiunta di alcuni annessi sul retro dell'edificio, la regolarizzazione della volumetria in pianta, con la modifica dell'antico perimetro trapezoidale, e l'eliminazione delle due corti disassate in favore di un grande cortile centrale. La pianta, regolarizzata con l'ampliamento verso nord-ovest della porzione di fabbricato necessaria a completare la sagoma rettangolare, permise la creazione di un solo cortile centrale, chiuso con una copertura leggera, perfettamente in asse con l'accesso principale, ancora inquadrato dalle ali secentesche aperte verso sud. Il nuovo cortile, collegato all'atrio e ai corridoi perimetrali, scandito da archi a tutto sesto con colonne in marmo, è ancora oggi visibile.

Anche gli spazi esterni subirono alcune modifiche: la direttrice nord-sud del viale che attraversava il giardino all'italiana, inquadrato dalle due limonaie, fu mantenuta, così come il giardino all'italiana di fronte alla villa, ma la restante parte del giardino fu trasformata in un parco all'inglese.

Con la morte di Cristina Bowdoin, il 14 maggio 1872 l'intera proprietà passò alla famiglia della sorella, Laura Bowdoin. Nel 1888, la villa fu acquisita dalla signora Woronzoff e, successivamente, nel 1905, da Labouchère, che realizzò la nuova strada di accesso alla Villa, oggi via Massaia, per poi passare al signor Rennick, che la concesse in affitto per uso alberghiero.



Viste prospettiche del nuovo Seminario Minore («Bollettino dell'Arcidiocesi di Firenze. Organo ufficiale diocesano», Firenze, giugno 1935, n. 6).



L'evento che determinò la completa trasformazione dell'edificio e del parco fu però la vendita della proprietà, nel 1934, da parte di Dulcie Rennick, al Cardinale Elia Dalla Costa, Arcivescovo di Firenze. Al momento dell'acquisto, la proprietà era costituita da un edificio di tre piani con 73 vani, dotato di vari annessi e servizi e comprendente un giardino e un parco. Gli annessi erano costituiti dalla casa del portiere, posta all'ingresso su via di Santa Marta, da due case coloniche e da un villino con ingresso indipendente su via Rossi<sup>1</sup>.

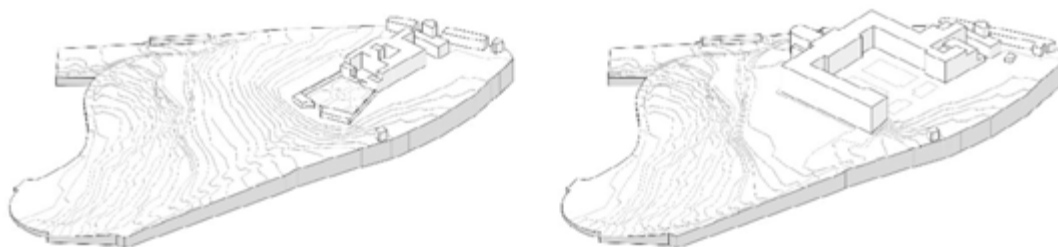
### *Il Seminario Minore Arcivescovile di Firenze*

Il cardinale Dalla Costa trovò in Villa Cristina un luogo ideale per la costruzione del nuovo Seminario minore. La posizione dell'area, poco distante da Firenze e al tempo stesso luogo di pace e silenzio, garantiva la possibilità, anche alla luce della notevole estensione del parco, di costruire un grande edificio che rispondesse a tutte le esigenze del seminario. Il parco della Villa, caratterizzato da uno sviluppo prevalentemente pianeggiante, completamente cinto da muri e immerso in un paesaggio fatto di ville, giardini e parchi, rispondeva perfettamente agli obiettivi del Cardinale. Il progetto per il nuovo seminario fu affidato all'Ingegnere Stanislao Ceschi e autorizzato da Alessandro Giuntoli, che elaborò il disegno di un grande edificio a U che avrebbe inglobato, nella parte terminale dell'ala sinistra, Villa Cristina.

I disegni pubblicati nel dicembre 1934 sul «Bollettino dell'Arcidiocesi di Firenze»<sup>2</sup> e, successivamente, sulla «Rassegna mensile del Comune» di Firenze<sup>3</sup> rappresentano un edificio dalla geometria regolare e di grande imponenza. Un impianto razionalista che ben rispondeva al volere dell'Arcivescovo, che auspicava la realizzazione di un edificio solido, privo di ogni superfluità, che esprimesse, disciplina e igiene.

Da subito l'integrazione del nuovo impianto generale a U con il fabbricato della villa evidenziò alcune difficoltà che non permettevano di mantenere inalterata la struttura dell'edificio. La soluzione adottata fu quella di demolire parte dell'antica villa per adattarla al linguaggio e all'organizzazione del nuovo Seminario. Il progetto prevedeva infatti di demolire i due avancorpi anteriori che delimitavano il grande cortile di accesso e una porzione del corpo principale per collegare la parte terminale del nuovo edificio con la villa e collocare il grande salone del refettorio.

L'immagine seguente, realizzata per poter confrontare la volumetria del nuovo Seminario con il nucleo storico di Villa Cristina, antecedente alla sua parziale demolizione, ci permette di capire in maniera più chiara l'impatto del nuovo edificio sull'area: il Seminario, rivolto verso l'accesso da via di Santa Marta, nega il dialogo diretto che l'antica villa aveva con il giardino e il parco, modificando in maniera netta il rapporto tra ambiente naturale e spazio costruito.



Schema di confronto tra le volumetrie del nuovo Seminario Minore (a destra) e Villa Cristina (a sinistra).

La distribuzione interna rispondeva a una chiara organizzazione funzionale. Il nuovo edificio accoglieva al piano terra gli spazi dedicati alla vita del Seminario durante il giorno: cappella, sala per conferenze, refettorio, aule studio e ambienti di servizio. Al piano primo erano collocati gli appartamenti dei professori,

<sup>1</sup> «Bollettino dell'Arcidiocesi di Firenze. Organo ufficiale diocesano», Firenze, dicembre 1934, n. 12, *Relazione sul progetto del nuovo Seminario Minore (con illustrazioni fuori testo)*

<sup>2</sup> «Firenze - Rassegna mensile del Comune», Firenze, giugno 1935, n. 6, pp. 177-179

<sup>3</sup> Lettera inviata dal Comune di Firenze alla Curia Arcivescovile di Firenze in data 11 marzo 1936, con oggetto: «Villa già Cristina in Via S. Marta N. 26. Informazioni». Il documento è conservato presso l'Archivio Storico del Comune di Firenze.

dell'Arcivescovo, del Rettore e del Direttore spirituale, insieme a sette grandi dormitori con annessi servizi igienici. Al piano secondo si trovavano sette dormitori con annessi servizi igienici, gli appartamenti dei professori, ulteriori bagni, un'infermeria e una biblioteca<sup>1</sup>. Nella parte rimanente della vecchia villa, invece, erano collocati il convento delle suore, al piano primo, e alcuni spazi di servizio. Negli annessi venivano ricavati un impianto per la conservazione del grano, il mulino e il forno per la fabbricazione e la cottura del pane, una lavanderia, un essiccatoio e il pozzo con impianto di sollevamento e distribuzione delle acque. Il progetto pubblicato sul «Bollettino dell'Arcidiocesi di Firenze» rispecchia quasi completamente quello effettivamente realizzato e differisce soltanto per alcuni elementi: le dimensioni notevolmente aumentate della chiesa, modificata anche nella forma, e l'eliminazione del porticato di comunicazione fra le estremità delle due ali.

Il 2 maggio 1935 venne consacrata la prima pietra. La costruzione dell'edificio fu affidata all'impresa Dal Pino e Sguanci di Firenze e la direzione dei lavori all'ingegner Stanislao Ceschi. I lavori furono consegnati nel giugno 1937 e il 2 maggio 1938 il seminario venne ufficialmente inaugurato. L'edificio esprimeva le caratteristiche richieste da Dalla Costa: solidità, disciplina, luce e igiene.

In occasione dell'inaugurazione, fu distribuito un opuscolo con foto e descrizione della struttura appena inaugurata. Queste immagini ci permettono di avere una visione chiara della struttura del Seminario Minore, oggi in parte nascosta dagli interventi realizzati per accogliere la Scuola di Ingegneria.

Si notano i grandi spazi comuni come la chiesa, il refettorio e il loggiato, scandito da archi a tutto sesto, ma soprattutto gli ampi spazi distributivi, luminosi ed affacciati sul cortile centrale: spazi in cui «l'aria, la luce, lo spazio trionfano [...] quasi a richiamare le altezze e la profondità della sapienza e della scienza di Dio»<sup>2</sup>. Gallerie «alte, larghe, illuminate», che «favoriscono l'ordine, il silenzio, la disciplina»<sup>3</sup>.

La villa, riconoscibile in alcune parti, è stata fortemente modificata. Della sua facciata principale non rimane niente e dal grande cortile centrale la sua presenza è quasi impercettibile. Sono stati invece conservati gli antichi ambienti di servizio, ristrutturati e uniti all'edificio principale attraverso un corridoio porticato, e la portineria.

Dal 1968 l'edificio del Seminario, ormai semivuoto, ospita la Scuola Media Statale A. Poliziano fino al completamento dei suoi nuovi edifici in viale Morgagni.

Nel 1980, il complesso, già in uso all'Università di Firenze da alcuni anni, fu acquistato dall'Università medesima per insediare la Facoltà di Ingegneria. L'insegnamento di Ingegneria era stato ufficialmente istituito a Firenze nel 1971 e, dopo un breve periodo nel plesso del Pellegrino sulla via Bolognese, era stato trasferito in parte dei locali del Seminario Minore, i cui ampi spazi risultavano ormai eccessivi per l'uso che ne aveva prospettato il Cardinale Dalla Costa.

La necessità di ricavare spazi adatti ad accogliere i laboratori, le aule, le stanze dei professori, ha fatto sì che numerose strutture leggere frazionassero i vastissimi ambienti, ma l'ossatura dell'edificio risulta ancora per lo più intatta.

#### *Analisi storico - compositiva del Complesso di Santa Marta*

Dal punto di vista dell'analisi compositiva, il complesso di Santa Marta si presenta come un ambiente di grande valore architettonico, dove la stratificazione storica costituita dal preesistente nucleo di Villa Cristina, inglobato dagli ambienti del Seminario Minore Arcivescovile, costituisce il nodo principale.

L'operazione progettuale compiuta dall'Ingegnere Ceschi negli anni '30 del Novecento appare molto decisa e di forte carattere progettuale. L'impianto urbanistico di Villa Cristina, nella sua relazione con il paesaggio circostante – elemento tipico delle ville fiorentine dell'epoca –, viene ruotato di novanta gradi. Viene attuato, inoltre, un cambiamento significativo sul piano della scala architettonica. Il volume della vecchia Villa, di dimensioni ridotte rispetto al nuovo complesso, risulta infatti inglobato all'interno della sola testata dell'ala est del grande volume del Seminario Minore. Gli ambienti ottocenteschi hanno mantenuto il sistema distributivo ai vari piani della Villa, mentre è cambiato il sistema distributivo principale. Il vasto salone di rappresentanza ha perso la sua centralità all'interno del complesso e rimane in posizione marginale

<sup>1</sup> *Il nuovo Seminario Minore Arcivescovile di Firenze*, Firenze, Tipografia Giannini & Giovannelli, 1938, p. 8 (consultabile presso la Biblioteca-Archivio del Seminario Arcivescovile Maggiore di Firenze).

<sup>2</sup> Ivi, p. 37.

<sup>3</sup> Ivi, p. 38.

rispetto ai grandi corridoi dell'edificio. La giunzione tra vecchio e nuovo è realizzata secondo un principio di integrazione totale: le forometrie e il linguaggio delle facciate della grande corte del Semiario vengono estesi al prospetto principale della villa. Soltanto sul lato sud del complesso, dove si notano i volumi minori della Villa, le aperture hanno un aspetto diverso per dimensioni e proporzioni. Altra discrepanza, in questa operazione di integrazione, è l'inevitabile differenza nell'altezza tra i piani del Seminario e quelli della Villa, aspetto che risulta evidente se si osserva il mezzanino di quest'ultima. Ciò che appare perduto è il rapporto di giaciture e orientamento che Villa Cristina e le sue precedenti edificazioni avevano instaurato con la collina. Così come Villa Cristina, anche l'impianto delle altre ville e dei conventi posti su questa porzione di territorio affacciata su Firenze da nord-ovest è esposto a sud-ovest. L'edilizia storica si apriva infatti maggiormente su questo lato tramite terrazzamenti, logge, muri a retta, che costituivano la coltivazione architettonica di questi luoghi.

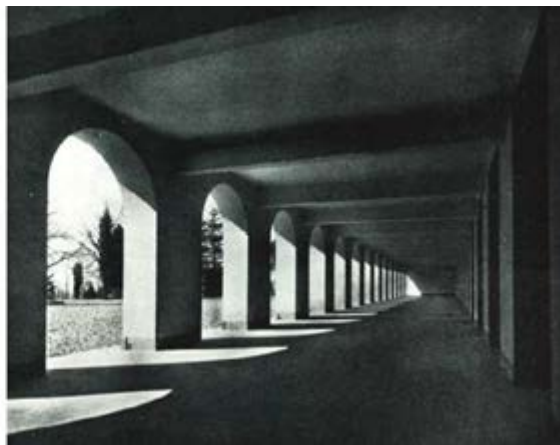


Foto del Seminario Minore appena inaugurato (Il nuovo Seminario Minore Arcivescovile di Firenze, 1938)

L'impianto del Seminario è caratterizzato da una grande impronta sul territorio a forma di U, che trova il suo asse nella chiesa del complesso, punto nodale del sistema compositivo. Il nuovo assetto ribaltò il rapporto tipo-morfologico che esisteva tra il paesaggio e la giacitura della Villa, che fu solo in parte mantenuto dal grande loggiato del Seminario Minore, aperto sul lato sud-ovest come spazio di filtro verso la campagna.

Il parco annesso alla Facoltà di Ingegneria di S. Marta è il risultato dell'integrazione di spazi verdi originariamente destinati a usi diversi. Risulta infatti evidente che, mentre la porzione prospiciente via di Santa Marta si innesta sul giardino formale che un tempo contestualizzava gli edifici storici, la porzione a nord deriva dalla trasformazione in parco di una particella agricola per lo più destinata a orti e frutteto. Questi

spazi, in seguito all'abbandono delle colture, sono stati integrati, senza nessun particolare intervento, in un unico spazio verde a disposizione della Facoltà. Il parco non ha mai subito, infatti, un intervento di ristrutturazione generale teso a rendere coerente la componente paesaggistica con le strutture che ospita e le funzioni che ne derivano, e ha quindi subito lo sviluppo e la crescita degli edifici e delle strutture impiantistiche della Facoltà, senza però diventarne parte integrante.

Nella porzione meridionale dell'area, in prossimità dell'edificio, è stato inoltre realizzato, per rispondere all'esigenza di parcheggi della Scuola di Ingegneria, un posteggio per auto. Questo intervento, seppur necessario, nega totalmente l'originaria impostazione del Seminario che individuava in quell'area il grande portico scandito da archi a tutto sesto, luogo privilegiato per il dialogo tra gli spazi interni dell'edificio e il parco.

Attualmente, quindi, il complesso non possiede un'organizzazione omogenea e chiaramente definita per strutture, funzioni e collegamenti.

Rispetto all'uso successivo di questo maestoso fabbricato, a un'analisi odierna appare chiaro come le esigenze della Scuola di Ingegneria di Firenze abbiano prevalso sulla valorizzazione del bene architettonico, in parte snaturando i caratteri tipologici del complesso del Seminario Minore Arcivescovile. L'edificio, anche per un inevitabile aumento delle utenze, non prevedibile ai tempi della progettazione del Seminario, è stato adeguato negli anni a esigenze non prevedibili al momento del progetto, senza che una complessiva rifunzionalizzazione del bene ne accompagnasse la delicata trasformazione.

Per attuare la riqualificazione del complesso di Santa Marta sarebbe quindi necessario promuovere un percorso progettuale capace di soddisfare le esigenze di ricerca dei Dipartimenti di Ingegneria e in grado di garantire il rispetto delle diverse componenti storiche, funzionali e paesaggistiche che hanno determinato nel tempo l'evoluzione di questo straordinario complesso architettonico.



## VILLA CRISTINA SUL COLLE DI MONTUGHI, UN PERCORSO PER IMMAGINI\*

*Luca Brogioni, Monica Fanciulli*

Come esposto nel contributo precedente, la 'sede storica' della Facoltà di Ingegneria è il complesso di Santa Marta sul colle di Montughi. Montughi è un colle della città di Firenze, a ridosso del centro verso nord. Montughi significa 'Monte degli Ughi' o 'Mons Ugonis', dalla famiglia Ughi che ebbe qui la residenza. La famiglia è citata da Dante Alighieri nella Divina Commedia (Paradiso, XVI, 88-90)

Io vidi li Ughi e vidi i Catellini.  
Filippi, Greci, Ormani et Alberichi  
già nel calare illustri cittadini

In origine Montughi era il colle dove c'è la chiesa di San Martino, poi il nome fu dato anche alla zona in cui si trova il Convento dei Cappuccini e la chiesa di San Francesco.

La storia dell'edificio che, da villa privata è poi divenuto il complesso della Facoltà – e ora della Scuola – di ingegneria è stato appunto raccontato con dovizia di particolari nel contributo di Acciai e Bacherini.

Qui vogliamo presentare una galleria di immagini dei protagonisti delle vicende accadute all'edificio e nell'edificio negli ultimi due secoli, Vicende che possiamo suddividere in 5 fasi:

### 1. Proprietà Pandolfina-Monroy

---

\* Contributo introdotto in questa seconda edizione.

2. Proprietà Woronzow
3. Proprietà Labouchere
4. Proprietà Rennick
5. Proprietà Arcidiocesi

Alla quinta fase segue, ovviamente, la cessione all'Università di Firenze.



Villa Gerini a Montughi come la vide nel Settecento l'incisore Giuseppe Zocchi [© Trustees of the British Museum, Londra].



Lo stemma dei Marchesi Gerini, presente sulla facciata del loro palazzo in Via Ricasoli 42 a Firenze. I Marchesi Gerini comprarono la Villa – poi trasformata nel Seminario Minore di Montughi – dai Marchesi Baglioni di Perugia.

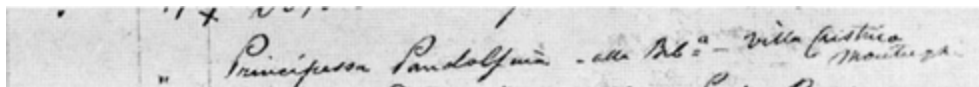
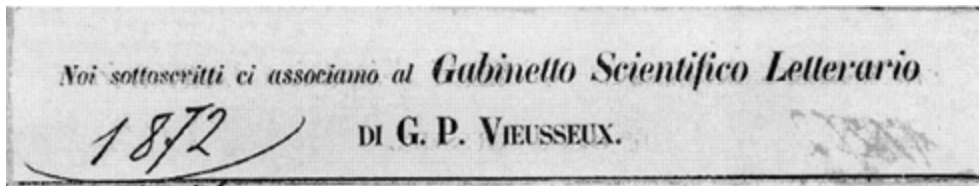


La tomba di Christina Temple-Bowdoin nel Cimitero degli Inglesi in Piazzale Donatello a Firenze. Si legge: «*Sacred to the memory of Christine Temple-Bowdoin who died at the Villa Christina near Florence the 14th day of may 1872*» (In memoria di Christine Temple-Bowdoin che morì a Villa Christina presso Firenze il 14 maggio 1872) [Chiesa Evangelica Riformata Svizzera].

*Proprietà Pandolfina-Monroy*



Situazione precedente alla costruzione del Seminario Minore di Montughi: rilievo topografico della villa, degli annessi e del vasto parco; la villa è indicata come «Villa Cristina – Principe Giuseppe Pandolfini» [Archivio Storico del Comune di Firenze].



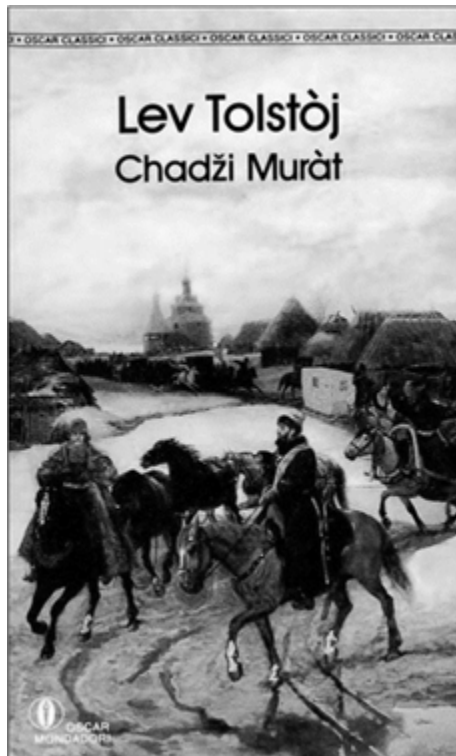
La firma della Principessa Pandolfina nel *Libro dei Soci del Gabinetto Vieusseux* (anno 1872). Accanto alla firma è visibile la residenza «Villa Cristina, Montughi» [per cortesia del Gabinetto Scientifico-Letterario G.P. Vieusseux].



A sinistra: Il principe Ferdinando Monroy, principe di Pandolfina e di San Giuseppe [Palermo, 1814 – Palermo, 1897] è stato un politico italiano, fu nominato Senatore del Regno dopo l’Unità d’Italia da Vittorio Emanuele II. Abitò a Villa Cristina intorno al 1880. L’incisione è di Pietro Vajani. Tra gli avi illustri di Ferdinando Monroy ricordiamo Hernán Cortés Monroy (Cortés è il cognome materno, anteposto al paterno contrariamente all’uso comune spagnolo) conquistatore dell’Impero Azteco (ritratto a destra).

*Proprietà Woronzow*

A Sinistra, ritratto – di George Dave, probabilmente 1820-1825 – di Michail Semënovič Woronzow, padre di Semën Michàilovič Woronzow, marito della Principessa Maria Wassilievna Woronzow che acquistò villa Cristina, la principessa è a destra in un ritratto di Franz Xaver Winterhalter, datato 1858.



La storia della famiglia Woronzow è raccontata anche da Lev Tolstoj in Chadži-Murat, romanzo breve del 1912, tradotto in italiano nel 1929 di cui qui sopra riportiamo la copertina dell'edizione del 1994.





Il quadro di Guido Reni *Il martirio di Santa Apollonia* [«Vendita a Firenze in seguito al decesso e per conto degli eredi di Sua Altezza la principessa Maria Wassilievna Woronzow e di suo figlio, gentiluomo di corte di Sua Maestà l'imperatore di Russia, Nicola Stolypine, duca di Montelfi», Villa Woronzow, 9-16 maggio 1900. Impresa di vendite in Italia di Giulio Sambon].



A sinistra, stemma araldico degli Stolypine. A destra l'esponente forse più celebre della famiglia: Pëtr Arkad'evič Stolypin che fu ministro degli interni e primo ministro dell'Impero Russo dal 21 luglio 1906 al 18 settembre 1911, durante il regno dello zar Nicola II.

## SCHEDA 4

## LETTERA DI VILFREDO PARETO A EMILIA PERUZZI

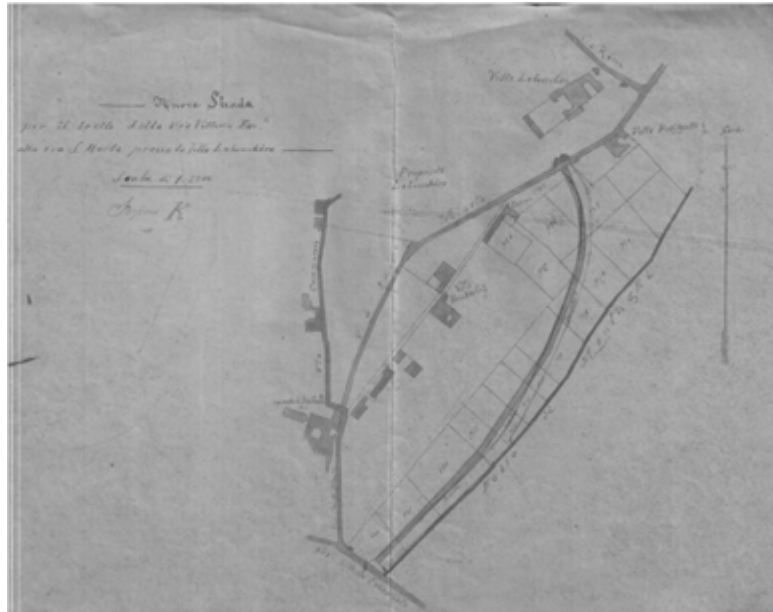
Sulle mura di Firenze vedesi un manifesto del comitato di San Gallo e, in alto porta scritto il nome del presidente onorario: Nicola Stolypine, duca di Montelfi. Voglio sperare, come italiano, che coloro che tollerano che il nome loro fosse esposto in pubblico, associato a quello dello Stolypine ignorino come costui, di famiglia russa cospicua invero, lasciata la patria, dispregiato pei suoi vizi, è venuto a Firenze ove da molti appena è tollerato, e sfugge solo nei salotti l'insulto, perché questo prima colpirebbe la padrona di casa che ha il torto di riceverlo, e un gentiluomo non insulta una donna, ma in luogo pubblico sta guardingo come chi ben sa non avere diritto al saluto degli onesti e spesso se lo è veduto negare.



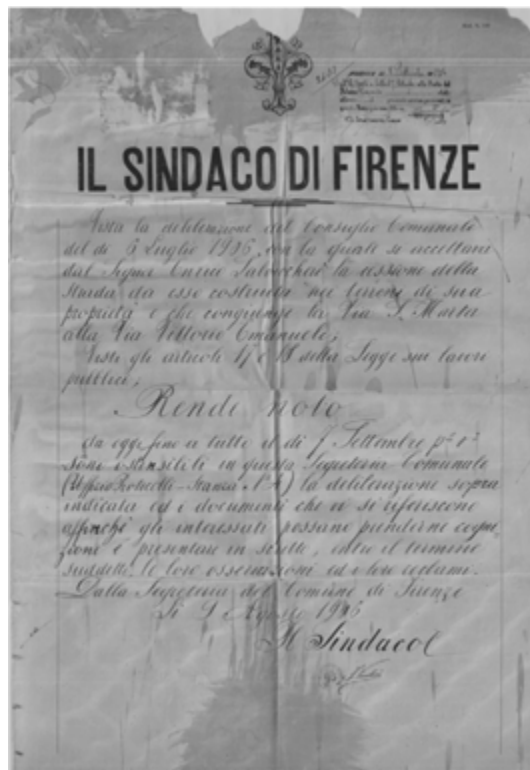
Lettera di Vilfredo Pareto, ingegnere, economista e sociologo. Socio del Collegio degli Architetti e Ingegneri di Firenze dal 1880 al 1886, a Emilia Peruzzi (nella foto) moglie di Ubaldino Peruzzi, Gonfaloniere di Firenze e più volte Ministro del Regno d'Italia. In tale lettera, del 5 agosto 1886 (N. 971) Pareto informa la Peruzzi a proposito di Nicola Stolypin, duca di Montelfi e figlio di Maria Wassilievna Woronzow. Il titolo di duca di Montelfi fu concesso a Nicola Stolypin dal Re d'Italia Umberto I nel 1884.

*Proprietà Labouchere*

Sir Henry Labouchere in una fotografia scattata nel 1905 a Villa Cristina da 'Messer Brogi of Florence' come riportato da Algar Labouchere Thorold nel suo volume *The Life of Hery Labouchere* (1913), dedicato dall'autore alla cugina Dorothea Labouchere, Marchesa di Rudini 'In memory of the many happy days at Villa Cristina'.



Mappa catastale con l'indicazione della nuova strada realizzata da Henry Labouchere per congiungere via Santa Marta a via Vittorio Emanuele (la futura via Guglielmo Massaia) [Archivio Storico del Comune di Firenze].



Il 9 agosto 1906 il Sindaco di Firenze rende nota la delibera del Consiglio Comunale con cui il Comune di Firenze accetta la cessione, da parte di Henry Labouchere, della strada da lui costruita, su terreno privato, per la congiunzione di via Santa Marta e via Vittorio Emanuele [Archivio Storico del Comune di Firenze].



Villa di Sir Labouchere (Villa Cristina) a Montughi nei dintorni di Firenze [Archivi Alinari-Archivio Brogi, Firenze].



Gabriele d'Annunzio (a sinistra) e Alessandra di Rudini (a destra) i due ebbero una tempestosa e relativamente breve relazione, sbocciata in occasione delle nozze, nell'ottobre 1903, tra Dorothea Labouchere, figlia di Henry Labouchere col marchese Carlo di Rudini, parlamentare del Regno d'Italia. Carlo e Alessandra erano figli di Antonio Starabba, marchese di Rudini, due volte Presidente del Consiglio dei Ministri del Regno d'Italia (1891-92 e 1896-98).



Veduta del sontuoso salone della villa di Sir Labouchere (Villa Cristina) a Firenze. [Archivi Alinari-Archivio Brogi, Firenze].

*Proprietà Rennick*



I Rennick acquistarono la villa senza mai abitarla, ma convertendola in albergo, dato in gestione a Frank Savage. La foto qui sopra mostra lo stesso salone della foto precedente trasformato in *hall* dell'albergo (Cartolina di una serie anni 1920-30).

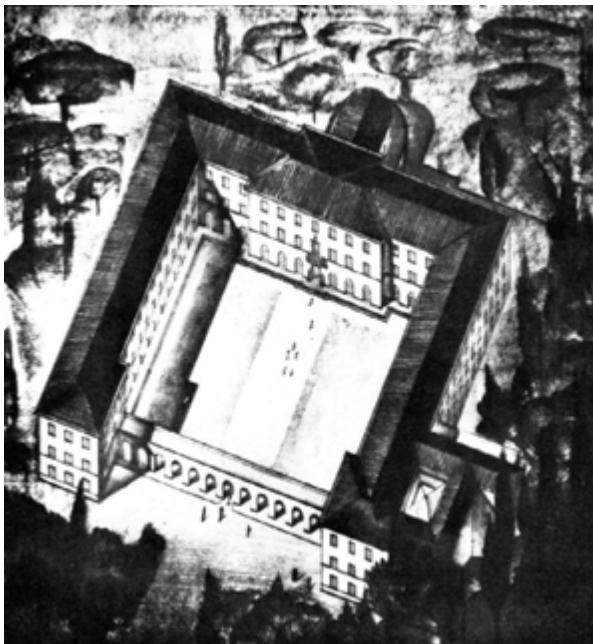


Altre immagini dell'epoca in cui Villa Cristina fungeva da albergo (Cartoline di una serie anni 1920-30).

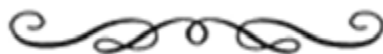


Villa Cristina vista dal parco, ai tempi in cui fungeva da albergo (Cartolina di una serie anni 1920-30).

*Proprietà Curia Arcivescovile di Firenze*



Visione generale del nuovo Seminario Arcivescovile [Caratteristiche e proprietà tecniche del nuovo Seminario arcivescovile di Firenze, «Firenze, rassegna del Comune», anno VI, n. 6, giugno 1935, pp. 177-179, disponibile anche on line all'indirizzo: <<http://rivistestoriche.comune.fi.it>>]<sup>1</sup>.



L'EMENDAMENTO LABOUCHERE, ALAN TURING E IL COMPLESSO DI SANTA MARTA. OVVERO UNA COINCIDENZA FORTUITA CHE FA INCROCIARE TURING CON LA SCUOLA DI INGEGNERIA DI FIRENZE\*

*Giacomo Bucci*

Il contributo è basato su una conferenza nell'ambito dell'evento 'Alan Turing – La mente della macchina' 31 marzo – 14 aprile 2015 – Fondazione culturale Stensen, Firenze.

Dagli anni settanta la Scuola di Ingegneria ha i suoi locali nell'edificio mostrato dall'alto nell'immagine conclusiva dell'articolo precedente.

<sup>1</sup> Si veda anche *Il nuovo seminario Minore arcivescovile di Firenze : Anno domini mcmxxxviii*, Firenze, Tipografia Giannini & Giovannelli, 1938.

\* Contributo introdotto in questa seconda edizione.

Il corpo ad U rovesciata venne costruito nel 1935. Ad esso è collegato l'edificio, a destra in basso nella medesima immagine, la cui esistenza risulta già a partire dal XIV secolo. Tale edificio è noto come villa Cristina; nome datole dalla signora inglese Christina Temple-Bowdoin che la acquistò nel XIX secolo.

Nel 1901 villa Cristina venne acquistata da Sir Henry Du Pré Labouchere, che visse in villa dal 1906 fino al 1912, anno di sua morte.

Nel 1938 il Card. Elia Dalla Costa inaugurava l'intero complesso, ovvero il corpo ad U e l'annessa villa Cristina, come Seminario Minore Arcivescovile di Montughi. Negli anni Settanta parte del complesso di S. Marta venne affittato dall'Università di Firenze per la Facoltà di Ingegneria. Successivamente l'Università acquistò l'intero fabbricato.

#### *Ma chi era Labouchere?*

Era inglese. La sua famiglia, di fede ugonotta, proveniva dalla Francia da dove era scappata al tempo della persecuzione degli ugonotti. Era il maggiore di 9 tra fratelli e sorelle (3 maschi e 6 femmine).



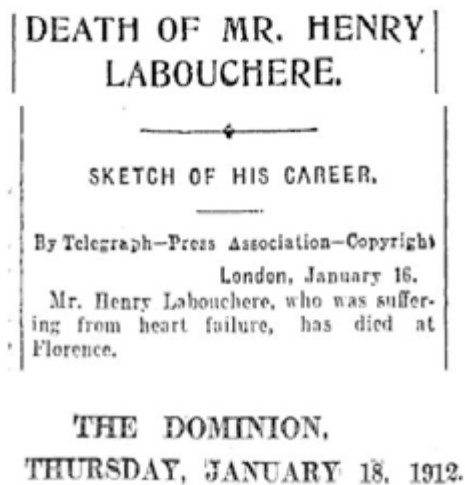
Sir Henry Labouchere

Studiò a Eton e al Trinity College di Cambridge. Fu beneficiario di una ricca eredità da uno zio barone. Iniziò la carriera da diplomatico. Fu giornalista; fondò il settimanale 'Truth'. Eletto alla camera dei Comuni tra i liberali per la prima volta nel 1865. Non rieletto nel 1868. Tornò in parlamento nel 1880 e vi rimase fino al 1906 quando si ritirò in Italia, a Firenze.

Nel libro *'The life of Henry Labouchere'* di A. Labouchere Thorold, Londra 2013, egli viene descritto come un tipo originale. Il libro contiene diversi fatti e aneddoti. Ne citiamo alcuni. Aveva poca voglia di studiare. A Cambridge in due anni si indebitò per £6.000 con le corse ai cavalli. Convisse con Henrietta Hodson dal 1868, e la sposò solo nel 1887, dopo la morte del di lei marito. I suoi articoli su Truth contro corruzione e malaffare gli causarono svariate citazioni in giudizio. In parlamento era soprannominato 'Labby'. I suoi interventi erano tra i più seguiti per il modo spiritoso con cui declamava. Aveva la propensione a stare dalla parte di chi si trova in situazioni svantaggiate. Alcuni aspetti del carattere lo fanno immaginare come un tipo controverso: era a un tempo radicale, moralista e antifemminista.

Fu l'autore dell'Emendamento Labouchere in base al quale venne condannato Turing.





A sinistra l'annuncio della morte di Henry Labouchere apparso sul giornale inglese *The Dominion* il 18 gennaio 1912; a destra e la tomba di Henry e signora al Cimitero delle Porte Sante, Firenze;

### *Il contesto in cui nacque l'emendamento Labouchere*

Dal 1861 la legge '*Offence against person Act*' fissava a 12 anni l'età del consenso (*consent age*) e definiva come reato grave (*felony*) i rapporti sessuali (*carnal knwoledge*) con bambine sotto 10 anni. Definiva reato minore (*misdemeanour*) i rapporti con bambine tra 10 e 12 anni. Nel 1875 l'età del consenso fu portata a 13 anni. Tuttavia, le ragazze, specie se povere, avevano scarsa protezione; le malattie venere dilagavano; la legge non prevedeva alcuna responsabilità per gli uomini.

Sotto la spinta di gruppi umanitari furono avanzate proposte di modifica della legge. Ci vollero anni per l'approvazione di quello che è passato come '*Criminal Law emendament Act 1885*', con il quale l'età del consenso veniva portata a 18 anni. Il 6 agosto 1885, tre giorni prima della sua approvazione, Labouchere, fece approvare quello che è stato denominato '*emendamento Labouchere*'. Esso recitava:

Ogni persona di sesso maschile che, in pubblico o in privato, esegue, o prende parte nell'esecuzione di, o fa da intermediario, o cerca di fare da intermediario nell'esecuzione da parte di qualsiasi persona di sesso maschile, di qualsiasi atto di grave indecenza, sarà colpevole di condotta immorale, e se condannato potrà a discrezione della Corte essere incarcerato per non più di due anni, con o senza lavori forzati.

Si noti che dal 1533 valeva il '*Buggery Act 1533*', abrogato solo nel 1967, che puniva la sodomia con la pena di morte (anche se nel 1861 la punizione era stata modificata in ergastolo).

### *Su Alan Turing*

Alan Mathison Turing nacque a Londra il 23 giugno 1912, figlio di due funzionari della famiglia reale britannica. Nel 1931, vincitore di una borsa di studio, si iscrisse al King's College dell'Università di Cambridge.

Nel 1936, pubblicò un articolo, intitolato *On computable numbers, with an application to the Entscheidungsproblem*. Il '*Problema della decisione*' (*Entscheidungsproblem*) era stato posto nel 1928 dal matematico tedesco David Hilbert. Esso richiedeva di esibire una procedura in grado di stabilire, per un qualsiasi enunciato matematico, se esso fosse vero o falso, in un numero finito di passi. Turing definì un modello di macchina, poi denominato '*Macchina di Turing*', che da allora costituisce il modello formale di macchina universale di calcolo.

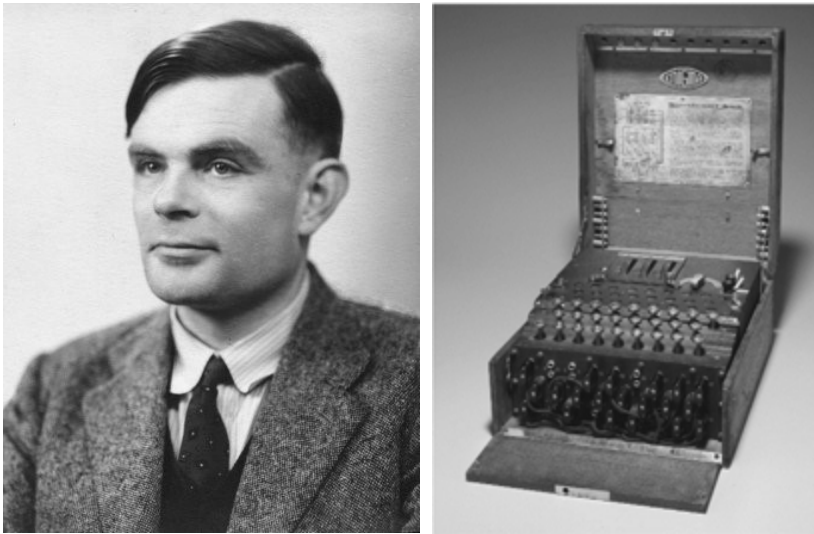
Durante la Seconda guerra mondiale lavorò per i servizi segreti britannici, impegnandosi nel decodificare le macchine elettromeccaniche usate dai Tedeschi per le comunicazioni segrete tra i vari comandi. In

particolare, egli formulò un metodo che consentì la decodifica dei messaggi scambiati attraverso la famosa macchina denominata Enigma, ritenuti praticamente impossibili da decifrare.

Turing fu arrestato per omosessualità il 31 marzo 1952 e venne condannato proprio in base all'emendamento Labouchere. Turing avrebbe denunciato per furto un suo ospite in casa sua per il furto di alcuni soprannobili. Ammise la sua omosessualità. Considerato che era un eroe di guerra, gli fu consentito scegliere tra una pena detentiva a due anni di carcere o la castrazione chimica mediante assunzione di estrogeni. Optò per la seconda alternativa. Ma l'assunzione di estrogeni provocò un calo della libido, lo sviluppo dei seni e uno stato depressivo a causa della situazione umiliante.

Si suicidò il 7 giugno 1954 mangiando una mela avvelenata con cianuro di potassio. Si dice che il logo Apple sia un omaggio ad Alan Turing, ma l'azienda non ha mai confermato questa diceria.

Turing è stato riabilitato il 10 settembre 2009 per bocca del primo ministro Gordon Brown,



Da sinistra a destra: Alan Turing e la macchina cifrante tedesca 'Enigma' che venne decifrata dagli inglesi col contributo fondamentale di Turing.



Da sinistra a destra: la statua di Turing a Manchester, che lo raffigura con una mela nella mano destra; il simbolo della Apple.

### Conclusioni

Il precedente è un piccolo frammento di storia che ci ha permesso di scoprire un sottilissimo legame tra Firenze, la sua Università (la Facoltà di Ingegneria) e Alan Turing.



TRA ULIVI E GECHI. IL PERIODO FIORENTINO DEL NOBEL PER LA FISICA ENRICO FERMI\*

*Daniele Dominici, Giuseppe Pelosi*

Il contributo è tratto dall'*Informatore*, Febbraio 2020, p. 37.

A soli 37 anni ricevette il premio Nobel per la Fisica - si era laureato a 21 anni -, ma Enrico Fermi può essere considerato l'antesignano dei nostri cervelli in fuga: infatti dopo la cerimonia per la consegna del Nobel a Stoccolma, non tornò a Roma, sua città natale, dove insegnava all'Istituto di Fisica di via Panisperna, ma fece rotta verso gli Stati Uniti per poi stabilirsi definitivamente a Chicago. A spingerlo verso questa decisione non furono le precarie condizioni economiche o i mancati riconoscimenti professionali che allontanano i giovani ricercatori oggi, ma le leggi razziali fasciste che furono applicate in Italia nel 1938. Sua moglie era ebrea e Fermi temeva per l'incolumità sua e dei figli.

Della vita del grande fisico italiano si conoscono tanti episodi; non è molto noto, invece, che dopo la laurea, conseguita nel 1922 alla Scuola Normale Superiore di Pisa, nel 1924 fu docente all'Università di Firenze, su iniziativa di Antonio Garbasso, all'epoca direttore dell'Istituto di Fisica di Arcetri e anche sindaco della città.

Fermi rimase a Firenze solo due anni accademici, ma in quel periodo scrisse un lavoro fondamentale sul comportamento statistico delle particelle che soddisfano il principio di Pauli, quali, per esempio, gli elettroni. Questo lavoro, che portò lo scienziato italiano a una notorietà di livello mondiale, oltre a spiegare alcuni fenomeni fisici fondamentali, ha avuto numerose applicazioni che hanno rivoluzionato la nostra vita quotidiana con l'elettronica moderna, a partire dal transistor.

Nei due anni fiorentini Fermi abitò ad Arcetri dove ritrovò il compagno di studi universitari Franco Rasetti, che divenne un suo stretto collaboratore. Ricorda Rasetti in un'intervista: «Eravamo praticamente insieme dalla mattina alla sera, dal discutere di fisica al catturare gechi, che raccoglievamo per impaurire la moglie del portiere, che ci preparava il pranzo».

I soggiorni in Toscana continuarono anche dopo il trasferimento di Fermi a Roma. La moglie, Laura Capon, nata in una famiglia ebraica di provenienza veneziana, era nipote dei coniugi Zabban, proprietari di Villa Il Frassine, un complesso rurale nei dintorni di Rignano sull'Arno. I coniugi Fermi vi trascorsero numerosi soggiorni estivi, come ricorda Laura Capon nel suo libro *Atomi in famiglia* (Mondadori, 1954). Nella villa soggiornarono, nella prima metà del Novecento, anche altri esponenti della comunità ebraica italiana: i coniugi Zabban furono infatti figure di riferimento anche per la famiglia Rosselli.

\* Contributo introdotto in questa seconda edizione.

Le storie di queste famiglie negli anni successivi seguirono percorsi diversi. Carlo e Nello Rosselli, importanti figure dell'antifascismo socialista, fuggirono in Francia dove, nel 1937, furono assassinati, su mandato del governo di Mussolini, da un'organizzazione fascista francese. Il padre di Laura, Augusto Capon, ammiraglio della Marina militare italiana, fu arrestato nell'operazione di rastrellamento del ghetto di Roma nel 1943, deportato ad Auschwitz e, all'arrivo, avviato alle camere a gas.

Tutte queste figure sono oggi patrimonio della cultura italiana. In particolare, quelle dei fratelli Rosselli, come esempi di antifascismo militante, e quella di Enrico Fermi, come uno dei padri della fisica del XX secolo.

## SCHEDA 5

## ENRICO FERMI A FIRENZE



## FERMI A FIRENZE

Il periodo fiorentino del grande fisico italiano è raccontato nel libro *Enrico Fermi a Firenze. Le «Lezioni di Meccanica Razionale»* al biennio propedeutico agli studi di Ingegneria: 1924-1926, di Roberto Casalbuoni, Daniele Dominici, Giuseppe Pelosi, autori dell'articolo e docenti dell'Università di Firenze, ed. Firenze University Press, 2019.

Nella foto Franco Rosetti, Rita Brunetti, Nello Carrara ed Enrico Fermi davanti al pozzo dell'Istituto di Fisica di Arcetri. A Nello Carrara si deve l'introduzione del termine "microonde" nella letteratura tecnico-scientifica.

Dal contributo di D. Dominici e G. Pelosi pubblicata sull'*Informatore*, Febbraio 2020, p. 37.



FERMI IEEE MILESTONE IS DEDICATED AT THE UNIVERSITY OF FLORENCE\*

*Enrico Del Re, Giuseppe Pelosi*

Il contributo è tratto da IEEE Region 8 News, Vol. 19, N. 2, 2016, pp. 1,3.

Enrico Fermi's fundamental contribution to semiconductor electronics has been memorialized with an IEEE Milestone plaque at the University of Florence, Italy.

Modern electronics is based on semiconductor transistors. The first prototype was built at Bell Laboratories in December 1947, but the theory behind semiconductor transistor operation dates to some 30 years


\* Contributo introdotto in questa seconda edizione.

earlier. In 1926, the statistics that applied to the electrons in a semiconductor were presented independently by Enrico Fermi and Paul Dirac. These statistics were a basis for the creation of the transistor and consequently, of all modern electronics. What is not so well-known is that Enrico Fermi developed and published his statistics in the short period (1924–26) in which he was teaching mechanics and mathematical physics at the University of Florence.

The Milestone was dedicated on 4 December 2015 at the university with the following citation:

*Nobel laureate Enrico Fermi developed the quantum statistics that would be named after him while teaching at the School of Engineering of the University of Florence. The Fermi-Dirac statistics were a fundamental contribution to semiconductor physics and to the development of electronics.*

The plaque was unveiled in the main hall of the School of Engineering during a ceremony attended by the rector Luigi Dei, the President of the School of Engineering Renzo Capitani, IEEE Italy Section chair Ermanno Cardelli and IEEE Region 8 director Costas Stasoupulos. A lecture 'From FERMI-DIRAC Statistics to the Invisible Electronics' was given by Gianfranco Manes. Gianfranco Manes and Giuseppe Pelosi's book, *Enrico Fermi's IEEE Milestone in Florence, for his Major Contribution to Semiconductor Statistics, 1924-1926*, was distributed to participants. This book is available as a PDF free of charge and as print-on-demand at IEEE History Center Press. The Milestone is the third in Italy, the others being in Como (dedicated to the invention of the battery by Alessandro Volta) and in Pontecchio Marconi, Bologna (dedicated to the invention of the radio by Guglielmo Marconi).

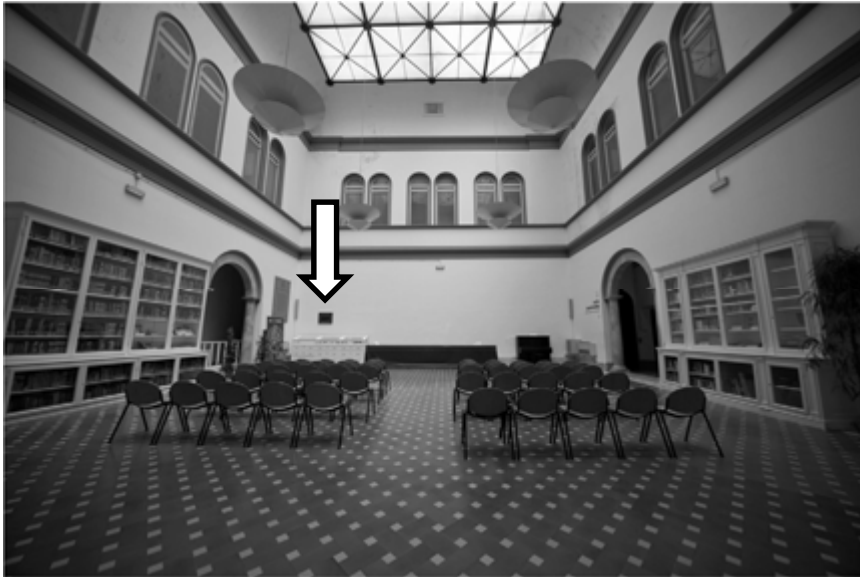
SCHEDA 6	COS'È L'IEEE
 <span style="font-size: 2em; font-weight: bold; margin-left: 10px;">IEEE</span>	
<p><i>Advancing Technology for Humanity</i></p>	
<p><i>L'Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE) è un'associazione internazionale di ingegneri e scienziati professionisti con l'obiettivo della promozione delle scienze tecnologiche.</i></p> <p><i>La sede dell'IEEE è nello stato di New York, negli Stati Uniti. Raccoglie oltre quattrocentomila iscritti da tutto il mondo ed è la più grande associazione professionale di area tecnologica del mondo.</i></p>	



IEEE Milestone dedicated in Florence to Enrico Fermi.

## SCHEDA 7

## IEEE MILESTONE A SANTA MARTA PER ENRICO FERMI



La IEEE Milestone nella sua installazione definitiva nel salone di Villa Cristina della Scuola di Ingegneria (sulla parete in fondo, a sinistra, indicata dalla freccia), in italiano la dedica è: «Per l'importante contributo di Enrico Fermi alla Statistica dei Semiconduttori» e la motivazione: «Il premio Nobel Enrico Fermi sviluppò la statistica quantistica che avrebbe poi portato il suo nome mentre insegnava alla Scuola di Ingegneria dell'Università di Firenze. La statistica di Fermi-Dirac è stata un contributo fondamentale alla fisica dei semiconduttori e allo sviluppo dell'elettronica.» (per cortesia di Piero Mazzinghi).



University of Florence Rector prof. Luigi Dei speaking; from right to left, sitting, DINFO Director prof. Enrico Del Re, prof. Gianfranco Manes, IEEE R8 Director Costas Stasoupolos and IEEE Italy Section Chair prof. Ermanno Cardelli. The Milestone, top left corner, is still covered by the University of Florence Flag.



## L'INGEGNERE QUANTISTICO

*Massimiliano Pieraccini*

Il contributo *L'ingegnere quantistico* è stato pubblicato anche sulla rivista «Il colle di Galileo», Firenze University Press, Firenze, Vol. 2, N. 2, 2013, pp. 19-26.

La moderna elettronica è interamente basata sui semiconduttori, materiali le cui proprietà si spiegano solo sulla base della statistica quantomeccanica elaborata da Enrico Fermi. Gli studenti di ingegneria di tutto il mondo, fin dal loro primo corso di elettronica, imparano a utilizzare la cosiddetta 'Energia di Fermi' per l'analisi del comportamento delle giunzioni tra semiconduttori di diverso drogaggio. Ma certo ben pochi di loro sanno che questo fondamentale concetto fu scoperto dal giovane Enrico Fermi nei due anni in cui insegnò a Firenze alla Facoltà di Scienze e al biennio di Ingegneria, prima di essere chiamato a Roma dal ministro Orso Mario Corbino a costituire quello straordinario gruppo di fisici che sarebbe passato alla storia come i 'ragazzi di via Panisperna'.

Il periodo fiorentino di Fermi è forse il meno noto della vita del grande scienziato, ma è fondamentale per capirne il carattere e la formazione. A questo proposito di grande interesse sono le lettere che Fermi ha scambiato fin dal 1917 con l'amico di infanzia Enrico Persico. Questa corrispondenza è una preziosa finestra sulla personalità di un uomo altrimenti di carattere schivo, ben poco incline all'espressione diretta dei propri sentimenti. Sono disponibili otto lettere spedite da Firenze, ma sarebbe una straordinaria scoperta storiografica scoprirne una nona, magari scritta proprio nei giorni cruciali della scoperta che avrebbe rivoluzionato la storia della tecnologia. Una lettera datata 11 gennaio 1926.

Firenze-Arcetri, 11 gennaio 1926

Caro Enrico<sup>1</sup>

ti scrivo seduto alla cattedra dell'aula dove tra qualche minuto terrò il mio corso di 'Meccanica razionale' agli studenti di Scienze e di Ingegneria<sup>2</sup>.

A Firenze in questi giorni ci sono temperature glaciali. Il termometro segna tre gradi ma, come mi ha avvertito Garbasso<sup>3</sup> fin dal giorno del mio arrivo all'Istituto, se decidessimo di riscaldare l'edificio d'inverno esauriremmo la dotazione finanziaria annuale in meno di un mese e allora, veramente, non avremmo di che fare il più semplice esperimento di Fisica.

Stamattina mi sono alzato prima dell'alba e ho passeggiato a lungo per le strade deserte della città prima di arrivare in Piazza San Marco<sup>4</sup>. Sentivo il bisogno di schiarirmi le idee: l'articolo di Pauli su «Z.

<sup>1</sup> Enrico Persico, compagno di scuola di Enrico Fermi a Roma, rimase in costante contatto epistolare con l'amico per molti anni. Nel 1927 Persico vincerà la cattedra di Fisica Teorica proprio a Firenze.

<sup>2</sup> Dal 1924 era stato istituito il biennio propedeutico di Ingegneria presso la Facoltà di Scienze Fisiche e Naturali della Regia Università di Firenze.

<sup>3</sup> Antonio Garbasso, all'epoca direttore dell'Istituto di Fisica della Regia Università degli Studi di Firenze, sindaco di Firenze e senatore del Regno d'Italia.

<sup>4</sup> Le lezioni si tenevano in via Piazza Marco, 2 oggi sede del Rettorato. Enrico Fermi era domiciliato in Via del Pian dei Giullari 63 (oggi via Guglielmo Righini, 2) sul colle di Arcetri, in uno stabile dell'Università nei pressi dell'Istituto di Fisica. Piazza San Marco, nel centro storico di Firenze, dista da Arcetri circa 4 Km.

Physik»<sup>1</sup> mi ha sconvolto e depresso. Avevo cominciato a riflettere sulla questione dell'entropia di un gas perfetto fin dal mio soggiorno a Leida<sup>2</sup>, ma continuava a sfuggirmi una qualche regola generale su come contare gli atomi nello spazio delle fasi. Ed ora Pauli l'ha trovata. Una regola semplicissima, ovviamente, e io mi sento uno stupido completo. A cosa è servito dedicare ogni mia energia alla Fisica per tutti questi anni? Forse è il coraggio che mi manca. Dovevo osare, formulare quella maledetta regola, e invece l'ha fatto lui. Quando l'ho incontrato a Gottinga<sup>3</sup>, quasi non mi voleva stringere la mano, troppo impegnato a 'non' voler capire la Fisica con Born, Heisenberg e Jordan. Perché ciò di cui ragionano loro non è più Fisica, è zoologia dei termini spettroscopici o, peggio, pura filosofia! E quella è una lingua che proprio non riesco a comprendere. Pauli una sera, più ubriaco del solito, mi ha chiamato 'ingegnere quantistico'. E forse ha ragione lui. Non sono adatto all'astrazione di questa nuova Fisica. Io sono e rimango il figlio di un ferroviere, un bambino che si è rifugiato nello studio della matematica e della Fisica per non pensare ai lutti della propria famiglia<sup>4</sup>.

Scusami, caro amico mio, per questo sfogo. Vorrei tu fossi qui. Come al solito mi sento molto solo. Nessuno qui capisce qualcosa di Fisica moderna: a Firenze la scienza è ostinatamente ferma al 1820<sup>5</sup>. Rasetti<sup>6</sup> è l'unico con cui posso parlare. Ma è così strano. Non ha ambizioni né veri interessi in Fisica. Sparisce per settimane e torna con collezioni di foglie e minerali. Passa le giornate a cucinare piatti esotici e parlare degli usi e della filosofia indiani. Ma quando è in laboratorio fa cose strabilianti, che mi fanno ammutolire per ingegno e fantasia. Se non ci fosse lui, sarei veramente perso in questo Istituto così misero e male attrezzato. È una ben triste condizione la mia: superato nella teoria da un ubriacone tedesco e nella pratica dal mio stesso compagno di laboratorio.

Se almeno si risolvesse la questione del concorso! Prima tutto era fermo perché non uscivano le nuove norme ministeriali. Quando sono state pubblicate è venuto fuori il problema della commissione. Corbino<sup>7</sup> e Garbasso dovrebbero essere sicuri, ma certo lo stesso non si può dire per gli altri membri. Maiorana<sup>8</sup>, Somigliana e Maggi sono i più probabili<sup>9</sup>, ma non voglio neanche pensare all'ipotesi Lo Surdo<sup>10</sup>! Intanto ho fatto domanda anche per Fisica matematica a Cagliari<sup>11</sup>. Con tutta questa incertezza sul concorso di Roma, meglio avere un fucile con due canne, benché non mi sorrida particolarmente l'idea di andare a finire nelle isole.

Malgrado lo sconforto, ma forse a maggior ragione, in questi giorni ho lavorato intensamente all'idea di Pauli (che certo avrei potuto avere io, se solo avessi avuto ancora un po' di tempo) applicandola alla quantizzazione di un gas perfetto monoatomico. Vorrei riuscire a presentare un lavoro alla riunione

<sup>1</sup> W. Pauli, *Über den Zusammenhang des Abschlusses der Elektronengruppen im Atom mit der Komplexstruktur der Spektren*, «Zeitschrift für Physik», vol. 31, 1925, pp. 765-783. In questo articolo Wolfgang Pauli formula l'enunciato, oggi noto come 'Principio di esclusione di Pauli', che valse al suo autore il Premio Nobel nel 1945.

<sup>2</sup> Nel 1924, Enrico Fermi trascorse alcuni mesi a Leida ospite del prof. Paul Ehrenfest, che incoraggiò moltissimo il giovane scienziato spingendolo a approfondire i suoi studi di spettroscopia e meccanica statistica.

<sup>3</sup> Nell'inverno del 1923 E.F., grazie a una borsa di studio del Ministero dell'Istruzione, visitò l'istituto di Max Born a Gottinga, all'epoca uno dei maggiori centri di ricerca del mondo, dove stava compiendo la rivoluzione scientifica di quegli anni. Disgraziatamente sembra che Enrico Fermi non riuscisse ad affiatarsi in questo ambiente straordinario né a interagire con i suoi coetanei.

<sup>4</sup> Il fratello maggiore di Enrico Fermi muore all'età di 15 anni durante un'anestesia, la tragedia sconvolse la madre che muta di carattere manifestando frequenti crisi depressive. La morte della madre nove anni dopo fu un ulteriore grave colpo. Enrico Fermi rimase segnato per sempre da questi eventi che lo resero taciturno e poco incline a esprimere le proprie emozioni.

<sup>5</sup> Malgrado l'evidente ritardo in campo scientifico di Firenze in quegli anni, l'anno successivo con la nomina di Enrico Persico a professore di Fisica Teorica, l'istituto fiorentino diviene presto uno dei più avanzati centri di ricerca nel campo della nascente Fisica quantistica, in stretta collaborazione con il gruppo di Roma. Per alcuni anni gli atenei di Roma e Firenze saranno gli unici in Italia a impartire insegnamenti di fisica moderna.

<sup>6</sup> Franco Rasetti, compagno di università di Enrico Fermi, lo seguì a Firenze e poi a Roma. Fu uno dei più importanti protagonisti del gruppo di via Panisperna. Nel 1939, in seguito alla situazione politica italiana, emigrò in Canada. Non collaborò mai allo sforzo bellico degli Alleati e progressivamente passò agli studi naturalistici, guadagnandosi una discreta notorietà scientifica come paleontologo.

<sup>7</sup> Orso Mario Corbino, all'epoca professore di Fisica Sperimentale, senatore del Regno, già titolare dei dicasteri della Pubblica Istruzione e dell'Economia Nazionale. Con la chiamata di Enrico Fermi a Roma, Corbino sarà il principale organizzatore e protettore del gruppo dei 'ragazzi di Via Panisperna' che per una breve stagione portò la fisica italiana all'apice della scienza mondiale.

<sup>8</sup> Quirino Majorana, zio di Ettore Majorana il grande fisico teorico del gruppo di Via Panisperna, scomparso in circostanze misteriose nel 1938.

<sup>9</sup> Dopo varie vicissitudini, la composizione finale della commissione fu: Corbino, Garbasso, Cantone, Majorana, Maggi.

<sup>10</sup> Antonino Lo Surdo, professore di Fisica Sperimentale a Roma, avversario politico di Garbasso e di Enrico Fermi. In seguito aderì entusiasticamente ai programmi politici e razziali del regime, rigettando gli sviluppi della fisica 'giudea'.

<sup>11</sup> La commissione del concorso di Cagliari, i cui atti furono pubblicati nel marzo 1926, giudicò Enrico Fermi maturo per la cattedra, ciò nonostante, quando si venne a formare la graduatoria per la terza non si raggiunse l'unanimità. Enrico Fermi visse ciò come una profonda ingiustizia e per molti anni non dimenticò né il concorso né i giudici.



dell'Accademia dei Lincei che si terrà tra qualche giorno<sup>1</sup>. Sono convinto che gli atomi di un gas possano essere trattati in modo quantistico ed ora, dopo l'intuizione di Pauli, posso calcolarne la statistica. Magari ne viene qualcosa di buono da pubblicare anche su «Zeitschrift für Physik»<sup>2</sup>.

Saluti affettuosi a te e alla tua mamma e arrivederci a presto.

Enrico Fermi

P.S. (13 gennaio 1926) In questi giorni sono stato troppo impegnato nei calcoli della mia statistica e non ho avuto il tempo di spedire questa lettera. Rileggendola, credo proprio che non la spedirò più<sup>3</sup>.



#### 'LA DELIBERA' OVVERO UN RACCONTO BREVE

All'inizio degli anni 2000, durante i lavori di ristrutturazione della Facoltà di Ingegneria, venne rinvenuto un pregevole manoscritto che taluno vorrebbe attribuire alla penna giovanile di Franz Kafka, forse concepito durante il periodo fiorentino dello scrittore.

Il racconto, prendendo a pretesto una vicenda di un Consiglio di Facoltà, bene descrive il senso di smarrimento e di angoscia dell'individuo davanti alla fatale concatenazione di eventi apparentemente paradossali che, alimentandosi della complessità degli apparati pubblici e delle relative normative, finiscono per divenire ineluttabilmente tangibili e reali.

Indipendentemente dall'attribuzione, i temi del racconto si inscrivono nel contesto letterario dello scrittore praghese e rappresentano una testimonianza che i curatori volentieri hanno inserito in questa pubblicazione.

Un particolare ringraziamento va al prof. Gianfranco Manes che ha ritrovato il manoscritto e ne ha curato la traduzione dal 'boemo' all'italiano, sottoponendola alla supervisione di illustri giuristi.

Il Consiglio di Facoltà si trascinava stancamente verso la fine, in quel tiepido pomeriggio di primavera. In parte per lo scarso interesse degli argomenti di quello scorcio di seduta, in parte per l'inevitabile rilassamento che l'arrivo della primavera provocava nei non più giovanissimi membri del Consiglio, tutti attendevano solo che il Preside pronunciasse le rituali parole «non essendovi altro da deliberare la seduta è sciolta».

L'interesse del consesso si risvegliò all'improvviso quando il professor Kappa chiese la parola. Tutti sapevano, per lunga esperienza, che gli interventi di Kappa erano sempre forieri di problemi e difficoltà, incentrati com'erano su questioni procedurali, basate su sottili interpretazioni di leggi e regolamenti che egli, forse unico fra tutti i colleghi, conosceva a menadito e di cui si serviva magistralmente.

«Signor Preside, colleghi», esordì Kappa, con quell'aria da gatto che ha appena acchiappato il topo che tutti conoscevano fin troppo bene, «Vorrei attirare la Vostra attenzione sulla composizione e sulla legittimità di questo Consiglio». E qui il nostro prese a citare leggi e decreti, regolamenti e norme attuative, interpretazioni e pareri, in un carosello di argomentazioni che lasciarono frastornato l'uditorio, il quale non capiva bene dove si volesse andare a parare.

<sup>1</sup> E. Fermi, *Sulla quantizzazione del gas perfetto monoatomico*, «Atti dell'Accademia dei Lincei», vol. 3, 1926, pp. 145-149.

<sup>2</sup> E. Fermi, *Zur Quantelung des idealen einatomigen Gases*, «Zeitschrift für Physik», vol. 36, 1926, pp. 902-912. Si tratta di uno dei maggiori contributi di Enrico Fermi. Per la prima volta si introduce una formulazione quantistica che descrive il comportamento di un gas, oggi universalmente nota come 'Statistica Fermi-Dirac'. La moderna elettronica dei semiconduttori si basa su questo risultato, come ben sanno gli studenti di ingegneria di tutto il mondo.

<sup>3</sup> In effetti questa lettera non è compresa nella corrispondenza che Enrico Persico mise a disposizione degli studiosi dopo la morte di Enrico Fermi nel 1954.

Tutto fu chiaro quando Kappa espose la sua conclusione, tanto imprevedibile quanto drammatica nelle sue conseguenze. Il Consiglio, argomentava Kappa con logica stringente, in effetti non è costituito e non ha autorità deliberativa in quanto, essendo stata modificata la sua composizione nel corso degli anni, non si è mai provveduto, con apposite delibere, a legittimarne la composizione.

«Vero è», continuò il Kappa, «che il Consiglio potrebbe, con apposita delibera, restituire a sé stesso legittimità. Tale delibera, tuttavia, sarebbe facilmente impugnabile in quanto assunta da un organo che, in mancanza delle necessarie delibere precedenti non sarebbe legittimato a deliberare».

Un pesante silenzio calò a questo punto sul Consiglio. Sguardi sbigottiti si incrociavano a destra e sinistra denotando in tutti i presenti una seria preoccupazione, determinata più dalla ben nota abilità dialettica dell'oratore, che dalla effettiva consistenza dei rilievi.

Fu il Preside a rompere quell'imbarazzante silenzio. Non gli fu difficile individuare una possibile soluzione e si affrettò a proporla anche per evitare che la situazione, già potenzialmente esplosiva potesse ulteriormente degenerare.

«Cari Colleghi» iniziò, «Indipendentemente dalle considerazioni fatte dall'amico Kappa, penso che il problema sia facilmente risolvibile. Se nessuno solleva la questione in maniera ufficiale, infatti, potremo cercare una soluzione non traumatica, d'accordo con gli Uffici».

L'atmosfera divenne immediatamente rilassata e gli sguardi sbigottiti lasciarono spazio a sorrisi di sollievo. «Penso sarete d'accordo nel non verbalizzare alcunché e nel darmi mandato ufficiale di risolvere la questione» concluse il Preside.

In quel mentre prese la parola Kappa. «Io intendo mettere a verbale quanto ho detto ed a questo proposito ho preparato una lettera che consegno formalmente al Preside perché venga allegata agli atti» esordì. Così dicendo estrasse da una voluminosa cartellina piena di carte e documenti che portava sempre con sé alcuni fogli pieni di fitti caratteri. «Nessuno pensi che io sia disponibile a far cadere la cosa, anzi sarà mia cura seguirne l'iter, passo passo, fino alla sua inevitabile conclusione» concluse.

«Quale sarebbe questa conclusione?», chiese timidamente uno dei colleghi più giovani.

Kappa si volse lentamente verso di lui, lo squadrò con il suo sguardo penetrante e disse: «Lo scioglimento definitivo di questo Consiglio, naturalmente, la destituzione dei suoi membri e la chiusura di questa Facoltà».

Non fosse stato per le precedenti esperienze in cui Kappa non aveva mancato di far valere la sua disinvolta padronanza delle leggi nessuno gli avrebbe dato credito, tanto assurda appariva la sua posizione. In questo caso, tuttavia, era bastata una semplice occhiata del Preside alla sua lettera per capire che i suoi argomenti dovevano essere tutt'altro che inconsistenti e le sue minacce tutt'altro che vane.

Il Preside decise di prendere tempo e sciolse la seduta. Con calma, il giorno successivo, cominciò ad esaminare attentamente la documentazione prodotta da Kappa. Più procedeva nella lettura e più aveva la sensazione che qualcosa di inevitabile e di drammatico stesse per accadere, anche perché il Kappa chiedeva la convocazione di un nuovo Consiglio di lì ad una settimana per procedere alla attuazione di quanto aveva minacciato.

Seguirono giorni di frenetiche consultazioni con gli uffici legali, sollecitando anche il parere di insigni giuristi. Più la materia veniva dibattuta e più sembrava chiaro che, per una serie di circostanze irripetibili, si era sciaguratamente verificata una sequenza di eventi tanto rari, quanto subdoli, che avevano portato all'effettiva delegittimazione del Consiglio di Facoltà. Era uno di quei paradossi giuridici che raramente si verificano, per cui un insieme di norme tra loro contraddittorie, mostruosamente, finisce per contrapporsi, irreversibilmente, alla stessa volontà dei legislatori.

Un paradosso che nessuno avrebbe mai portato alla luce non fosse stato per Kappa. Egli invece, come un abile segugio, aveva fiutato la situazione e lavorato nella giusta direzione.

Arrivò il tanto temuto giorno del Consiglio, quello in cui si sarebbe potuti giungere addirittura alla chiusura della Facoltà, senza che nessuno avesse saputo trovare una soluzione.

Il Preside illustrò, mestamente, l'unico punto all'ordine del giorno: «Chiusura della Facoltà per delegittimazione del Consiglio».

Fu perfino chiamato il decano, ormai in pensione, uomo di grande cultura e di indubbio prestigio nella speranza, purtroppo vana, che la sua presenza potesse indurre il Kappa a recedere dalla sua intransigente posizione. Tutto sembrava inutile ed il Preside si vedeva costretto, suo malgrado, a procedere verso la inevitabile conclusione, che avrebbe sancito l'autodistruzione della Facoltà e di tutto ciò che rappresentava.

Incalzato dall'inesorabile Kappa, l'efficacia della cui sottile logica giuridica cresceva proporzionalmente allo scoramento dei presenti, il Preside si vedeva ormai trascinato verso la fatale conclusione quando, ad un tratto, si spalancò la porta.

Tutti si voltarono di scatto e videro apparire nel vano della porta, trafelato, il Presidente, uomo tanto integerrimo quanto appassionato alle vicende della Facoltà, che aveva vissuto, in modo ancora più traumatico di tutti gli altri suoi Colleghi, quelle drammatiche giornate.

Si capiva che doveva aver corso a precipizio per giungere in tempo, tanto convulsi erano i suoi tentativi di profferire qualche parola. Il Preside gli corse incontro per soccorrerlo e poté udire solo un flebile suono provenire dalle sue labbra: «Cartesio, Cartesio...».

Deve evidentemente trattarsi di uno stato confusionale, pensò il Preside e tornò sconsolato al tavolo della presidenza.

Così anche le flebili speranze di un colpo di scena all'ultimo minuto dovettero lasciare spazio allo sconforto.

Il Presidente, tuttavia, fece cenno di voler chiedere la parola ed essendosi ripreso, dopo qualche minuto pronunciò il suo intervento nel silenzio generale.

Fu subito chiaro il riferimento a Cartesio che il Presidente aveva fatto. Il suo acuto ragionamento, infatti, istituiva un dotto parallelismo tra il dubito Cartesiano e quello del collega Kappa per concludere, con magistrale sintesi, che come il *Cogito ergo sum*, anche il *Delibero ergo sum* avrebbe dovuto costituire una prova inoppugnabile di esistenza.

Alla fine della sua dotta perorazione estrasse dalla tasca, con misurata lentezza, proprio la delibera con la quale il Kappa era stato chiamato e, con una logica stringente quanto sottile argomento: «Caro Kappa, se questa delibera è valida, essa conferma *illa ipsa* l'esistenza del Consiglio. Se, viceversa non fosse valida, tu stesso non avresti titolo a sedere in mezzo a noi e le tue eccezioni verrebbero automaticamente cassate».

Un corale urlo di gioia liberatoria uscì dalle gole degli astanti, alla fine dell'esposizione, al punto da indurre lo stesso custode ad affacciarsi nell'aula.

Sembrava la fine di un incubo e, insieme, la nemesi dell'inesorabile persecutore.

Quando i clamori si furono placati, Kappa, che nel frattempo era rimasto in disparte quasi assente, chiese la parola. «Molto abile, caro Presidente, ma avevo previsto questa mossa» esordì con un lampo di trionfo negli occhi.

Così dicendo estrasse fulmineamente dalla sua inseparabile cartella, quella da cui non si separava mai, un nuovo documento e lo consegnò al Preside. «Chiedo di allegare al verbale questa mia lettera, che comprova in modo inequivocabile il mio diritto a partecipare a questo Consiglio, indipendentemente da qualsiasi delibera», esclamò con lo sguardo trionfante dell'abile solutore di cruciverba che completa, con l'ultima parola, la sua ardita costruzione verbale.

Fu esattamente in quel momento che il Preside si svegliò, ansimante e madido di sudore. Seduto sul letto si guardò intorno e riconobbe la sua camera dal letto, scivolò in cucina, silenziosamente per non svegliare sua moglie, ancora addormentata.

Riacquistata la lucidità capì che si era trattato solo di un incubo notturno: di sicuro quei maledetti funghi fritti, si disse. Tornò a letto e, rassicurato, riprese a dormire.

La mattina dopo, come ogni giorno, si recò in Facoltà. Tutto gli sembrava più gradevole ed accettabile quella mattina, perfino la lunga coda per i lavori in corso.

Come sempre accade, rifletté, il timore di perdere ciò che più si ama ne aumenta la considerazione.

Questo valeva a maggior ragione per lui che si era sempre identificato con quella Facoltà e con ciò che rappresentava. Entrando dal cancello vide il flusso degli studenti che si recavano a lezione: un rassicurante cuore pulsante attraverso cui scorreva la vita della sua Facoltà.

Scoprì di essere contento per il fatto che tutto continuava come prima. Ripensò all'incubo della notte prima e ne rise di cuore.

Entrò nell'ufficio della Presidenza e rispose, sorridendo, al saluto delle segretarie.

Si affacciò alla porta della sua stanza e vide il professor Kappa, compostamente seduto davanti alla scrivania con un gelido sguardo negli occhi. Aveva una lettera in mano.

## DAL BIENNIO AL TRIENNIO DEGLI STUDI DI INGEGNERIA

La nascita della Facoltà nell'a.a. 1970-71 ha sancito definitivamente il passaggio del biennio al triennio di ingegneria. Per molti anni agli studenti interessati agli studi di ingegneria fu consentito di iscriversi al terzo anno delle Facoltà di ingegneria italiane e soddisfare così la richiesta di laureati in ingegneria nell'area fiorentina.

Il biennio propedeutico di ingegneria fu attivato nell'anno 1924 in seno alla Facoltà di Scienze Fisiche e Naturali, subito dopo l'istituzione del corso di laurea in Matematica. Da allora la Facoltà prese il nome di Facoltà di Scienze Matematiche, Fisiche e Naturali ed ebbe la licenza per il biennio propedeutico agli studi di ingegneria. Gli studenti del biennio di ingegneria erano in numero limitato, dell'ordine delle due decine, e seguivano i corsi in comune con gli altri indirizzi della Facoltà di Scienze. I corsi del biennio propedeutico presentavano al loro interno alcune diversificazioni per gli allievi ingegneri, che consentivano agli studenti di raggiungere una preparazione più idonea al successivo triennio di ingegneria. Fra i docenti della Facoltà di Scienze c'è da ricordare innanzitutto Giovanni Sansone, che si era preso carico dell'insegnamento dell'analisi matematica e che, in seguito ad incontri con i suoi allievi fiorentini che si erano laureati in ingegneria nelle altre sedi, aveva dato a questo corso una impronta applicativa.

Da allora il biennio preparò i futuri ingegneri dell'area fiorentina che avrebbero frequentato in genere le scuole di Pisa e di Bologna o i politecnici di Milano e Torino. La preparazione che gli allievi ricevettero dal corpo docente formato da nomi di grande prestigio come, oltre al già citato Giovanni Sansone, Bruto Caldonazzo, Luigi Campedelli, Guido Carobbi, Simone Franchetti, Manlio Mandò, Giorgio Sestini, Demore Quilghini, Gaetano Villari, Curzio Cipriani contribuì a confermare l'alta considerazione di cui la Facoltà di Scienze Matematiche, Fisiche e Naturali e il suo biennio propedeutico all'ingegneria hanno sempre goduto.

La Facoltà di Ingegneria di Firenze ereditò dal biennio la tradizione di rigore didattico e serietà scientifica. Con l'avvio del triennio si formarono i nuovi istituti. Nel marzo 1972 furono creati i primi tre:

- Istituto di Ingegneria Meccanica, sotto la direzione del prof. Demore Quilghini;
- Istituto di Ingegneria Elettronica, sotto la direzione del prof. Antonio Zanini;
- Istituto di Ingegneria Civile, sotto la direzione del prof. Lando Bartoli.

Solo il mese successivo, nell'aprile 1972, furono creati gli altri due istituti:

- Istituto di Chimica Applicata, sotto la direzione dell'ing. Baldo Tesi;
- Istituto di Matematica Applicata, sotto la direzione del prof. Gaetano Villari.

Nel giugno del 1972 l'Ateneo approvò i primi tre istituti, mentre gli altri due furono approvati nel settembre.

L'attività didattica relativa al biennio fu svolta nell'edificio prefabbricato di viale Morgagni, mentre quella relativa al triennio ebbe inizio presso la sede di Santa Marta, che era stata acquisita dall'Ateneo proprio per la completa sistemazione della Facoltà di Ingegneria. In attesa del completo utilizzo dell'edificio di Santa Marta, alcuni degli studi dei docenti del biennio furono sistemati nel prefabbricato di viale Morgagni.

La trasformazione degli istituti in dipartimenti ebbe luogo nella seconda metà degli anni Ottanta.

### *Dall'Istituto di Ingegneria Civile al Dipartimento di Ingegneria Civile e Ambientale*

La prima struttura del biennio fu l'Istituto di Disegno, diretto dal prof. Raffaello Brizzi dal 1926 al 1946 e quindi dal prof. Lando Bartoli.

All'inizio dell'anno accademico 1972-73, l'Istituto di Disegno assumeva il nome di Istituto di Ingegneria Civile, rendendo così possibile la confluenza in esso della Scienza delle Costruzioni e l'Idraulica, già facenti capo all'Istituto di Meccanica Applicata, e di tutte le materie ingegneristiche e architettoniche

dell'omonimo corso di laurea. Primo direttore del nuovo Istituto fu confermato il prof. Lando Bartoli, che successivamente lasciò la direzione al prof. Filippo Zoccoli, straordinario di Costruzioni Idrauliche. Durante questo periodo, la maggiore attenzione dell'istituto fu volta all'organizzazione della attività didattica del corso di laurea in Ingegneria Civile, che ebbe i suoi primi laureati nell'aprile 1975. Non si trascurò però di porre la base per lo sviluppo dell'attività di ricerca teorica e sperimentale; fu infatti impiantato, grazie alla collaborazione delle Officine Galileo, uno dei più attrezzati laboratori italiani di topografia e fotogrammetria; contemporaneamente si effettuarono i primi acquisti di quelli che dovevano diventare i Laboratori di Strutture, di Idraulica, di Geotecnica e di Costruzioni stradali. Nel 1975, a seguito del trasferimento a Bologna del prof. Filippo Zoccoli, la direzione dell'istituto passò al prof. Giuliano Augusti, e quindi nel 1981 al prof. Franco Angotti. Questo periodo segnò lo sviluppo ulteriore dell'istituto, grazie anche all'acquisizione di nuovi locali.

Furono acquisite le prime attrezzature per la sperimentazione su prototipi strutturali e della galleria del vento e furono poste le basi per la sperimentazione nei settori fondamentali dell'ingegneria civile: idraulica e trasporti<sup>1</sup>.

Nel 1982 l'Istituto di Ingegneria Civile si trasforma, a seguito della legge 382/80, nel Dipartimento di Ingegneria Civile come naturale prosecuzione dell'istituto omonimo. Il prof. Franco Angotti fu il primo direttore del dipartimento fino al 1988. Poi si sono succeduti: il prof. Giorgio Federici (1988-92), il prof. Franco Nuti (1992-98), il prof. Ignazio Becchi (1998-04), il prof. Andrea Vignoli (2004-10). Nel 2007 il Dipartimento di Ingegneria Civile cambia il nome e diventa il Dipartimento di Ingegneria Civile e Ambientale. L'ultimo direttore, dal 2010 al 2012, è stato direttore il prof. Fausto Sacerdote.

#### *Dall'Istituto di Matematica al Dipartimento di Matematica Applicata*

L'Istituto di Matematica applicata fu costituito nel 1972 sotto la direzione del prof. Gaetano Villari. Il direttore Villari, e, con lui, Paolo Santoro e Demore Quilghini, furono gli animatori dell'istituto fin dal suo inizio. Oltre all'attività didattica, l'istituto si occupò della ricerca nell'ambito della matematica applicata. Furono messe le basi di una biblioteca di istituto e fu iniziata una regolare attività seminariale, a cui partecipavano i numerosi ricercatori che visitavano l'Università di Firenze, provenendo in gran parte dall'estero. Anche grazie alla centralità dell'Ateneo fiorentino, l'Istituto di Matematica Applicata diventò presto una vitale componente della matematica fiorentina.

A metà degli anni '80, ebbe inizio una profonda trasformazione dell'università italiana, in seguito all'emanazione del DPR 382/80. Nell'ambito della sperimentazione fu consentito alle università di costituire dipartimenti, intesi come organizzazione di uno o più settori di ricerca omogenei per fini o per metodo e dei relativi insegnamenti.

Fra i matematici fiorentini si aprì un lungo dibattito sulla necessità o meno di costituire un unico dipartimento di matematica. Il DPR 382/80 prevedeva che i dipartimenti promuovessero e coordinassero le attività di ricerca nelle università, organizzando le strutture per la ricerca. Riguardo invece alle attività didattiche, pur affermando che ad esse concorrevano i dipartimenti, le Facoltà mantenevano le principali competenze. Quest'ultimo fatto contribuì grandemente alla decisione finale di costituire diverse aggregazioni dipartimentali a seconda della Facoltà di appartenenza.

L'istituto si trasformò in dipartimento solo all'inizio del 1990, nello stesso periodo in cui la stessa trasformazione si verificò per l'Istituto Matematico 'Ulisse Dini', sito in viale Morgagni. Nacque così il Dipartimento di Matematica applicata 'Giovanni Sansone', costituito a decorrere dal 1/1/1990.

Al dipartimento afferirono le seguenti discipline: Algebra, Geometria, Analisi Matematica, Istituzioni di Matematiche, Calcolo delle Probabilità, Fisica Matematica, Analisi Numerica, Matematica Applicata. Il primo direttore del dipartimento è stato il prof. Mariano Giaquinta, fino al 1992. Poi si sono succeduti: il prof. Carlo Franchetti (1990-93), il prof. Marco Modugno (1993-96), il prof. Mario Landucci (1996-02), la prof.ssa Gianna Stefani (2002-05) ed il prof. Giuseppe Modica (2005-08).

L'ultimo direttore è stato il prof. Giovanni Frosali, che è rimasto in carica fino al 31 dicembre 2010, data in cui il dipartimento si è fuso nel Dipartimento di Sistemi e Informatica.

---

<sup>1</sup> 1972-1982: *L'Istituto di Ingegneria Civile dell'Università degli Studi di Firenze*, Firenze, 1982.

### *I dipartimenti dell'area industriale*

Con l'avvio del triennio si formarono gli istituti della Facoltà. In particolare, nell'area dell'ingegneria industriale, nel 1971 vennero formati l'Istituto di Ingegneria Meccanica che ebbe come primo direttore il prof. Demore Quilghini e nel 1972 l'Istituto di Chimica Applicata con direttore il prof. Baldo Tesi. Quando il prof. Quilghini passò all'Istituto di Matematica Applicata, divenne direttore il prof. Giovanni Gualberto Lisini. Nel 1975 l'Istituto si scisse dando vita all'Istituto di Energetica diretto dal prof. Sergio Stecco e all'Istituto di Meccanica Applicata, diretto dal prof. Lisini.

I tre istituti iniziarono un'intensa attività didattica e di ricerca. In particolare, vennero intrapresi contatti e stipulati accordi con importanti realtà industriali del panorama fiorentino, come il Nuovo Pignone e la SMI, e con altre aziende e enti di ricerca di collocazione nazionale come l'ENEA, l'Ansaldo, l'ENEL, Fiat Avio. Nel frattempo, altri professori si unirono al nucleo iniziale dei tre istituti sia nella così detta area della meccanica fredda che della meccanica calda.

Con il DPR 382/80, fu definita la nuova struttura di ricerca, il dipartimento, e conseguentemente si aprì un faticoso processo di ristrutturazione degli Istituti che portò alla costituzione dei nuovi dipartimenti. I docenti delle due aree decisero di dare vita nel 1983 a due diversi dipartimenti: il Dipartimento di Meccanica e Tecnologie Industriali e il Dipartimento di Energetica. A dirigere il primo fu chiamato il prof. Pietro Caparrini e a dirigere il secondo il prof. Francesco Martelli.

Il Dipartimento di Meccanica e Tecnologie Industriali raccoglieva docenti che coprivano le aree della costruzione di macchine, della tecnologia meccanica, del disegno meccanico, della chimica applicata e dei materiali. Nel Dipartimento di Energetica afferirono docenti delle aree delle macchine, della fisica tecnica, della chimica, alcuni matematici e fisici e più tardi anche docenti dell'area della meccanica applicata. Fino dai primi anni le strutture svilupparono una importante attività di ricerca e anche attività di consulenza per l'industria raggiungendo finanziamenti (tra fondi di ricerca e convenzioni e prestazioni conto terzi) tra i più significativi dell'ateneo.

Nel 1986, a seguito dell'improvvisa scomparsa del prof. Caparrini, divenne direttore del Dipartimento di Meccanica e Tecnologie Industriali il prof. Paolo Citti cui succedette nel 1992 il prof. Paolo Rissone, nel 1994 il prof. Giovanni Nerli e poi, nel 1997 il prof. Sergio Reale. Nel 2000 venne chiamato a svolgere le funzioni di commissario il prof. Piergiorgio Malesani e nel 2001 divenne direttore il prof. Paolo Rissone. Dal 2007 il Dipartimento è stato diretto dalla prof.ssa Monica Carfagni, fino alla nuova ristrutturazione dipartimentale del 2013.

L'attività di ricerca del Dipartimento di Meccanica e Tecnologie Industriali si è sviluppata fino dall'inizio su settori quali la dinamica strutturale, l'ingegneria tessile, il *Computer Aided Design*, i trasporti, la meccanica sperimentale, la sicurezza e affidabilità, le tecnologie meccaniche, i materiali e il loro comportamento meccanico e la biomeccanica. Il dipartimento ha nel tempo creato una fitta rete di legami sia a livello nazionale che internazionale, cooperando o facendosi direttamente promotore di progetti di ricerca a livello europeo. Il dipartimento è stato anche promotore di corsi post-laurea come master di I e II livello e corsi di perfezionamento.

Il Dipartimento di Energetica, dopo il prof. Martelli, fu diretto dal 1987 dal prof. Sergio Stecco, alla cui memoria, dopo la sua prematura scomparsa, fu intitolato il dipartimento stesso. A lui successe dal 1992 il prof. Ferruccio Fontanella e dal 1998 il prof. Paolo Dapporto. Nel 2001 divenne direttore il prof. Giuseppe Grazzini e nel 2004 venne eletto il prof. Andrea Arnone. Dal 2010 fino alla nuova ristrutturazione è stato direttore il prof. Paolo Toni.

Il Dipartimento di Energetica ha operato con l'obiettivo scientifico dello sviluppo e del coordinamento delle ricerche nel campo della conversione dell'energia, delle macchine e degli impianti impiegati in tali processi, con una sempre maggiore attenzione alle problematiche dell'impatto ambientale legate allo sfruttamento delle fonti energetiche. Tali aspetti hanno comportato una sempre maggiore sinergia tra esperienze diverse basate su aspetti meccanici, termodinamici, fisici, fluidodinamici, termici, chimici, impiantistici, economici, ambientali e di calcolo connessi con i processi di conversione dell'energia. Una particolare attenzione fu dedicata, fin dalle sue origini, alle metodiche della simulazione fluidodinamica dei componenti degli impianti energetici (le turbomacchine e le turbine a gas) portando allo sviluppo di originali strumenti di

calcolo fluidodinamico utilizzati anche oggi giorno in industrie e istituzioni di ricerca internazionali. Di particolare rilievo sono i rapporti internazionali che il dipartimento ha promosso nell'ambito delle sue attività. Molti di questi hanno portato a progetti di ricerca europei.

#### *Dall'Istituto di Ingegneria Elettronica al Dipartimento di Elettronica e Telecomunicazioni*

Nel marzo del 1972 fu creato l'Istituto di Elettronica. I direttori che si sono succeduti sono stati il prof. Antonio Zanini (1972-74), il prof. Mario Calamia (1974-77), il prof. Vito Cappellini (1977-80) ed il prof. Leonardo Masotti (1980-83). Con DR 332/83 l'Istituto di Elettronica è stato disattivato a seguito della costituzione del Dipartimento di Ingegneria Elettronica, avvenuta con DR 7/83. Successivamente con DR 1118/99 il Dipartimento di Elettronica ha modificato la propria denominazione in Dipartimento di Elettronica e Telecomunicazioni (DET).

Il primo direttore del Dipartimento è stato, per un breve periodo, il prof. Mario Calamia. I direttori successivi sono stati: il prof. Antonino Liberatore (1983-89), il prof. Leonardo Masotti (1989-92), il prof. Carlo Atzeni (1992-98), il prof. Dino Giuli (1998-04) ed il prof. Guido Biffi Gentili (2004-10).

L'ultimo direttore del Dipartimento di Elettronica e Telecomunicazioni, nominato per il quadriennio 2010-14, è stato il prof. Piero Tortoli, che è rimasto in carica fino al 31/12/2012, data in cui il dipartimento si è sciolto per confluire nel costituendo Dipartimento di Ingegneria dell'Informazione (DINFO), dipartimento di riferimento per le Tecnologie dell'Informazione e della Comunicazione (ICT, *Information and Communications Technology*).

Nell'ambito del DET si sono svolte ricerche avanzate di elettronica, telecomunicazioni, elettromagnetismo, misure, bioingegneria ed elettrotecnica. Sono stati studiati e progettati radar, reti wireless, sensori e apparati elettronici, sistemi ad ultrasuoni, sistemi di antenna, sistemi satellitari, di controllo e telerilevamento, di elaborazione e interpretazione di contenuti multimediali, di supporto alle decisioni, di sicurezza e protezione dell'informazione e telematici.

Al DET afferivano inoltre vari centri e consorzi interuniversitari, tra i quali si segnalano il Consorzio Nazionale Interuniversitario per le Telecomunicazioni (CNIT) ed il *Microwave Engineering Center for Space Applications* (MECSA), che hanno svolto un ruolo importante nel panorama nazionale di cooperazione scientifica di alto livello fra le università e le imprese.

#### *Dalla biblioteca di ingegneria alla biblioteca di scienze tecnologiche (a cura di Maria Luisa Masetti)*

La nascita della biblioteca fa seguito alla istituzione della Facoltà di Ingegneria, settembre del 1970, alla attivazione del triennio nell'anno accademico successivo, 1970-71, ed alla assegnazione di una sede individuata nei locali dell'ex-Seminario Minore di Santa Marta.

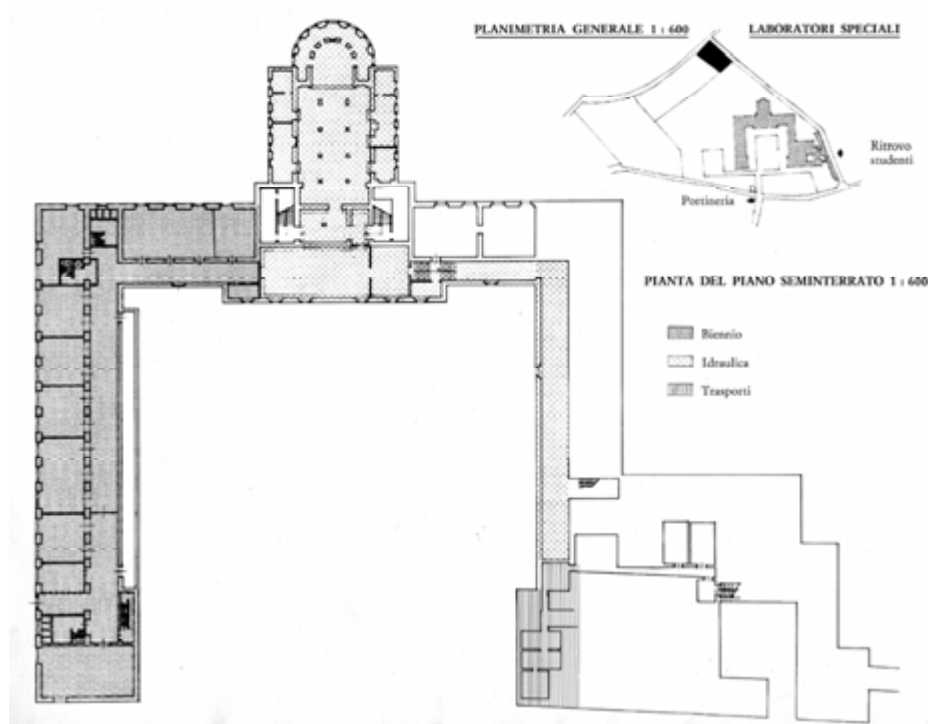
Inizialmente alla Facoltà vengono assegnati solo i locali dell'ala di levante dell'ex-Seminario, ma, come si evince dal rapporto predisposto dall'ing. Pier Luigi Maffei e dall'arch. Piero Zucconi, con la prospettiva reale di poter disporre, in tempi brevi, dell'intero complesso. Il Consiglio di Amministrazione dei Seminari Arcivescovili, con delibera del 1973, «dichiara di voler destinare all'Università di Firenze, per la Facoltà di Ingegneria, anche l'ala di ponente e quella parte del corpo centrale già da tempo assegnata in affitto al Comune di Firenze»<sup>1</sup>.

Nella ripartizione degli 11.000 mq dell'intero complesso di Santa Marta, si decide di destinare agli ambienti per le attività comuni circa 3.000 mq, di cui 420 mq riservati alla creazione di una «biblioteca generale da realizzarsi dividendo a metà altezza la ex-cappella del seminario», soluzione che viene proposta per gran parte degli ambienti del complesso, grazie al fatto che

Le dimensioni in altezza degli ambienti sono infatti tali da suggerire la possibilità di una suddivisione degli attuali spazi, creando doppi volumi con una separazione incompleta o completa a metà altezza, ricorrendo a soluzioni che lascino inalterato il tema delle aperture conservando l'attuale struttura formale, mediante il ricorso a particolari tipi di solaio come è stato illustrato per la biblioteca [...]»<sup>2</sup>.

<sup>1</sup> P. L. Maffei, P. Zucconi, *Il problema edilizio della sede di Santa Marta. Contributi e proposte*, 1974.

<sup>2</sup> Maffei, Zucconi, cit., pp. 13, 19.



La planimetria generale e la planimetria del piano seminterrato dell'ex-Seminario Minore di Santa Marta<sup>57</sup>. Nel locali del seminterrato è collocato una parte dell'archivio della Biblioteca.

La creazione di un doppio volume nell'ex-cappella non fu comunque realizzata e i lavori non apportarono alcuna modifica strutturale ai locali assegnati alla biblioteca.

La biblioteca viene ufficialmente istituita il 15 marzo 1972, con delibera del Comitato Tecnico, poi ratificata dal Consiglio di Amministrazione dell'Università, con la finalità di creare un unico punto bibliotecario di Facoltà in grado di assolvere alle esigenze della didattica e della ricerca. Il primo atto della volontà di costituire un'unica biblioteca centralizzata è rappresentato dall'accorpamento dei fondi librari degli istituti, che vanno così a costituire il primo nucleo di documenti della nuova biblioteca, come ci viene ricordato da Tommaso Giordano, direttore della biblioteca di ingegneria, nel suo *Rapporto sull'attività della biblioteca e prospettive di sviluppo* del novembre 1975, in parte pubblicato nel *Bollettino degli Ingegneri*<sup>1</sup>.

La biblioteca di ingegneria nei primi anni, grazie anche ad un finanziamento straordinario ed a numerose donazioni, tra cui un contributo di due milioni di lire della Fondazione Pontello, cresce in modo rilevante e già nel 1975, a tre anni dalla sua costituzione, conta 12.000 volumi e 240 abbonamenti a periodici. Ed è proprio nella metà degli anni '70 che la biblioteca acquisisce, grazie all'interessamento del prof. Mario Fondelli, un fondo di notevole interesse di libri e riviste provenienti dalle Officine Galileo, al quale faranno seguito le donazioni del Collegio degli Ingegneri della Toscana e dell'Istituto Geografico Militare.

Questi fondi sono, da alcuni anni, al centro di una operazione di valorizzazione delle collezioni storiche della biblioteca che ha portato al loro completo recupero nel catalogo online dell'Università di Firenze ed alla organizzazione di iniziative (mostre, presentazioni) promosse dalla biblioteca<sup>2</sup>.

La biblioteca di Ingegneria, a seguito di vari progetti di riorganizzazione del sistema bibliotecario fiorentino, ha fatto prima parte del Polo 2 delle biblioteche, unitamente alla biblioteca di Architettura, ed attualmente, con le ex-biblioteche di Agraria, di Architettura, ed i relativi fondi librari dei Dipartimenti e Istituti, fa parte della Biblioteca di Scienze Tecnologiche, istituita con DR 699/99.

<sup>1</sup> T. Giordano, *La biblioteca della Facoltà di Ingegneria di Firenze. Problemi e prospettive*, «Bollettino degli Ingegneri», n. 6, 1976.

<sup>2</sup> *Le Officine Galileo tornano a Rifredi. Il fondo librario delle Officine Galileo esposto alla Biblioteca di Ingegneria a Santa Marta*, 14-28 ottobre 2011.



Negli ultimi anni la ex-biblioteca di Ingegneria ha acquisito nuovi spazi finalizzati alla conservazione della collezione di minore consultazione e delle copie cartacee delle risorse disponibili on-line (periodici, norme Uni).

Attualmente la biblioteca ha un patrimonio di circa 50.000 volumi, di cui 12.000 a scaffale aperto, con un incremento annuo di circa 2.000 inventari, e 569 abbonamenti attivi a periodici specializzati, per la quasi totalità on-line (solo 22 su carta).

Ha un'utenza potenziale di 5602 (5414 studenti, 188 docenti) ed effettua circa 16.000 prestiti l'anno.

Vale la pena ricordare che nel Consiglio di Facoltà di Ingegneria del luglio 2012, uno degli ultimi nel quarantennio della Facoltà, è stata deliberata la intitolazione della sala di lettura della Biblioteca di Scienze Tecnologiche di S. Marta al prof. Aldo Belleni Morante, che, con i suoi 35 anni di docenza di Fisica-Matematica, ha formato molti degli ingegneri che si sono laureati presso la Facoltà.



Un'immagine dal *Fondo librario delle Officine Galileo* nella Biblioteca di Scienze Tecnologiche – Ingegneria esposto in occasione della mostra allestita dal 14 al 28 ottobre 2011 presso la Facoltà di Ingegneria [per cortesia di Anita Bicchielli].

# L'OFFERTA DIDATTICA DI INGEGNERIA: DALLA FACOLTÀ ALLA SCUOLA

*Marcantonio Catelani*

## *Premessa*

L'offerta didattica di Ingegneria ha subito, nel tempo, notevoli evoluzioni. Due le motivazioni principali. Da un lato la sempre più elevata dinamicità delle diverse aree dell'Ingegneria e, pertanto, la necessità di dare concreta risposta alla domanda di formazione proveniente dal mondo del lavoro, dalle parti sociali e della professione. A ciò si aggiungono le riforme universitarie che si sono succedute nel corso degli anni, dal 1970 data di istituzione della Facoltà di Ingegneria a Firenze ad oggi. Tra le più significative, la riforma del '3+2', che potremo considerare la più incisiva nella struttura del percorso universitario quinquennale, i decreti ministeriali sull'autonomia degli Atenei, la legge 240/2010 che vede una diversa organizzazione della struttura universitaria italiana con la trasformazione delle Facoltà in Scuole e l'importanza del ruolo assunto dai Dipartimenti.

Cercheremo, nelle pagine a seguire, di sintetizzare l'evoluzione di una offerta formativa al passo con i tempi.

## *L'offerta didattica dalla istituzione della Facoltà alla riforma universitaria del '3+2'*

Con il DPR 914/70 viene istituita a Firenze la Facoltà di Ingegneria con la possibilità di attivare i corsi di laurea in Ingegneria Chimica, Ingegneria Civile (sezioni edile, idraulica e trasporti), Ingegneria Elettronica ed Ingegneria Meccanica.

Al momento dell'istituzione era già attivo presso la Facoltà di Scienze Matematiche, Fisiche e Naturali dell'Università il biennio propedeutico all'ingegneria. Si trattava quindi di avviare, con gradualità, gli insegnamenti del triennio e ciò avvenne, a partire dall'a.a. 1970-71, per il corso di laurea in Ingegneria Elettronica con indirizzi in telecomunicazioni, elaborazione dell'informazione e radiolocalizzazione, ed il triennio di Ingegneria Meccanica, con indirizzi in meccanica di precisione e meccanica tessile. L'anno accademico successivo vedeva l'attivazione del corso di laurea in Ingegneria Civile con le tre sezioni edile, idraulica e trasporti.

L'offerta didattica, così definita, rimarrà inalterata fino all'a.a.1989-90, quando interviene il riordino degli studi di ingegneria con il DPR 20/5/1989 che aggiornava, dopo 39 anni, il DPR 53/1960.

Nell'anno accademico 1990-91 l'offerta didattica della Facoltà di Ingegneria è rappresentata da tre corsi di laurea quinquennale e precisamente: corso di laurea in Ingegneria Civile con indirizzi in edile, geotecnica, idraulica, strutture e trasporti; corso di laurea in Ingegneria Elettronica e corso di laurea in Ingegneria Meccanica con indirizzi in: automazione industriale e robotica, biomedica, costruzioni, energia, materiali, produzione, veicoli terrestri. Il numero di annualità complessive obbligatorie per il conseguimento del titolo sono 27 per il corso di laurea in Ingegneria Meccanica e 28 per i corsi di laurea in Ingegneria Elettronica ed Ingegneria Civile. In questo a.a. vengono inoltre attivati tre percorsi paralleli alle lauree denominati Scuole dirette a fini speciali: esperto in tecnologie tessili, tecnico superiore in elettronica e topografo esperto. Intanto si prepara il terreno per l'attivazione dei nuovi corsi di laurea previsti dall'ordinamento

Con il DR 78/91 (pubblicato in GU 64/91) l'offerta formativa della Facoltà, a partire dall'a.a. 1991-92, viene incrementata con tre nuovi corsi di laurea quinquennale. Nel complesso si hanno quindi: Ingegneria Civile, Ingegneria Elettronica, Ingegneria Meccanica, Ingegneria Informatica, Ingegneria delle Telecomunicazioni e, infine, Ingegneria per l'Ambiente e il Territorio. Nello stesso anno accademico viene istituito il primo diploma universitario della Facoltà, con durata triennale, in Ingegneria Meccanica presso la sede didattica di Prato. Il successivo anno accademico vede l'attivazione, a Prato, del Diploma Universitario in Ingegneria Elettronica a cui si aggiunge, sempre a Prato, nell'a.a. 1993-94, il Diploma Universitario in Ingegneria dell'Ambiente e delle Risorse. A partire dall'a.a. 1996-97 ai 6 corsi di laurea si aggiunge il corso di laurea in Ingegneria Edile mentre nell'a.a. 1998-99 viene attivato il diploma universitario interfacoltà con la

Facoltà di Economia di Firenze: Economia e Ingegneria della Qualità, sempre erogato presso la sede di Prato. L'anno accademico 2000-01 è l'ultimo anno di presenza simultanea delle lauree quinquennali e dei diplomi universitari.

Dal 2001 entrerà in vigore, infatti, la riforma degli ordinamenti nota come la riforma del '3+2' con l'attuazione dei DPR 509/99 e del DPR 270/04. I motivi a sostegno della riforma sono molteplici, ma tra questi due sono i più importanti: l'elevata permanenza degli studenti nel sistema universitario quinquennale e la necessità, per il mondo del lavoro e soprattutto nei settori tecnico-scientifici, di disporre di giovani dotati di competenze professionalizzanti subito spendibili in un contesto lavorativo.



La sede della Facoltà di Ingegneria dell'Università di Firenze distaccata a Prato nel 1991.

Si chiude quindi il periodo del 'previgente ordinamento': i sette corsi di laurea (ambiente e territorio, civile, edile, elettronica, informatica, meccanica, telecomunicazioni) ed i quattro diplomi universitari (Ambiente e Risorse, Elettronica, Meccanica, interfacoltà Economia e Ingegneria della Qualità) saranno disattivati negli anni, in maniera graduale, man mano che i corsi di laurea ed i corsi di laurea specialistica progettati nell'ambito della riforma saranno attivati.

Per meglio comprendere la trasformazione dei percorsi formativi dal previgente ordinamento alla riforma universitaria può essere utile riassumere di seguito i corsi di laurea e gli indirizzi previsti nell'a.a. 2000-01.

#### Settore civile

- corso di laurea in Ingegneria Civile, con indirizzi geotecnico, idraulico, strutture, trasporti.
- corso di laurea in Ingegneria Edile

#### Settore dell'informazione

- corso di laurea in Ingegneria delle Telecomunicazioni, con indirizzi elaborazione dei segnali, elettromagnetismo applicato, reti e telematica, telerilevamento, trasmissione.
- corso di laurea in Ingegneria Elettronica, con indirizzi bioingegneria, elettronica delle alte frequenze, elettronica numerica, misure e automazione per l'industria, sistemi elettrici per l'energia, tecnologia delle telecomunicazioni.
- corso di laurea in Ingegneria Informatica, con indirizzi automatica e sistemi di automazione industriale, sistemi ed applicazioni informatici.

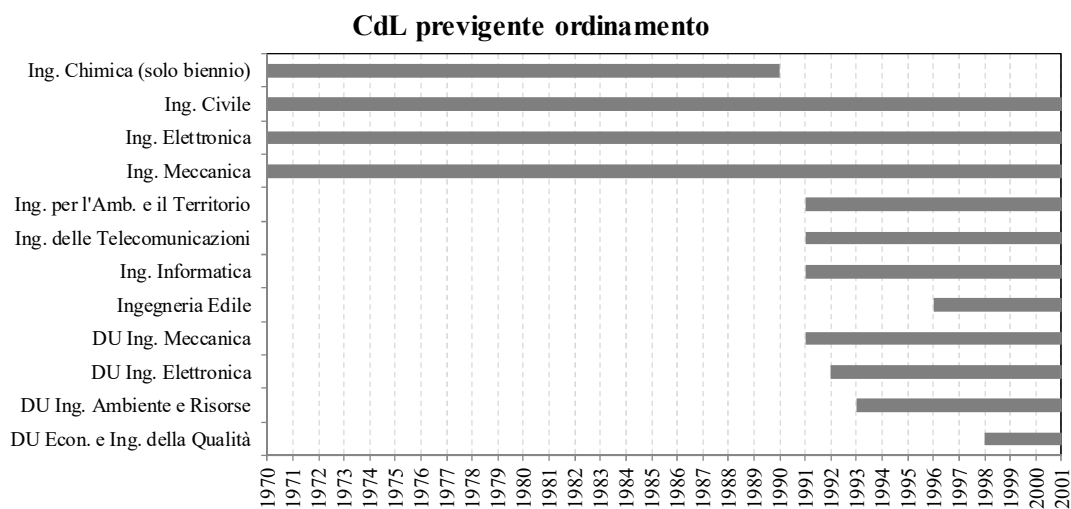
#### Settore industriale

- corso di laurea in Ingegneria Meccanica, con indirizzi aeronautico-propulsivo, automazione industriale e robotica, biomedica, costruzioni, energia, materiali, produzione, veicoli terrestri.

#### Intersettoriale

- corso di laurea in Ingegneria per l'Ambiente e il Territorio, con indirizzi ambiente ed energia, monitoraggio ambientale, territorio e infrastrutture

Possiamo quindi riassumere i momenti di trasformazione dell'offerta didattica della Facoltà di Ingegneria di Firenze, relativamente al periodo che va dall'attivazione della Facoltà all'innovazione didattica del '3+2', nel seguente grafico.



I corsi di laurea nei primi trent'anni di storia della Facoltà di Ingegneria dell'Università di Firenze.

#### La riforma didattica dei corsi di studio universitari secondo il DPR 509/99

Il 1999 rappresenta l'anno in cui si assiste ad una svolta che potremmo definire epocale nell'ambito della progettazione dei percorsi formativi universitari nazionali. È infatti l'anno della cosiddetta riforma dell'architettura didattica dei corsi di studio che si fonda sulla piena realizzazione dell'autonomia didattica delle università. Per le Facoltà di ingegneria si disattivano i corsi di laurea quinquennale ed i diplomi universitari che rappresentavano due percorsi formativi paralleli e si attiva il nuovo percorso comunemente denominato '3+2'.

Alla base di ciò vi è il DPR 509/99 *Regolamento recante norme concernenti l'autonomia didattica degli atenei*, a firma del ministro Zecchino (GU 2/2000), che detta le disposizioni concernenti i criteri generali per l'ordinamento degli studi universitari e determina la tipologia dei titoli di studio rilasciati dalle università.

Preme qui richiamare gli elementi innovativi rispetto al passato.

#### Titoli e corsi di studio

Secondo l'art. 3 del DPR 509/99, le università rilasciano i titoli di primo livello (laurea) e di secondo livello (laurea specialistica), considerando obiettivi formativi ben distinti. In particolare, per il corso di laurea triennale l'obiettivo è quello di assicurare allo studente un'adeguata padronanza di metodi e contenuti scientifici generali, nonché l'acquisizione di specifiche conoscenze professionali, mentre per il corso di laurea specialistica, è quello di fornire allo studente una formazione di livello avanzato per l'esercizio di attività di elevata qualificazione negli ambiti specifici, caratterizzanti il percorso formativo.

Oltre alla laurea e alla laurea specialistica, l'università può rilasciare ulteriori titoli, come il diploma di specializzazione, non è il caso delle Facoltà di ingegneria, ed il dottorato di ricerca.

Dall'a.a. 2001-02 l'offerta didattica della Facoltà si modifica radicalmente rispetto al passato prevedendo l'attivazione di 12 corsi di laurea, di cui tre erogati presso la sede didattica del polo universitario di Prato come trasformazione dei corrispondenti diplomi universitari. Il criterio seguito dalla Facoltà, è stato quello di procedere in maniera graduale con l'applicazione della riforma universitaria attivando solo il primo anno dei nuovi percorsi e mantenendo attivi, ad esaurimento negli anni, quelli già esistenti nell'ambito del previgente ordinamento.

L'attivazione delle lauree specialistiche regolamentate dal DPR 509/99 avverrà, sempre in maniera graduale, a partire dal successivo a.a. 2002-03 con 10 percorsi formativi distinti.

#### Classi di corsi di studio

L'art. 4 del DPR 509/99 introduce il concetto di 'classe di corso di studio', secondo cui corsi di studio dello stesso livello, comunque denominati dagli atenei, vengono raggruppati in classi di appartenenza. In particolare, più corsi di studio appartenenti alla stessa classe sono caratterizzati dagli stessi obiettivi formativi qualificanti, definiti come obiettivi qualificanti della classe, ed i titoli conseguiti al termine di tali percorsi formativi, dello stesso livello ed appartenenti alla stessa classe, hanno identico valore legale.

Di conseguenza la Facoltà di Ingegneria attiva, a partire dall'a.a. 2001-02, le classi di laurea sotto riportate specificando, per ciascuna di esse, i corsi di laurea afferenti.

#### Classe delle lauree in Scienze dell'architettura e dell'Ingegneria Edile

- Scienze dell'Ingegneria Edile, all'interno del quale sono previsti, al terzo anno, tre curricula: produzione-cantiere, energetica-impianti, tecnologia delle costruzioni.

#### Classe delle lauree in Ingegneria Civile e Ambientale

- Ingegneria Civile, con tre curricula previsti al terzo anno: costruzioni, idraulico, trasporti.
- Ingegneria dell'Ambiente e delle Risorse, per il quale sono previsti due curricula: monitoraggio, qualità e sicurezza dell'ambiente. Il corso di studio è trasformazione del diploma universitario in Ingegneria dell'Ambiente e delle Risorse ed ha sede didattica presso il polo universitario di Prato.
- Ingegneria per l'Ambiente ed il Territorio con orientamenti in: tutela e controllo del territorio, qualità, sicurezza e compatibilità dei processi produttivi.

#### Classe delle lauree in Ingegneria dell'Informazione

- Ingegneria Elettronica, con i curricula al terzo anno: automazione, biomedica, progettazione elettronica. Quest'ultimo prevede gli orientamenti in: progettazione di sistemi a radiofrequenza, sistemi elettronici per le tecnologie e l'industria, progettazione dei sistemi microelettronici.
- Ingegneria Informatica
- Ingegneria dell'Informazione per il quale sono previsti due curricula al terzo anno in: applicazioni industriali della microelettronica, telematica. Il corso di studio è trasformazione del diploma universitario in Ingegneria Elettronica ed ha sede didattica presso il polo universitario di Prato.
- Ingegneria delle Telecomunicazioni con attivi tre curricula previsti al terzo anno: trasmissione e reti, elaborazione segnali ed immagini, telerilevamento ed elettromagnetismo applicato.

#### Classe delle lauree in Ingegneria Industriale

- Ingegneria Elettrica
- Ingegneria Gestionale, con i curricula: economico-organizzativo, impiantistica, logistica e produzione.
- Ingegneria Meccanica, con i curricula al terzo anno in: automazione industriale e mecatronica, biomeccanica, macchine, materiali, modelli e metodi matematici, progettazione meccanica, sistemi per l'energia e l'ambiente, tecnologico, veicoli terrestri.

- Ingegneria Industriale, con i curricula al terzo anno in: costruzioni meccaniche, produzione, tessile. Il corso di studio è trasformazione del diploma universitario in Ingegneria Elettronica ed ha sede didattica presso il polo universitario di Prato.
- Ingegneria dei Trasporti, attivo a partire dall'anno accademico 2002-03 presso la sede didattica di Pistoia.

#### Classe delle lauree di Scienze dell'Economia e della Gestione aziendale

- Economia e Ingegneria della Qualità, corso di studio interfacoltà con la Facoltà di Economia di Firenze, trasformazione del diploma universitario in Economia e Ingegneria della Qualità, con sede didattica presso il polo universitario di Prato.

Dall'a.a. 2002-03 la Facoltà attiva inoltre il primo anno dei seguenti dieci corsi di laurea specialistica il cui percorso formativo andrà a regime nell'anno accademico successivo:

- Laurea specialistica in Ingegneria Civile (classe Ingegneria Civile), con orientamenti attivi già dal primo anno in: strutture, idraulico, infrastrutture, geotecnico.
- Laurea specialistica in Ingegneria per la Tutela dell'Ambiente ed il Territorio (classe Ambiente e territorio), per la quale sono previsti due orientamenti al secondo anno: tutela del territorio, progettazione e gestione impianti.
- Laurea specialistica in Ingegneria dell'Automazione (classe Ingegneria dell'Automazione).
- Laurea specialistica in Ingegneria Edile (classe Architettura e Ingegneria Edile).
- Laurea specialistica in Ingegneria Elettronica (classe Ingegneria dell'Informazione).
- Laurea specialistica in Ingegneria Energetica (classe Ingegneria Energetica e Nucleare).
- Laurea specialistica in Ingegneria Gestionale (classe Ingegneria Gestionale), con sede didattica ad Empoli.
- Laurea specialistica in Ingegneria Informatica (classe Ingegneria Informatica).
- Laurea specialistica in Ingegneria Meccanica (classe Ingegneria Meccanica).
- Laurea specialistica in Ingegneria delle Telecomunicazioni (classe Ingegneria delle Telecomunicazioni), con orientamenti previsti al secondo anno di corso: trasmissioni e reti, sistemi multimediali, telerilevamento ed elettromagnetismo applicato.

Dall'a.a. 2003-04 vengono attivati anche i corsi di laurea specialistica in Ingegneria Biomedica (classe Ingegneria Biomedica) e Ingegneria Matematica (classe Modellistica matematico-fisica per l'Ingegneria).

#### *Il DPR 270/04*

Il DPR 270/04, a firma del ministro Moratti (GU 266/04), rappresenta un ulteriore elemento significativo di regolamentazione nel campo della formazione universitaria nel contesto della riforma didattica iniziata con il DPR 509/99. Questo decreto, denominato *Modifiche al Regolamento recante norme concernenti l'autonomia didattica degli Atenei*, contiene indicazioni e modifiche relative ad alcuni aspetti previsti dal DPR 509/99.

Tra questi, i più significativi riguardano (art. 3 del DM 270/04) una diversa denominazione del titolo di studio acquisito dallo studente al secondo livello: la laurea magistrale sostituisce il titolo di laurea specialistica e rettifica parzialmente gli obiettivi formativi secondo cui il «corso di laurea magistrale deve assicurare allo studente un'adeguata padronanza di metodi e contenuti scientifici generali, anche nel caso in cui sia orientato all'acquisizione di specifiche conoscenze professionali». È questo, evidentemente, un aspetto che implica la riprogettazione dell'offerta didattica erogata dalla Facoltà per il secondo livello.

Ulteriore elemento di differenziazione introdotto dal DM 270/04 finalizzato alla progettazione del percorso formativo riguarda il numero massimo di insegnamenti previsti con valutazione finale di profitto fissato a 20 per il corso di laurea e a 12 per la laurea magistrale. Si può quindi dire che uno degli obiettivi raggiunti dal DPR 270/04 è stato quello di dare alla laurea magistrale una propria struttura e autonomia di percorso, con l'eliminazione o forte riduzione della parcellizzazione degli insegnamenti (per determinate tipologie di didattica non sono ammessi insegnamenti con moduli interiori a 3 crediti).

Tabella I – Corsi di laurea e laurea magistrale attivi dall'a.a. 2008-09 ordinati secondo il DM 270/04.

<b>Classe di laurea (L)</b>	<b>Corsi di laurea attivi nella classe</b>
L7 – Ing. Civile e Ambientale	Ing. Civile Ing. per l'Ambiente, le Risorse e il Territorio
L8 – Ing. dell'Informazione	Ing. Elettronica e delle Telecomunicazioni Ing. Informatica
L9 – Ing. Industriale	Ing. Gestionale Ing. Meccanica
L23 – Scienze e Tecniche dell'Edilizia	Ing. Edile
Classe di laurea magistrale (LM)	Corso di laurea magistrale
LM23 – Ing. Civile	Ing. Civile
LM24 – Ing. dei Sistemi Edilizi	Ing. Edile
LM25 – Ing. dell'Automazione	Ing. Elettrica e dell'Automazione (interclasse)
LM28 – Ing. Elettrica	Ing. Elettrica e dell'Automazione (interclasse)
LM27 – Ing. delle telecomunicazioni	Ing. delle Telecomunicazioni
LM29 – Ing. Elettronica	Ing. Elettronica
LM30 – Ing. Energetica e Nucleare	Ing. Energetica
LM32 – Ing. Informatica	Ing. Informatica
LM33 – Ing. Meccanica	Ing. Meccanica
LM35 – Ing. per l'Ambiente ed il Territorio	Ing. per la Tutela dell'Ambiente e del Territorio

Nell'ottica di razionalizzare la propria offerta formativa la Facoltà inizia ad applicare la riforma prevista dal DPR 270/04 a partire dall'anno accademico 2008-09. Da questo momento i percorsi attivi nell'ambito del DPR 509/99 si riducono a sette corsi di laurea e dodici corsi di laurea magistrale, come di seguito riportato.

Oggi la Facoltà di Ingegneria è coinvolta anche nel processo di accreditamento internazionale EUR-ACE (*EUROPEAN ACCREDITED ENGINEER*) con due corsi di studio, una laurea ed una laurea magistrale, secondo il modello di *quality assurance* CRUI/EUR-ACE predisposto da Quacing, agenzia per la certificazione di qualità e l'accREDITAMENTO EUR-ACE dei corsi di studio in ingegneria.

#### *La legge 240/2010 – Aspetti di organizzazione e di incentivazione della qualità*

La legge 240 del 30 dicembre 2010 (*Norme in materia di organizzazione delle università, di personale accademico e reclutamento, nonché delega al Governo per incentivare la qualità e l'efficienza del sistema universitario*) entra formalmente in vigore a fine gennaio 2011, con applicazioni temporalmente differenziate nel sistema universitario italiano. Nota anche come 'legge Gelmini', la L.240 modifica radicalmente l'assetto organizzativo dell'Ateneo. Tra le novità introdotte preme, in questo contesto e per le nostre finalità, richiamare i seguenti due aspetti:

- a) *Semplificazione dell'articolazione interna dell'Università, con contestuale 'attribuzione al Dipartimento delle funzioni finalizzate allo svolgimento della ricerca scientifica, delle attività didattiche e formative, nonché delle attività rivolte all'esterno ad esse correlate o accessorie'.*

Ciò comporta un completo riassetto della struttura dipartimentale che diventa quindi punto di riferimento anche per la didattica, oltre che per la ricerca e il trasferimento tecnologico; scompare pertanto la Facoltà che viene sostituita, ove necessario, da una '*struttura di raccordo*' tra Dipartimenti, a cui viene attribuita la denominazione di Scuola.

Tabella II – Corsi di laurea e laurea magistrale attivi dall'a.a.2008-09 ordinati secondo il DM 270/04.

Classe di Laurea (L)		Corsi di laurea attivi nella classe
L7	Ing. Civile e Ambientale	Ing. Civile, Edile e Ambientale percorso edile percorso strutture percorso infrastrutture percorso ambiente
L8	Ing. dell'Informazione	Ing. Elettronica e delle Telecomunicazioni percorso elettronica percorso telecomunicazioni percorso automazione Ing. Informatica
L9	Ing. Industriale	Ing. Meccanica percorso meccanico percorso elettrico-automazione percorso gestionale
Classe di laurea magistrale (LM)		Corso di laurea magistrale
LM23	Ing. Civile	Ing. Civile
LM24	Ing. dei Sistemi Edilizi	Ing. Edile
LM25	Ing. dell'Automazione Ing. Elettrica	Ing. Elettrica e dell'Automazione (interclasse)
LM28		
LM27	Ing. delle Telecomunicazioni	Ing. delle Telecomunicazioni
LM29	Ing. Elettronica	Ing. Elettronica
LM30	Ing. Energetica e Nucleare	Ing. Energetica
LM32	Ing. Informatica	Ing. Informatica
LM33	Ing. Meccanica	Ing. Meccanica
LM35	Ing. per l'Ambiente ed il Territorio	Ing. per la Tutela dell'Ambiente e del Territorio

- b) Introduzione di un sistema di valutazione dell'attività didattica, di ricerca e gestionale. La legge 240/2010 attribuisce all'ANVUR (Agenzia Nazionale di Valutazione del sistema Universitario e della Ricerca) il compito di sviluppare un Modello per l'Assicurazione della Qualità (AQ), in linea con gli standard europei, finalizzato all'accreditamento delle Università, fornire elementi comparativi ai CdS ed ai Dipartimenti per il miglioramento della qualità delle attività di formazione e di ricerca, fornire al MIUR (oggi MUR) le indicazioni necessarie per l'allocatione delle risorse finanziarie, fornire agli 'utenti e stakeholder' delle università informazioni utili, affidabili e trasparenti sulle attività svolte.

Si può quindi comprendere come l'offerta formativa dell'Ateneo, e quindi anche quella di Ingegneria, sia incardinata in un assetto organizzativo diverso – dalla Facoltà al Dipartimento, con la Scuola concepita come 'struttura di raccordo' - pur mantenendo e seguendo, per quanto possibile, le necessità della domanda di formazione. Per l'Università di Firenze la nuova organizzazione entra ufficialmente in vigore l'8 maggio 2013 a seguito dell'approvazione del nuovo Statuto. Il Regolamento della Scuola di Ingegneria è emanato con Decreto Rettoriale 735 del 22 luglio 2013 e la figura del Preside di Facoltà è sostituita con quella del *Presidente di Scuola*.

Oltre alla trasformazione Facoltà-Scuola, l'applicazione della legge Gelmini ha visto anche una rivisitazione e una diminuzione del numero dei Dipartimenti presenti in Ateneo che, nel 2013, passa da complessivi 49 a 24. Anche ad Ingegneria si assiste ad una conseguente contrazione: dai cinque Dipartimenti 'pre-



Gelmini' si passa agli attuali tre (DICEA, DIEF, DINFO) che vedono incardinata l'offerta didattica, ordinata sempre in accordo con il DM 270/04, riportata in tabella seguente. La struttura di raccordo è la Scuola di Ingegneri

*Tabella III - Offerta formativa della Scuola di Ingegneria a.a. 2020-21*

Dipartimento di afferenza		Corsi di Laurea (L) a Laurea Magistrale (LM)
DICEA Ingegneria Civile e Ambientale	L-7	Ingegneria Civile, Edile e Ambientale
	LM-23	Ingegneria Civile
	LM-24	Ingegneria Edile
	LM-35	Ingegneria per la Tutela dell'Ambiente e del Territorio
	LM-35	Geoengineering
DINFO Ingegneria dell'Informazione	L-8	Ingegneria Elettronica e delle Telecomunicazioni
	L-8	Ingegneria informatica
	L-8	Ingegneria Biomedica
	LM-21	Ingegneria Biomedica
	LM-25	Ingegneria Elettrica e dell'Automazione
	LM-27	Ingegneria delle Telecomunicazioni
	LM-29	Ingegneria Elettronica
	LM-32	Ingegneria Informatica
DIEF Ingegneria Industriale	L-9	Ingegneria Meccanica
	L-9	Ingegneria Gestionale
	LM-30	Ingegneria Energetica
	LM-31	Ingegneria Gestionale
	LM-33	Ingegneria Meccanica

Per semplicità di trattazione in tabella non sono riportate informazioni circa gli eventuali percorsi/curricula interni ai corsi di studio, rimandando alle pagine web della Scuola per approfondimenti ([www.ingegneria.unifi.it](http://www.ingegneria.unifi.it)). L'individuazione di percorsi e curricula e l'incremento dell'offerta didattica con la successiva attivazione (a seguire l'a.a. 2020-21) di nuovi Corsi di studio e, in alcuni casi cambi di denominazione, testimoniano la dinamicità della formazione ad Ingegneria.

Ultimo aspetto che preme richiamare, strettamente connesso con l'ambito della didattica, ma non solo (si parla anche di ricerca, trasferimento tecnologico e public engagement oltrechè aspetti gestionali), riguarda il coinvolgimento di Ingegneria nei processi di Assicurazione Qualità (AQ) di Ateneo secondo il modello ANVUR – AVA (Autovalutazione, Valutazione e Accreditamento).

Ad integrazione delle forme di certificazione EUR-ACE di cui si è parlato in precedenza e per le quali Ingegneria si è mossa in maniera autonoma, da alcuni anni l'Ateneo è impegnato sul tema della valutazione della qualità, in accordo con quanto previsto dalla legge 240/2010.

Come chiaramente esplicitato nella 240, l'organizzazione per l'AQ di Ateneo prevede una serie di attori principali: il *Presidio della Qualità (PQA)* quale struttura operativa con funzioni di accompagnamento, supporto, attuazione delle politiche di AQ di Ateneo e dei relativi obiettivi per la didattica, la ricerca e la terza missione; il PQA promuove la cultura per la qualità, svolge attività di pianificazione, sorveglianza e monitoraggio dei processi di AQ, promuove il miglioramento continuo e supporta le strutture di Ateneo, compresi Dipartimenti, Scuole e CdS, nella gestione e implementazione delle politiche e dei processi per l'AQ. A livello centrale, oltre al PQA, vi è il *Nucleo di Valutazione (NuV)*, organo di Ateneo (Statuto, art.17), a cui competono le funzioni (Leggi 537/93, 370/99 e 240/2010) di valutazione interna relativamente alla gestione amministrativa, alle attività didattiche e di ricerca, agli interventi di sostegno al diritto allo studio. Vi sono poi le *Commissioni Paritetiche Docenti-Studenti (CPDS)*, organizzate a livello di Scuola, che svolgono il ruolo di osservatorio permanente e valutativo dell'offerta didattica e dei servizi agli studenti. A livello di Corso di studio (o gruppi di CdS) il sistema di AQ prevede la costituzione di una specifica commissione, denominata *Gruppo di Riesame (GdR)*, comprendente la componente studentesca, con compiti di autovalutazione dell'offerta formativa erogata dal/dai CdS di propria competenza. I Dipartimenti sono coinvolti nell'organizzazione per l'AQ sia per la didattica che per la ricerca ed il trasferimento tecnologico attraverso delegati e commissioni appositamente individuate e nominate. L'Ateneo fiorentino ha ricevuto l'accREDITAMENTO ANVUR nel 2020.

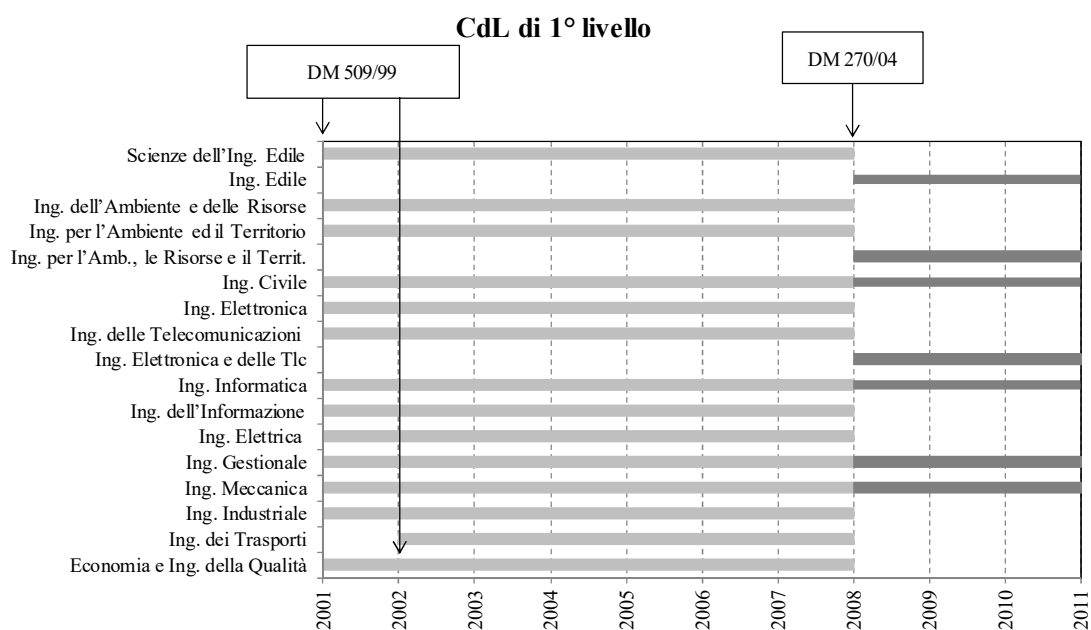


## INGEGNERIA IN NUMERI

Come detto nel paragrafo precedente, nel periodo a cui ci riferiamo (*Cinquanta anni di Ingegneria*) avvengono importanti mutamenti legislativi riguardanti la didattica di cui si è già dato dettaglio. Volendo riportare alcuni numeri per Ingegneria a Firenze si è ritenuto opportuno considerare, come linea di demarcazione, la legge 240/2010 individuando i periodi ‘pre-Gelmini’ e ‘post-Gelmini’. In altri termini, cosa cambia nella riforma dei corsi di studio universitari secondo il DM 509/99 (riforma del ‘3+2’) a seguito dell’applicazione della ‘legge Gelmini’ e la scomparsa delle Facoltà.

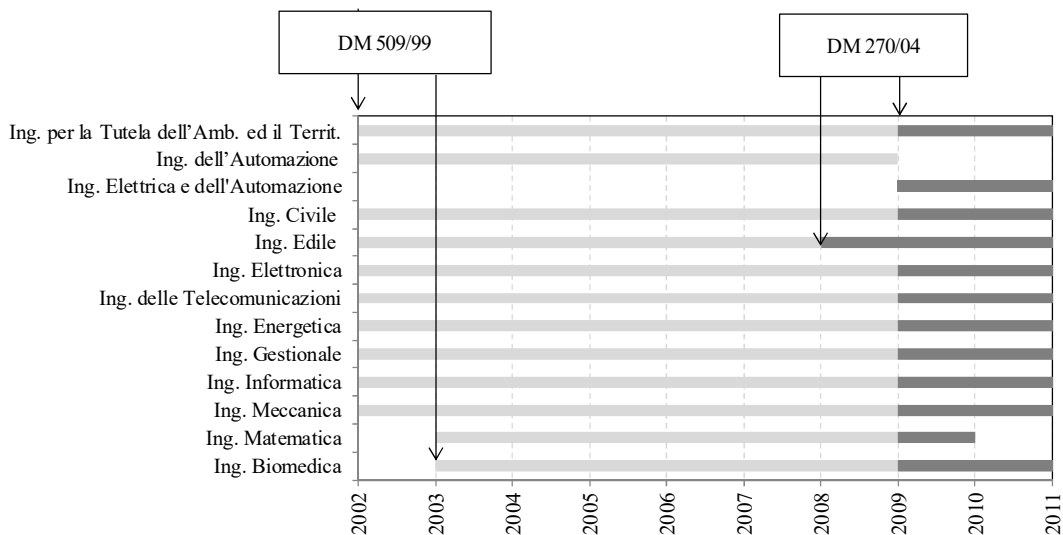
### I corsi di studio

#### a) Il periodo pre-Gelmini



I corsi di laurea di 1° livello, dopo la riforma del ‘3+2’ (DM 509/99), sono stati attivati nell’a.a. 2001-02; a partire dall’a.a. 2008-09 viene applicato il DM 270/04.

### CdL di 2° livello



I corsi di laurea di 2° livello (laurea specialistica), dopo la riforma del '3+2' (DM 509/99), sono stati attivati nell'a.a. 2002-03; a partire dall'a.a. 2009-10 viene applicato il DM 270/04 che introduce la laurea magistrale.

#### b) Il periodo post-Gelmini

L'offerta didattica di Ingegneria a valle della legge 240 non subisce sostanziali modifiche se non per la cessazione dei distinti Corsi di Laurea in Ingegneria civile, Ingegneria edile e Ingegneria per l'ambiente le risorse e il territorio che convergono in un unico Corso di Laurea *L-7 Ingegneria Civile, Edile e Ambientale*. Inalterata invece l'offerta didattica di secondo livello.

Si può quindi affermare che l'introduzione della legge 240/2010 non ha prodotto sostanziali modifiche nell'articolazione dell'offerta didattica dell'allora Facoltà di Ingegneria, oggi Scuola, se non la presa in carico da parte dei Dipartimenti (tabella VII), per quanto di competenza.

Le due figure precedenti sintetizzano l'offerta formativa della Facoltà d'Ingegneria dalla riforma del '3+2' all'ultimo anno accademico. La scansione temporale della presentazione tiene conto delle modificazioni che sono intervenute per effetto dei processi di riforma avviati (1990, 2001, 2008-09). Fino al 1990 l'offerta era caratterizzata dai tre fondamentali piloni relativi all'Ingegneria Civile, Meccanica ed Elettronica.

Dopo questa data si ha una crescita del numero sia dei corsi di laurea sia dei corsi di diploma; questi ultimi hanno rappresentato una significativa offerta formativa in parallelo.

Dalle due figure precedenti si rileva come il processo di riforma (il cosiddetto '3+2') abbia determinato – tra il 2001 ed il 2008 – una forte differenziazione dell'offerta formativa rispetto alle tre aree 'tradizionali'; questo processo si è poi ricomposto dal 2008, con l'applicazione delle nuove norme previste dal DM 270/04.

Nel primo periodo di applicazione della riforma si è avuta una sorta di corrispondenza diretta tra laurea triennale e laurea specialistica; a partire dal 2008 alla 'semplificazione' dell'offerta triennale si è accompagnata una riorganizzazione delle lauree magistrali, per le quali è stato previsto un numero più consistente di indirizzi di studio, a segnalare la necessità di percorsi specialistici soprattutto per una professione ad ampio spettro come quella dell'ingegnere.

#### *Gli studenti*

Per apprezzare in maniera sintetica ed efficace la dinamica della popolazione studentesca a partire dalla costituzione della Facoltà, si sono considerate le tre aree che caratterizzano la formazione degli ingegneri: quella civile, quella industriale e quella dell'informazione.

Le grandezze che si sono assunte come rilevanti della dimensione e della dinamica degli studenti sono due: gli immatricolati e gli iscritti. Il numero di immatricolati costituisce, secondo una condivisa lettura, la capacità di attrazione dei corsi di studio, mentre il numero di iscritti indica la dimensione della popolazione in questione. Come è evidente dai 3 istogrammi seguenti con l'andamento negli anni degli immatricolati nei vari corsi di studio per l'area civile, informazione e industriale, la dinamica delle immatricolazioni appare ben legata ai diversi momenti che caratterizzano l'evoluzione dell'offerta formativa: in tutte e tre le aree le innovazioni didattiche del 1990 hanno portato ad una forte impennata d'iscrizioni, impennata che prefigura quasi un raddoppio degli immatricolati rispetto alla media dei 20 anni precedenti.

È interessante rilevare come nell'area civile un ruolo di rilievo sia rappresentato dai corsi che richiamano le tematiche territoriali ed ambientali, affiancati a quelli che rappresentano l'offerta tradizionale. Dal 2001-02 la composizione degli immatricolati in quest'area tiene conto dell'ulteriore ampliamento del numero di corsi di studio (trasporti, ambiente e risorse). Nel complesso si nota una diminuzione, in media, rispetto al picco dei primi anni novanta (circa 430 immatricolati) con una sostanziale stabilità rispetto ad una media dell'ultimo periodo di circa 350 studenti.

Anche nell'area dell'informazione si osserva un picco attorno ai primi anni 90: gli immatricolati in Ingegneria Elettronica tendono poi a ridursi per la presenza di nuovi percorsi formativi come quelli dell'informatica e delle telecomunicazioni. Dopo questo periodo, però, inizia una tendenza di leggera progressiva decrescita di immatricolati fino ad una situazione finale in cui si osserva una sostanziale confrontabilità tra i due corsi che risultano dal più recente ordinamento (elettronica e telecomunicazioni, da un lato e informatica dall'altro) con circa 100 immatricolati ciascuno.

Per quanto riguarda l'area industriale, l'andamento delle immatricolazioni è sempre ancorato alla componente di fondo dell'area e cioè l'Ingegneria Meccanica, e sembra caratterizzato da un profilo ancora diverso, con dinamiche quasi 'cicliche', cioè con fasi di espansione e di contrazione della domanda. Dalla 'bolla' iniziale si passa ad una fase di riduzione di studenti per poi ricrescere negli anni 90, con successivamente una nuova fase di contrazione per passare poi ad una nuova fase di 'ripresa' del 2001 (passando dai circa 160 studenti del primo periodo ai circa 300 degli ultimi anni). 'ripresa' che è stata anche caratterizzata da un rinnovo dell'offerta formativa in più corsi di studio rispetto al periodo precedente (con Ingegneria Gestionale, Elettrica e Biomedica).

Nel complesso, dunque, l'andamento di questo fenomeno di nuove iscrizioni segnala una vivace capacità di attrazione della Facoltà di Ingegneria nel complesso dell'Università di Firenze, rappresentando così un consolidato presidio formativo. Infatti, la individuazione di un percorso formativo professionalizzante di breve durata (tre anni) ha rappresentato la risposta ad un'esigenza del sistema produttivo di disporre di quadri intermedi aziendali in grado di fornire una cerniera fra l'area della produzione diretta e quella della direzione aziendale. Esigenza questa accentuata dal sistema delle imprese, caratterizzato da una larghissima prevalenza di imprese di piccole e piccolissime dimensioni nelle quali appariva strategica la presenza di una figura qualificata in termini di contenuti tecnici ed operativi, caratterizzata da un percorso formativo più 'snello' (e più veloce in termini temporali!) di quello previsto per la figura d'ingegnere. Una tale domanda troverà in seguito una risposta più 'strutturata' nella riforma rappresentata dal DPR 509/99 con la definizione di una figura di ingegnere 'triennale' professionalmente orientato a collocarsi in quei segmenti aziendali direttamente rivolti alla produzione. Non c'è dubbio che le caratteristiche del sistema produttivo hanno sostenuto questa innovazione didattico-formativa, innovazione che ha portato a risultati forse meno soddisfacenti, in termini di processo formativo e di collocazione sul mercato del lavoro, di quelli relativi ai diplomi universitari. A questo proposito occorre sottolineare anche come le condizioni del sistema produttivo dell'inizio degli anni '90 (e cioè a seguito dei processi di ristrutturazione e di riorganizzazione del decennio precedente) si siano celermente modificate nei decenni successivi, con diversa organizzazione della produzione e con relative modificazioni della domanda di figure professionali dell'area ingegneristica. Il processo di riqualificazione dell'offerta formativa dopo i primi anni della riforma del 1999 ha seguito non solo i paradigmi propri del sistema universitario (legati soprattutto alla dinamica decrescente delle risorse) ma anche la parallela evoluzione del sistema produttivo, la cui domanda di formazione specialistica si è caratterizzata per una richiesta meno frammentata rispetto al periodo precedente.

Più semplice è descrivere la dinamica degli iscritti ai corsi di studio (ultimi tre istogrammi seguenti con l'andamento negli anni degli iscritti ai vari corsi di studio per l'area civile, informazione e industriale), anche se il contenuto informativo di questa grandezza è meno trasparente dell'altra, in quanto (come è noto) la

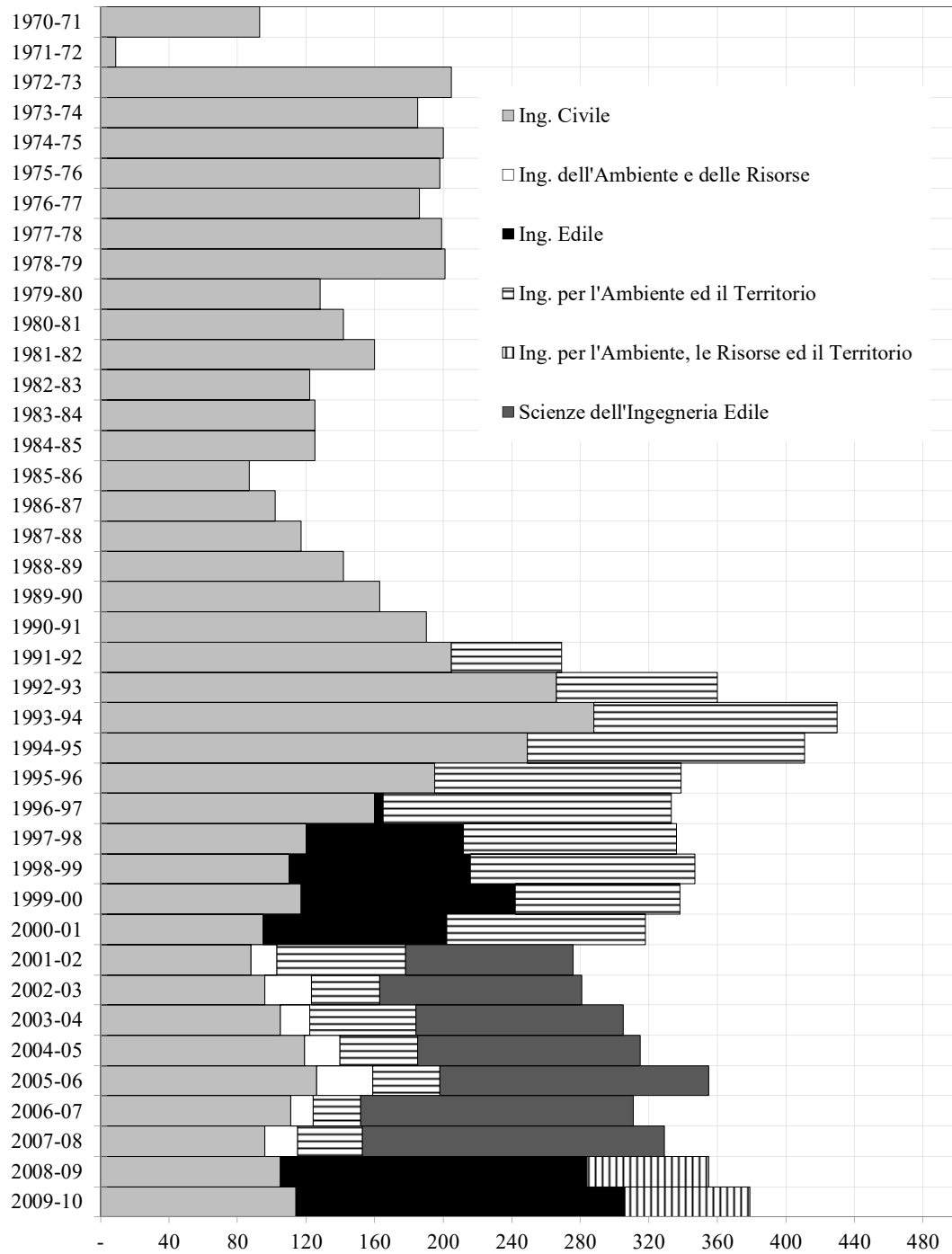
partecipazione degli studenti al proprio percorso formativo è assai variabile, ed una lettura assai disaggregata potrebbe segnalare eventuali elementi di criticità.

Le tre aree hanno un profilo temporale differenziato: dopo un'onda iniziale di crescita, legata naturalmente all'avvio della Facoltà, l'area dell'informazione mostra un'evoluzione diversa, con una netta tendenza alla crescita di iscritti con un picco fino alla metà degli anni 90 (periodo nel quale rappresenta la componente più alta di studenti con circa 2500 iscritti) per poi segnare una tendenza decrescente, fino a circa 1500 unità alla fine del periodo. Numeri sempre elevati, ma che sembrano indicare una minore 'rilevanza' quanto a popolazione studentesca insistente su quest'area.

Le altre due aree presentano, invece, un ciclo simile, soprattutto a partire dal 1990, con una progressiva e continua crescita (anche se, ovviamente, a tassi decrescenti). Per l'area civile la crescita dimensionale si stabilizza tra 2000 e 2500 unità dopo il 2001 (anche qui in seguito al rinnovarsi dell'offerta formativa, mentre quella industriale segnala anche negli ultimi anni un andamento crescente (da 1200 a 1700 unità circa).

È ovvio che in una situazione ottimale le onde di immatricolazioni dovrebbero avere andamento anticipatore e correlato rispetto all'andamento degli iscritti. Inoltre l'osservazione dei dati di immatricolati ed iscritti va certamente letta in un contesto più ampio nel quale si considerino le componenti demografiche di partecipazione allo studio universitario, i fenomeni economico-sociali connessi al tessuto produttivo ed alla domanda di lavoro, fenomeni che hanno attraversato la vita dell'università e del Paese. In questa sede l'obiettivo era quello di fornire una dimensione quantitativa corretta e coerente della popolazione studentesca interessata ai corsi di studio della Facoltà di Ingegneria, tendo conto della dinamica (tutta interna all'università) dell'evoluzione dell'offerta formativa dal 1971 ad oggi.

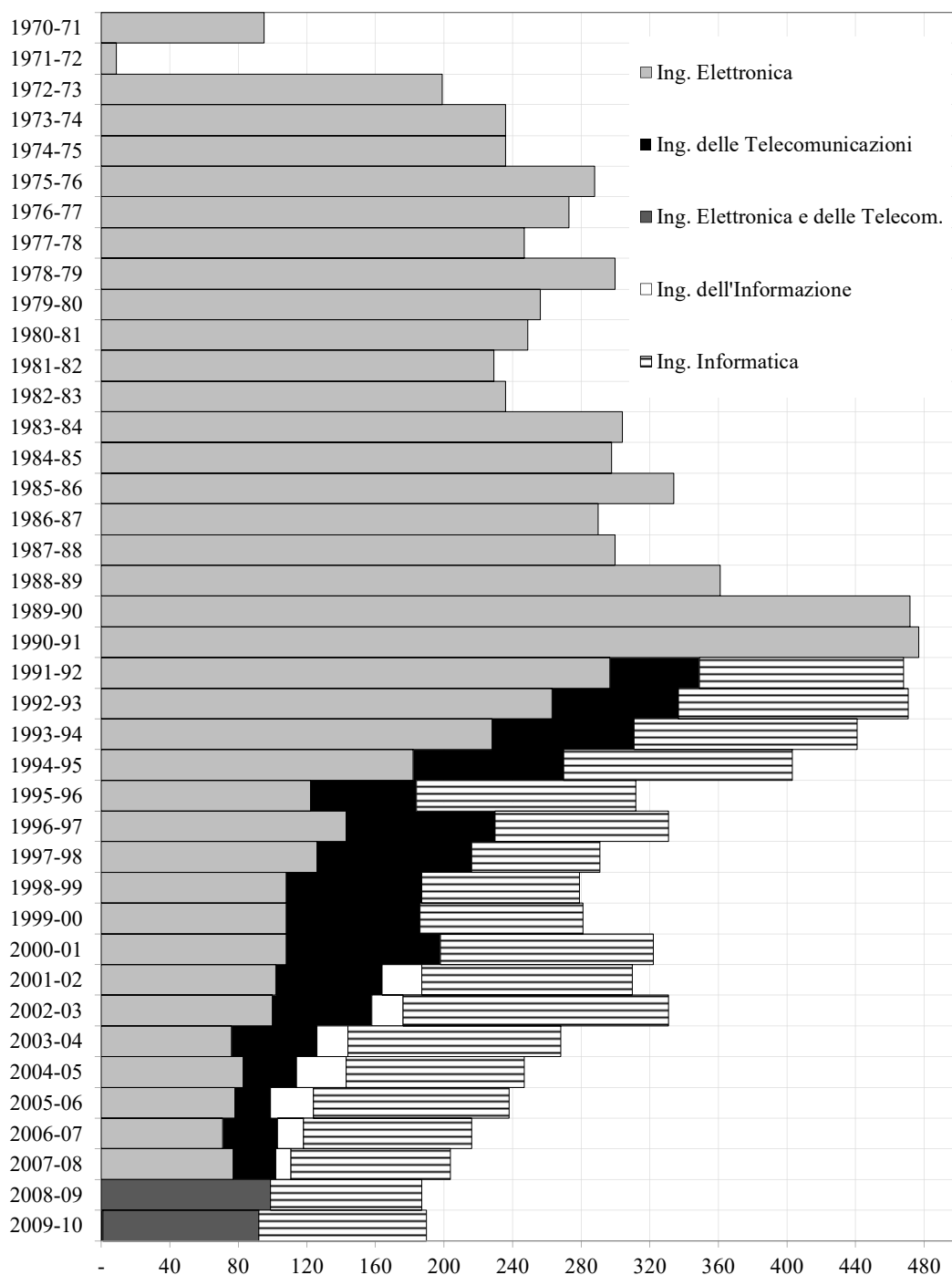
## Area Civile - immatricolati



Area civile: studenti immatricolati per anno accademico e per corso di laurea dall'a.a. 1970-71 all'a.a. 2009-10.

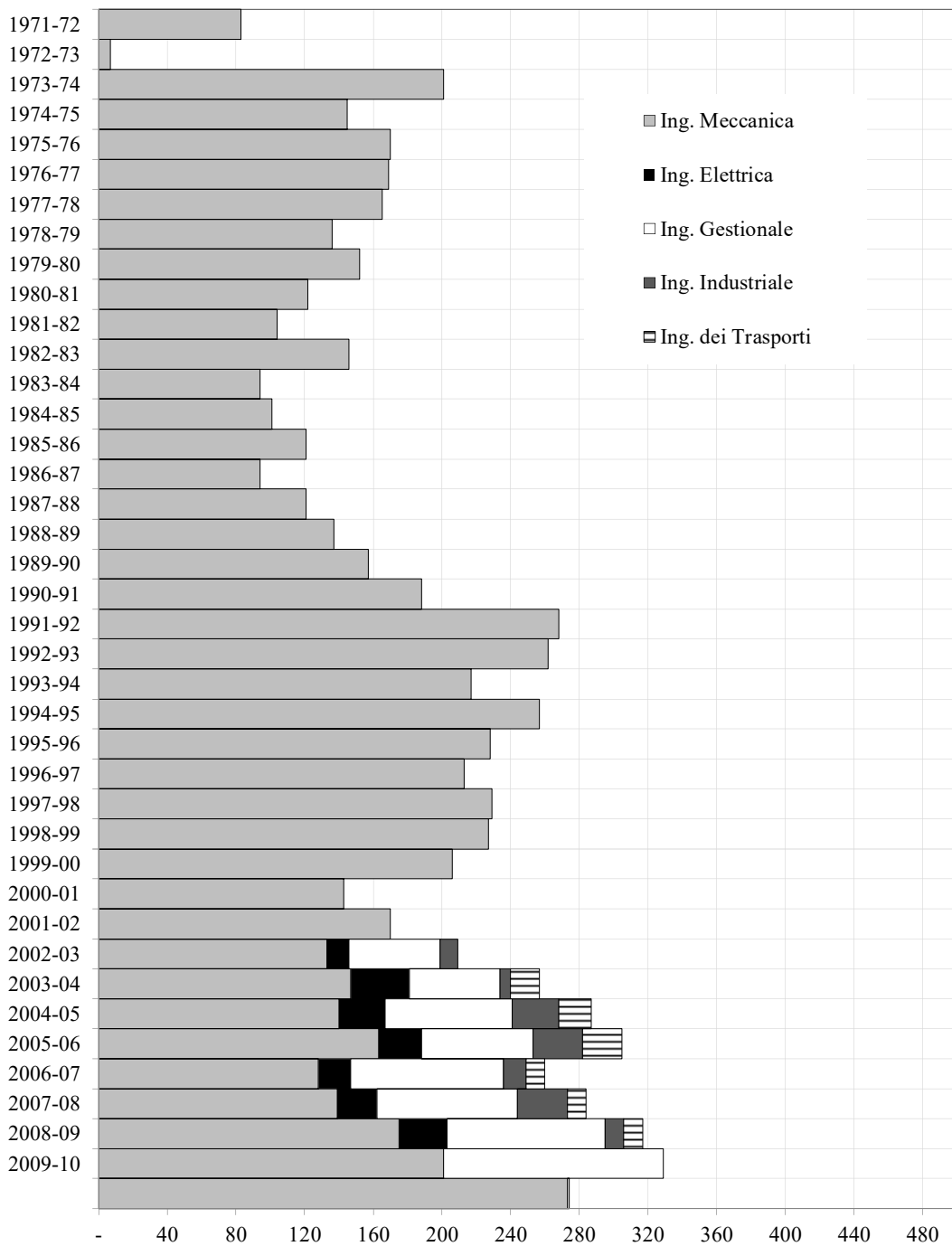


## Area Informazione - immatricolati



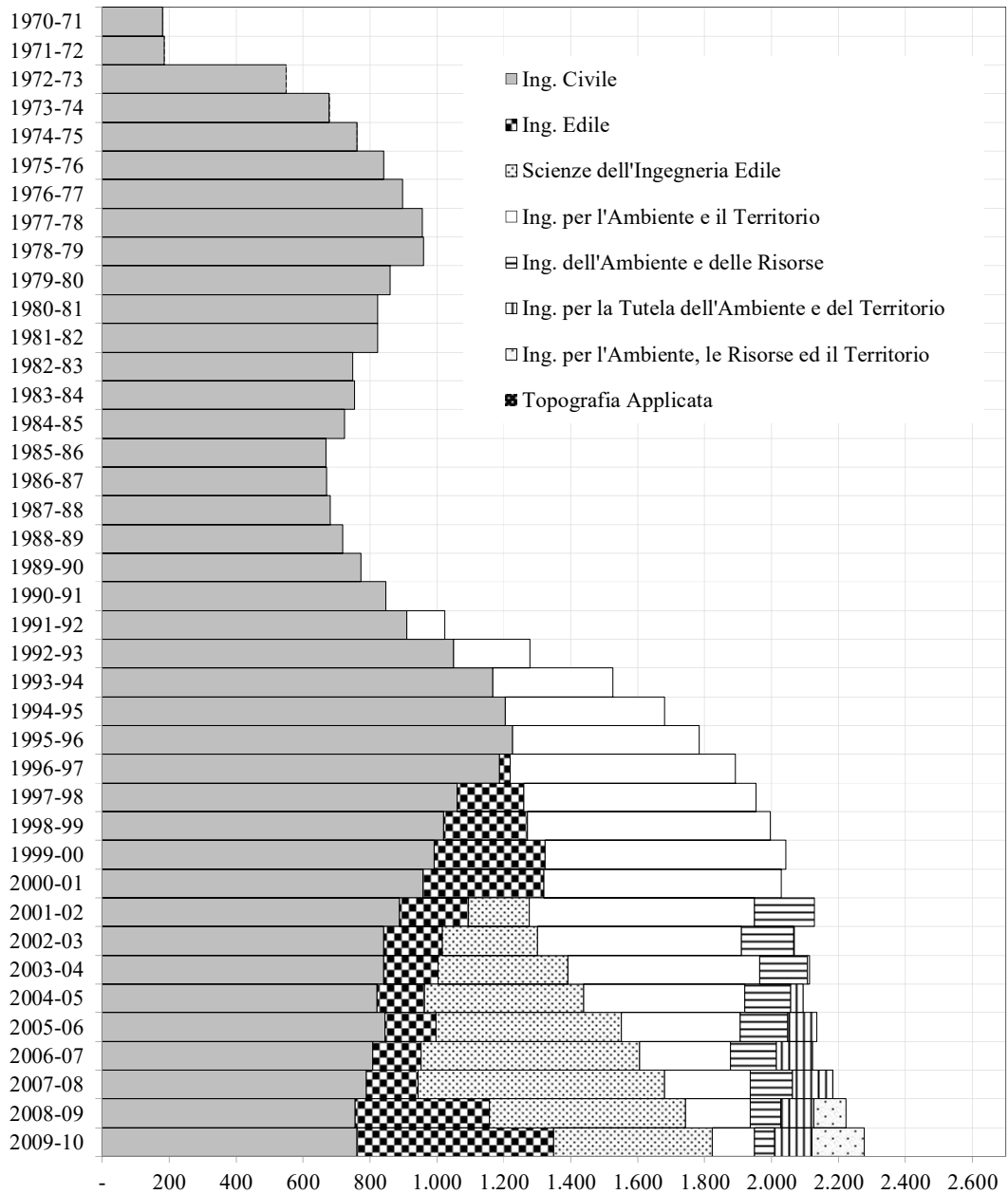
Area informazione: studenti immatricolati per anno accademico e per corso di laurea dall'a.a. 1970-71 all'a.a. 2009-10.

## Area Industriale - immatricolati



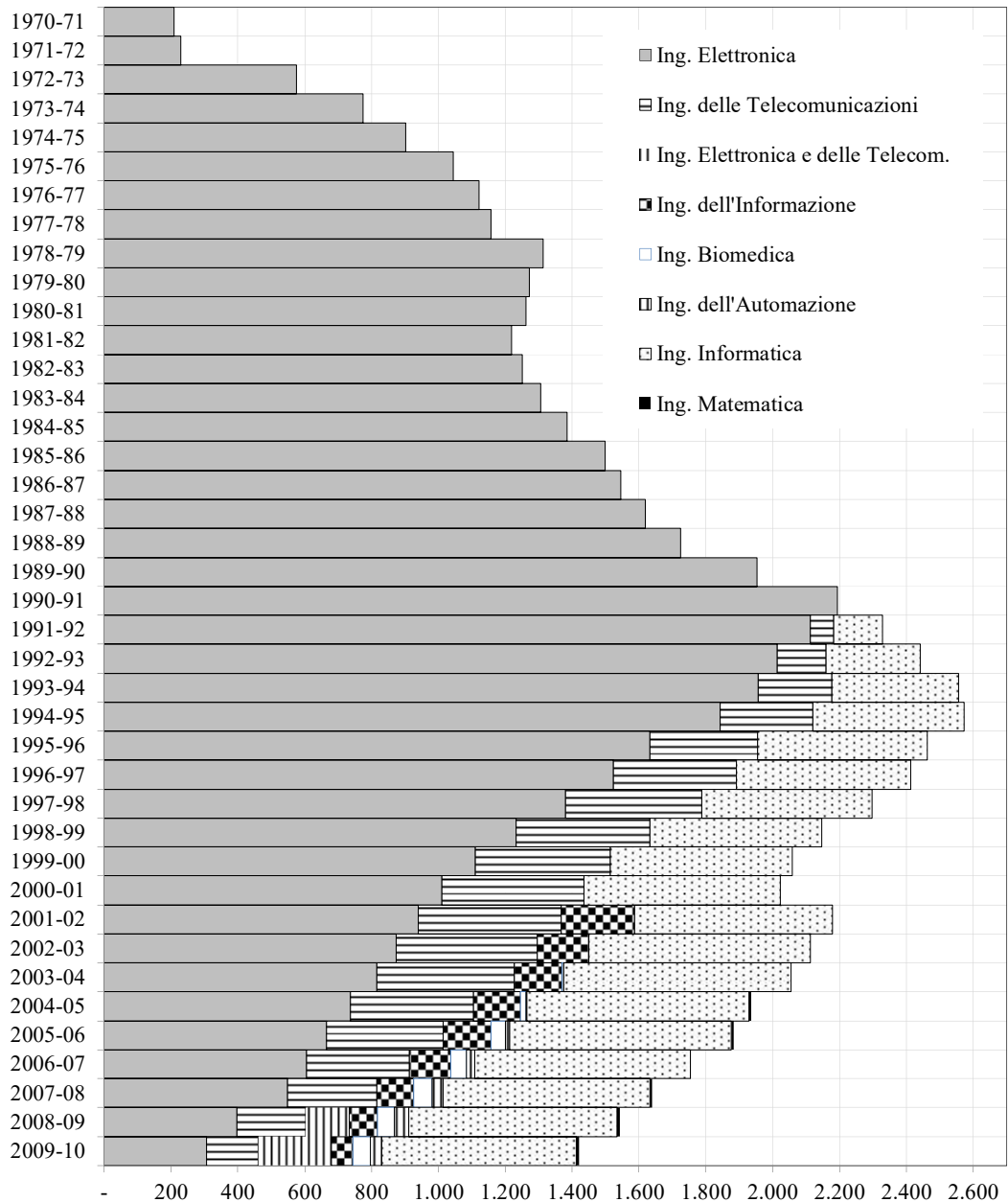
Area industriale: studenti immatricolati per anno accademico e per corso di laurea dall'a.a. 1970-71 all'a.a. 2009-10.

## Area Civile - iscritti



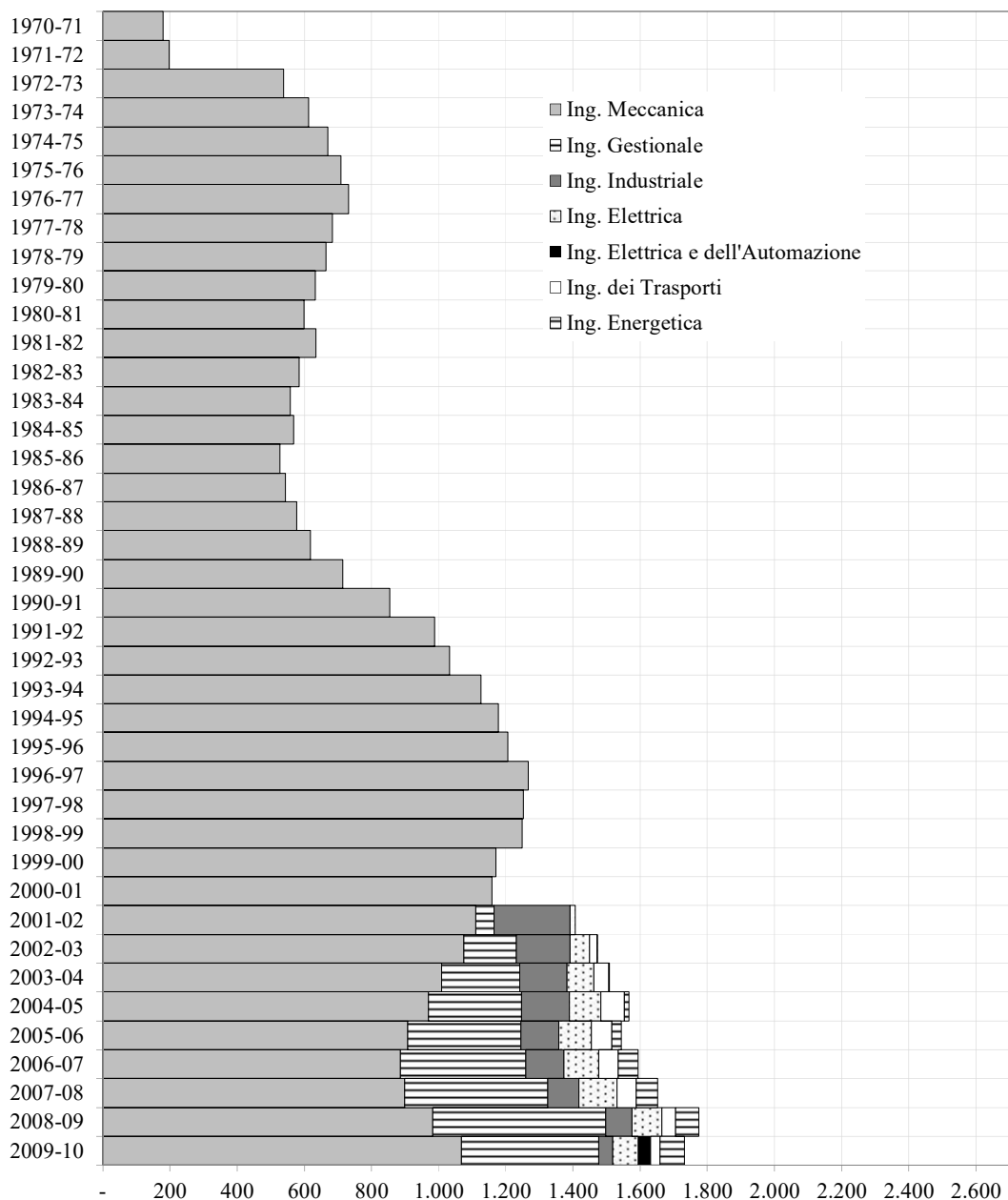
Area civile: studenti iscritti (al 31 luglio di ogni anno) per anno accademico e per corso di laurea dall'a.a. 1970-71 all'a.a. 2009-10.

## Area Informazione - iscritti



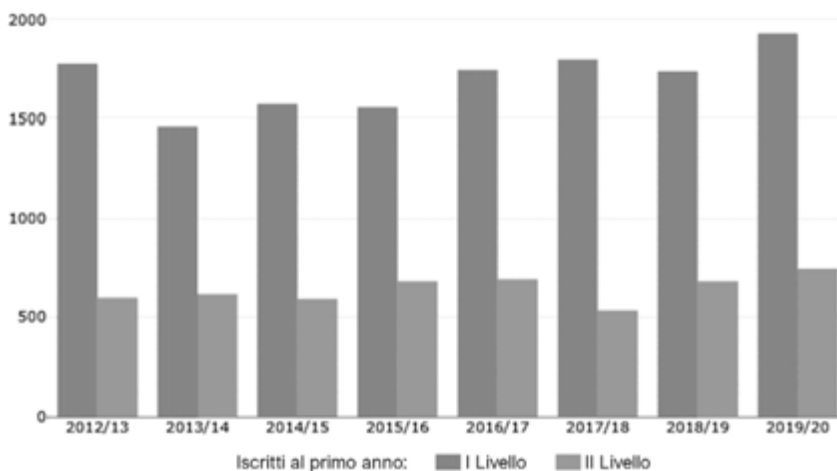
Area informazione: studenti iscritti (al 31 luglio di ogni anno) per anno accademico e per corso di laurea dall'a.a. 1970-71 all'a.a. 2009-10.

## Area Industriale - iscritti

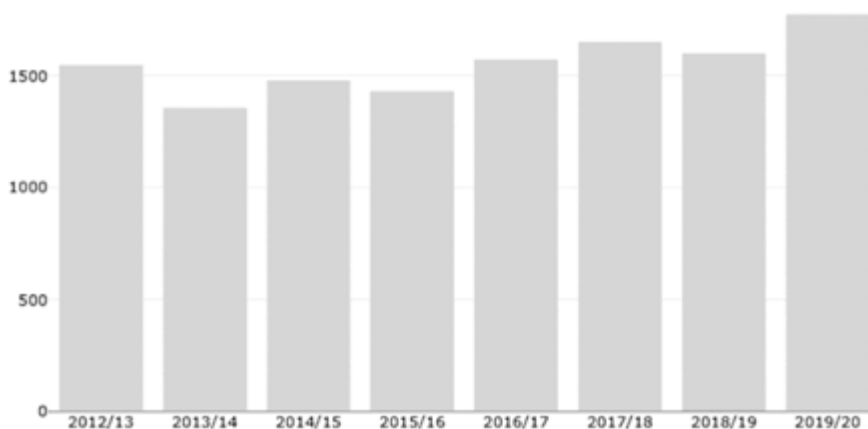


Area industriale: studenti iscritti (al 31 luglio di ogni anno) per anno accademico e per corso di laurea dall'a.a. 1970-71 all'a.a. 2009-10.

Facendo sempre riferimento alla suddivisione temporale ‘pre-Gelmini e post-Gelmini’, il dato medio degli Studenti iscritti e Studenti immatricolati post-Gelmini alla Scuola di Ingegneria è riportato nelle due figure a seguire, con distinzione, per gli iscritti al primo anno, tra percorsi di primo livello (barre a sinistra nella prima figura) e percorsi di secondo livello (barre a destra nella prima figura). Si osserva un complessivo trend positivo per i diversi anni accademici, a conferma del dato pre-Gelmini e a dimostrazione della validità dell’offerta formativa dell’Università di Firenze.



Iscritti al primo anno per a.a. ‘post-Gelmini’, a sinistra (grigio scuro) gli iscritti al primo anno dei percorsi di primo livello, a destra (grigio chiaro) gli iscritti al primo anno dei percorsi di secondo livello.

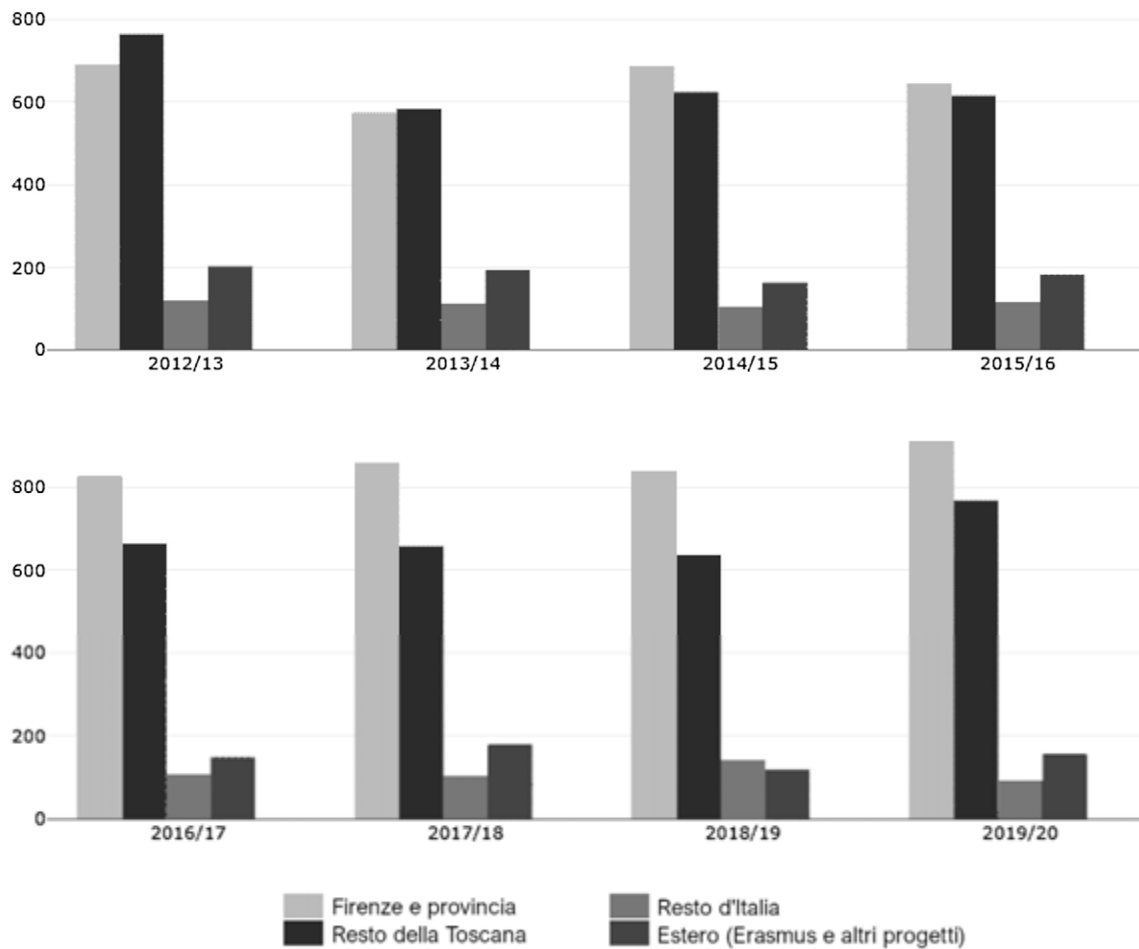


Immatricolati ‘post-Gelmini’ per a.a.,

I grafici riportati sono stati gentilmente forniti dal Nucleo di Valutazione di Ateneo con la precisazione che essi costituiscono una prima elaborazione suscettibile di lievi modifiche (il cruscotto predisposto dal Nucleo è ad oggi in fase di sperimentazione) ma che, di fatto, non alterano l’essenza del trend positivo.

Sempre per gentile concessione del Nucleo, interessante osservare anche l’andamento della provenienza geografica degli iscritti ai diversi percorsi, sia di primo che di secondo livello. L’informazione è particolarmente importante per valutare il potere attrattivo della Scuola di Ingegneria di Firenze, considerando la presenza di offerta didattica presente anche in altri Ateneo della Regione. Si osserva che, per ogni anno accademico, le prime due barre a partire dalla sinistra riportano rispettivamente gli studenti iscritti provenienti dalla provincia di Firenze e da altre province della Toscana. La terza barra, significativamente inferiore rispetto

alle prime due, riguarda gli studenti provenienti da fuori Regione a dimostrazione del fatto che la permanenza a Firenze si caratterizza per aspetti economici non indifferenti. La quarta barra riguarda invece gli studenti provenienti dall'estero nell'ambito di progetti di internazionalizzazione (es. Erasmus, ecc.); anche in questo caso da non trascurare l'aspetto economico della permanenza in città.



Provenienza geografica degli iscritti ai diversi percorsi, sia di primo che di secondo livello. Le prime due barre a partire dalla sinistra in ogni anno riportano rispettivamente gli studenti iscritti provenienti dalla provincia di Firenze e da altre province della Toscana. La terza barra, riguarda gli studenti provenienti da fuori Regione. La quarta barra riguarda invece gli studenti provenienti dall'estero nell'ambito di progetti di internazionalizzazione (es. Erasmus, ecc.).

## UNO SGUARDO AL FUTURO, UNA INIZIATIVA DELL'ATENEO PER IL COMPLESSO DI SANTA MARTA\*

*Francesco Napolitano*

Il Consiglio di Amministrazione ha autorizzato la costituzione del Laboratorio Sperimentale di Ateneo (LSA) che ha lavorato dal 2018 al 2020 ai progetti strategici e al quale hanno contribuito Docenti, Assegnisti e Tecnici dell'Area Edilizia. Il Senato Accademico ha espresso parere positivo all'attivazione del Laboratorio Sperimentale di Ateneo con la possibilità di far svolgere attività di didattica e ricerca con esperienza sul campo e attività tutoriale svolta dai responsabili scientifici della ricerca, con il coordinamento dell'Area Edilizia per la redazione dei progetti di fattibilità per un importo complessivo pari a € 560.000 approvando l'avvio della procedura di emissione di un bando unico di Ateneo per la sezione dei 24 assegni di ricerca di durata annuale.

Gli studi condotti dal Laboratorio sono stati il contributo essenziale per la redazione dei progetti di fattibilità tecnica ed economica supervisionati dai tecnici dell'Area Edilizia e dal dirigente Arch. Francesco Napolitano per: il nuovo insediamento presso il Polo Scientifico di Sesto Fiorentino destinato al Dipartimento e alla Scuola di Agraria, il nuovo insediamento presso l'Area Universitaria di Viale Pieraccini (CUBO 4), la riqualificazione e rifunzionalizzazione del complesso degli Istituti Anatomici nel Campus Careggi e in particolare la riqualificazione del complesso di Santa Marta e riorganizzazione del plesso didattico Morgagni.

L'intervento di riqualificazione del complesso di Santa Marta è costituito da un'opera di riqualificazione e rifunzionalizzazione dell'edificio esistente e da un'opera di ampliamento. La superficie complessiva dell'area è di circa 61500 mq.

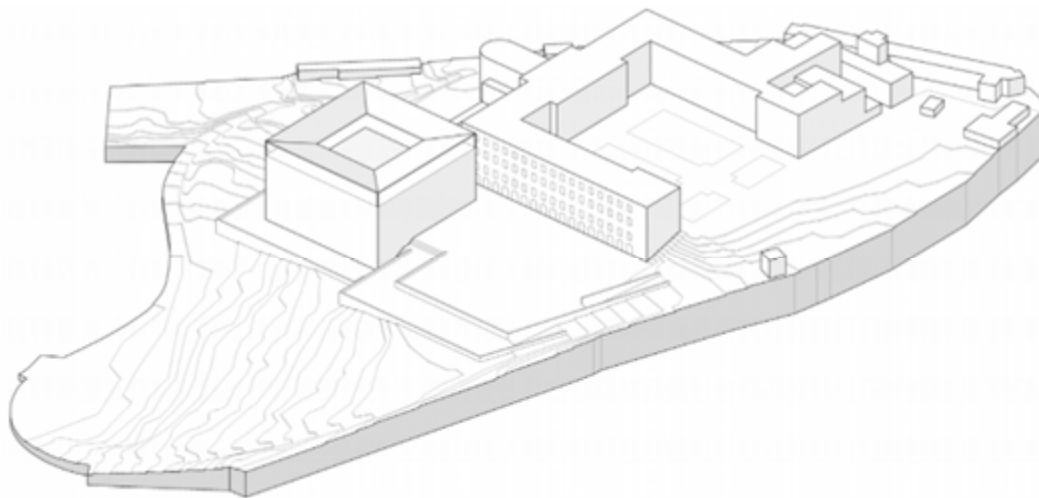
SCHEDA 8		IL TEAM DI PROGETTO DEL LABORATORIO SPERIMENTALE DI ATENEO	
IL MAGNIFICO RETTORE: Prof. Luigi Dei			
DELEGATO ALLA VALORIZZAZIONE DEL PATRIMONIO IMMOBILIARE DELL'ATENEO E PROGRAMMAZIONE DELLO SVILUPPO EDILIZIO: Prof. Andrea Cardone			
DIRIGENTE AREA EDILIZIA E COORDINATORE DEL LABORATORIO SPERIMENTALE DI ATENEO: Arch. Francesco Napolitano			
PROGETTISTA PER L'AMMINISTRAZIONE: Ing. Riccardo Falconi			
COLLABORATORI AREA EDILIZIA: Prime Indicaz. Sicurezza e Prev. Incendi Ing. Giuseppe Gennaro D'Agata			
<b>LABORATORIO SPERIMENTALE DI ATENEO</b>			
AREE DI RICERCA	RESPONSABILI SCIENTIFICI	ASSEGNISTI DI RICERCA	
ARBORICOLTURA GENERALE E COLT. ARBOREE - AGR/03	Prof. Francesco Ferrini	Agr. Alberto Giuntoli	
GEOTECNICA - ICAR/07	Prof. Giovanni Vannucchi	Ing. Stefano Renzi	
SCIENZA DELLE COSTRUZIONI - ICAR/08	Prof. Andrea Vignoli	Ing. Andrea Borghini	
TECNICA DELLE COSTRUZIONI - ICAR/09	Prof. Gianni Bartoli	Ing. Michele Rizzo	
PRODUZIONE EDILIZIA - ICAR/11	Prof. Saverio Mecca	Arch. Alberto Stazio	
TECNOLOGIA DELL'ARCHITETTURA - ICAR/12	Prof. Giuseppe Ridolfi	Arch. Alfredo Di Zenzo	
PROGETTAZIONE ARCHITETTONICA - ICAR/14	Prof. Fabio Capanni	Arch. Alberto Becherini	
	Prof. Francesco Colliotti	Arch. Serena Acciai	
	Prof.ssa Maria Grazia Eccheli		
	Prof. Fabrizio Rossi Prodi		
	Prof. Paolo Zermanni		
DISEGNO E RILIEVO - ICAR/17	Prof. Stefano Bertocci	Dott.ssa Eugenia Bordini, Dott. Andrea Lumini	
ESTIMO - ICAR/22	Prof.ssa Marta Berni	Arch. Annalisa Pirello	
FISICA TECNICA INDUSTRIALE - ING-IND/10	Prof. Andrea Rocchetti	Ing. Filippo Nocentini	
FISICA TECNICA AMBIENTALE - ING-IND/11	Prof.ssa Carla Balocco	Ing. Giulia Volante	
	Prof. Gianfranco Cellai	Arch. Leone Pierangioli	
ELETTROTECNICA - ING-IND/31	Prof. Francesco Grasso	Ing. Lorenzo Melli, Ing. Marco Bindi	
MACCHINE E CONVERTITORI - ING-IND/32	Prof. Alberto Reatti	Ing. Giulia Nerozzi	
PEDAGOGIA GENERALE E SOCIALE - M-PED/01	Prof.ssa Giovanna del Gobbo	Dott.ssa Marta Pampaloni	

\* Contributo introdotto in questa seconda edizione.



L'intervento di riqualificazione del complesso di Santa Marta si articola nelle seguenti linee di realizzazione:

- Riqualificazione Complesso esistente (Superficie Utile Lorda Esistente: 18.900 mq)
- Realizzazione Corpo in Ampliamento (Superficie Utile Lorda Ampliamento: 12.150 mq.)
- Trasferimento Laboratori pesanti in Area Esterna (es. Calenzano) (Superficie Utile Lorda: 3.000 mq.)
- Realizzazione Parcheggio interrato (Superficie Utile Lorda: 5.500 mq.)
- Riqualificazione del Parco pertinente al Complesso (Superficie complessiva Area esterna: 47.900 mq.)



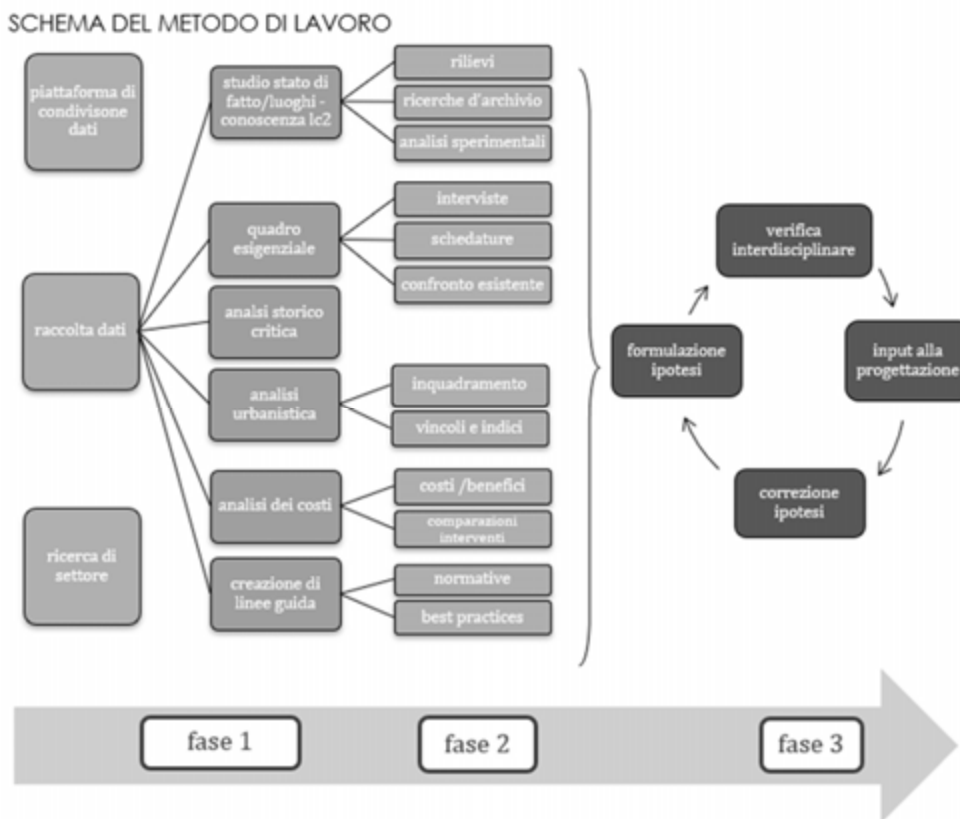
Assonometria di progetto per l'ampliamento del complesso di Santa Marta.



Localizzazione delle aree e definizione dell'utilizzo degli spazi per i vari Dipartimenti.

Il progetto di riqualificazione di Santa Marta si pone l'obiettivo di recuperare l'intero complesso storico e di rifunzionalizzarlo. Attualmente i dipartimenti di Ingegneria Civile e Ambientale (DICEA), dell'Informazione (DINFO) e di Meccanica (DIEF) e la Scuola di Ingegneria svolgono l'attività istituzionale presso il Complesso di Santa Marta, presso il plesso didattico di viale Morgagni e presso l'edificio sito nel Comune di Calenzano.

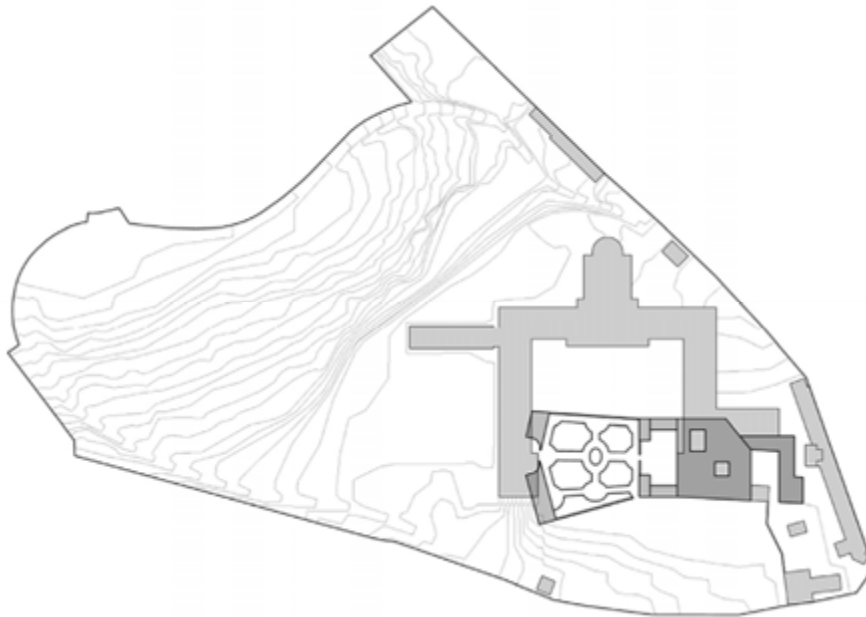
Il progetto di riqualificazione dovrà tendere a razionalizzare l'uso delle strutture e degli spazi, nel rispetto del patrimonio architettonico, attribuendo a ciascun edificio una specifica vocazione. In particolare la linea strategica prevede di destinare il complesso di Santa Marta in via esclusiva ai Dipartimenti e alle attività di ricerca e trasferimento tecnologico mentre il plesso didattico di viale Morgagni, una volta realizzato l'ulteriore progetto strategico di costruzione del nuovo plesso didattico per le esigenze del polo biomedico, dovrà assolvere a tutte le esigenze didattiche della Scuola d'Ingegneria, matematica e statistica. L'Ateneo intende perseguire la predetta finalità indirizzando la progettazione verso il soddisfacimento delle esigenze attuali e di quelle attese nel medio periodo.



Schema di flusso di lavoro del *team* LSA dell'Università di Firenze.

La prima fase di lavoro per ciascuno dei quattro progetti si è rivolta alla definizione dello stato di fatto, stato dei luoghi e alla creazione di un quadro esigenziale solido su cui basare la progettazione dei nuovi spazi.

La raccolta dati da parte di assegnisti progettisti e assegnisti trasversali è avvenuta sia attraverso sopralluoghi e poi campagne di rilievo che ricerche d'archivio e di settore. Sono state individuate le tipologie delle attività e dei locali futuri ed esistenti, evidenziando criticità ed opportunità attraverso un confronto tra le dotazioni esistenti e quelle di progetto considerate le ottimali elaborando gli standard dimensionali e qualitativi degli spazi.



Sintesi delle trasformazioni storiche, dalle strutture più antiche, in grigio più scuro, a quelle via via più moderne, in grigio sempre più chiaro.

Per il progetto di riqualificazione del complesso di Santa Marta si è proceduto alla schedatura degli spazi e delle dotazioni esistenti degli edifici da rigenerare. A ciò è seguito e seguirà il rilievo geometrico, illuminotecnico e di involucro. Un'attenta analisi storica ha determinato la successione degli interventi nel tempo e la genesi articolata di entrambi i complessi. Lo studio risulta fondamentale sia da un punto di vista progettuale/semantico che tecnologico prestazionale di involucro e strutture.

In parallelo sono state definite le schede per la rilevazione di esigenze spaziali/didattiche e impiantistiche/tecnologiche sia in un'ottica quantitativa/dimensionale che qualitativa e di priorità. Questo per individuare oltre all'adeguatezza funzionale e di comfort ambientale quella ergonomica e di 'comfort didattico', definendo queste nuove architetture come degli 'spazi educativi'.

Ad una fase di ricerca delle esigenze attraverso interviste, incontri e diffusione di schede e tabelle ai referenti/responsabili di ciascuna struttura, è seguita l'individuazione delle normative di riferimento e da parte di tutti gli assegnisti, oltre che da una ricerca di modelli virtuosi e best practices che possano indirizzare e facilitare il processo di progettazione integrata. Ogni disciplina ha, all'interno del processo generale, il suo metodo approfondito per il raggiungimento del dato richiesto.

La dinamica progettuale è dunque quella dell'*integrated design process* in cui tutte le discipline lavorano insieme per dare un input condiviso al progetto, sviluppato poi nel layout da una coppia di architetti per ciascun tema progettuale. Ad ogni approfondimento metaprogettuale e poi progettuale segue una verifica da parte di tutti gli assegnisti trasversali, in modo circolare e quanto più sincronizzato.

Come predisposto nelle 'linee di sviluppo strategico - quadro esigenziale' messe a disposizione del laboratorio dal consiglio di amministrazione, rimangono fissati gli obiettivi di sicurezza, benessere, fruibilità, aspetto, gestione, integrabilità e salvaguardia dell'ambiente, che saranno garantiti anche dal rispetto dei Criteri Minimi Ambientali imposti a norma di legge.

Alle figure canoniche della progettazione viene affiancato un esperto di formazione e un agronomo. Il primo garantirà un apporto in termini di ottimizzazione dell'utilizzo specialistico dello spazio andando a conciliare le dinamiche educative con quelle dimensionali, ambientali e d'arredo, come detto alla ricerca di un parametro sperimentale denominato all'interno del laboratorio come 'comfort didattico' il secondo dovrebbe fornire un supporto nella gestione dell'elemento naturale con criteri innovativi.

Lo sviluppo delle attività di elaborazione e progetto della riqualificazione del complesso di Santa Marta per soddisfare le esigenze di ricerca dei Dipartimenti di Ingegneria ha seguito il percorso definito dal cronoprogramma individuato per gli interventi strategici di Ateneo.

La FASE 1 ha affrontato la metodologia di acquisizione degli elementi conoscitivi e la predisposizione degli strumenti di indagine e rilevazione delle esigenze attraverso: L'individuazione delle tipologie di attività svolte e dei locali destinati ad ospitarle, l'elaborazione delle schede di rilevazione delle esigenze da somministrare ai Dipartimenti ed alla Scuola di Ingegneria, l'elaborazione degli standard dimensionali e qualitativi degli spazi e l'individuazione delle normative di riferimento.

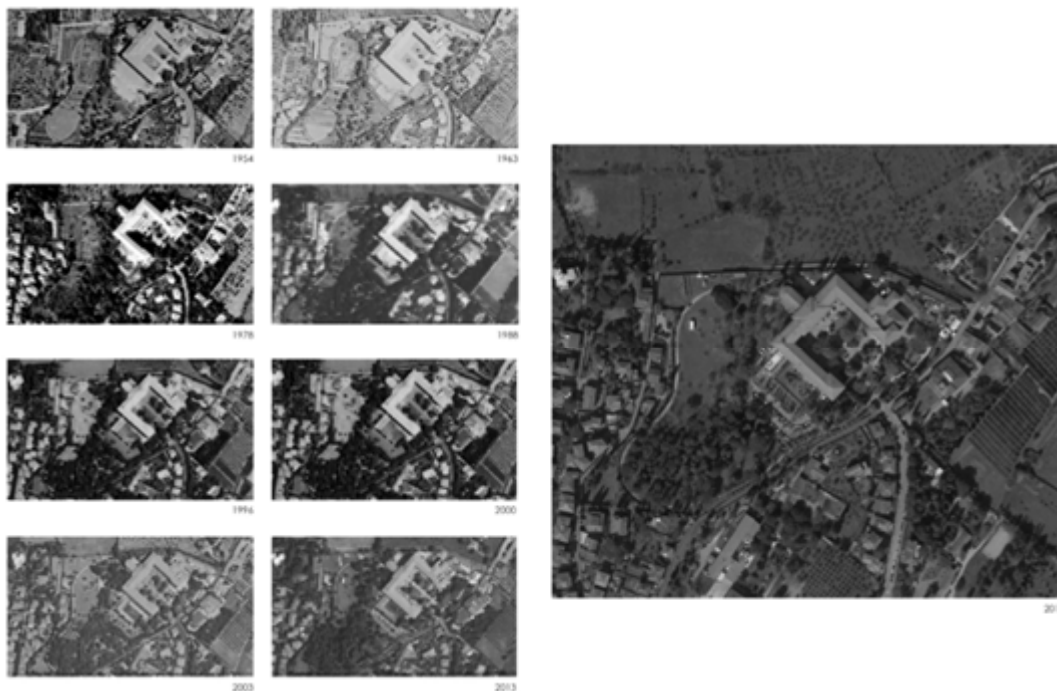


Foto aeree dell'area del complesso Santa Marta che ne mostrano l'evoluzione nel periodo 1954-2019

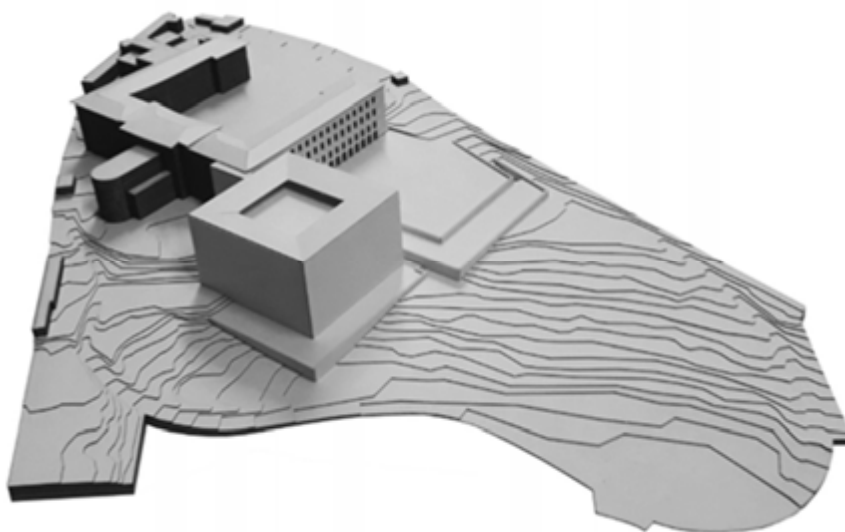
La FASE 2 ha sviluppato l'acquisizione della completa conoscenza del quadro esigenziale manifestato dai Dipartimenti ed alla Scuola di Ingegneria e la sua traduzione nelle informazioni e dati necessari allo sviluppo progettuale. Nello specifico la fase si è articolata nei seguenti momenti: la rilevazione delle esigenze e dei fabbisogni, l'analisi delle stesse esigenze e fabbisogni, e la conclusiva relazione di sintesi delle esigenze e dei fabbisogni da soddisfare.

La FASE 3 è rivolta alla puntualizzazione degli aspetti edilizi ed alla definizione di soluzioni progettuali che deve pervenire alla proposta prescelta, attraverso il seguente percorso: l'inquadramento territoriale, l'individuazione dei vincoli urbanistici, paesaggistici ed edilizi, la formulazione di proposte e l'individuazione della soluzione prescelta.

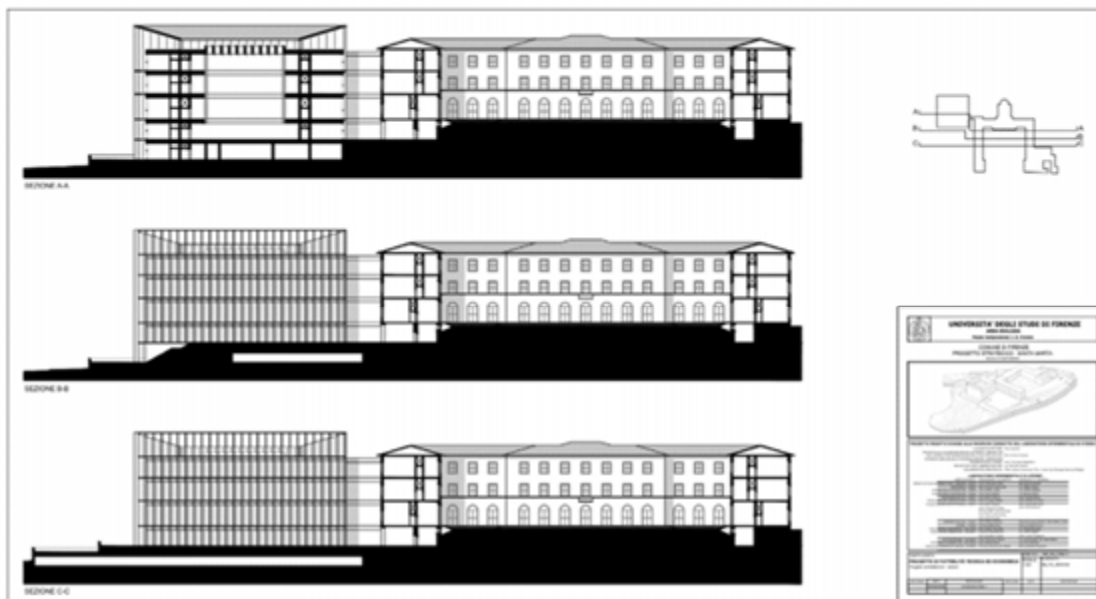
La FASE 3 trova in questa sede la conclusione con lo sviluppo progettuale che segue e l'esposizione dettagliata della soluzione prescelta caratterizzata da un percorso di verifica preliminare condotto in sede di controllo degli Enti preposti: Comune di Firenze, Direzione Urbanistica e Soprintendenza A. B. A. e P. della Città Metropolitana e delle Province di Pistoia e Prato.



Planivolumetrico del progetto per l'ampliamento del complesso di Santa Marta.



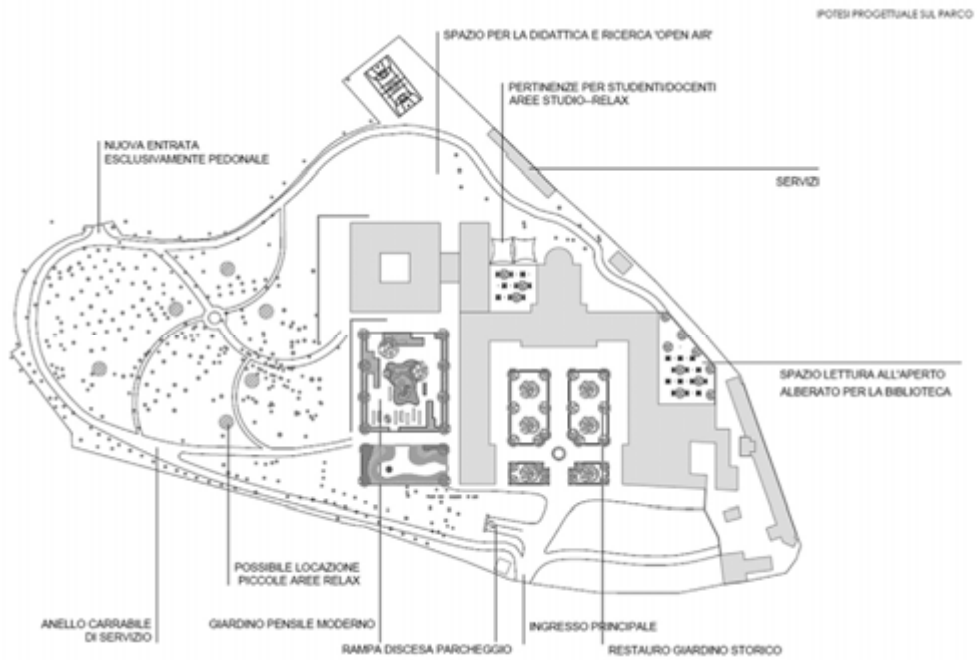
Vista del modello 3D del nuovo edificio per il complesso di Santa Marta.



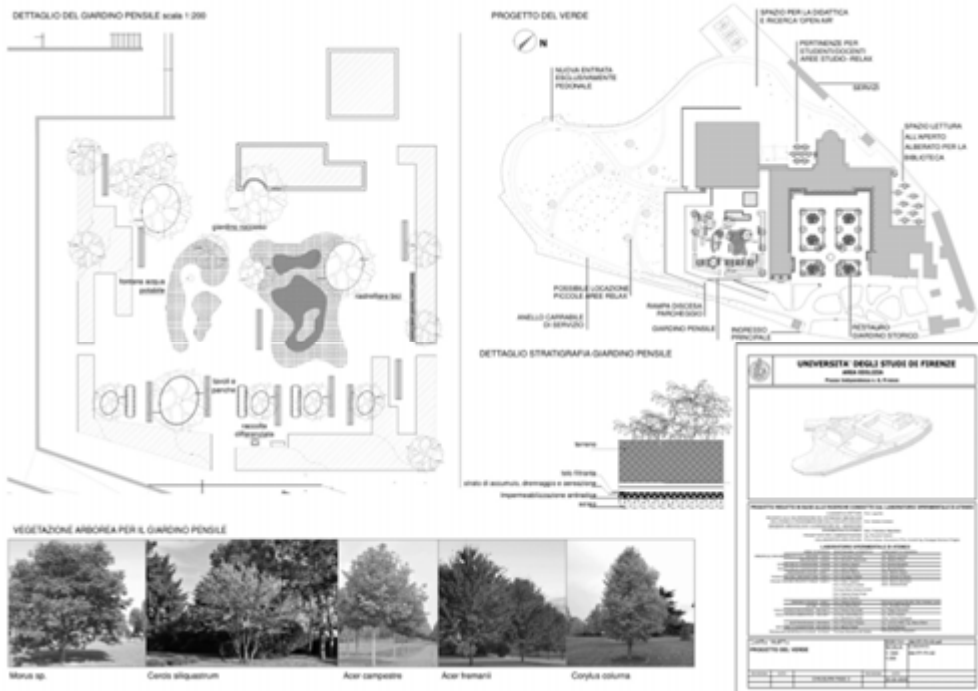
Sezione di progetto del nuovo edificio Santa Marta.



Rendering del modello 3D del nuovo edificio per il complesso di Santa Marta.



Ipotesi progettuali sul parco.



Dettaglio del giardino pensile con sistemazione del verde.

## PARTE II

### ATTORI E PROTAGONISTI



La targa commemorativa dei Presidi della Facoltà di Ingegneria collocata nell'ex-salone di Villa Cristina a Montughi.





## INTRODUZIONE ALLA PARTE II

Questa parte è dedicata agli attori ed ai protagonisti che con il loro operato hanno determinato il corso evolutivo della Facoltà prima e poi della Scuola, sia per quanto riguarda la gestione della didattica, legata alla funzione istituzionale dedicata alla istruzione terziaria, che in relazione all'attività scientifica nel contesto locale e nazionale.

La dimensione della didattica viene ricostruita mediante le testimonianze dirette di coloro che hanno rappresentato la Facoltà nella veste di una figura ormai estinta con la nascita della Scuola, quella del Preside, intesa come vettore istituzionale degli interessi e delle scelte della Facoltà nelle diverse fasi della sua attività scientifica e didattica. Attraverso le scelte e l'operato dei Presidi della Facoltà, è stata tracciata la linea evolutiva della Facoltà dalla fondazione, avvenuta in un contesto di piccoli numeri e di visione tradizionalmente separata dell'attività accademica, seppur in una fase espansiva, alla ristrutturazione permanente degli ultimi venti anni, che è avvenuta in un ambito di grandi numeri e di differenziazione spinta degli interessi e delle specializzazioni e in un contesto di crescente apertura ed integrazione nell'ambiente esterno di fronte al restringimento del suo carattere pubblico.

Per la rappresentazione della dimensione della ricerca scientifica si è invece scelto di proporre le tematiche scientifiche che hanno caratterizzato questo quarantennio attraverso le lauree *honoris causa* conferite dalla Facoltà (sezione 2) e le *lectio magistralis* dei professori emeriti, che (sezione 3) ci sembrano adatte a delineare in maniera sintetica gran parte del profilo scientifico dell'Ingegneria a Firenze.

Infine vi sono tre sezioni, dedicate, rispettivamente, ai docenti della Facoltà, e quindi fotografati al tempo antecedente al passaggio alla Scuola; agli ex-studenti ed all'Associazione Alumni recentemente costituita.



## LE STRATEGIE DELLA FACOLTÀ DI INGEGNERIA. INTERVISTA CON I PRESIDI

*Renato Giannetti*

La istituzione della Facoltà di Ingegneria avvenne per iniziativa di un gruppo di matematici, con un ruolo rilevante anche del settore delle costruzioni di macchine. Le università di riferimento dei fondatori erano Pisa e Bologna. Il primo consiglio di Facoltà ebbe luogo il 3 novembre del 1972. Esso era costituito da solo quattro professori ordinari: Giuseppe Francini, di Elettronica Applicata, Gualberto Lisini, di Meccanica Applicata alle Macchine, Demore Quilghini di Meccanica Razionale, Gaetano Villari di Analisi Matematica e da due professori aggregati: Mario Calamia, di Campi Elettromagnetici, e Antonio Zanini di Misure Elettriche. Tre su quattro dei fondatori furono anche tra i primi Presidi della Facoltà, prima Giuseppe Francini (1973-75 e 1977-79), poi Demore Quilghini (1975-77) e infine Gaetano Villari (1985-87) che venne preceduto dalla presidenza di Sergio Stecco (1979-82) e da quella di Giuliano Augusti (1982-85), in seguito trasferitosi a Roma. Giuseppe Francini, Demore Quilghini e Sergio Stecco sono scomparsi e non è stato possibile tenere conto della loro testimonianza. Del primo si è utilizzata la pubblicazione del 1986 sulla *Storia dell'Ateneo fiorentino*. Non è stato altresì possibile sentire Giuliano Augusti attualmente in servizio presso 'La Sapienza' di Roma e neppure Gaetano Villari. È alla gestione di quest'ultimo che va ricondotta la prima struttura per dipartimenti della Facoltà, in seguito all'applicazione del DPR 382/80, che ne comprendeva sei: il Dipartimento di Ingegneria Civile, (1981); il Dipartimento di Ingegneria Elettronica (1983), il Dipartimento di Sistemi ed Informatica (1983); il Dipartimento di Meccanica e Tecnologie Industriali (1983); il Dipartimento di Matematica Applicata 'G. Sansone' (1990); il Dipartimento di Energetica, in seguito intitolato a 'Sergio Stecco'.



Il prof. Demore Quilghini [Viareggio, 15 luglio 1928 – Firenze, 13 maggio 1996] Preside della Facoltà dal 1975 al 1977 [per cortesia di Pietro Quilghini].



Le celebrazioni del ventennio della Facoltà nel 1991: in primo piano da sinistra il prof. Vito Cappellini (Preside della Facoltà dal 1993 al 1995), il Cardinale Silvano Piovanelli (Vescovo di Firenze dal 1983 al 2001), il prof. Giorgio Federici, il prof. Franco Angotti (Preside della Facoltà dal 1987 al 1993 e dal 2001 al 2006).



Le celebrazioni del ventennio della Facoltà nel 1991: da sinistra il Cardinale Silvano Piovanelli, il prof. Franco Scaramuzzi ( Rettore dell'Università di Firenze dal 1979 al 1991), il prof. Gaetano Villari (Preside della Facoltà dal 1985 al 1987), il prof. Sergio Stecco (Preside della Facoltà dal 1979 al 1982), il prof. Ennio Carnevale (Preside della Facoltà dal 1995 al 2001).



Il prof. Giuliano Augusti, Preside della Facoltà dal 1982 al 1985, in una foto del 2011.

*La presidenza di Franco Angotti (dal novembre 1987 all'ottobre 1993)*

Le testimonianze dei Presidi cominciano dunque con Franco Angotti, che, in una certa misura, rappresenta la ‘memoria storica’ della Facoltà. È infatti andato in pensione nel 2012 ed è colui che ha ricoperto più a lungo il ruolo di Preside. Lo è stato complessivamente per quattro mandati, in due fasi diverse della storia della Facoltà: la prima (1987-90 e 1990-93) negli anni del primo riordino della Facoltà di Ingegneria che si raggiungeva riformando, dopo ben 39 anni, quello del 1960 (DPR 53/60) e la seconda, sempre per due mandati, nella fase d’introduzione del nuovo ordinamento (DPR 509/99 e DPR 270/04) che ha introdotto nella università italiana la laurea triennale seguita dal biennio che porta alla laurea denominata dapprima *specialistica* e poi *magistrale*. Questo nuovo modello formativo ha avuto avvio nell’a.a. 2001-02.

Come è noto, il riordino del 1989 intervenne sull’impianto centralista dell’università in cui il Ministero dell’Istruzione fissava, in cambio del valore legale del titolo di studio rilasciato, paletti piuttosto rigidi sui percorsi formativi e sulle materie di insegnamento. Il riordino tuttavia si innestava sulla riforma dell’università (DPR 382/80) pensata dal ministro Ruberti e che aveva come obiettivo strategico quello di rendere l’università italiana più simile alle università europee continentali – che pure stavano sperimentando questo cambiamento – promuovendo la ricerca, ma anche un più stretto rapporto tra la ricerca, l’economia e la società attraverso la crescita dei rapporti con le imprese sia in termini di cooperazione tecnologica e organizzativa che nella formazione di ingegneri con capacità coerenti con la domanda di lavoro. In questa direzione si muoveva l’introduzione dei diplomi universitari, un livello della formazione di durata triennale, considerato più vicino alle esigenze del mercato del lavoro. Per realizzare questi obiettivi la riforma dette agli atenei una forte autonomia organizzativa, legando le loro attività al raggiungimento di obiettivi di massima fissati dalle leggi dello stato, ma lasciando loro una maggiore autonomia nella organizzazione. Le Facoltà di ingegneria furono particolarmente coinvolte dalla riforma per altre sue due importanti caratteristiche. La prima era rappresentata dalla consolidata tradizione delle Facoltà di ingegneria nello stabilire rapporti di cooperazione con il mondo esterno, che la riforma Ruberti intendeva estendere a tutte le Facoltà. La seconda, più specifica, era rappresentata dal ruolo centrale delle Facoltà di ingegneria nella formazione di laureati triennali (i diplomi universitari) che, secondo la riforma Ruberti, dovevano aver competenze più vicine alla domanda di lavoro delle imprese, che richiedevano laureati con un bagaglio formativo più professionalizzante rispetto alla formazione tradizionale. La Facoltà di Ingegneria dell’Università di Firenze partecipò in maniera molto attiva a questa riforma. Lo stesso Angotti, ad esempio, fece parte della commissione nazionale per la definizione dei diplomi, il nuovo livello della formazione superiore introdotto per avvicinarla alle esigenze del mercato

del lavoro. Sotto la presidenza Angotti la Facoltà aumentò l'offerta formativa in maniera veramente considerevole consolidando la sua posizione nel panorama nazionale.

Infatti la Facoltà approfittò subito delle opportunità offerte dal nuovo ordinamento aggiungendo ai 3 corsi di laurea (Ingegneria Elettronica, Meccanica e Civile) quelli di Ingegneria delle Telecomunicazioni, Ingegneria Informatica e Ingegneria per l'Ambiente ed il Territorio, affrontando, tra l'altro, una sfida competitiva con le più vicine Facoltà di ingegneria: Pisa e Bologna.

Più articolata fu la strada che portò, sempre sotto la presidenza Angotti, all'introduzione dei diplomi universitari. Essa infatti fu aperta dalle 'scuole dirette a fini speciali' (2 anni di corso) che ebbero avvio sotto la presidenza Angotti con 3 scuole: Tecnico Superiore in Elettronica, Topografia Applicata e Tecnologie Tessili. Quest'ultima fu aperta nella vicina Prato, dove trovò un contesto industriale molto aperto ed interessato allo sviluppo di una formazione a livello universitario in questo settore e quella in topografia che vide il pieno coinvolgimento dell'Istituto Geografico Militare, una delle più prestigiose istituzioni italiane nel settore della cartografia e del rilevamento.

Nell'a.a. 1992-93 furono istituiti i diplomi in Ingegneria Elettronica e Ingegneria Meccanica mentre il terzo diploma, in Ingegneria dell'Ambiente e delle Risorse, fu istituito nell'a.a. successivo.

Si trattava di corsi di studio sviluppati in parallelo ai corsi di laurea, aperti nella sede decentrata di Prato ed a numero chiuso. Il numero massimo di allievi ammessi fu fissato in 45 unità per i primi 2 diplomi ed in soli 20 per il terzo.

Come si è ricordato sopra, l'impatto di un'innovazione così radicale fu opportunamente mitigata dalla autonomia organizzativa attribuita alle Facoltà, che avrebbe permesso di adattare eventuali resistenze locali ai nuovi orientamenti, attenuando su base locale i punti critici che la riforma stessa creava. Ad esempio, non tutte le aree d'ingegneria erano investite allo stesso modo dalla riforma. L'idea di un 'sapere utile' e di una formazione più orientata alle esigenze della domanda di lavoro favoriva le aree più orientate alla ricerca applicata: la meccanica e l'elettronica in particolare, e toccava meno le aree di base come la matematica o la fisica o la stessa ricerca di base nelle aree più interessate dalla riforma come la stessa elettronica. Il punto più critico era rappresentato dalla natura dei corsi di diploma, che molti consideravano non compatibili con lo standard universitario ed in grado di scardinare l'identità stessa dell'ingegnere. Anche a Firenze furono avanzate riserve in tal senso: ad esempio, Giuseppe Francini espresse più volte critiche al modello di formazione à la Ruberti, ma anche l'Ordine degli Ingegneri espresse molte riserve sulla possibilità di iscrizione all'Ordine di questi diplomati, come ha ricordato lo stesso Angotti nel corso dell'intervista.

Ad attenuare queste riserve e resistenze contribuì in maniera rilevante l'allargamento del reclutamento che caratterizzò questa fase a cavallo tra la fine degli anni '80 e gli anni '90.

Sotto la presidenza Angotti si realizzò un considerevole sviluppo della ricerca nel campo dell'ingegneria sismica che finalmente poteva trasferirsi nella Normativa Tecnica e nella formazione di ingegneri strutturalisti chiamati ad operare in un territorio nazionale ormai interamente riconosciuto come sismico seppure con diversi gradi.

#### *La presidenza di Vito Cappellini (dal novembre 1993 all'ottobre 1995)*

La presidenza di Vito Cappellini è stata la più breve delle presidenze, infatti già nel corso del secondo anno Cappellini venne coadiuvato da Ennio Carnevale, vice Preside, che poi ne prese il ruolo nei due trienni successivi. La candidatura fu avanzata in presenza di una candidatura alternativa, quella di Antonino Liberatore, una novità nella tradizionale proposizione di un solo candidato la cui scelta, secondo le testimonianze convergenti dei Presidi, era legata all'alternanza delle aree disciplinari. La presidenza Cappellini si mosse in conformità al percorso di rinnovamento indicato dalla riforma Ruberti e ne rappresentò forse il momento più 'visionario' e controverso per quanto riguarda la Facoltà. Un contributo importante alle iniziative di Cappellini venne dalla presenza di un nuovo rettore, Paolo Blasi, entrato in carica nel novembre del 1991, il cui programma si basava su una profonda trasformazione della 'visione culturale' di tutte le Facoltà dell'Ateneo. Questa prevedeva un loro robusto coinvolgimento nella 'rivoluzione informatica' che caratterizzava questa fase storica e che implicava la convergenza di competenze e metodi di ricerca attorno alle nuove tecnologie generaliste dell'informazione e della comunicazione. A ingegneria, Cappellini si fece così promotore del rafforzamento dei corsi di laurea in Ingegneria elettronica ed Ingegneria delle telecomunicazioni, strinse accordi con molte imprese nel settore della *Information and Communication Technology* e prese diverse

iniziative nel settore dei beni culturali come, ad esempio, la digitalizzazione di 1400 opere degli Uffizi. Favorì la partecipazione della Facoltà anche ad alcune iniziative organizzate attorno alla costituzione dei 'poli tecnologici'. Questi erano centri di ricerca pubblico-privato ritenuti in grado di esercitare, secondo la politica industriale del periodo, un effetto positivo sul tessuto economico dei sistemi locali di produzione, come era il caso del Polo Universitario della città di Prato, al quale la Facoltà di Ingegneria dette un contributo essenziale.

*La presidenza di Ennio Carnevale (dal novembre 1995 all'ottobre 2001)*

Ennio Carnevale fu eletto dopo aver affiancato Vito Cappellini nell'ultimo anno del suo mandato per problemi vari di gestione. La sua presidenza è stata caratterizzata essenzialmente dalle questioni relative alla edilizia universitaria e alla costituzione dei poli (sociale, scientifico, umanistico), che ne accompagnarono tutta l'attività di presidenza. Il progetto dei poli prevedeva massicci investimenti edilizi per trasferire almeno due aree, quella scientifica e quella sociale, fuori dal centro. Il progetto venne impostato dal Rettore Paolo Blasi e portato 'quasi' a compimento nella successiva gestione di Augusto Marinelli. In questo contesto, il punto cruciale dei rapporti tra la Facoltà di Ingegneria e il Rettorato è stato rappresentato dal mancato coinvolgimento della Facoltà nella costituzione del polo di Sesto che creò qualche frizione tra la Facoltà e il Rettore Blasi prima e Marinelli poi. La Facoltà si trovava già nella sede attuale, ma i docenti e il Preside desideravano trasferirsi nel polo di Sesto Fiorentino nel quale avrebbe potuto più agevolmente sistemare i laboratori di ricerca che non trovavano nel vecchio seminario una sistemazione appropriata. Carnevale si attivò direttamente per l'alienazione di Santa Marta ad un gruppo alberghiero al fine di finanziare lo spostamento della Facoltà nel nuovo polo scientifico di Sesto Fiorentino, ma l'iniziativa creò qualche contrasto con il rettorato che rivendicò con successo la sua competenza istituzionale nelle questioni edilizie dell'Ateneo e si arenò.

La gestione di Carnevale è stata anche quella investita dalla fase preparatoria all'introduzione del modello 3+2 con il DPR 509/99, che cambiò l'organizzazione didattica e soprattutto la pose al centro della gestione delle presidenze delle Facoltà fino ad oggi. Il DPR 509 prevedeva l'introduzione di una laurea triennale e di un biennio specialistico. Con la prima si cercava di porre rimedio alle difficoltà incontrate dai diplomati a diventare un livello autonomo della formazione terziaria, con la seconda si introduceva un titolo di secondo livello (specialistico) che riprendeva, allungandolo, l'ordinamento e gli obiettivi formativi dell'università prima della riforma Ruberti. Si trattava di un compromesso che permetteva di allargare la platea dei laureati di primo livello – del tutto simile al diploma e in grado di rispondere prima e meglio alle esigenze del mercato del lavoro – e di filtrare gli studenti verso un secondo livello, biennale più specialistico. Il risultato concreto fu la proliferazione dei corsi di laurea e la tendenza degli studenti a seguire comunque l'intero iter formativo di cinque anni. Proseguì inoltre l'espansione esterna in particolare del PIN di Prato e la crescita dei rapporti con le imprese e gli enti pubblici per raccogliere risorse che cominciavano a scarseggiare all'interno soprattutto per il poderoso impegno edilizio dei poli. Ad esempio, i dipartimenti dell'area dell'ingegneria ottennero fondi europei nel campo dell'aerospaziale e delle energie rinnovabili e vennero stipulati numerosi contratti con grandi imprese come Avio, Ansaldo, Fincantieri, Telecom. Si svilupparono anche iniziative con le PMI (piccole e medie imprese) e le pubbliche amministrazioni, in particolare la regione, nel campo delle tecnologie tessili e della motoristica. Di conseguenza aumentò la diversificazione dei diversi dipartimenti in termini di disponibilità di risorse e si accentuò la differenziazione tra ricerca e didattica, che diventò l'attività pressoché esclusiva delle Facoltà rispetto ai Dipartimenti, in particolare dopo i riordini DPR 509/99 e DPR 270/04 che definirono criteri sempre più stringenti per l'organizzazione dei corsi di laurea, assorbendo enormi energie organizzative.

*La presidenza di Franco Angotti (dal novembre 2001 all'ottobre 2006)*

Come si è già anticipato, l'introduzione del DPR 509/99 creò molte difficoltà nella gestione della Facoltà perché le diverse aree scientifiche dovevano adattarsi in maniera diversa al cambiamento richiesto. Ad esempio, le discipline di base erano molto ridimensionate nel corso di laurea triennale, perché venivano concentrate in un solo anno invece che nei tradizionali due. La laurea triennale, come i diplomi, rappresentò ancora il punto critico della applicazione della riforma e questo fu probabilmente all'origine della nuova candidatura, unanime di Franco Angotti alla presidenza. Infatti Angotti, come si è ricordato sopra, aveva partecipato



alla commissione nazionale sui diplomi introdotti dalla riforma Ruberti e ne aveva gestito l'applicazione in sede locale, poteva dunque portare la sua esperienza alla soluzione di problemi simili a quelli sollevati dalla introduzione dei diplomi. Ad esempio, la forte contrazione delle materie del vecchio biennio (Analisi Matematica, Fisica, Chimica, Disegno, ecc.), la difficile riorganizzazione delle tradizionali discipline di base dell'ingegneria (Scienza delle costruzioni, Meccanica Applicata, Fisica Tecnica, Elettrotecnica, ecc.) e la necessità, come richiesto dal DPR 509/99, di conferire un titolo professionalizzante. Nel corso di questo mandato si accentuò quella che Carnevale, nell'intervista, ha definito una sorta di 'balcanizzazione' dei dipartimenti. Essi vennero differenziandosi in termini di disponibilità di risorse: si accentuò il divario tra le dotazioni di risorse di ricerca locali e quelle esterne che continuò pertanto a ridimensionare gli insegnamenti di base e ad alimentare conflitti all'interno dei corsi di laurea in quanto le esigenze della didattica erano alla base del reclutamento – scorrimento dei docenti. Ad esempio, cambiò in modo sensibile il numero e la tipologia dei corsi di laurea e la distribuzione dei docenti e degli studenti.

Le nuove regole dei concorsi universitari con l'idoneità di 3 docenti, in vigore da troppi anni, ha sottolineato Angotti, mise a dura prova il temperamento di due esigenze contrapposte: uno sviluppo programmato della Facoltà dettato dal forte impatto del modello '3+2' e l'idoneità acquisita in concorsi richiesti da altre sedi universitarie da giovani ricercatori e/o professori associati della stessa Facoltà.

Si capiva che la Facoltà era al centro di una crescita difficile da controllare e che si doveva misurare anche con un assetto edilizio divenuto da tempo insufficiente. Il complesso di Santa Marta era sfruttato in maniera massiccia e spesso al limite della sicurezza richiesta dalla sempre più stringente legislazione nazionale in materia.

Angotti riprese così l'idea di Carnevale di costruire la nuova sede della Facoltà nel Polo Scientifico di Sesto Fiorentino. Investì nell'idea il Rettore Marinelli che intravide subito la possibilità di realizzare il trasferimento non solo di Ingegneria ma anche di completare quello di Agraria. I finanziamenti erano stati individuati sia nella vendita di Santa Marta, da soli insufficienti, sia nell'erogazione di un finanziamento dell'INAIL (Istituto Nazionale per l'Assicurazione contro gli Infortuni sul Lavoro) che istituzionalmente investe in edilizia con destinazione pubblica. Angotti coordinò il progetto della nuova sede (circa 35.000 mq per i soli dipartimenti) in una visione di assetto pluriennale dell'intera Facoltà e seguì l'*iter* di approvazione degli strumenti urbanistici da parte del Comune di Sesto Fiorentino. Sembrava che tutto dovesse convergere verso un esito positivo, quando intervenne il Ministro del Tesoro che cominciò a rastrellare fondi, *in primis* quelli INAIL, essendo alle porte la ben nota crisi finanziaria dei nostri tempi. Il progetto in tale modo naufragò.

#### *La presidenza di Alberto Tesi (dal novembre 2006 all'ottobre 2009)*

La presidenza di Alberto Tesi ha rappresentato una discontinuità forte rispetto alle presidenze precedenti. Tesi è stato infatti il primo Preside ad essersi laureato nella Facoltà fiorentina e ha rappresentato anche un cambiamento generazionale rilevante. Si trovò altresì a gestire a Ingegneria tre punti critici importanti dell'università italiana di quel periodo: la riduzione, fino al 2002-03, e il blocco, in seguito, delle risorse trasferite dallo Stato alle università e da queste alle Facoltà e ai dipartimenti; l'introduzione di una ulteriore riforma dell'ordinamento, quello della legge 270 che prevedeva una complessa definizione degli ordinamenti, la certificazione della qualità dei corsi e della loro valutazione; la crisi finanziaria dell'Ateneo fiorentino che bloccò i progetti edilizi in corso e il reclutamento di docenti per tre anni a fronte anche di una rapida diminuzione degli organici per pensionamento. Questo contesto di crisi richiedeva ai Presidi capacità diverse, più gestionali che strategiche, adattative invece che innovative e soprattutto rigorosamente limitate alla organizzazione didattica. Tesi condusse a termine il difficile processo di riduzione dei corsi di laurea a partire dal 2007, riproponendo, alla fine, un modello formativo più tradizionale, che poneva al centro la formazione di base e riportava la didattica nell'ambito della formazione tradizionale dell'ingegnere. La formazione professionale fu affidata ai tirocini, agli *stage*, ai laboratori che prevedevano crediti formativi come le discipline tradizionali. Molte attività formative esterne periferiche furono ridimensionate, come quelle di Prato e di Pistoia.

I dipartimenti accrebbero ancora la loro autonomia attraverso la capacità differenziale di acquisire risorse esterne potenziando i legami tra imprese, enti locali ed università, che si allargarono al finanziamento di attività di formazione-ricerca attraverso il finanziamento di assegni regionali e aziendali di ricerca e con

il finanziamento da parte degli stessi soggetti anche di borse di dottorato. La Facoltà, dal conto suo, mise in piedi anche un'iniziativa nel campo della formazione per la sicurezza dei cantieri, il progetto *Safety Manager*, con la Regione Toscana e l'INAIL.



Il prof. Alberto Tesi, Preside della Facoltà dal 2006 al 2009 e Rettore dell'Università di Firenze dal 2009.

#### *La presidenza di Stefano Manetti (dal novembre 2009 al dicembre 2012)*

La candidatura di Stefano Manetti ha rappresentato la continuità con quella di Alberto Tesi, Manetti condivideva con Tesi anche la laurea fiorentina e l'appartenenza alla stessa generazione di docenti. Del resto non erano cambiate le condizioni strutturali dell'università sia in termini di crisi finanziaria locale che di gestione del DPR 270/04. In più il Ministro Gelmini varò nel 2010 una legge organica di riassetto dell'università (Legge 240/10) che implicava una sua profonda ristrutturazione organizzativa che prevedeva la concentrazione dei dipartimenti esistenti e l'affidamento ad essi della gestione di tutte le attività di ricerca e di didattica, abolendo le Facoltà che della didattica erano diventate il centro a partire dai DPR 509 e 270. La legge Gelmini inoltre riduceva l'autonomia organizzativa delle università dettando precise regole statutarie e dettava rigide modalità di organizzazione dei corsi, con un deciso ritorno a un rapporto gerarchico tra centro e periferia. Nelle more delle complesse procedure richieste dalla legge Gelmini, a partire dai nuovi statuti, la presidenza si è trovata così a gestire ancora una volta l'attività didattica in vista della transizione verso il nuovo assetto statutario che non la prevede, e a predisporre l'istruttoria per la costituzione dei nuovi dipartimenti, meno numerosi di quelli già esistenti. Nel corso della presidenza di Manetti sono state così identificate tre aree: industriale, informazione e civile ambientale. Le prime due sono apparse più affini in termini di requisiti formativi, più difficile si è rivelata la formazione della terza che ha riproposto i consueti problemi di sovrapposizione con architettura nel campo delle tecnologie e delle costruzioni.

Sono stati invece ancora i dipartimenti a gestire in via prevalente i rapporti esterni sia con le imprese che con gli enti locali. La Facoltà si è limitata a proseguire il progetto di *Safety Manager* con la Regione Toscana, stipulato durante la gestione di Tesi e a stringere, nel 2010, un accordo *Trans Engine* con imprese tedesche in Baden Wuttemberger che prevede tirocini in Germania di ingegneri meccanici ed elettrici laureati a Firenze che si è tuttavia rivelato di difficile gestione.



Il prof. Stefano Manetti, Preside della Facoltà dal 2009 al 2012.

### *Brevi curricula dei Presidi*

Di seguito sono delineati i *curricula* di alcuni dei Presidi della Facoltà di Ingegneria. Non sono presenti i *curricula* di Giuseppe Francini e di Demore Quilghini.

*Sergio Stecco* – Si laurea in Ingegneria meccanica (Genova, 1966), inizia da subito a dedicarsi alla ricerca, lavora presso gli *Hazelwood International Laboratories* per un certo periodo prima di rientrare a Roma nel 1968, come assistente ordinario; è incaricato di corsi di macchine e meccanica applicata alle macchine in diverse sedi nazionali, fra cui Cagliari, Genova e l'Aquila. Giovanissimo, nel 1975, diviene professore ordinario di macchine e viene chiamato presso la Facoltà di Ingegneria di Firenze. Qui svolge tutta la sua brillante attività universitaria, e promuove la nascita di un consistente gruppo di ricerca, la scuola, nel campo delle macchine e dell'energia; nel 1979 fonda l'Istituto di Energetica, introducendo per la prima volta nel mondo accademico italiano questa titolazione, piena di prospettive scientifiche, che poi avrà grande successo in tutta Italia. Nello stesso anno diviene Preside della Facoltà, dando un significativo impulso alla giovane Facoltà, e stabilendo un rapporto privilegiato con l'allora Rettore Scaramuzzi, che sotto la sua presidenza acquista per la Facoltà l'ex seminario minore di S. Marta, ove ancor oggi ci troviamo, e che, per nove anni, lo volle suo delegato alla Ricerca Scientifica di Ateneo. Successivamente (1982) fonda il Dipartimento di Energetica, dedicato alle problematiche dell'Energia, una struttura aperta al contributo delle varie competenze; ne rimane direttore dal 1985 al 1990, e nello stesso tempo collabora, in consorzio con altre sedi, alla nascita del Corso di dottorato in Ingegneria delle Macchine. Fin dal suo arrivo a Firenze si integra perfettamente nel tessuto industriale cittadino avviando proficui rapporti e collaborazioni con il Nuovo Pignone e con l'Associazione Industriali divenendo nel 1985 Presidente del CESVIT (CEntro per lo SViluppo dell'Innovazione Tecnologica). Il suo valore scientifico e la sua personalità sono apprezzate nella comunità nazionale, ma nello stesso tempo egli sviluppa la sua dimensione internazionale che lo porta, oltre che a partecipare e presiedere numerosi congressi internazionali ed a collaborare con istituzioni straniere quali l'EPRI ed il DOE in USA, ad organizzare un fortunata serie di congressi internazionali a Firenze, FLOWERS (*Florence World Energy Research*), purtroppo interrotti dalla sua prematura scomparsa, nel 1993, durante un viaggio negli States per accompagnare un brillante collaboratore a ricevere un riconoscimento internazionale delle ASME. Nella purtroppo breve esperienza a Firenze è stato comunque capace di far nascere e consolidare una scuola di alta qualità scientifica riconosciuta in Italia ed all'estero.

*Giuliano Augusti* – Si laurea in Ingegneria civile (Napoli, 1958), PhD (Cambridge, UK, 1964), libero docente in Scienza delle Costruzioni (1965). assistente e/o professore incaricato (Napoli, Palermo, Firenze, Cagliari; 1959-73), professore ordinario di Scienza delle Costruzioni dal 1973 (Firenze, 1973 – 1985; Roma

‘La Sapienza’, 1985-10). *Doctor of Science*, University of Cambridge, 1999; *Doktor-Ingenieur Ehren halber* (dottore in Ingegneria *honoris causa*), Ruhr Universität Bochum (Germania), 1997; *Fellow* della SEFI (Società Europea Formazione Ingegneri), 1996; Socio Straniero della Accademia Russa di Scienze dell’Architettura e dell’Ingegneria Strutturale (2000). Fondatore nel 1987 (e Presidente fino al 1999) dell’ANIV (Associazione Nazionale per l’Ingegneria del Vento). Direttore dal 1992 al 1998, ed attualmente Presidente onorario, del Centro di Ricerca Interuniversitario per l’Aerodinamica delle Costruzioni e Ingegneria del Vento CRIACIV (sede: Università di Firenze); membro dell’*Editorial Board* di varie riviste nazionali e internazionali, e di varie associazioni scientifiche: tra l’altro, membro dell’*Executive Board* della *International Association for Structural Safety and Reliability* (IASSAR).

*Gaetano Villari* – È nato a Messina il 9 Luglio 1923, e si laurea in matematica all’Università di Messina nel primo dopoguerra. Si trasferisce a Firenze nel 1951, cogliendo l’invito del professor Blasche. A Firenze prende l’incarico di assistente volontario che gli propone Giovanni Sansone. Non ricevendo stipendio lavora come bibliotecario presso la biblioteca dell’Istituto di Matematica (con questo sistema Sansone riusciva a retribuire i suoi assistenti: come Villari hanno lavorato in biblioteca anche Santoro e Quilghini). Nasce in quegli anni la sua profonda amicizia con Roberto Conti. Quando Roberto Conti nel 1956 vince il concorso da ordinario, Gaetano Villari prende il suo posto di assistente. Successivamente vince la libera docenza e poi diventa professore di ruolo. Il suo campo di ricerca è stato la teoria delle equazioni ordinarie, seguendo gli insegnamenti di Giovanni Sansone. Suoi allievi sono Massimo Furi, Pierluigi Zezza, Mauro Marini, Mariella Cecchi.

*Franco Angotti* – Si laurea in Ingegneria civile (Pisa, 1966), assistente ordinario (Ingegneria, Firenze, 1971-80), professore ordinario di Scienza delle Costruzioni (Ingegneria, Firenze, 1980-11), ha svolto attività di ricerca nel campo dell’ingegneria strutturale. Relatore ad invito di numerosi convegni su temi legati all’evoluzione dei codici nel campo del calcestruzzo strutturale. Ha ricoperto numerose cariche accademiche: Direttore del Dipartimento di Ingegneria Civile (Firenze 1983-88), Preside della Facoltà di Ingegneria (Firenze, 1987-93 e 2001-06), rappresentante dell’area di ricerca tecnologica dell’Ateneo nel Senato Accademico. Coordinatore del dottorato di ricerca in Ingegneria delle Strutture gestito dal consorzio fra le Università di Firenze, Bari, Genova, Pisa e Udine dal 3° ciclo (1986) fino al 15° ciclo. Responsabile scientifico nazionale di molti progetti di ricerca l’ultimo dei quali è il progetto strategico CNR *Sicurezza e qualità nelle costruzioni civili e meccaniche* – Sottoprogetto 3: Durabilità strutturale e sicurezza delle costruzioni nei riguardi della protezione antincendio. Membro della Commissione Nazionale MIUR ingegneria-architettura per i problemi formativi e professionali nel settore dell’ingegneria civile e dell’architettura. Ha ricoperto i seguenti incarichi nell’ambito della Normativa Tecnica Nazionale ed Europea: Presidente della Commissione Nazionale Strutture in cemento armato normale e precompresso dell’UNI-Ente Normatore Nazionale, nonché rappresentante italiano presso la corrispondente commissione europea del Comitato Europeo di Normazione CEN/TC250/SC2, fin dalla sua costituzione, avvenuta il 16/11/90. Segretario Tecnico della Commissione di studio per le norme sulle costruzioni in cemento armato normale e precompresso del CNR dal 1977 al 1998 e membro della stessa Commissione di studio e consultiva per le norme tecniche relative alle costruzioni del CNR dal 2002. Esperto esterno del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici (1993-1996) per l’aggiornamento delle Norme Tecniche. Membro della Commissione di studio AICAP (Associazione Italiana Cemento Armato e Precompresso) per le strutture in calcestruzzo dal 2003 nonché tesoriere della stessa Associazione. Membro del Gruppo di lavoro del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici per la predisposizione dei parametri nazionali previsti dagli Eurocodici strutturali. Presidente della Interporto della Toscana Centrale SpA (1993-98). Presidente dell’Ordine degli ingegneri della provincia di Firenze (1998-2001).

*Vito Cappellini* – Ha svolto la sua attività di ricerca presso l’IROE (Istituto di Ricerca sulle Onde Elettromagnetiche) del CNR di Firenze dal 1963 al 1975 e, successivamente, presso il Dipartimento di Elettronica e Telecomunicazioni dell’Università di Firenze dal 1976 ad oggi. È stato Preside della Facoltà di Ingegneria di Firenze dal 1993 al 1995. Gli argomenti principali di ricerca, di cui si è occupato, sono: analisi ed elaborazione numerica dei segnali e delle immagini, comunicazioni numeriche per collegamenti terrestri e con satelliti, telematica, sistemi radar, telerilevamento, sorveglianza ambientale, biomedicina, Beni Culturali.

Ha pubblicato oltre 350 articoli su riviste scientifiche italiane ed internazionali ed ha contribuito a diversi libri, come autore/co-autore o editore/co-editore. È stato coordinatore del Progetto Strategico Uffici del CNR dal 1989 al 1993. È membro del CNIT (Consorzio Nazionale Interuniversitario per le Telecomunicazioni). È Presidente del MICC (*Media Integration and Communication Center*) dell'Università di Firenze e Responsabile del Laboratorio Congiunto di Ricerca sui Sistemi per le Immagini Digitali tra il MICC e la HITACHI Ltd. Svolge funzioni di 'Esperto' per progetti del MIUR (Ministero dell'Istruzione, dell'Università e della Ricerca). È *Fellow* della IEEE (*Institute of Electrical and Electronics Engineers*), membro della AEI e dell'AIT.

**SCHEDA 9****DALLA FACOLTÀ ALLA SCUOLA DI INGEGNERIA, DAI PRESIDI AI PRESIDENTI**

In base alla legge 240 del 30 dicembre 2010 l'Università italiana è stata ristrutturata non più in termini di Facoltà ma di Scuole, sostituendo alla figura del Preside di Facoltà, dettagliata in questa Capitolo, quella del Presidente di Scuola.

La legge è stata recepita dall'Università di Firenze con Decreto Rettorale n. 329 del 6 aprile 2012 e il Regolamento della Scuola di Ingegneria è stato emanato con Decreto Rettorale 735 del 22 luglio 2013.

Da allora i Presidenti di Scuola sono stati:

1. Marcantonio Catelani (dal 2012-13 al 2013-14)<sup>1</sup>
2. Renzo Capitani (dal 2013-14 al 2015-16)
3. Fabio Castelli (dal 2015-16 al 2018-19)
4. Alessandro Fantechi (dal 2019-20, in carica)

<sup>1</sup> Nel 2014 ha assunto la Presidenza di SIAF-Servizi Informatici di ateneo.













**Ennio Carnevale** – Laureato in Ingegneria Meccanica nell'Università di Roma nel 1971, ricercatore del Consiglio Nazionale delle Ricerche presso l'Istituto Motori di Napoli dal 1973. Corso di specializzazione presso il Queen Mary College di Londra nel 1974 per ricerche sulla automazione dei banchi prova motori. assistente ordinario presso l'Università di Roma e professore incaricato all'Università dell'Aquila fino al 1975. professore incaricato di Progetti di Macchine presso la Facoltà di Ingegneria dell'Università di Firenze dal 1976 al 1980. professore straordinario di Macchine dal 1980. professore ordinario dal 1983 nell'Università degli Studi di Firenze, Facoltà di Ingegneria, Dipartimento di Energetica 'S. Stecco'. È titolare degli insegnamenti del settore scientifico disciplinare: 'Sistemi per l'energia e l'ambiente.' Presidente del Consiglio di Corso di Laurea in Ingegneria Meccanica dal 1989, riconfermato per il triennio 92-94. Direttore della Scuola diretta a fini speciali in Tecnologie Tessili dal 1992 al 1996. Esperto Scientifico per la valutazione di Progetti di ricerca per conto della Comunità Economica Europea, del Ministero dell'Università e della Ricerca, del Ministero per lo Sviluppo Economico. Membro di vari comitati tecnico scientifici internazionali sulle problematiche degli impianti industriali di potenza, sugli impianti di valorizzazione dei rifiuti solidi urbani e degli scarti industriali, e sulle relative problematiche di impatto ambientale.

**Alberto Tesi** – Ha conseguito la laurea in Ingegneria Elettronica presso l'Università di Firenze e il titolo di dottore di ricerca in Ingegneria dei Sistemi presso l'Università di Bologna. È professore ordinario presso la Facoltà di Ingegneria dell'Università di Firenze, dove dal 1992 tiene il corso di *Controlli Automatici*. Dal 1990 afferisce al Dipartimento di Sistemi e Informatica della stessa Università. È stato Preside della Facoltà di Ingegneria. Dal 1 novembre 2009 è Rettore dell'Università degli Studi di Firenze. È stato editore associato delle riviste *IEEE Transactions on Circuits and Systems* (1994-1995), *IEEE Transactions on Automatic Control* (1995-1998) e *Systems and Control Letters* (1995-2010). È stato membro del *board* editoriale della *Conference on Decision and Control* (1994-1999) e della *American Control Conference* (1995-2000), e membro del comitato di programma di numerose conferenze. È stato membro del *Policy Committee of the International Federation of Automatic Control* (IFAC) (2008-2011). Gli interessi di ricerca riguardano prevalentemente l'analisi di sistemi non lineari, il controllo robusto di sistemi lineari e le tecniche di ottimizzazione convesse. È co-autore di circa 170 pubblicazioni a carattere scientifico.

**Stefano Manetti** – Si è laureato in Ingegneria elettronica all'Università di Firenze nel 1977. Dal 1980 al 1983 è stato docente di Elettronica Applicata all'Accademia Navale di Livorno. Dal 1983 al 1987 è stato ricercatore di Elettrotecnica e, dal 1987 al 1994, professore associato di Teoria delle Reti Elettriche presso la Facoltà di Ingegneria dell'Università di Firenze. Dal 1994 è professore ordinario di Elettrotecnica, dal

1994 al 1996 all'Università della Basilicata e, dal 1996 presso la Facoltà di Ingegneria dell'Università di Firenze. Le sue attività di ricerca riguardano la teoria dei circuiti e, in particolare, le reti neurali, la diagnosi di guasto dei circuiti, i filtri a condensatori commutati, le tecniche di analisi simbolica dei circuiti e le loro applicazioni. È membro della IEEE (*Institute of Electrical and Electronics Engineers*) e dell'AEIT (Federazione Italiana di Elettrotecnica, Elettronica, Automazione, Informatica e Telecomunicazioni).

Tabella I–I Presidi della Facoltà di Ingegneria dal 1987 al 2012.

ANNO	PRESIDE	RETTORE	MINISTRO	PROVVEDIMENTO	ANNO	
1987					1987	
1988	 <b>Franco Angotti</b> Area Civile	 <b>Franco Scaramuzzi</b>	Luigi Giannelli (DC)		1988	
1989				DPR 20/4/1989 Istituzione MURST	1989	
1990				Antonio Ruberti (PSI)		1990
1991						1991
1992					Alessandro Fontana (DC)	
1993	 <b>Vito Cappellini</b> Area Informazione	 <b>Paolo Blasi</b>	Luigi Berlinguer (PDS) Umberto Colombo (ind.)		1993	
1994					1994	
1995				Stefano Podestà (FI)		1995
1996				Giorgio Salvini (Ind.)		1996
1997				Luigi Berlinguer (PDS)	Modello 3+2	1997
1998	 <b>Ennio Carnevale</b> Area Industriale	 <b>Paolo Blasi</b>			1998	
1999				Ortensio Zecchino (PPI)	Decreto 509 Istituzione del MIUR	1999
2000						2000
2001						2001
2002						2002
2003	 <b>Franco Angotti</b> Area Civile	 <b>Augusto Marinelli</b>			2003	
2004				Letizia Moratti (FI)	Decreto 270	2004
2005					Istituzione dei requisiti	2005
2006						2006
2007					Fabio Mussi (RC)	
2008	 <b>Alberto Tesi</b> Area Informazione	 <b>Augusto Marinelli</b>		L. 133/2008	2008	
2009				Mariastella Gelmini (FI)		2009
2010						L. 240/2010
2011	 <b>Stefano Manetti</b> Area Informazione	 <b>Alberto Tesi</b>			2011	
2012				Francesco Profumo (ind.)		2012

## LAUREE HONORIS CAUSA

Nel suo cinquantennio di vita, la Facoltà di Ingegneria dell'Università di Firenze ha conferito, rispetto alle altre Facoltà dello stesso Ateneo, un numero estremamente limitato di lauree *honoris causa* (o *ad honorem*).

Le lauree conferite *honoris causa*, con la relativa motivazione, sono elencate di seguito.

- 1978: Giovanni Sansone, laurea in Ingegneria Elettronica  
«quale riconoscimento per i suoi eminenti meriti nel campo degli studi matematici specialmente in riferimento alle applicazioni della matematica per l'elettronica»
- 1980: Nello Carrara, laurea in Ingegneria Elettronica  
«quale riconoscimento per i suoi altissimi meriti nel campo degli studi teorici e sperimentali di base allo sviluppo dell'ingegneria elettronica»<sup>1</sup>.
- 1981: Giovanni Michelucci, laurea in Ingegneria Civile  
«quale riconoscimento per gli altissimi contributi dati con studi e realizzazioni all'Ingegneria Civile»<sup>2</sup>.
- 1996: Paolo Fresco, laurea in Ingegneria Meccanica  
«quale riconoscimento per gli altissimi contributi dati allo sviluppo dell'Ingegneria Meccanica promuovendo e sostenendo con entusiasmo rapporti di collaborazione tra industria e università per la ricerca»
- 2004: Jean Todt, laurea in Ingegneria Meccanica  
«per la rilevante opera svolta nello sviluppo di tecnologie avanzate nel settore automobilistico sportivo, perseguita anche con la promozione di collaborazioni di ricerca università-industria»<sup>3</sup>.



### 1978: GIOVANNI SANSONE – LAUREA IN INGEGNERIA ELETTRONICA

Il professor Giovanni Sansone ha ricevuto la laurea *honoris causa* in Ingegneria Elettronica dalla Facoltà di Ingegneria dell'Università di Firenze il 27 ottobre 1978, «per i suoi studi sulle equazioni differenziali ordinarie con riferimento a quelle riguardanti le applicazioni alla fisica, alla meccanica razionale e, in modo particolare, all'ingegneria elettronica».

I suoi celebri volumi dedicati alle funzioni di variabile complessa, alle funzioni speciali, alle equazioni differenziali hanno costituito un patrimonio di proficua consultazione scientifica per gli studiosi di elettrotecnica e di elettronica teorica. Sia nella sua opera di ricercatore che in quella di insegnante egli ha sempre saputo fondere mirabilmente il rigore matematico con il linguaggio delle applicazioni.

---

<sup>1</sup> «Notiziario di Ateneo», maggio-giugno 1980, p. 9.

<sup>2</sup> Proposta di laurea presentata al consiglio di Facoltà dal prof. Andrea Chiarugi, «Notiziario di Ateneo», maggio-giugno 1981, p. 26.

<sup>3</sup> «Notiziario di Ateneo», 2, 2004, p. 9.





Giovanni Sansone [Porto Empedocle (Agrigento), 24 maggio 1888 – Firenze, 13 ottobre 1979].



Giovanni Sansone durante il convegno *Equadiff* 1978.



In un articolo del 15 ottobre 1979 dal titolo *Un genio con l'umiltà del ricercatore* il quotidiano «La Nazione» ricorda Giovanni Sansone.



Ulisse Dini [Pisa, 14 novembre 1845 – Pisa, 28 ottobre 1918].

*Breve biografia di Giovanni Sansone*

Giovanni Sansone [Porto Empedocle (Agrigento), 24 maggio 1888 – Firenze, 13 ottobre 1979] dopo gli studi secondari compiuti a Palermo, frequentò l'Università di Pisa come allievo della Scuola Normale Superiore fino alla laurea in matematica conseguita nel 1910. Dopo aver vinto un premio ambito, e per i tempi di allora cospicuo, il Premio Lavagna, rimase alla Normale come perfezionando per un altro anno.

Ebbe tra gli insegnanti due grandi maestri, Luigi Bianchi e Ulisse Dini, verso i quali mantenne per tutta la vita una costante devozione ed una profonda gratitudine, curandone fra l'altro, in età matura, l'edizione delle opere scientifiche nella collana *Opere dei Grandi Matematici Italiani* della Unione Matematica Italiana. A Ulisse Dini volle che fosse intitolato l'Istituto Matematico della nostra Università.

Alla Scuola Normale ha lasciato la casa dove abitava, frutto dei suoi risparmi, per la realizzazione di una fondazione. La Fondazione Emma (la moglie) e Giovanni Sansone, istituita sulla base del lascito testamentario, aveva il fine di offrire ogni anno borse di studio in matematica per giovani laureati, sia italiani che

stranieri sulla base di concorso pubblico. La fondazione fu riconosciuta con decreto presidenziale il 31 marzo 1983 ed ha sede presso la Scuola Normale Superiore.

Dal 1913 al 1927 fu professore presso l'Istituto Tecnico Galileo Galilei di Firenze, salvo gli anni della prima guerra mondiale alla quale partecipò come ufficiale di artiglieria guadagnandosi una croce al merito.

Il 1927, anno della sua nomina a professore di ruolo di Analisi Matematica presso l'Università di Firenze, segna l'avvento della matematica nella nostra università, la fondazione dell'istituto, la creazione dal nulla di una biblioteca matematica che, nonostante la modestia dei mezzi disponibili, ha raggiunto dimensioni ed importanza universalmente riconosciute.

I corsi di Sansone, frequentati oltre che dagli studenti di matematica, anche da quelli di fisica e del biennio di ingegneria, hanno contribuito a dare formazione matematica ad intere generazioni di insegnanti, di docenti universitari, di professionisti. Andato fuori ruolo nel 1958 chiese ed ottenne l'assegnazione di un corso libero gratuito, dal titolo *Teoria dei numeri*, riconosciuto valido a tutti gli effetti legali e frequentato da centinaia di studenti nell'arco di ben 17 anni.

Almeno pari al suo impegno nell'insegnamento è stata la sua passione per la ricerca matematica nella quale si è distinto per la pubblicazione di oltre 140 articoli su argomenti di teoria dei numeri, teoria dei gruppi, geometria differenziale, funzioni speciali, equazioni differenziali, e di numerose monografie e trattati, alcuni tradotti in più lingue, che gli hanno valso fama internazionale contribuendo alla formazione di una fitta schiera di ricercatori in tutto il mondo.

Direttore dell'istituto per oltre 30 anni, fu Preside della Facoltà di Scienze dal 1957 al 1963 e divenne professore emerito nel 1963.

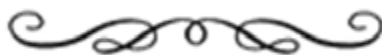
Firenze, al compimento dei 90 anni di età, gli conferì il 24 maggio 1978 la cittadinanza onoraria nel corso della cerimonia in Palazzo Vecchio che apriva il convegno internazionale *Equadiff 1978* organizzato in suo onore e che vide la partecipazione di un pubblico foltissimo di ogni provenienza geografica e culturale. Nello stesso anno l'Università di Firenze gli conferiva il titolo di dottore *honoris causa* in Ingegneria Elettronica. Dopo la sua morte a lui è stato intitolato l'Istituto (poi Dipartimento) di Matematica Applicata della Facoltà di Ingegneria. Il Dipartimento di Matematica 'Ulisse Dini' gli ha intitolato la sala di lettura della biblioteca.

Accanto all'attività didattica e scientifica Sansone ha avuto una posizione preminente nell'organizzazione e nello sviluppo della ricerca matematica come membro del Consiglio Superiore della Pubblica Istruzione, Presidente della Unione Matematica Italiana, Presidente del Comitato per la matematica del CNR, uno dei fondatori del *Groupement de mathématiciens d'expression latine*, del Centro Internazionale Matematico Estivo. Direttore degli Annali di Matematica pura e applicata ha fatto parte dei comitati di redazione di numerose riviste matematiche.

A Giovanni Sansone non sono mancati altri riconoscimenti e distinzioni, oltre quelli già ricordati.

Nel 1942 gli fu conferito il premio per le matematiche della Società delle Scienze dei XL e nel 1957 ricevette la medaglia d'oro dei Benemeriti della Scienza, della Cultura e dell'Arte. Nel 1963 fu insignito del titolo di Cavaliere di Gran Croce dell'ordine della Repubblica Italiana, nel 1964 di quello di *Officier de l'Ordre des Palmes Académiques*. Ricevette la laurea *honoris causa* in matematica dalle Università di Dijon e di Brno. Fu socio nazionale dell'Accademia Nazionale dei Lincei dal 1947, socio dell'Accademia Nazionale dei XL dal 1958, dell'Istituto Lombardo di Scienze e Lettere, e di numerose accademie (Torino, Bologna, Palermo, Genova, Modena, Catania, Colombaria, Torricelliana di Faenza, Petrarca di Arezzo).

La lunga ed incisiva presenza di Giovanni Sansone sulla scena della vita scientifica italiana ed internazionale rappresenta un esempio ammirevole di entusiasmo, fede e tenacia ed un incitamento a tutti quelli che, giovani e non più giovani, dedicano le proprie energie al progresso umano.



## 1980: NELLO CARRARA – LAUREA IN INGEGNERIA ELETTRONICA

Il professor Nello Carrara ha ricevuto la laurea *honoris causa* in Ingegneria Elettronica dalla Facoltà di Ingegneria dell'Università di Firenze il 2 giugno del 1980 «per i suoi altissimi meriti nel campo degli studi teorici e sperimentali di base allo sviluppo dell'ingegneria elettronica». La cerimonia si è tenuta alla presenza del magnifico rettore Franco Scaramuzzi nei locali attualmente occupati dalla biblioteca della Facoltà di Ingegneria nel complesso di Santa Marta.

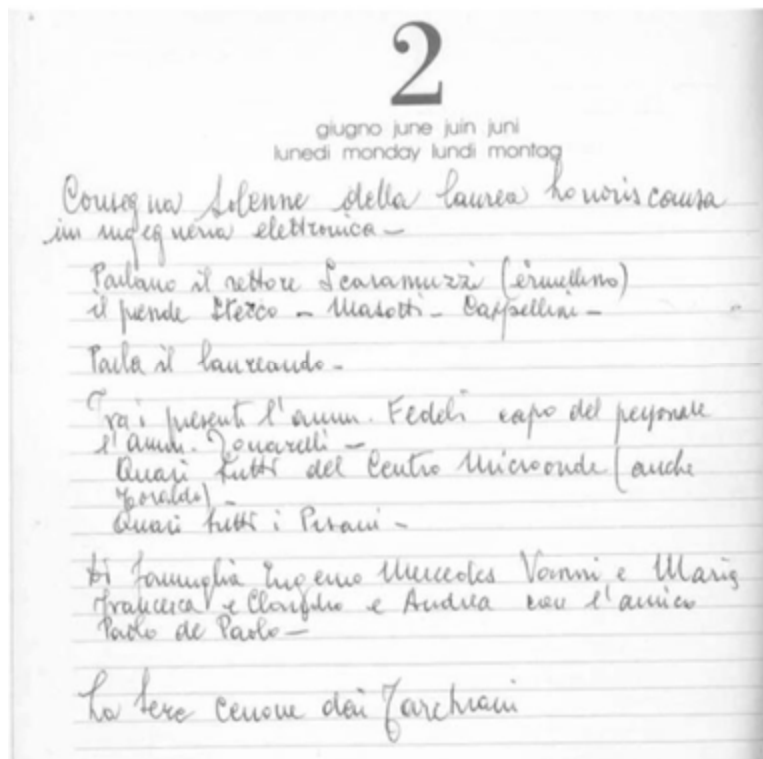
Durante la cerimonia esordì in questo modo:

so benissimo che questa laurea *honoris causa* mi viene data per i miei oltre 50 anni di insegnamento ... però io non vorrei che voi pensaste che io ho smesso di svolgere ricerche. Io continuo a studiare vari argomenti di attualità. E poi in fondo mi domando: che laurea è una laurea senza una discussione di tesi?, per cui ho pensato di discutere la mia tesi di laurea oggi, qui davanti a voi che avete partecipato a questa cerimonia.

Ed enuncia i temi della sincronizzazione degli orologi atomici e del trasposto di energia dallo spazio di cui parlerà.

*Breve biografia di Nello Carrara*

Nello Carrara [Firenze, 19 febbraio, 1900 – Firenze, 5 giugno, 1993] si laureò in Fisica nel 1921 presso la Scuola Normale Superiore di Pisa, dove fu compagno di studi di Enrico Fermi. I rapporti tra Enrico Fermi e Nello Carrara emergono anche nel carteggio presente nel libro *Enrico Fermi, fisico* di Emilio Segrè (Zanichelli, Bologna 1971).



La pagina dell'agenda del 1980 dove Nello Carrara annotò – nel suo stile semplice ed essenziale – l'evento della sua laurea *honoris causa* in Ingegneria elettronica.

Al professor Nello Carrara la laurea «honoris causa»

# Un idillio con l'elettronica che dura da sessant'anni

*Il noto studioso fiorentino non si è mai accontentato di considerare l'aspetto teorico delle cose, così nella ricerca come nella vita - Il Centro per lo studio delle microonde da lui creato a Firenze è una riprova di questa peculiarità dell'uomo*



**Il professor Nello Carrara**

Oggi all'ingegneria anche le macchine per mantenere una linea nel tempo; una donna che si lascia ispirare da quelle della ricerca quotidiana, una mente che costruisce quel qual modello di ricerca spicciata da ogni attività produttiva deve essere l'indirizzo: sempre sempre libero di visioni (oggi premi e onorifiche) e perciò decisamente bicentrato, non ha più tempo per la grandezza e misura dell'uomo.

La vita inizia conosciuta dalla sua, dalla continuità con cui una donna di giorno fa la libertà di insegnare dall'Università di Pisa, dal professor Nello Carrara direttore in ingegneria elettronica.

Nello Carrara, infatti, ha costantemente coltivato nell'ingegneria anche la ricerca: la sua carriera è sempre stata una vita. Una scelta di vita che ha fatto di lui un uomo di ricerca, un uomo di studio, un uomo di lavoro, un uomo di vita. Un uomo che ha fatto di lui un uomo di ricerca, un uomo di studio, un uomo di lavoro, un uomo di vita.

Carrara non si è mai accontentato di considerare l'aspetto teorico delle cose, così nella ricerca come nella vita - Il Centro per lo studio delle microonde da lui creato a Firenze è una riprova di questa peculiarità dell'uomo.

Ma tra i motivi del Carrara c'è anche la partecipazione da protagonista a un'idea particolarmente importante per l'Italia e per Firenze: l'ordinario ordinato dalla città fiorentina dedicata alla costruzione di radar.

Derivato la guerra Carrara aveva inventato, aveva inventato il professor Carrara per la progettazione del radar, un radar che era di grande e tale esperienza che egli poté reggere con la fine degli Anni '50 alla prima iniziativa artigianale, allora operativa nel settore dell'ingegneria, che era di studiare la propria attività come ingegnere.

La vita ha oggi più di cinquant'anni e un Carrara di molti, un uomo nel mondo e soprattutto una capacità tecnologica Carrara che ha fatto di lui un uomo di studio, un uomo di lavoro, un uomo di vita.

Il giorno avrebbe un'altra storia: la gioia del rapporto che con Carrara hanno costruito la vita e che durano gli anni '50, il tempo perso, come dimenticato, dimenticato. Un giorno di luce, a realizzare il sogno.

**Giorgio**

L'energia di origine solare che arriva ogni anno sul nostro pianeta è circa dieci volte superiore a quella necessaria per far girare il mondo. Si può immaginare che una parte di questa energia venga utilizzata per produrre energia elettrica, ma solo una piccola parte viene utilizzata per produrre energia elettrica. La maggior parte dell'energia solare che arriva sul nostro pianeta viene utilizzata per riscaldare l'acqua e per evaporare l'acqua. L'energia solare che arriva sul nostro pianeta viene utilizzata per riscaldare l'acqua e per evaporare l'acqua.

**L'impiego dei sottoprodotti agricoli**

## Dalla biomassa si ottiene energia

**In Italia i soli residui organici di origine zootecnica potrebbero farci risparmiare 2,5 milioni di tonnellate di petrolio**

La ricerca di origine solare che arriva ogni anno sul nostro pianeta è circa dieci volte superiore a quella necessaria per far girare il mondo. Si può immaginare che una parte di questa energia venga utilizzata per produrre energia elettrica, ma solo una piccola parte viene utilizzata per produrre energia elettrica. La maggior parte dell'energia solare che arriva sul nostro pianeta viene utilizzata per riscaldare l'acqua e per evaporare l'acqua.

La ricerca di origine solare che arriva ogni anno sul nostro pianeta è circa dieci volte superiore a quella necessaria per far girare il mondo. Si può immaginare che una parte di questa energia venga utilizzata per produrre energia elettrica, ma solo una piccola parte viene utilizzata per produrre energia elettrica. La maggior parte dell'energia solare che arriva sul nostro pianeta viene utilizzata per riscaldare l'acqua e per evaporare l'acqua.

La ricerca di origine solare che arriva ogni anno sul nostro pianeta è circa dieci volte superiore a quella necessaria per far girare il mondo. Si può immaginare che una parte di questa energia venga utilizzata per produrre energia elettrica, ma solo una piccola parte viene utilizzata per produrre energia elettrica. La maggior parte dell'energia solare che arriva sul nostro pianeta viene utilizzata per riscaldare l'acqua e per evaporare l'acqua.

La ricerca di origine solare che arriva ogni anno sul nostro pianeta è circa dieci volte superiore a quella necessaria per far girare il mondo. Si può immaginare che una parte di questa energia venga utilizzata per produrre energia elettrica, ma solo una piccola parte viene utilizzata per produrre energia elettrica. La maggior parte dell'energia solare che arriva sul nostro pianeta viene utilizzata per riscaldare l'acqua e per evaporare l'acqua.

L'articolo di giornale in cui Giuseppe Tagliaferri, dell'Osservatorio di Arcetri di Firenze, 'racconta' il personaggio di Nello Carrara, in occasione della laurea *honoris causa*.



Due momenti della cerimonia per il conferimento della laurea *honoris causa* a Nello Carrara. Nello Carrara tra il Preside della Facoltà di Ingegneria Sergio Stecco ed il Rettore dell'Università di Firenze Franco Scaramuzzi.



Alpi Apuane 1920. Nello Carrara tra Enrico Fermi (alla sua destra) e Franco Rasetti [per cortesia di Eugenio Carrara].

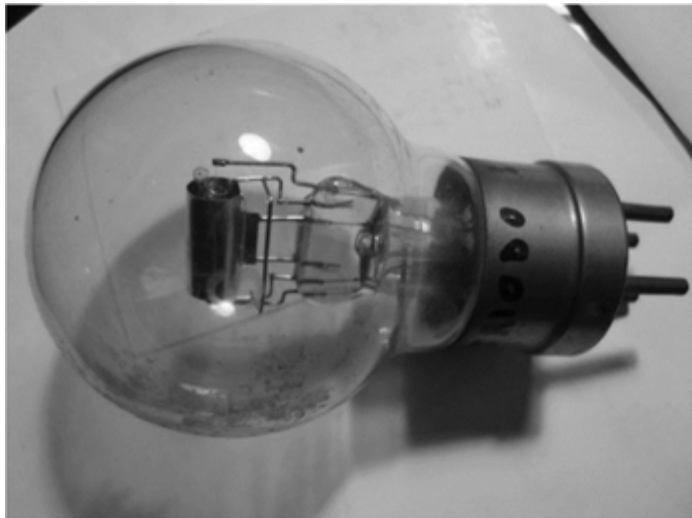
Nei suoi primissimi lavori sulla diffrazione dei raggi X mediante cristalli, per primo ideò ed eseguì esperienze che furono poi perseguite da A.H. Compton, Premio Nobel per la Fisica nel 1927.

La maggior parte della sua attività scientifica è stata rivolta alle onde elettromagnetiche, in particolare Carrara fu tra i primissimi a rivolgere l'attenzione al campo delle microonde e ne affrontò i relativi problemi di emissione, propagazione e ricezione, ideando ed eseguendo esperienze fondamentali.

In tale contesto è opportuno infine evidenziare che la parola microonde (in inglese *microwaves*), nella sua accezione attuale, fu introdotto per la prima volta da Nello Carrara nel periodo in cui lavorava presso il RIEC (Regio Istituto Elettrotecnico e delle Comunicazioni) della Marina Militare Italiana di Livorno. L'Istituto, che era stato fondato per iniziativa di Giancarlo Vallauri nel 1916, ha ospitato il primo gruppo italiano di ricerca elettronica ed ha mantenuto per lungo tempo una posizione preminente in questo campo. In un lavoro del marzo 1932, pubblicato sul primo numero della rivista italiana «Alta Frequenza» (il giornale era stato fondato nello

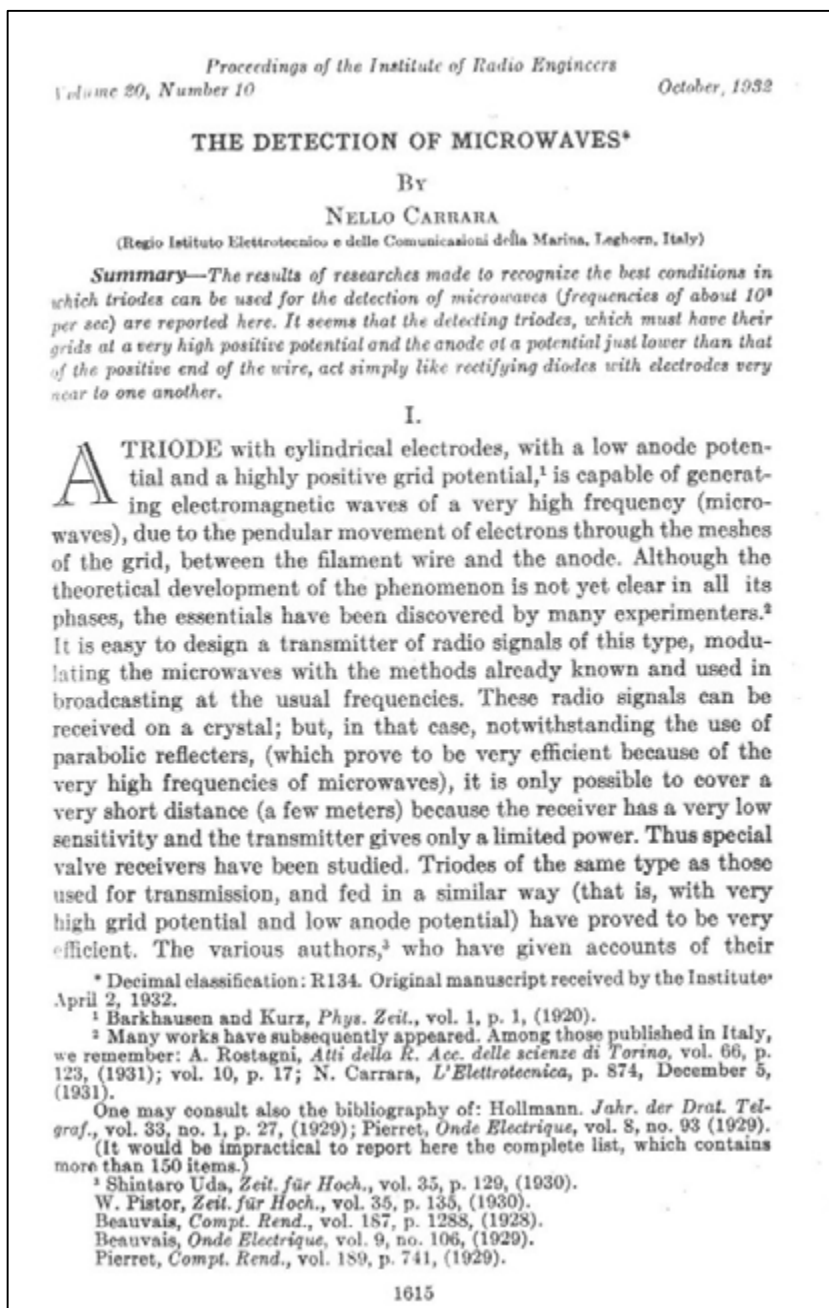
#### SCHEDA 10

#### NELLO CARRARA E LE «MICROONDE»



Tubo a vuoto Philips 'Tipo E' col quale Nello Carrara produsse per la prima volta le 'microonde' conservato presso il Dipartimento di Ingegneria dell'Informazione della Scuola di Ingegneria dell'Università di Firenze

stesso anno grazie al lavoro di Giancarlo Vallauri), Nello Carrara scriveva che «un triodo, ad elettrodi cilindrici, con tensione di placca nulla o negativa e con tensione di griglia fortemente positiva, può emettere onde elettromagnetiche di frequenza elevatissima (microonde)». Il termine *microonde* (*microwaves*) fu successivamente utilizzato da Carrara in un lavoro sui «Proceedings of the Institute of Radio Engineers (IRE)». Infatti la pubblicazione del lavoro *The detection of microwaves* – il manoscritto originale fu ricevuto dall'Istituto il 2 aprile 1932 – faceva entrare definitivamente il termine *microonde* a far parte della comune terminologia scientifica e tecnica internazionale.



La prima pagina dell'articolo di Nello Carrara *The detection of microwaves* («Proceedings of the Institute of Radio Engineers», October 1932) in cui viene introdotto il termine *microwaves*.



Vecchia sede dell'IROE (Istituto di Ricerca sulle Onde Elettromagnetiche), oggi IFAC (Istituto di Fisica Applicata 'Nello Carrara') del CNR di Firenze. L'attuale sede dell'IFAC è presso il Polo Scientifico e Tecnologico dell'Università di Firenze a Sesto Fiorentino.



Il logo della SMA-Segnalamento Marittimo ed Aereo.

Impegnato nella creazione di un prototipo di radar, durante la seconda guerra mondiale, ideò e progettò tubi elettronici per la generazione di altissime frequenze e ne curò anche la costruzione industriale. Intraprese inoltre studi approfonditi di spettroscopia molecolare.

L'attuazione delle sue apparecchiature per telecomunicazioni a microonde fu lungamente sperimentata dalla Marina Militare fra Livorno e La Spezia.

Convinto dell'importanza sempre crescente dell'impiego sempre crescente delle altissime frequenze, promosse nel 1946 la costituzione a Firenze del Centro di Studio per la Fisica delle Microonde da parte del Consiglio Nazionale delle Ricerche (CNR).

A titolo di curiosità vale la pena ricordare che in quegli anni – e più precisamente nell'ottobre del 1952 – fu pubblicato da «Il Mattino dell'Italia Centrale» un articolo-intervista di Oriana Fallaci a Nello Carrara



dal titolo *Da un mucchio di rottami è nato il quarto radar italiano – Vita e miracoli del centro fiorentino delle microonde*. L'articolo evidenzia da un lato la nota capacità di Carrara di spiegare cose complesse ai non addetti ai lavori, dall'altra la capacità della Fallaci di individuare 'personaggi' fin dalle sue prime famose interviste.

Il Centro di Studio per la Fisica delle Microonde del CNR – che si denominò in seguito Istituto di Ricerca delle Onde Elettromagnetiche (IROE) – divenne sotto la direzione di Nello Carrara un importante centro di ricerca pura ed applicata noto ed apprezzato in campo internazionale. Attualmente il centro ha il nome di Istituto di Fisica Applicata 'Nello Carrara' (IFAC) del CNR ed ha la sua sede nel Polo Scientifico di Sesto Fiorentino dell'Università di Firenze.

Nello Carrara fu successivamente anche fondatore e Presidente della SMA-Segnalamento Marittimo Aereo di Firenze (1973-75 e 1976-83), azienda italiana che operava nel settore del segnalamento civile e militare, per la costruzione di radar navali e terrestri, apparecchiature di illuminazione per il segnalamento, sistemi per il monitoraggio ambientale, meteorologici e biomedici.

Per quanto riguarda la carriera accademica è stato titolare della cattedra di Fisica Generale presso l'Accademia Navale di Livorno (dal 1924 al 1954), immesso in ruolo nel 1954 sulla cattedra di Teoria e Tecnica delle Onde Elettromagnetiche presso l'Istituto Universitario Navale di Napoli, dal 1955 ha coperto la cattedra di Onde Elettromagnetiche presso la Facoltà di Scienze Matematiche Fisiche e Naturali dell'Università di Firenze, professore emerito presso lo stesso Ateneo dal 1975.

Ricordiamo infine il coinvolgimento di Nello Carrara nella nascita della Facoltà di Ingegneria, più volte ricordato in questo volume, nel testo e nella Scheda 1.



#### 1981: GIOVANNI MICHELUCCI – LAUREA IN INGEGNERIA CIVILE

Giovanni Michelucci ha ricevuto la laurea *honoris causa* in Ingegneria civile dalla Facoltà di Ingegneria dell'Università di Firenze l'11 maggio 1981 perché «l'opera di Michelucci ha dato anche significativi contributi alla formazione della coscienza costruttiva degli ingegneri e all'individuazione dei loro peculiari obiettivi».

Di seguito si riporta l'introduzione di Andrea Chiarugi al conferimento della laurea *honoris causa*, seguita dalla *lectio magistralis* di Giovanni Michelucci.

#### *Introduzione di Andrea Chiarugi al conferimento della laurea honoris causa a Giovanni Michelucci*

Giovanni Michelucci ingegnere; Giovanni Michelucci nostro collega.

Di fronte a questa realtà che sta per concretizzarsi, occorre ancora soffermare la nostra attenzione sul significato che ha, in particolare per noi, l'espressione di grande apprezzamento che intendiamo manifestare per quello che Michelucci ha dato per lo sviluppo dell'Ingegneria. La nostra Facoltà, collocandosi proprio all'intersezione fra l'ambiente dell'Ateneo fiorentino e quello dell'Ingegneria italiana, si è voluta fare interprete di un'attestazione di grande apprezzamento che, al di là di ogni aspetto di dettaglio, questi ambienti debbono alla figura e all'opera di questo giovane Uomo antico.

Nel voler porre in luce la qualità e l'importanza dell'azione formativa svolta da Michelucci, in qualità di docente, verso il mondo degli Ingegneri, ho la gioia di poter tornare a rievocare le particolari suggestioni di alcuni ricordi lontani.

Non posso dimenticare infatti la misteriosa carica di entusiasmo e di impegno morale che mi provocò, molti anni or sono, da studente, il primo incontro con Michelucci in un'aula della Facoltà bolognese. Fu

un'occasione nella quale sentii giungere direttamente alla mia persona, così come a quella degli altri compagni di studio, un'alta esortazione.

Dopo anni durante i quali, con il loro fulgido esempio grandi Maestri quali Sansone, Sestini, Supino, Evangelisti, Pezzati e, seppur indirettamente, Belluzzi, prematuramente scomparso, ci avevano mostrato la nobiltà e l'elevatezza della loro umana azione ed elaborazione di pensiero, gli obiettivi che Michelucci andava indicando arricchivano di nuovi significati il nostro futuro di costruttori.

La necessità di un continuo guardare la complessa realtà circostante per coglierne l'infinita gamma di relazioni, l'impegno che ci vedesse coinvolti e coinvolgenti ad un'azione corale, mobilitando le nostre ed altrui capacità, nello sforzo di pervenire ad un rispettoso soddisfacimento delle esigenze che una comunità umana esprimeva, queste ed altre erano le linee direttrici secondo le quali dovevamo orientare la nostra azione di tecnici, di uomini. L'entusiasmo con il quale noi e molte altre generazioni di architetti ed ingegneri accoglievamo l'esposizione delle riflessioni di Michelucci l'ho visto meravigliosamente riprodursi anche in occasione di incontri avvenuti circa un anno fa [prima del 1981, ndr] sia qui che nella Facoltà di Bologna, a conferma dell'attualità e vivezza che mantiene verso le nuove generazioni il pensiero di quest'uomo che affettuosamente alcuno ha definito una lezione vivente. Oltre il grande apprezzamento che occorre esprimere per l'azione didattica direttamente svolta da molto tempo, occorre soffermarsi sulla portata che i suoi scritti hanno e continueranno ad avere anche per una corretta evoluzione del mondo della Tecnica.

Michelucci, avvicinandosi anni or sono alle scuole di Ingegneria, si pose senza dubbio l'obiettivo di analizzare le implicazioni che ha in tali ambienti l'impostazione razionale data ai problemi e si mostrò quindi interessato ad affrontare la complessa problematica della non soddisfacente dicotomia fra impostazione tecnico-scientifica e impostazione artistica nel costruire. Sorpreso, come egli scriveva, «dal silenzio in cui si svolge la stupenda attività di questi uomini scienziati e tecnici», arricchito da questa esperienza, entra direttamente nel vivo del dibattito presente nel suo nuovo ambiente culturale, esercitando una precisa ed incalzante azione di chiarimento e di stimolo.

La conoscenza dell'opera e del pensiero di E. Freyssinet hanno un rilievo del tutto particolare in Michelucci. Da questa e da altre fonti egli perviene a cogliere ancor più dall'interno la necessità di agire per favorire l'affermazione piena ed autonoma, superando remore filosofiche, di una cultura tecnica, come patrimonio di elaborazioni intellettuali e di azioni umane. Freyssinet, *ancien eleve de l'Ecole Polytechnique*, grande costruttore, in polemica contro pericolose tendenze che portano l'ingegnere verso un'errata valutazione dello strumento matematico, riafferma la fondamentale importanza «della percezione diretta dei fatti e dell'intuizione, nelle quali vi è l'espressione e il riassunto di tutte le esperienze accumulate dalla vita degli uomini».

L'impressione di Michelucci è enorme; egli riconosce in quest'uomo, la cui preparazione ha origini totalmente diverse. un suo simile. Essi si ritrovano accanto nell'atto di dare concretezza alle loro idee, pur essendovi giunti per sentieri completamente diversi, ma mossi dagli stessi imperativi morali.

Rafforzati quindi i suoi convincimenti, vediamo Michelucci esplicitare l'azione di chiarimento prima ricordata. Per un verso egli addita al più ampio mondo culturale (che ben conosce) la piena validità, anche sul piano della forma, delle opere che l'Ingegneria va realizzando in ogni parte del mondo; per l'altro, mentre accredita culturalmente l'opera creativa dell'Ingegnere, la impone come dovere culturale a uomini che devono impegnarsi a realizzare una piena espressione del proprio tempo. Egli infatti ci ripete:

Vi sono per nostra fortuna uomini ricchi di intuito e padroni della tecnica, i quali realizzano, per il bene materiale e spirituale di una società, delle opere di ingegneria che sono fra le opere d'arte più significative del nostro tempo.

È fin troppo chiaro il monito che, quale pressante esortazione, giunge al nostro mondo: operare nel senso di una ritrovata origine culturale e quindi di una continuità storica. In Michelucci è scontato il riferimento a opere che vivono a pochi passi da noi, meravigliose sintesi fra un approfondito sapere e un'ardita intuizione, ma tutta la storia dell'uomo è punteggiata da esaltanti conferme di queste mete raggiunte dalla cultura tecnica. Basti per tutte ricordare – come Michelucci stesso fa – la straordinaria epopea dei grandi costruttori metallici dell'Ottocento, con i loro stupefacenti e rivoluzionari ponti e le loro fantastiche costruzioni per grandi esposizioni.



Panoramica della sala durante la cerimonia per la laurea *honoris causa* al prof. Michelucci [dal «Notiziario di Ateneo», maggio-giugno 1981, p.26].

Anche quest'ultimo riferimento non è casuale in Michelucci, in quanto in dette vicende costruttive egli ravvisa il segno di un'importante innovazione con precisi riflessi sul piano del linguaggio architettonico e intuisce il significativo apporto al più ampio dibattito fra la Scienza e la Tecnica. Infatti, come è stato anche recentemente osservato, verso la metà dell'Ottocento, proprio nel campo delle costruzioni metalliche più decisivi ed importanti furono i progressi ottenuti dai geniali e dinamici ingegneri inglesi che non quelli conseguiti in Francia, alla quale pur spettava un primato scientifico nel campo delle costruzioni.

Sono i problemi che Michelucci nel periodo bolognese avverte: da un lato le conseguenze di una eccessiva 'matematicizzazione' dei problemi costruttivi, dall'altra l'esistenza di vasti ambienti culturali accreditanti una visione forse eccessivamente artistica del costruire, hanno troppo spesso spinto l'ingegnere in una collocazione passiva (il gelido calcolatore) al riparo degli eventi dietro alle sue formule e ai suoi schemi. Michelucci avverte tutto questo e ancora oggi, mentre definisce fiabesche le forme dei tralicci degli elettrodi, ci chiama a più alti compiti rivolti alla città dell'uomo: ci chiede infatti se «dentro la città non siano state adattate strutture create più per misurarsi con la natura che per risolvere i problemi della gente».

Avvertita quindi l'esigenza di un miglior raccordo fra un più consapevole mondo tecnico, scientificamente impostato, e i problemi della città, Michelucci ci ha dato la sua più intensa e attuale indicazione etica circa la via da seguire, come ingegneri, attraverso la definizione del concetto di 'cantiere'. Il continuo riferimento, in una visione che si potrebbe chiamare artigianale, alla necessità di impostare gli interventi dell'uomo sul suo ambiente secondo un metodo che veda il più alto grado di coinvolgimento di competenze, trova appunto il suo momento di metaforica attuazione nel 'cantiere'. In una esemplificazione tutta particolare di questi concetti Michelucci prende le mosse dalle sue personali esperienze di costruttore che cerca, stimola e accoglie i contributi che i vari operatori portano, nel suo cantiere, per il compimento di un'opera che, nelle sue linee generali, egli ha ideato.

Per chi conosce, come noi ingegneri, e ha vissuto la complessa serie di operazioni che si susseguono nella realizzazione di una costruzione e di questo fatto sente l'imperativo spirituale di esaltarne gli aspetti etici, propria per il doveroso umano rispetto dei suoi simili. sa che nel 'cantiere' episodi simili a quelli frequentemente ricordati da Michelucci sono una positiva realtà; solo l'ignoranza di queste emozioni può confondere tali riferimenti con atteggiamenti evasivi. Ma l'esaltazione del 'cantiere' dove la 'coralità' della consapevole partecipazione è ancora possibile e si pongono le premesse per la 'variabilità' dell'opera come oggetto di futura umana fruizione, trascende, come Michelucci stesso avverte, il pur reale e confortante aspetto contingente per acquistare le caratteristiche di un profondo ammonimento.

Dilatiamo il campo di questa ‘antica fabbrica’ a quello dei più svariati settori in cui l’ingegnere, costruttore della prodigiosa evoluzione tecnologica della nostra società. e ci accorgeremo che sul patrimonio culturale costruito dalla Tecnica sovrastano ombre fra le quali spicca il grave pericolo dell’automazione; automazione intesa non come prospettiva di affrancamento dell’uomo dalla fatica, ma come strumento di asservimento e quindi in altri, seppur contraddittori termini, il pericolo dell’automazione dell’intelligenza.

Questo messaggio ci tocca da vicino per due ordini di motivi: sia perché siamo ingegneri, sia perché siamo insegnanti e ci dobbiamo sentire impegnati, come da alcuno è stato affermato, a cancellare l’informazione tecnologica svuotata di pensiero che confina l’uomo in miserevoli presunzioni, rendendolo incapace di un colloquio; occorre tutelare l’uomo dall’inviluppo di azioni che egli continuamente e inconsapevolmente possa compiere alla stregua di un automa.

Il ‘cantiere’ di Michelucci è il nostro ‘cantiere’, è il sicuro punto di riferimento che ci può mettere a riparo da questi pericoli. Ma al di là della ricchezza e varietà delle indicazioni ed esortazioni che Michelucci ci invia, continuando la sua alta missione di Docente, secondo una esposizione che ha l’apparente non sistematicità delle impressioni che un osservata prova alla vista di un vasto e complesso edificio nel quale si trova a muoversi, al di là di tutto questo, come dicevo – e vorrei aggiungere al di sopra di tutto questo – vi sono le realizzazioni che concretamente testimoniano le misteriose e complesse elaborazioni mentali di un uomo costruttore.

Non intendo qui attardarmi né in una elencazione di opere e né, tanto meno, in un esame dettagliato di alcune realizzazioni, bensì soffermarmi su certi particolari aspetti di alcune di esse che più esplicitamente acquistano per noi un particolare significato emblematico che travalica la loro indubbia importanza architettonica. Intendo riferirmi alle chiese, dell’Autostrada, di S. Marino e di Longarone.

Michelucci ha cominciato a progettarle intorno al 1960, al termine del periodo di insegnamento ufficiale nell’Ateneo bolognese; è invece del 1933 il progetto redatto, insieme agli altri componenti del Gruppo Toscano, per il concorso di progettazione della Stazione di S. Maria Novella. Mentre nella Stazione di Firenze si riconosce una matrice razionalista (anche se alcuno vi ravvisa già i germi dell’espressionismo ‘michelucciano’), quest’ultimo è facilmente leggibile nelle chiese che ho prima ricordato. La tenda, la piazza, i percorsi, oggi la barca: questi sono i temi che l’ideazione di Michelucci elabora e porta a compimento ricorrendo a concezioni strutturali che, pur muovendo ancora da suggestioni naturalistiche (l’albero, ad esempio), usano tuttavia – come è stato detto – la natura come metafora.

In sostanza Michelucci, dopo l’esperienza vissuta, inserito nel mondo tecnico-scientifico di una Facoltà di Ingegneria, porta a compimento nelle forme più alte e, direi, radicali, la sua evoluzione della visione architettonica.

Certo molte altre sono le motivazioni di ordine spirituale che sovrintendono a questi decisivi passi verso la realizzazione di opere che resteranno nella Storia delle costruzioni, ma – come ho detto – sono altri aspetti che in questa sede hanno, a mio avviso, una rilevante importanza.

Michelucci ha compreso che l’impostazione scientifica di un problema costruttivo è certamente la via che porta verso un progresso di conoscenza, ma ha altresì chiaro, nella visione degli antichi, che coloro che intendono operare non devono subordinare le proprie ideazioni a certi vincoli di rigorosa conoscenza. La conseguenza è il coinvolgimento di molte competenze in grado di affrontare, fuori dalle tradizionali, note e tranquillizzanti schematizzazioni, i problemi che una concezione libera dello spazio comporta. La grande sfida della fantastica elaborazione dello spazio che Michelucci, dotato dell’intuizione costruttiva dei veri progettisti, ha lanciato, non sempre forse è stata raccolta, ma certo non si può disconoscere l’emozione che si prova nell’osservare la meravigliosa sintesi degli elementi costruttivi tradizionali in un tutto unico. Le pareti, i pilastri, le travi, le coperture diventano parti indefinibili ed inscindibili del tutto; non è possibile descrivere compiutamente l’organismo architettonico senza nel contempo portare a completa descrizione quella che normalmente si indica come struttura portante; tutto è fuso in un mirabile intreccio di relazioni governate dall’equilibrio generale di una visione consapevole dell’uomo.

In tal modo Michelucci, riconosciuto Freyssinet suo simile, fatto tesoro dell’osmosi di pensiero realizzatasi a Bologna, mostrandosi quindi anche vero ingegnere, costringe – allora come ora – tutti noi ad intervenire nel suo cantiere, quello dell’intera città dell’uomo, con l’imperativo di operare ricchi sì del patrimonio di pensiero che la cultura tecnico-scientifica ci ha fornito, ma fuori da schematismi, attenti a non confondere il progettare con il calcolare, e quindi con l’atteggiamento sempre innovativo e rivoluzionario di chi, nella

sfida contro i condizionamenti della natura, tende a far prevalere il primato della fama scaturita dall'idea dell'uomo per la creazione dello spazio idoneo al soddisfacimento delle esigenze di vita dell'uomo.

Ho terminato, e nel dire grazie a Michelucci per ciò che ci ha dato, siamo lieti, da ingegneri, di poterlo salutare in futuro come giovane, antico maestro e collega.

*Lectio magistralis di Giovanni Michelucci (appunti manoscritti su cui si è basata la lezione, per concessione della Fondazione Giovanni Michelucci, Fiesole)*

Per la laurea in ingegneria.

Questo di oggi è un giorno particolare della mia vita. Un avvenimento inatteso e molto gradito: per il suo significato e per le antiche conoscenze che ho la felicità di ritrovare, per quelle che mi consente di stabilire con nuovi amici in un ambiente in cui il linguaggio che vi si parla conforta il mio desiderio di sapere qualcosa di più di quel poco che so. Un grande giorno ed un avvenimento che lasciano una traccia non superficiale nel mio animo.

Le parole che potrei dirvi, i ringraziamenti di prammatica che potrei esprimervi non darebbero una misura adeguata della riconoscenza che ho per chi si è adoperato perché questo avvenimento si verificasse.



Un momento della cerimonia per la laurea *honoris causa* al prof. Giovanni Michelucci, che si riconosce a sinistra accanto al Rettore Franco Scaramuzzi. Sullo sfondo gli studenti che sostengono il labaro dell'Università [dal «Notiziario di Ateneo», maggio-giugno 1981, p. 25].

Vorrei togliere a queste mie parole, a questi ringraziamenti ogni sospetto di ritualità e posso farlo, spero, perché la mia commozione è profonda e sincera una commozione che mi consente anche di annullare le distanze temporali e mi riavvicina ad un'epoca che consideravo perduta nella mia memoria. Non la memoria che vuole riconquistare le cose, gli avvenimenti, le immagini, le fisionomie stesse di chi viveva un tempo tanti e tanti anni fa quali furono, ma la memoria trasfigurata dagli avvenimenti della vita vissuta, che stende sopra la realtà una infinita gamma di sensazioni, di più recenti ricordi, di cose sognate o sperate, di momenti di felicità e di dolore per cui quella memoria acquista il senso della fiaba. È la memoria cioè di chi ha vissuto intensamente e porta in sé il limo talora formativo, talaltra sconvolgente che la vita vi ha depositato.

Una fiaba dunque dove la logica del non senso diventa l'unica possibilità così che vengono spontanee le domande su come possa essere avvenuto tutto questo quali circostanze, quale vento le ha orientate a levante o piuttosto a ponente. Io che avevo le mie radici umane e culturali in un terreno solido come la roccia, come ho potuto distaccarmene?

In questo momento riesco a dare un significato a circostanze e a fatti della mia vita che spesso mi sono parsi non come appartenenti alla stessa persona.

Eppure oggi mi appare chiarissima la relazione esistente fra un ragazzino, quale ero io, attento a veder battere il ferro nell'officina del nonno, ed un uomo ormai novantenne, cui viene oggi conferita la laurea in ingegneria.

Quest'uomo ha conservato, del ragazzino di un tempo nell'officina del nonno, una curiosità che, malgrado l'età avanzata, è ancora viva per tutto ciò che nasce e muore, per quello che la mente umana inventa, scopre e produce per servire la vita degli uomini. È questo il senso unitario che voglio dare agli eventi discordi della mia esistenza ed anche a questa laurea in ingegneria. Questa laurea mi ricorda di essere stato per tutta la vita uno studente, un apprendista, appunto.

Se c'è una morale nella favola della mia vita, è questa: sono un autodidatta ed ogni mia esperienza l'ho filtrata attraverso l'esperienza del cantiere. Il cantiere per me è la capacità di unificare in una costruzione elementi eterogenei in cui è difficile discernere ciò che è nuovo da ciò che è sedimentato da una lunga tradizione: l'intuizione dal metodo. Il cantiere è la fiaba della città che nasce.

Cerco di spiegarmi ora perché, quando ero studente alla scuola d'arte, mi risultava difficile studiare e disegnare gli stili architettonici. Ero colto da una ripulsa immediata perché nulla mi parlava della vita. Ero attratto invece dagli oggetti domestici di uso agricolo, perché riuscivo a ricostruire da quei poveri utensili indispensabili alla fatica dell'uomo un intreccio di relazioni sociali, in piccola scala, mi consentivano di analizzare tutta la serie delle concessioni spaziali che uniscono l'uomo alla natura, la natura alla casa colonica, all'aia come spazio di interazione naturale-sociale, come primo elemento di città. Ecco mi veniva di pensare: da qui è nato tutto, dalla casa di Ulisse che costruisce il talamo dal tronco di ulivo, alla polis greca. Ciò che gli stili architettonici mi nascondevano risultava chiarissimo da queste umilissime, povere cose.

Così maturò in me il senso dello spazio architettonico come problema di relazioni non solo tra volumi, ma anche tra epoche e civiltà diverse, tra ricordi del passato e presente immediato. Lo spazio è tutto ciò che uno si porta dietro: uno non ricorda più il bosco, ma d'un tratto riappare, come metro di conoscenza, quando visita una metropoli di cui gli sfuggono i punti di riferimento. Non sono necessari gli edifici a definire gli spazi, è sufficiente la presenza di un ambiente sociale vivo a crearli o a ricercarli.

Nei primi del '900 gli immigrati napoletani, in America o in Australia ricostruivano, ad esempio, in poco tempo il clima del 'vicolo' sui ponti delle navi che li trasportavano in quei lontani paesi. Nessun tecnico, nessun gruppo di esperti, è capace oggi di ricordare ai quartieri delle periferie urbane quel minimo di vitalità che gli immigrati riuscivano a ricostruire nelle condizioni più disagiate.

È un punto su cui riflettere, non per rimpiangere un passato, per altro di miseria e di oppressione, ma per cercare un punto di approccio diverso ai problemi della città: perché la scienza del costruire possa ritrovare un metodo efficace di intervento: l'umiltà, la fantasia e il rigore dei grandi pionieri.

Sotto questo punto di vista dobbiamo renderci conto che architettura e ingegneria devono riannodare un cammino da troppo tempo interrotto. Ingegneria e architettura sono diventate progressivamente due discipline separate ed è difficile, imbarazzante, tracciare nel tempo una storia del loro rapporto reciproco, perché, rispetto al miracolo delle grandi cattedrali gotiche e della cupola del Brunelleschi, dove la tecnica del costruire si identificava immediatamente con il risultato espressivo, è la storia di un rapporto di frustrazioni continue. Ogni tanto si è riaperto qualche squarcio nella rigida distinzione dei loro rispettivi ruoli, che ha ridato adito alla speranza, ma poi si è richiuso troppo presto perché quel rapporto di interdisciplinarietà desse frutti duraturi.

È difficile, ad esempio, dire negli ultimi tempi, quale delle due discipline abbia funzionato storicamente rispetto all'altra, come rottura di un certo linguaggio tradizionale. Spesso è stata l'ingegneria a funzionare come elemento di innovazione. I nuovi spazi dell'architettura sono in gran parte nati alla fine dell'800, dall'attività degli ingegneri che crearono nuove strutture, sperimentarono nuovi materiali, il ferro, il cemento, misurandosi, con ammirevole impegno creativo, con forze della natura quali il vento, il peso, la distanza, l'altezza. Queste nuove strutture sono diventate poi, attraverso un articolato processo di mediazione estetica e di adeguamento alla funzionalità industriale, le forme peculiari del linguaggio architettonico del nostro tempo. Resta una rivoluzione fondamentale delle cui premesse forse non abbiamo sino in fondo sfruttato e

[pagina mancante, ndr]

urbano, le due professioni rischiano di riprendere ciascuna la propria strada e già, purtroppo, nella crisi del movimento razionalista, si avvertono tutte le conseguenze negative che questa deleteria circostanza si porterebbe dietro: una regressione a nuove forme di accademismo, in architettura, il ritorno ad un tecnicismo privo

di espressività, in ingegneria, perché si ha un bel predisporre ideogrammi di città se al nostro pensiero non è chiaro ciò che vuol dire vivere la città o la casa, per adeguare le forme architettoniche a quel pensiero e cioè agli uomini ed alle loro necessità di vivere la vita del corpo e dello spirito, in qualche momento ed in qualunque luogo: nella scuola e nell'ospedale, nel teatro: sia quando la sofferenza impedisce di sognare o quando l'allegrezza, la serenità permettono e richiedono il gioco.

Qualcuno obietterà che su questa base, da me indicata, saremo ormai al di fuori dell'ambito scientifico o, per lo meno, che mi sarei spostato dal contesto delle scienze sociali dove la crisi di orientamenti di ricerca è totale. Ma già Freyssinet (il grande artefice del ponte di Esbly) ci aveva ammonito a non considerare il mondo della natura separato da quello dell'uomo. Aveva già posto il rapporto uomo-natura come un dato etico-scientifico assai problematico, un equilibrio cioè tra le nostre decisioni ed i mezzi per realizzarle.

Spesso sono stato accusato di sottovalutare il ruolo dei tecnici, rispetto all'iniziativa dei cittadini. A parere mio invece dei professionisti che cercano di adeguare in continuazione i ritrovati messi a disposizione della tecnologia trasformandoli, inventandone di nuovi con caratteristiche polivalenti, sempre più rispondenti alle richieste delle comunità per cui lavorano, dovrebbero sentirsi esaltati nelle proprie capacità espressive e scientifiche, rispetto alla figura tradizionale del tecnico che applica reticoli urbanistici perennemente identici, rispondenti a criteri di razionalità sempre più rigidi e discutibili. Gli spazi nuovi, le nuove invenzioni, possono solo nascere, da questo tipo di tensione ideale, ai limiti della lacerazione, tra scienziati, tecnici di ogni tipo, ingegneri, architetti capaci di rimettere ogni momento di discussione le certezze del proprio metodo di lavoro di fronte alle esigenze che la realtà sociale impone loro.

Non si può ad esempio non tenere conto che l'attività e la vita delle persone si muove su circuiti e relazioni spaziali nuove che noi non riusciamo ancora a concretizzare in strutture organicamente coerenti a queste profonde modifiche di abitudini. Io stesso che ricordo il mondo contadino della mia giovinezza con tanta tenerezza, se dovessi progettare qualcosa in una zona agricola, cercherei il più possibile di dimenticare, almeno in un primo momento, i ricordi struggenti del mio passato, perché essi sicuramente mi sarebbero di impedimento a capire il nuovo mondo contadino. Oggi, cioè, non si può più partire, come facevo da studente, dalla vanga, dalla falce, dagli strumenti di lavoro più modesti per arrivare alle relazioni umane e quindi alla città. I nuovi lavoratori agricoli ad esempio, se vogliono vivere dei prodotti della campagna, devono conoscere oltre e assai meglio dell'arte del dissodamento e della concimazione dei terreni, tutte le intricate leggi che regolano le sovvenzioni statali, i contratti di affitto, i contributi familiari, le pensioni di invalidità.

Di queste nuove esigenze cercherei di farmi subito partecipe, magari con l'angoscia di sapere di non essere da solo capace di risolverle. Tenterei in qualche modo di affrontare il problema più spinoso che angustia realmente la vita dell'uomo contemporaneo nelle campagne e, soprattutto, nelle città: la progressiva perdita di valori creativi e associativi nel mondo del lavoro. Oggi la gente è costretta a passare la maggior parte del proprio tempo in quegli insopportabili, anonimi, gelidi ambienti fisici e mentali che si chiamano banche, uffici postali, esattorie, tutti i vari enti burocratici-amministrativi che regolano e scandiscono la vita dei cittadini. Da questi moderni 'lager' si dovrebbe partire, a parere mio, per cercare di trasformarli in nuove 'agorà', naturali punti di incontro dove discutere gli interessi comuni, dove imparare a risolvere insieme gli intricati labirinti della contabilità quotidiana, per ridare un senso alla propria esistenza, e quindi alla città.

È utopia, fiaba?

Non lo so. Per me è l'unico metodo, magari una dimostrazione per assurdo, per cercare di conoscere lo spazio dell'uomo come è e come potrebbe essere. Lo spazio è infatti al limite della conoscenza, perché sfugge a qualsiasi tipo di simbolizzazione propria del dato matematico: o è riferito a qualcosa di totalmente vuoto entro cui si inserisce l'universo possibile degli uomini e degli oggetti; o a qualche cosa di immediatamente percepibile in quel dato momento, ma difficilmente generalizzabile e riferibile ad altra situazione.

Proprio quando viviamo e siamo partecipi, in qualche modo, della elaborazione di un nuovo spazio, ci rendiamo conto di quanto, per la definizione di questo concetto, risulti poco attendibile la distinzione rigida dei termini intuizione e metodo. Ambedue vengono accettati senza troppe discussioni nei loro rispettivi e tradizionali ambiti di competenza: l'intuizione riferita all'attività artistica, il metodo alla scienza, ma quando le reciproche competenze vengono scambiate, ecco che anche i punti di riferimento cominciano a traballare. È difficile, ad esempio, individuare la componente intuitiva in un modello scientifico ed alcuni elementi di metodo nel momento artistico.

È mia impressione che, nella circoscrizione di uno spazio architettonico accada proprio questo: che ci siano cioè necessarie contemporaneamente tutte le nostre Facoltà intuitive e analitiche, espressive e scientifiche e che dobbiamo farle interagire. Ogni concezione teorica ci consente di diminuire l'arbitrio nella descrizione di complesso di dati empirici, ci consentirà una prima sintesi delle loro reciproche relazioni nello spazio. Non ci sarà soluzione se non quando il metodo porrà la realtà nuova da studiare in relazione con altri spazi e altri ambienti già in precedenza costruiti. Ma qualcosa dello smarrimento iniziale che richiede soluzioni nuove deve restare impresso il più a lungo possibile nella mente. Anzi, quasi sempre, si protrae oltre la conclusione dell'opera, si trasforma in delusione per i risultati raggiunti.

Eppure uno spazio che esprime un contenuto; una struttura che tiene questo spazio, una forma che scaturisce da questa realtà, senza nulla di gratuito, dovrebbe arrecare al costruttore la pacata soddisfazione dell'esperimento riuscito, del risultato acquisito. Ma la delusione resta. Forse perché lo sforzo di comprensione di una situazione ambientale, in cui sono messi in connessione spazi naturali e situazioni sociali comporta sempre uno sforzo esistenziale, un impegno di attività mentali che non sempre si ritrovano poi tutte al momento della sottomissione di questi primi dati intuitivi dentro il metodo rigoroso della progettazione.

Qualcosa inevitabilmente resta fuori. Ed è proprio questo qualcosa restato fuori che si riaffaccia ineluttabilmente alla nostra mente per ricordarci i limiti dei risultati sin'ora raggiunti. Ciò che non si è potuto fare diventa allora l'unica cosa che si sarebbe voluto fare. Cominciamo a domandarci se il difetto di irrealizzabilità era di natura tecnica o espressiva. Può darsi cioè che lo spazio, la struttura evocata e non realizzata meritasse di abortire perché priva di coerenza interna, ricca magari di suggestioni immaginative, ma non di una robusta fantasia capace di misurarsi con il mondo reale. Può darsi anche però che si trattasse di una traccia, sia pur vaga, di un aspetto della natura ancora nascosto che, per essere messo in luce, avesse bisogno di una nuova scienza, una nuova tecnica.



La stazione di Santa Maria Novella a Firenze all'inizio degli anni '50. Opera dell'architetto Giovanni Michelucci, fu inaugurata nel 1935. [Collezione Giannini].

Scienza e tecnica traggono la loro origine dalla natura, sono ad essa debitrice del loro stesso essere. Ad un certo momento sembrano distaccarsene, procedere autonomamente. Così sembra. Ma in realtà esse sono nutrite della natura in modo da comprenderne la struttura, anche quando han dovuto sezionarla, farla morire per conoscere ciò che di essa è nascosto, la sua vera essenza, i suoi legami con l'universo appartenente più inavvicinabile; per poter poi servirsi di ciò che da essa hanno appreso e poterle restituire, sotto la forma più appropriata, le risorse dei risultati acquisiti. Così scienza e tecnica intervengono in aiuto di ogni essere vivente e della terra stessa che tende ad esaurirsi per il cattivo uso che se ne fa. Si creano così ritrovati e strumenti che possono rinnovarla.



È da queste considerazioni che, ad un certo punto della mia vita, mi sono avvicinato alla scienza ed alla tecnica per cercare di dare un senso nuovo a quello che venivo costruendo. Da quel momento non più la bellezza del paesaggio, dei tramonti, delle albe, degli spettacoli in genere della natura hanno interessato intellettualmente e soddisfatto il mio occhio ed il mio spirito, ma più la causa, i collegamenti tra fenomeno e fenomeno naturale, la ricerca scientifica, la applicazione tecnica e la loro rispondenza alle esigenze umane più profonde.

È leggendo, tra tante altre cose, le pagine di Galileo «sopra il chiarore della luna, che ho provato la grande commozione di rendermi conto di ciò che avviene nell'universo è senza soluzione di continuità». Quelle pagine rappresentarono per me la rottura definitiva del concetto di limite e l'addentrarsi in ciò che si definisce infinito, che è lo spazio appropriato delle esigenze dello spirito, al di là di ogni male inteso concetto di spiritualismo.

### *Breve biografia di Giovanni Michelucci*

Giovanni Michelucci [Pistoia, 2 gennaio 1891 – Firenze, 31 dicembre 1990] è stato un architetto, urbanista e incisore italiano. Fu uno dei maggiori architetti italiani del XX secolo, celebre per aver progettato ad esempio la stazione di Firenze Santa Maria Novella e la chiesa dell'Autostrada del Sole.

Conseguito nel 1911 il diploma all'Istituto Superiore di Architettura dell'Università di Firenze, dal 1928 al 1936 Giovanni Michelucci ricoprì l'incarico per l'architettura degli interni, l'arredamento e la decorazione presso lo stesso istituto. Nel 1936 ottenne la nomina a professore straordinario, presso la giovane Facoltà di Architettura di Firenze, costituita l'anno precedente, e nel 1938 divenne professore ordinario.

Dal 1944 al 1948, Michelucci è stato Preside della Facoltà, fino al momento in cui lasciò l'Ateneo fiorentino per ricoprire la cattedra di Composizione architettonica presso la Facoltà d'Ingegneria di Bologna, dove è rimasto fino alla conclusione della sua carriera di docente.

Nel 1967 è stato nominato professore emerito della Facoltà d'Ingegneria di Bologna.



La chiesa di San Giovanni Battista, alle porte di Firenze, è chiamata anche chiesa dell'Autostrada del Sole per la sua collocazione all'incrocio fra l'Autostrada del Sole e la A11 Firenze-Mare. L'incarico per la realizzazione della chiesa di San Giovanni Battista viene affidato a Giovanni Michelucci nel settembre del 1960.



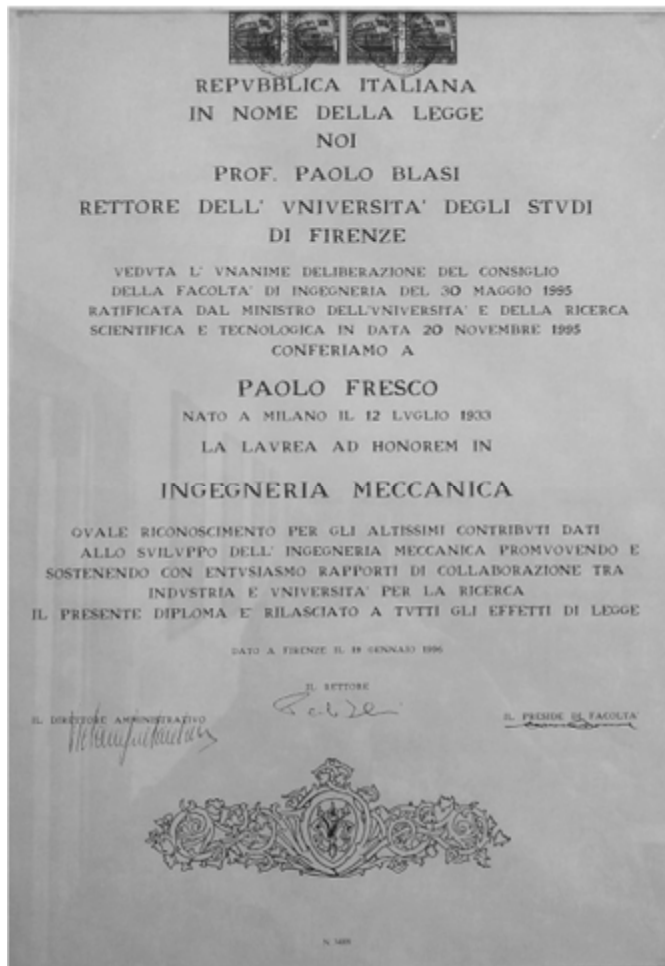
## 1996: PAOLO FRESCO – LAUREA IN INGEGNERIA MECCANICA

Paolo Fresco ha ricevuto la laurea *honoris causa* in Ingegneria Meccanica dalla Facoltà di Ingegneria dell'Università di Firenze il 19 gennaio 1996 «quale riconoscimento per gli altissimi contributi dati allo sviluppo dell'Ingegneria Meccanica promuovendo e sostenendo con entusiasmo rapporti di collaborazione tra industria e università per la ricerca».

*Lectio magistralis di Paolo Fresco – Tecnologia e globalizzazione: implicazioni per l'impresa del futuro*

Magnifico Rettore, autorità dello Stato, chiarissimi professori, signore e signori.

È per me motivo di orgoglio e soddisfazione trovarmi questa sera in questo illustre Ateneo al fine di ricevere un riconoscimento che, anche se senz'altro immeritato da un punto di vista scientifico, mi lusingo di considerare come il coronamento di una vita di lavoro interamente dedicata all'impresa industriale di alta tecnologia. Ringrazio sentitamente il Rettore Blasi e il Preside Carnevale per le espressioni che hanno voluto riservarmi nei loro discorsi e sono onorato che il mio nome sia ora associato a quello di insigni studiosi quali Giovanni Sansone, Nello Carrara e Giovanni Michelucci che prima di me hanno ricevuto da questa Facoltà di Ingegneria una laurea *honoris causa*. Ringrazio anche i numerosi ospiti che con la loro presenza in quest'aula mi fanno un così grande piacere e tributo.



La laurea *honoris causa* a Paolo Fresco in Ingegneria Meccanica conferita dal Rettore dell'Università di Firenze Paolo Blasi.

Come ho prima accennato, la mia vita di lavoro è stata interamente dedicata all'impresa tecnologica, e mi ritengo fortunato di aver operato nella società fondata alla fine dello scorso secolo dallo scienziato Thomas Edison: una società che con le sue continue innovazioni tecnologiche ha giocato un ruolo primario nel modificare lo stile di vita di una gran parte dell'umanità. Qualche giorno fa, il 2 gennaio, il nostro Presidente Jack Welch è stato invitato a suonare la campana di chiusura delle contrattazioni nel centesimo anniversario di Wall Street: un onore in questa occasione riservato alla General Electric, quale unica società sopravvissuta nel novero delle imprese che facevano parte del famoso Dow Jones index di cento anni fa.

La General Electric non solo è sopravvissuta, ma è oggi la più grande azienda di Wall Street (e la seconda nel mondo) per capitalizzazione di mercato e per utili netti. La costante ricerca del nuovo prima che il vecchio divenisse obsoleto, del rinnovo nel bel mezzo del successo, senza bisogno di crisi, è forse il segreto principale di questa sopravvivenza ai vertici; ma sicuramente la leadership tecnologica e la globalizzazione dell'impresa sono stati gli elementi trainanti degli ultimi anni. Gli stretti rapporti ed interdipendenze fra tecnologia e globalizzazione, e le trasformazioni che ne derivano e deriveranno in campo imprenditoriale, macro economico ed educativo, sono l'argomento cui intendo dedicare le mie osservazioni.



L'ingresso della General Electric Gas & Oil a Firenze.

Non vi è dubbio che la tecnologia è la principale causa per cui il mondo appare oggi così drammaticamente ridimensionato rispetto a quello che appariva solo alcuni lustri or sono. L'evoluzione dei trasporti, e ancor più delle telecomunicazioni e, più recentemente, delle tecnologie informatiche, ha trasformato il nostro pianeta in un 'villaggio globale' dove niente può avvenire senza che l'intera comunità ne sia informata in tempo reale. Se pensiamo quanto vicini siano i tempi (e, nel nostro caso, i luoghi) in cui Guglielmo Marconi cominciò i suoi esperimenti sulle onde radio, primo passo per la trasmissione a distanza delle informazioni, non possiamo che restare attoniti di fronte alla accelerazione geometrica del progresso in questo campo, che ha trasformato il nostro pianeta in un villaggio in cui l'individuo può comunicare ed interagire con altri individui nelle più remote parti del mondo come se fossero nella stessa stanza. Si pensi ad esempio all'esplosione imminente dei servizi interattivi, che consentono all'utente di personalizzare scelta, momento, durata, e tipologia dell'accesso all'informazione. Ed è dei giorni scorsi l'annuncio di reti televisive che si alleano all'industria informatica (è il caso del recente accordo NBC/Microsoft) per creare un servizio di informazioni e cronache televisive online totalmente personalizzato.

Recentemente, alla GE abbiamo vissuto una esperienza che illustra e conferma questa miracolosa evoluzione. Qualche giorno fa, un ospedale della costa occidentale degli Stati Uniti riceveva alle 2 di notte un paziente che aveva subito gravi traumi interni e che necessitava di un'urgente tomografia a risonanza magnetica. Purtroppo l'apparecchiatura diagnostica non era funzionante e si prospettava così un trasferimento del paziente ad un altro ospedale con conseguenza di ritardo di intervento e pericolo di vita. Fortunatamente,

le apparecchiature diagnostiche del particolare ospedale fanno parte di un *network* a livello mondiale; una rete di apparecchiature collegate in tempo reale con tre centri di servizio, a Milwaukee (negli Stati Uniti), a Parigi e Tokyo, con ciò assicurando un presidio continuo. Il medico di turno ha potuto pertanto collegarsi con un tecnico di stanza a Parigi che alle 11 del mattino europeo ha tele-esaminato le apparecchiature, ha identificato il guasto e ha dato istruzioni per la riparazione. Nel tempo di 15 minuti il paziente ha potuto essere sottoposto a diagnosi e successivo intervento.

Nell'esempio citato si può vedere come la tecnologia ha agito come un potente motore per la globalizzazione dell'impresa. A sua volta la globalizzazione dell'impresa agisce come un potente motore per l'ulteriore sviluppo della tecnologia, e così di seguito. Il progresso tecnologico si espande con la stessa rapidità con cui il mondo si contrae e questo 'circolo virtuoso' crea una continua accelerazione di entrambi i fenomeni. Ad esempio, e sempre rimanendo nel contesto delle apparecchiature medicali, il centro di Milwaukee è stato dotato di software che consente un collegamento in continuo e in tempo reale non solo con Parigi e Tokyo ma anche con un nuovo grande centro di progettazione e ingegneria creato a Bangalore in India. In tal modo si è realizzato un centro virtuale di progettazione su base mondiale, che consente a centinaia di ingegneri indiani, americani, francesi e giapponesi di lavorare in continuo sugli stessi programmi e progetti, favorendo lo scambio immediato delle migliori idee e dei migliori risultati, e approfittando dei diversi fusi orari, di avanzare lo sviluppo con un ritmo di 24 ore su 24. Globalizzazione significa sviluppi tecnici integrati a livello internazionale non soltanto all'interno della stessa azienda, ma sempre più di frequente fra diverse aziende e paesi del globo.

Un prodotto di altissima tecnologia recentemente introdotto sul mercato è il motore per aerei GE90, il più grande ed efficiente motore oggi esistente al mondo, capace di generare una spinta di oltre 100 mila libbre. La realizzazione di questo prodotto ha richiesto lo sviluppo di nuove tecnologie per le palette con l'impiego di materiali compositi, che hanno eccezionali caratteristiche di leggerezza e resistenza; la progettazione di un combustore a doppio anello in grado di ridurre i consumi e le emissioni; ed un nuovo compressore capace di operare con un rapporto di compressione di 23:1. Ebbene il GE90 è il risultato di una collaborazione tecnologica globale fra General Electric, Fiat, la società francese SNECMA e la giapponese IHI. Non credo che alcuna impresa isolata, per grande che fosse, avrebbe potuto giustificare economicamente i costi di questo sviluppo – oltre 2 miliardi di dollari – o l'avrebbe realizzato nei tempi richiesti dal mercato.

La chiave di successo per l'impresa futura sarà la sua capacità di attingere alle competenze tecniche non di una sola organizzazione, o di un solo paese, ma di una vasta pluralità di fonti globali.

È in questo contesto che devono, a mio avviso, essere visti i rapporti fra impresa globale ed i governi e le nazioni nelle quali essa opera. Indubbiamente tecnologia e globalizzazione tendono a far espandere notevolmente l'impresa di successo, con la conseguenza *che* il potere dell'impresa, in termini di creazione di ricchezza, di capacità d'investimento, di scelta di nuovi insediamenti industriali o commerciali, viene a volta visto come eccessivo e addirittura pericoloso. Si tratta di un problema complesso, la cui soluzione richiede l'abbandono di posizioni di estremismo fideistico da entrambi i lati. All'impresa incombe l'obbligo di riconoscere che all'accresciuto potere derivante dalla sua globalità, deve accoppiarsi una accresciuta responsabilità. L'impresa globale non può più limitarsi a soddisfare gli interessi dei suoi azionisti, deve ora darsi carico di rispettare, e soddisfare, gli interessi delle molteplici istituzioni, nazionali ed internazionali che dalle sue azioni sono influenzati. Ai governi, si richiede di prendere atto della necessità per l'impresa di assicurare per i propri progetti ritorni ottimali e di creare un clima nel quale siano assenti dal tessuto politico-economico rischi o impedimenti extra-economici che rendano preferibile una localizzazione di risorse altrove.

L'interdipendenza fra governi e imprese globali è un fatto che, piaccia o no, esiste come parte integrale della globalizzazione tecnologica. Quando i limiti reciproci non sono rispettati, si crea un conflitto in cui l'impresa soccombe, e così deve essere nella logica delle parti, nel paese in cui il conflitto avviene; ma il paese alla lunga perde il beneficio socio economico del commercio globale. Ma interdipendenza vuol dire compromesso, e compromesso vuol dire convivenza pacifica. Sempre di più, assistiamo oggi allo sviluppo di una fitta rete di interdipendenze tra imprese globali e nazioni, che progressivamente rende irreversibile la cooperazione economica e tecnica a livello globale. In questo quadro, l'impresa globale se consapevole dei propri limiti e delle sue nuove responsabilità, può svolgere una funzione equilibrante, pacificante dei conflitti fra nazioni, una funzione che privilegia il compromesso economico basato sul libero flusso di beni, capitali e tecnologie, a fronte di protezionismi e conflitti nazionalistici.

Signore e Signori, senza andare oltre oceano proprio qui a Firenze abbiamo davanti agli occhi uno dei più notevoli esempi non solo di successo industriale basato sul binomio tecnologia globalizzazione ma anche del contributo che l'azienda globale può portare al perseguimento di interessi nazionali. Mi riferisco al Nuovo Pignone, un'impresa che ha raggiunto livelli molto sofisticati di cooperazione internazionale, senza arroganze né timidezze, arrivando appunto a risultati di eccellenza di grandissimo valore. Nuovo Pignone è pertanto da tempo un'azienda di successo a livello globale. Nel 1994, nel contesto di una operazione che forse rappresenta uno dei migliori esempi di recente privatizzazione in Europa, fu elaborato, ed è ora in corso di esecuzione, un piano industriale volto ad arricchire le competenze tecniche del Pignone ed inserirle in un quadro mondiale che ne consente un potenziamento ed ampliamento altrimenti non disponibili. Gli ingegneri e le fabbriche del Pignone stanno diventando la base per lo sviluppo e la produzione, in esclusiva mondiale di una serie di prodotti (ad esempio le turbine fino a 30 MW) precedentemente concepiti, progettati e fabbricati negli Stati Uniti: un 'centro di eccellenza' che consentirà un incremento del potenziale di occupazione, esportazioni e sviluppo tecnologico del nostro paese.

Il che mi porta all'ultimo punto dei miei commenti.

Sviluppo tecnologico presuppone disponibilità e ricambio di quadri dotati di una solida preparazione scientifico-teorica. E dato che la grande maggioranza degli ingegneri che lavorano al Pignone sono il prodotto dell'Università di Firenze vorrei esprimere al Rettore ed al Preside un sentimento di stima e gratitudine per aver saputo preparare professionisti di grande qualità. La collaborazione con l'università non si limita alla formazione dei laureati ma interessa anche settori della ricerca in aree diverse, incluso la fluidodinamica, le ricerche avanzate sulla combustione e sugli scambi termici, lo studio dei materiali.

Mi attendo che questa collaborazione sarà intensificata come conseguenza del ruolo che Pignone ha assunto all'interno del gruppo GE. Gli ingegneri del futuro, insieme con una solida base tecnica, dovranno essere preparati ad affrontare le nuove sfide del villaggio globale. Oggi, la concorrenza mondiale impone ritmi di innovazione di prodotti e servizi che si misurano non più in anni, ma in mesi e giorni. Nello stesso tempo, le continue pressioni per il miglioramento dei costi e della qualità richiedono radicali semplificazioni del prodotto, rivolte alla riduzione del numero delle parti e dei cicli di produzione. Nel futuro, la semplicità farà premio sull'eleganza delle soluzioni tecniche; o meglio, come nella migliore tradizione classica, eleganza e semplicità diverranno sinonimi.

La stessa necessità di miglioramenti radicali si propone nel campo delle prestazioni. Gli industriali giapponesi, sempre all'avanguardia nella commercializzazione delle tecnologie, parlano di *bullet train thin-king* con una analogia all'approccio rivoluzionario necessario per passare da una locomotiva tradizionale a quella a velocità doppia o maggiore del treno Tokyo-Osaka: una sfida a perseguire miglioramenti radicali e non incrementati. Occorre quindi che i nuovi ingegneri si formino con mentalità aperte ai cambiamenti, ai salti di qualità, alle accelerazioni dei processi; che non si accontentino di prodotti con coefficienti di qualità di 3 o 4 sigma, che è quello che l'impresa media raggiunge ora, ma che pretendano e credano nel 6 sigma, cioè 3, 4 difetti per milione di esemplari. Ingegneri che concepiscano il ruolo non tanto come di ricercatori di nuove sensazionali scoperte, ma di membri di una squadra che pone come priorità assoluta il servizio al cliente.

In aggiunta, in un mondo in cui progetti complessi verranno sempre più affrontati a livello globale, con il contributo determinante di gente di diverse nazioni, razze e culture, la disponibilità ad accettare idee altrui, da qualunque fonte vengano, ed integrare diversi punti di vista, diverse risposte, in soluzioni sistematiche di team, sarà l'elemento più importante del successo. Gli ingegneri del futuro nel portare il loro contributo tecnico all'impresa, dovranno anche saper riconoscere le multiple sfaccettature che il prisma della realtà presenta a seconda della prospettiva culturale di chi lo osserva. Perciò l'impresa di successo, qualunque sia la sua formazione d'origine, sarà sempre più gestita da quadri multinazionali e multiculturali come formazione, mentalità ed *animus*.

Rettore magnifico, signore e signori di nuovo grazie per questo grande onore che oggi mi avete riconosciuto.

### *Breve biografia di Paolo Fresco*

Di padre marchigiano, madre friulana, nato a Milano nel 1933, Paolo Fresco è stato spesso soprannominato 'l'americano', perché la sua carriera si è svolta in gran parte negli USA. Laureatosi in giurisprudenza a

Genova nel 1955, Fresco lavora a Roma fino al 1962 quando entra nella Compagnia Generale di Eletticità, controllata italiana del colosso americano General Electric, di cui diventa consigliere per l'area mediterranea. Nel 1966 si trasferisce a New York per poi tornare in Italia come vice presidente e, nel 1972, direttore generale per l'Africa e il Medio Oriente. La sua carriera prosegue fino a diventare nel 1992 Vice presidente Esecutivo della General Electric, una tra le prime dieci società del mondo.

È da questa posizione che nel 1993 entra in gioco nel processo di privatizzazione del Nuovo Pignone di Firenze, azienda del gruppo ENI e considerata 'gioiello' della tecnologia italiana nel mondo grazie ai suoi prodotti (compressori centrifughi, compressori alternativi, turbine a gas e a vapore) estremamente affidabili ed innovativi. Il Nuovo Pignone viene dunque privatizzato nel 1993 cedendone il controllo alla General Electric per 1100 miliardi di lire. L'operazione crea ovviamente molte preoccupazioni nel personale Pignone, dagli operai alla dirigenza. Fresco si impegna moltissimo per tranquillizzare i lavoratori:

L'operazione per noi non è un salto nel buio, ma l'approfondimento del rapporto con un partner storico: il Pignone ha prodotto, fino ad oggi, 900 turbine con tecnologia GE; non è stata, quindi, solo una questione di prezzo, ma soprattutto di piani industriali.

La storia ha poi confermato quanto dichiarato da Paolo Fresco: oggi il Nuovo Pignone è la capofila della divisione Oil & Gas della GE Energy (caso unico per General Electric di capofila non basata in USA); ha moltiplicato per un fattore di circa 8 il fatturato e detiene una quota rilevante del mercato mondiale delle turbine a gas e a vapore, dei compressori centrifughi e alternativi, oltre che di altri apparati relativi all'impiego e al trasporto di petrolio e gas naturale, operando con successo sia nella progettazione e nella costruzione dei macchinari che nella manutenzione di impianti. Svolge inoltre importanti attività di ricerca e formazione molte delle quali in sinergia con gruppi di ricerca dell'Ateneo fiorentino.

È proprio in considerazione di quanto sopra che il 19 gennaio del 1996 Fresco riceve la laurea *honoris causa* in Ingegneria. 'L'americano' non tradisce mai il suo forte legame con l'Italia: nel 1996 inizia il suo percorso in FIAT come consigliere in CdA prima e come Presidente dopo (1998). Ma ancor più forte risulta essere il suo legame con Firenze presso la quale acquista una dimora (sulla collina di Fiesole) e dalla quale riceve la più alta onorificenza: l'11 dicembre 2009 nel salone dei Cinquecento di Palazzo Vecchio il Sindaco Matteo Renzi gli consegna il Fiorino d'Oro.



Paolo Fresco ed il Sindaco di Firenze Matteo Renzi durante la cerimonia della consegna del Fiorino d'Oro della città di Firenze in Palazzo Vecchio nel 2009. Il riconoscimento civico è destinato a cittadini italiani o di altri Paesi, di riconosciuta probità, che, attraverso la loro notoria opera nel campo della cultura, delle arti, del lavoro in ogni sua espressione, della politica, dell'assistenza, della filantropia, dello sport, delle attività internazionali, abbiano dato lustro in particolare alla città.



#### 2004: JEAN TODT – LAUREA IN INGEGNERIA MECCANICA

Jean Todt ha ricevuto la laurea *honoris causa* in Ingegneria meccanica dalla Facoltà di Ingegneria dell'Università di Firenze il 16 febbraio 2004, «per la rilevante opera svolta nello sviluppo di tecnologie avanzate nel settore automobilistico sportivo, perseguita anche con la promozione di collaborazioni di ricerca università-industria».

La laurea gli è stata conferita alla presenza del Magnifico Rettore Augusto Marinelli e del Preside della Facoltà di Ingegneria Franco Angotti nell'aula magna del Polo delle Scienze Sociali di Novoli.

Jean Todt, ha svolto in occasione del conferimento della laurea in ingegneria, un intervento sul tema *Dalle prime esperienze di Rally all'attuale incarico nella Gestione Sportiva in Ferrari: l'automobilismo come una passione innanzitutto*.



Il neo-dottore Jean Todt tra il Preside della Facoltà di Ingegneria Franco Angotti ed il Rettore dell'Università di Firenze Augusto Marinelli.

«L'automobilismo sportivo è stato sempre la mia grande passione», ha detto Todt nella sua *lectio doctoralis*,

sin da quando ero un ragazzo, il mio sogno era cimentarmi nelle corse automobilistiche. Mio padre era un medico e avrebbe voluto vedermi frequentare l'università: vedermi ricevere oggi la laurea in un ateneo prestigioso come questo lo avrebbe certamente reso felice.

Poi è arrivato il mestiere di copilota, fino a quando nel 1970 Todt entrò in contatto con la Peugeot e poi nel 1993 con la Ferrari. «Per me la Ferrari era sempre stata un mito», ha detto tra l'altro Todt,

e ricordo ancora quando chiesi ad Enzo Ferrari di scrivere la prefazione ad un libro che avevamo scritto insieme ad un mio amico giornalista, Jean Louis Moncet, dedicato alla storia della 205 Turbo 16: fu una grande emozione quando ricevetti la sua lettera, firmata con il caratteristico inchiostro viola. A differenza di quanto avvenuto alla Peugeot dodici anni prima, alla Ferrari c'era un presente e, soprattutto, un passato

che incombeva. La squadra più gloriosa della Formula 1 non poteva restare a lungo lontano dalla vittoria e le pressioni che venivano esercitate, dall'esterno e dall'interno, erano fortissime. Il successo di una squadra o di un atleta, qualsiasi sia lo sport, ha nel risultato un verdetto inappellabile. Fra i compiti di un capo c'è anche quello di gestire le sconfitte, ma anche le vittorie. Dalle prime si devono imparare le lezioni per ribaltarle, dalle seconde si devono trarre le motivazioni per ripeterle. Alla Ferrari abbiamo faticato tanto prima di arrivare al successo. Per tre anni consecutivi, dal 1997 al 1999, la vittoria nel Campionato Piloti ci è sfuggita all'ultima gara, mentre il titolo Costruttori è arrivato nel 1999 interrompendo un digiuno che durava dal 1983. La pressione che veniva dall'esterno nei momenti della sconfitta era fortissima – ricordo bene Jerez '97 – ed io dovevo fare da scudo verso i miei uomini, cercare di proteggerli e, al tempo stesso, di non farli perdere d'animo e di dare loro nuove motivazioni. Poi sono arrivate le vittorie. Il 2000 è stato l'anno della svolta. Il successo di Michael a Suzuka ci ha permesso di riportare a Maranello quel mondiale Piloti che mancava dal 1979, tanto, troppo tempo.



La Ferrari F1-2000 con cui Michael Schumacher, ben 21 anni dopo Jody Scheckter, vinse il titolo di Campione del Mondo Piloti 2000. Quello stesso anno, con 10 vittorie, di cui una firmata dal nuovo arrivato Rubens Barrichello, e un totale di 170 punti, la Scuderia Ferrari bissava il Mondiale Costruttori del 1999. [<http://formula1.ferrari.com/it/>].

Infine Todt ha poi descritto la gestione del futuro. «È già da un po' di tempo», ha concluso Todt,

che stiamo lavorando per dare una risposta. Abbiamo sempre pensato che la stabilità fosse un elemento fondamentale per raggiungere il successo. Per diversi anni, la Ferrari era stata caratterizzata da un andirivieni di dirigenti con un conseguente disorientamento dei livelli operativi. Posso dire con orgoglio che il gruppo che si è formato nella seconda metà degli anni Novanta è ancora insieme, integro e motivato a continuare a lavorare. Stabilità non vuol dire però immobilismo. In questi anni abbiamo creato le condizioni perché le più meritevoli fra le risorse che abbiamo potessero essere indirizzate verso crescenti livelli di responsabilità. Ci sono ingegneri che sono entrati da noi subito dopo la laurea che ora rivestono incarichi importanti grazie alla bontà del lavoro che hanno svolto in questi anni. Il merito alla Ferrari viene premiato: non si fa carriera per anzianità o per diritto divino. Abbiamo proseguito e proseguiamo ad accogliere collaboratori che vengono dall'esterno in modo che ci sia sempre il contributo di esperienze diverse. Abbiamo instaurato rapporti con le maggiori università italiane, ovviamente Firenze è una di queste, perché crediamo nell'iniezione di energie fresche che vengono dai giovani. Abbiamo reso questa squadra un modello da seguire come organizzazione, come capacità di innovazione e come qualità della vita professionale. Questa è la Ferrari di oggi ed è quella che vogliamo che sia anche nel futuro.

Jean Todt si è anche soffermato con gli studenti fiorentini, impegnati nel progetto Formula Student. Gli studenti – guidati da Renzo Capitani, ordinario di Costruzioni di Autoveicoli – hanno infatti progettato e costruito il prototipo di un'auto da corsa, per la Formula Student, una competizione organizzata dalla SAE (*Society of Automotive Engineers*), che mette a confronto le università di tutto il mondo, impegnate nella



progettazione, costruzione e messa a punto di una vettura di tipo 'Formula'. L'Università degli Studi di Firenze ha partecipato per la prima volta a questa gara nel luglio 2002, rappresentata dal Firenze Race Team V2, in classe 3, ovvero presentando ai giudici il progetto, l'analisi dei costi e il *business plan*. Tale esperienza è stata fonte di grande soddisfazione per la *team*, che si è aggiudicato il primo premio per il miglior progetto in classe 3, e il primo premio assoluto tra sessanta università per la migliore presentazione. L'edizione 2003 della Formula Student che si è svolta sempre a Leicester ai primi di luglio, ha visto la vettura del Firenze Race Team V2 confrontarsi in pista con le vetture di altre cinquanta università. Nel corso dell'inverno 2002-03, infatti, dopo aver sviluppato il progetto vincente 2002, è stata realizzata e perfezionata la prima vettura dell'Università di Firenze: il nostro *team* è risultato la migliore squadra debuttante, ottenendo il primo posto tra le italiane, il quinto tra le europee e il quindicesimo assoluto.



La vettura con cui la Firenze Race Team, squadra ufficiale dell'Università di Firenze, ha partecipato nel 2012 alla Formula Student, competizione studentesca di progettazione nata nel 1978 per iniziativa della *Society of Automotive Engineers* [<http://www.firenzerace.it>].

### *Breve biografia di Jean Todt*

Jean Todt [Pierrefort (Francia), 25 febbraio 1946] per 15 anni co-pilota, terreno sul quale, come è noto, si misurano le capacità di comprendere bene il connubio macchina-pilota, e che hanno consentito a Jean Todt di consolidare le sue attitudini di autentico manager, 12 anni trascorsi nel Gruppo Peugeot-Citroen, partecipa con successo sia al mondiale Rally, sia ai Rally-Raid, aggiudicandosi ben 4 Parigi-Dakar e, per due anni consecutivi (1992 e 1993) la mitica e prestigiosa 24 ore di Le Mans.

Passa quindi alla Ferrari come direttore della gestione sportiva della quale diviene, per meriti conquistati sul campo, nel 2001, Direttore Generale, assumendo così la responsabilità di tutte le attività sportive del Gruppo Ferrari-Maserati. Nello stesso anno, egli entra a far parte del consiglio d'amministrazione del gruppo. Sotto la sua guida, la Scuderia Ferrari, reduce da un lungo periodo di crisi, vince ben 5 titoli mondiali costruttori e 4 titoli mondiali piloti conquistati, questi ultimi, consecutivamente tutti con Michael Schumacher. Una carriera personale di grande prestigio, costellata da rilevanti successi in ambito automobilistico sportivo, nella quale egli mostra doti non comuni applicate ad un brillante lavoro di ingegneria, nel senso più classico ed insieme moderno del termine.

Rilevanti poi risultano le sue doti di manager nella gestione delle molteplici attività presenti nel mondo delle competizioni sportive che richiedono una visione integrata di competenze multidisciplinari di altissimo livello, da quelle progettuali meccaniche, elettroniche e di controllo a quelle tecnologico costruttive e di sistema. Per inquadrare in maniera completa la figura di Jean Todt si deve anche citare il suo impegno al servizio di iniziative umanitarie: egli infatti fa parte del comitato esecutivo della Adrec, associazione creata per lo sviluppo della ricerca sulle malattie del cervello e del midollo spinale.

È certamente il segno dell'elevata considerazione di cui gode in campo internazionale, il riconoscimento conferitogli nel 2002 dal Presidente Carlo Azeglio Ciampi ossia il titolo di commendatore della Repubblica Italiana: è la seconda alta onorificenza ricevuta, dopo il titolo di *commandeur de la Légion d'Honneur*, conferitagli dal Presidente della Repubblica Francese.



Il *team* della Formula Student con Jean Todt.



## I PROFESSORI EMERITI

In Italia la figura del professore emerito è stata definita nel Regio Decreto 31 agosto 1933 n. 1592 riguardante l'*approvazione del testo unico delle leggi sull'istruzione superiore*. Da allora ad oggi tutte le leggi relative alla Università hanno riconfermato, senza innovare, il dettato concernente la figura del professore emerito.

Il Regio Decreto citato (pubblicato nel Supplemento ordinario del 7 dicembre 1933 n. 283) recita all'art. 111:

Ai professori ordinari, che siano stati collocati a riposo o dei quali siano accettate le dimissioni, potrà essere conferito il titolo di 'professore emerito', qualora abbiano prestato almeno venti anni di servizio in qualità di professori ordinari: il titolo di 'professore onorario' qualora tale servizio abbia avuto la durata di almeno 15 anni.

Questi titoli sono concessi con decreto Reale, su proposta del ministro, previa deliberazione della Facoltà o scuola cui l'interessato apparteneva all'atto della cessazione del servizio.

Ai professori emeriti ed onorari non competono particolari prerogative accademiche. Secondo la giurisprudenza tutti i professori, di qualunque ordine e grado, quando vanno in quiescenza perdono il diritto di fregiarsi del titolo di 'professore'. Fanno eccezione solamente i professori emeriti.

Attualmente in tutte le università italiane il conferimento del titolo di professore emerito è attribuito a professori che oltre ad avere i requisiti richiesti dal regio decreto richiamato, si siano particolarmente distinti per contributi originali d'ordine scientifico, didattico ed accademico in senso lato. Finora la proposta di nomina, andava rivolta al ministero che ha giurisdizione sull'università e, di norma, era formulata dalla Facoltà in modo motivato e con delibera di approvazione di almeno due terzi dei componenti del consiglio di Facoltà. In alcuni atenei la proposta era formulata dal senato accademico. Il decreto di nomina è emanato dal ministro previa verifica di congruità.

La riforma della legge 240/2010 (Gelmini), pur non innovando il merito allo status dei professori emeriti modifica sostanzialmente la struttura degli atenei e, quindi, degli organi che decidono sulle proposte. Gli adattamenti statutari, pur modificando la prassi, non hanno variato la sostanza e il decreto di nomina è emanato dal ministro previa verifica di congruità.

Attualmente i professori emeriti della Facoltà/Scuola di Ingegneria dell'Università di Firenze sono Franco Angotti, Carlo Atzeni, Ignazio Becchi, Giacomo Bucci, Vito Cappellini, Ennio Carnevale, Giorgio Federici, Roberto Genesio, Francesco Martelli, Edoardo Mosca.

Di seguito sono riportate le *lectio magistralis* o i contributi di alcuni dei docenti della Facoltà/Scuola che sono professori emeriti dell'Università di Firenze. Soprattutto per le *lectio magistralis* il tema può essere particolarmente tecnico e non correlato alla storia della Facoltà/Scuola, se non per il fatto che il docente, professore emerito, è tra quelli che alla storia della Facoltà/Scuola ha maggiormente contribuito.

## NUOVE TENDENZE DEI CODICI EUROPEI NELLA PROGETTAZIONE STRUTTURALE

*Franco Angotti*

*Lectio magistralis* tenuta il 9 giugno 2011

Carissimi studenti, colleghi ed amici

desidero innanzi tutto ringraziare il Rettore, Aberto Tesi, il Preside Manetti, I direttori dei dipartimenti, i colleghi, gli amici, per la loro presenza. Ringrazio anche i colleghi che mi hanno scritto di non poter essere presenti per vari impegni. Un particolare ringraziamento rivolgo ai miei studenti che vedo qui numerosi.

Confesso di avere avuto qualche incertezza nella scelta del tema di questa che è l'ultima lezione di un corso, quello di Scienza delle Costruzioni per gli allievi del corso di laurea in ingegneria civile, che ho tenuto ininterrottamente per ben 26 anni, avendolo ereditato da Giuliano Augusti.

Tradizionalmente l'ultima lezione di questo corso è dedicata alla stabilità dell'equilibrio elastico e più precisamente al così detto 'carico di punta'. Si tratta di un problema strutturale fra i più insidiosi sia per il fenomeno in sé sia perché interessa una vasta categoria di strutture. È un argomento che chiude il corso e contemporaneamente apre un capitolo nuovo con un argomento che troverà sistematica trattazione in corsi successivi. La presenza però di un più vasto pubblico mi ha spinto a fare oggetto di questa lezione un argomento del quale mi sono occupato in questi ultimi anni e che possiamo inquadrare nel tema generale delle nuove tendenze dei codici europei (i cosiddetti Eurocodici Strutturali) nella progettazione di strutture.

Farò specifico riferimento a quelle in calcestruzzo strutturale, ma gran parte delle considerazioni sono del tutto generali e prescindono dalla particolare tecnologia. Tema vasto, ampio e che perciò necessita di essere delimitato. Mi riferirò quindi a quegli aspetti di base, comuni cioè a tutte le strutture e che hanno già un elevato grado di urgenza per gli elementi di sicurezza che implicano e dei quali è sempre più difficile prescindere. Mi riferisco in particolare ai seguenti: sostenibilità ambientale, robustezza, ciclo di vita e nuovi materiali. Naturalmente nella progettazione strutturale tutti questi temi sono strettamente correlati fra loro ed a quelli tradizionali, ma sempre imprescindibili, della sicurezza e dell'economia, nella consapevolezza che l'ingegnere deve sempre sforzarsi di ottimizzare tutti questi aspetti.

### *Il terzo pilastro*

Ai due pilastri tradizionali dell'economia e della sicurezza già da qualche tempo si è aggiunto il terzo pilastro rappresentato dall'ambiente. Il tema dell'influenza dell'ambiente nella progettazione delle strutture può apparire una novità, anche se sotto l'aspetto strettamente tecnico è da molto tempo che nell'ingegneria strutturale si parla di interazione ambiente-struttura. Aspetto questo che è stato inteso in senso unidirezionale ossia come effetto dell'ambiente sulla struttura ed in questa accezione l'interazione vuol dire valutare le azioni, tipicamente vento, variazioni termiche, sisma, degrado, ecc., alle quali la struttura è chiamata a resistere con adeguata sicurezza e per tutta la sua vita utile.

Ma non è a questo aspetto che si riferisce il terzo pilastro, né si riferisce alla così detta valutazione dell'impatto ambientale di un'opera, ma piuttosto alle conseguenze sull'ambiente che l'opera da costruire può produrre e nella valutazione della sostenibilità di queste conseguenze.

Intanto osserviamo che il tema è di grande attualità, si registrano molte iniziative, intere riviste sono dedicate alla questione ambientale, i congressi si susseguono con una certa intensità. La ricerca ha ottenuto risultati interessanti anche metodologici e quindi sono maturi i tempi per avviare il trasferimento di questi risultati nella pratica professionale. Nel settore delle costruzioni l'argomento ha acquistato una certa urgenza e cercherò di spiegarne i motivi.

Tradizionalmente la parola d'ordine del progettista strutturale è stata 'sicurezza'; a questa si è aggiunta, da non molti anni, la parola d'ordine 'durabilità'; oggi, a mio avviso, la parola d'ordine deve essere 'ambiente', tenendo presente però che già da qualche decennio, esattamente dalla fine del 1987 (rapporto di

Brundtland) l'attenzione si è spostata dalla protezione dell'ambiente allo sviluppo sostenibile, ossia a nuovi modelli di sviluppo economico. Infatti, come è noto, il termine 'sviluppo sostenibile' coniuga le aspettative di benessere e di crescita economica con il rispetto dell'ambiente e la tutela delle risorse naturali.

Sarebbe interessante ripercorrere i passaggi fondamentali di questa evoluzione.

Diceva Theodor Von Karman: «gli scienziati scoprono il mondo che esiste, gli ingegneri creano il mondo che non c'è mai stato». Egli focalizzava così l'attenzione su un aspetto rilevante dell'attività dell'ingegnere che storicamente lo ha messo al centro dello sviluppo. Il giudizio su questo sviluppo, sempre considerato di per sé un valore positivo, ad un certo punto della storia è divenuto sempre più critico, ha subito cioè una svolta che ne ha messo in discussione il ruolo. Hanno cominciato ad affacciarsi ed a farsi strada più cruciali considerazioni che piano piano hanno finito col prendere il sopravvento. Ad un certo punto della storia si è capito che lo sviluppo non era più un valore di per sé positivo, ma ha cominciato a trovare restrizioni a causa di una vera e propria esplosione di quella che possiamo definire la potenza della tecnica.

Ma come mai siamo giunti a questa svolta?

### *Lo sviluppo sostenibile*

Pozzati e Palmeri nel libro *Verso la cultura della responsabilità, ambientale, tecnica, etica*<sup>1</sup> conducono un'interessante analisi di questa evoluzione.

Osservano che

con l'irrompere a metà del '900 della potenza della tecnica e con il successivo verificarsi di imprese arrischiate sino all'estremo (ne offrono chiari esempi le vicende della fisica nucleare, dell'ingegneria genetica e di alcuni incidenti ambientali) si è via via consolidata la coscienza dei pericoli e delle necessarie tutele.

Questo processo ha determinato una evoluzione dei rapporti dell'uomo con l'ambiente, contrassegnata da alcune svolte fondamentali, l'ultima delle quali, quella dei grandi rischi e dei rischi ambientali ha fatto dire al sociologo tedesco Ulrich Beck<sup>2</sup> che, a partire dagli anni '70, «i conflitti sociali di una società distributrice di ricchezza iniziano ad intersecarsi con quelli di una società distributrice di rischi». Il recente disastro nucleare di Fukushima insegna e conferma.

I passaggi fondamentali che hanno segnato l'avvio dell'attenzione alla questione ambientale ed al parallelo sviluppo delle strategie per la sostenibilità sono stati molteplici. Fra gli eventi il più importante è certamente il Protocollo di Kyoto. In base a questo protocollo 24 paesi industrializzati e 14 paesi ad economia in transizione si sono impegnati a conseguire gradualmente, nel periodo 2008-2012, una riduzione di almeno il 5,2% rispetto al livello emesso nel 1990, delle loro emissioni complessive di CO<sub>2</sub>. L'impegno è stato diverso per i diversi paesi. Come è noto la ratifica definitiva del protocollo è avvenuta il 16 febbraio 2005 con la firma della Federazione Russa del novembre 2004. L'impegno per l'Italia è stato quello di ridurre, rispetto al 1990, del 6,7% le emissioni di gas serra entro il 2010. Nel frattempo però le emissioni nel periodo 1990-2003 sono aumentate dell'11%. Per tutta l'Europa gli impegni sono molto stringenti ed è urgente prender provvedimenti. Da qui nasce la crescente attenzione al tema.

Il CEN/TC250<sup>3</sup> è interessato ad elaborare una strategia, resa ormai impellente proprio dalle imminenti scadenze, per ottenere i relativi mandati dalla Commissione UE. È quindi evidente che il mondo degli Eurocodici si sta muovendo in senso operativo verso una generazione di codici, su specifici argomenti, legati alla evoluzione della questione ambientale.

Ricordiamo subito che ai 3 ben noti requisiti essenziali di competenza del TC250, fissati dalla Direttiva Europea sui Prodotti da Costruzione, Resistenza meccanica e stabilità, Sicurezza in caso di incendio e Sicurezza nell'uso, il Regolamento (UE) n. 305/2011 del Parlamento Europeo e del Consiglio approvato il 9 marzo 2011, che fissa le condizioni armonizzate per la commercializzazione dei prodotti da costruzione e che sostituisce la direttiva 89/106/CEE del Consiglio, ha aggiunto il requisito: Uso sostenibile delle risorse naturali.

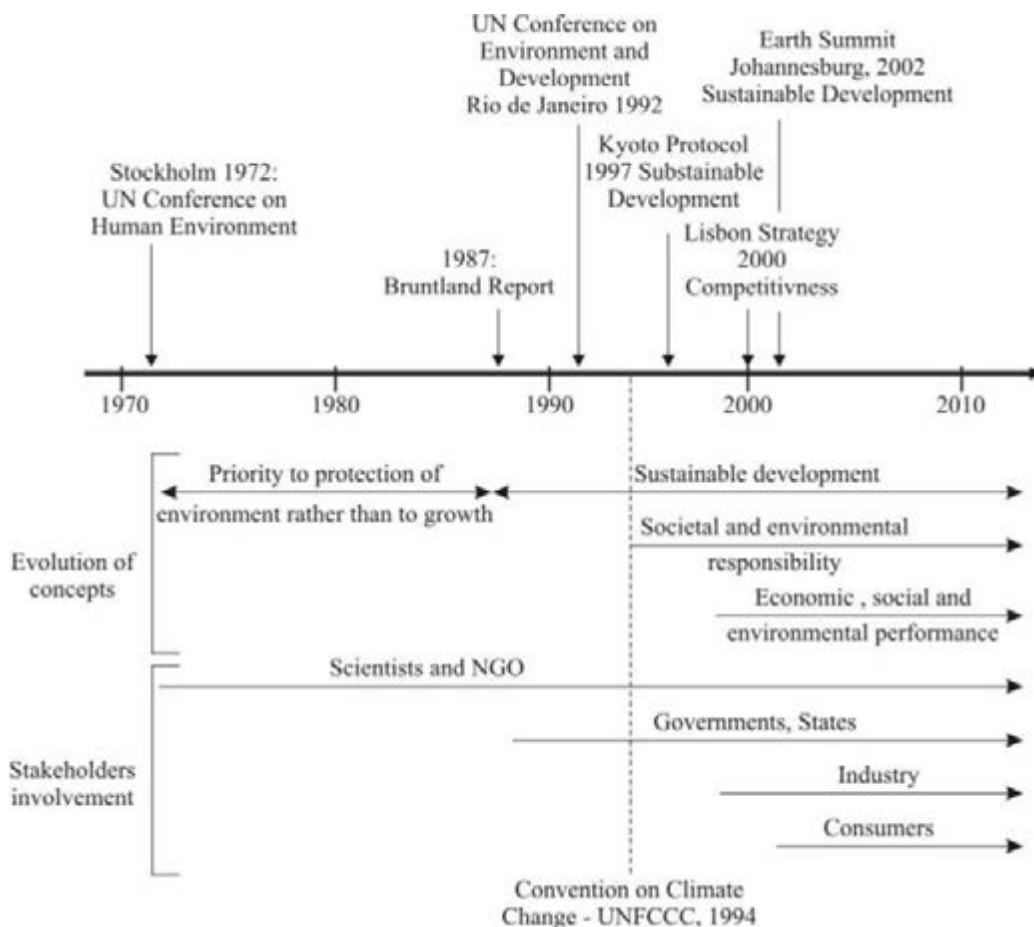
<sup>1</sup> P. Pozzati, F. Palmeri, *Verso la cultura della responsabilità, ambientale, tecnica, etica*, Ed. Ambiente, Milano, 2007.

<sup>2</sup> U. Beck, *La società del rischio. Verso una seconda modernità*, Carocci, Roma, 2000.

<sup>3</sup> Il CEN è il Comitato Europeo di Normazione, il TC250 è il Comitato Tecnico che coordina gli Eurocodici Strutturali.

Le opere di costruzione devono essere concepite, realizzate e demolite (evento questo da prevedere) in modo che l'uso delle risorse naturali sia sostenibile e garantisca in particolare la possibilità di riutilizzare l'opera costruita, la riciclabilità dei materiali impiegati, la durabilità prevista per la costruzione, l'impiego di materie prime e secondarie ecologicamente compatibili (IT L 88/34 Gazzetta ufficiale dell'Unione europea 4.4.2011)

Kumar Metha<sup>1</sup> sostiene che il danno ambientale subito dal nostro pianeta è strettamente legato a tre fattori: popolazione, industrializzazione ed urbanizzazione e sfruttamento delle risorse naturali. Sulla crescita della popolazione e sul processo di urbanizzazione che la accompagna le previsioni sono piuttosto pessimistiche. Dal 1950 a oggi gli abitanti delle città sono cresciuti di quattro volte e nel 2030 raggiungeranno i 5 miliardi. L'aumento maggiore avverrà in Asia e Africa. L'urbanizzazione più forte sta avvenendo in Cina, dove ogni anno 18 milioni di persone si stabiliscono in città. Pertanto per rendere minimo il danno ambientale provocato dallo sviluppo socio-economico non resta che agire sullo sfruttamento delle risorse naturali, attraverso il loro massimo risparmio.



I passaggi fondamentali che hanno segnato l'avvio dell'attenzione alla questione ambientale ed al parallelo sviluppo delle strategie per la sostenibilità sono stati molteplici; nello schema di figura<sup>2</sup> sono mostrati gli eventi chiave internazionali che hanno determinato le strategie politiche e le decisioni per la sostenibilità, l'evoluzione di concetti ed idee ed il graduale coinvolgimento dei vari portatori di interessi.

<sup>1</sup> P.K. Mehta, *Reducing the environmental impact of concrete*, «Concrete International», Ottobre 2001, pp. 61–66.

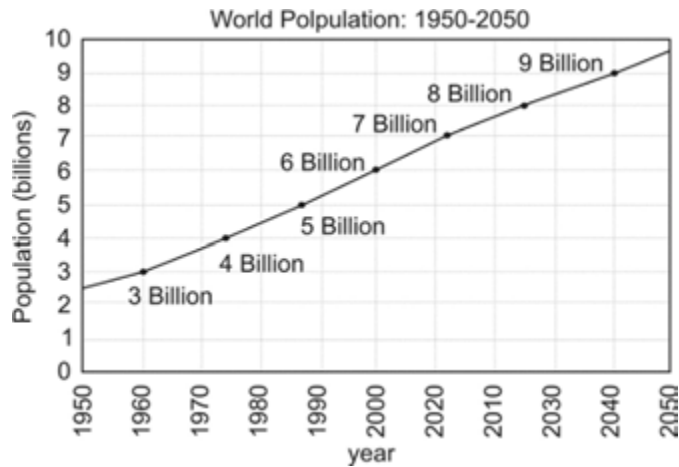
<sup>2</sup> J.-A. Calgaro, *The Eurocodes and the Construction industry - Medium-term strategy - 2008 – 2013*, Report elaborato dal TC250, gennaio 2009.

Come conseguenza di tutto ciò cominciamo tutti a renderci conto, l'industria delle costruzioni per prima, che il problema della limitazione nell'uso delle risorse è divenuto un problema strategico di sviluppo.

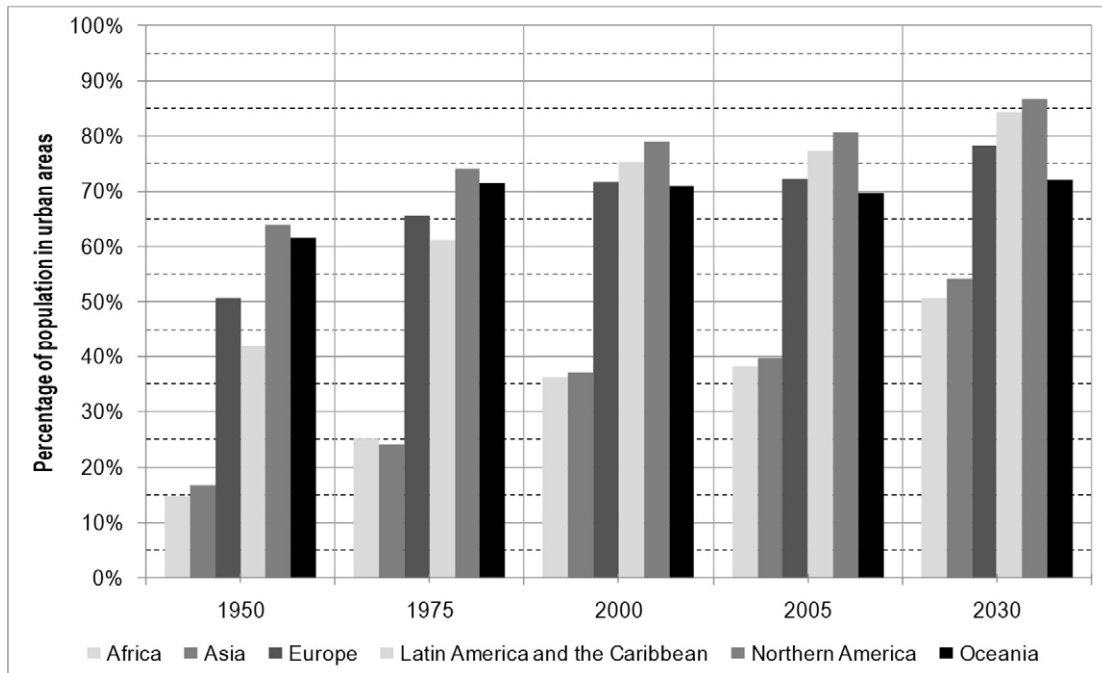
Si inizia così a parlare di sostenibilità e di costruzione sostenibile.

Assistiamo all'ingresso dell'ambiente nell'industria delle costruzioni e ciò si porta dietro inevitabilmente economia e sicurezza.

Anticipando un po' la conclusione, vedremo che questa attenzione all'ambiente porta, come risvolto positivo, a rivolgere l'attenzione verso l'innovazione delle tecniche e della tecnologia nella produzione ad iniziare da quella del calcestruzzo.



Previsioni di crescita della popolazione (fonte: U.S. Census Bureau, International Data Base, December 2008 Update).



Processo di urbanizzazione (fonte: United Nations, Department of Economic and Social Affairs, Population Division. World Urbanization Prospects: The 2005 Revision).



### *Aspetti ambientali legati ai materiali*

Trattando di costruzioni in calcestruzzo il primo aspetto da esaminare è quello ambientale legato ai materiali componenti il calcestruzzo: cemento, acqua ed aggregati.

La domanda da farsi è se e quanto inquina l'industria delle costruzioni in calcestruzzo ad iniziare dalla produzione di cemento.

Inoltre occorre chiedersi se abbia senso porsi il problema della riduzione dell'inquinamento in questo settore.

La risposta è nella prefazione di Koji Sakai al Bollettino n. 47 della FIB (*Federation Internationale du Beton*) *Environmental design of concrete structures – general principles* (agosto 2008)<sup>1</sup> dove si legge: «Sebbene sia uno dei più importanti materiali nel settore delle costruzioni, il calcestruzzo produce un impatto ambientale negativo». Tuttavia, prosegue la prefazione, poiché il calcestruzzo non può essere rimpiazzato da altri materiali è necessario continuare a produrlo ed utilizzarlo. È pertanto necessario sfruttare ogni mezzo per ridurre questo impatto.

Questa affermazione, in perfetto stile giapponese come il suo autore, è il segnale che il problema va affrontato e che l'industria delle costruzioni deve farsene carico, come del resto ha già da tempo iniziato a fare. Anche la FIB, a partire dal 2002, ha dedicato al tema ben 5 bollettini tutti strettamente legati alla questione ambientale. Il problema è quindi all'attenzione e se osserviamo alcuni dati ci rendiamo facilmente conto della sua portata.

### *Cemento*

Il primo dato da esaminare è la produzione di cemento, di cui in Tabella I è riportata la crescita, fino al 2020, distribuita fra le varie parti del mondo. Secondo questa stima l'aumento più significativo si avrà in Asia e nella Russia con incrementi valutati nel 24% e nel 137%, mentre la produzione totale stimata per il 2020 è di  $2,132 \times 10^9$  tonnellate di cemento. Questo dato è importante da tener presente perché alla produzione di cemento si associa una rilevante emissione di CO<sub>2</sub>. Secondo K. Humphreys and M. Mahasanan<sup>2</sup> le emissioni variano da 1 kg di CO<sub>2</sub> per kg di cemento degli USA, a 0,77 kg di CO<sub>2</sub> per kg di cemento del Giappone. L'Europa si colloca a 0,83 kg di CO<sub>2</sub> per kg di cemento. Oggi il World Business Council for Sustainable Development (WBCSD) valuta che l'industria del cemento emetta il 5% della quantità di anidride carbonica prodotta dall'uomo a livello mondiale. In UK, che è un modesto consumatore di calcestruzzo rispetto alla popolazione ed alla sua economia (vedi Tabella II), si stima che la produzione di calcestruzzo contribuisca per il 2,5% nell'emissione totale di CO<sub>2</sub>. In Italia questo contributo supera il 5,8%.

L'emissione di CO<sub>2</sub> è dovuta a due fattori, il primo, diretto, discende dalla reazione chimica che porta alla formazione di ossido di calcio (CaO) dal carbonato di calcio (CaCO<sub>3</sub>), il secondo, indiretto, è conseguente al consumo di energia per raggiungere la temperatura (circa 1.400 °C) necessaria alla produzione del clinker. Come sostiene M. Collepari<sup>3</sup>, in prospettiva futura, una riduzione di CO<sub>2</sub> dovuta alle emissioni dirette può essere realizzata producendo un clinker 'belitico', ovvero più ricco di C<sub>2</sub>S e quasi privo di C<sub>3</sub>S con il duplice vantaggio di essere cotto ad una temperatura più bassa, con una percentuale minore di calcare nelle materie prime e pertanto minore emissione di CO<sub>2</sub>.

Mentre va osservato che l'uso di prodotti riciclati quali farine animali, rifiuti solidi, rottami di copertoni per autovetture, ecc. come combustibili, in luogo di combustibili fossili porta certamente ad un ciclo industriale integrato, virtuoso, nel quale i sottoprodotti o gli scarti di un'industria diventano un prezioso *input* per un'altra, ma non ha alcuna influenza sul carico di CO<sub>2</sub> emessa con i fumi della combustione.

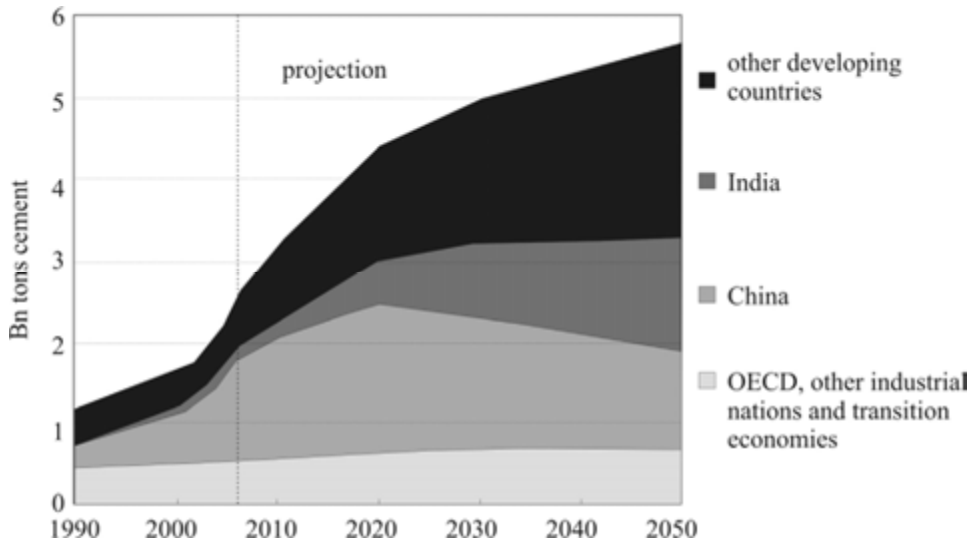
Occorre poi riconoscere che nel processo produttivo del calcestruzzo, dalla cava alla centrale di betonaggio, la fase in cui si sono fatti gli interventi più importanti ed efficaci in favore di uno sviluppo sostenibile è stata la macinazione del clinker con l'aggiunta di altri materiali quali ad esempio la cenere volante, sottoprodotto della combustione di carbone polverizzato nelle centrali termoelettriche, la loppa d'altoforno proveniente dal raffreddamento rapido in acqua della scoria d'alto forno per la produzione d'acciaio ed il fumo di silice, scarto nella produzione del silicio e di leghe metalliche di ferro-silicio.

<sup>1</sup> *Environmental design of concrete structures – general principles*, Technical Report, Bollettino n. 47 fib.

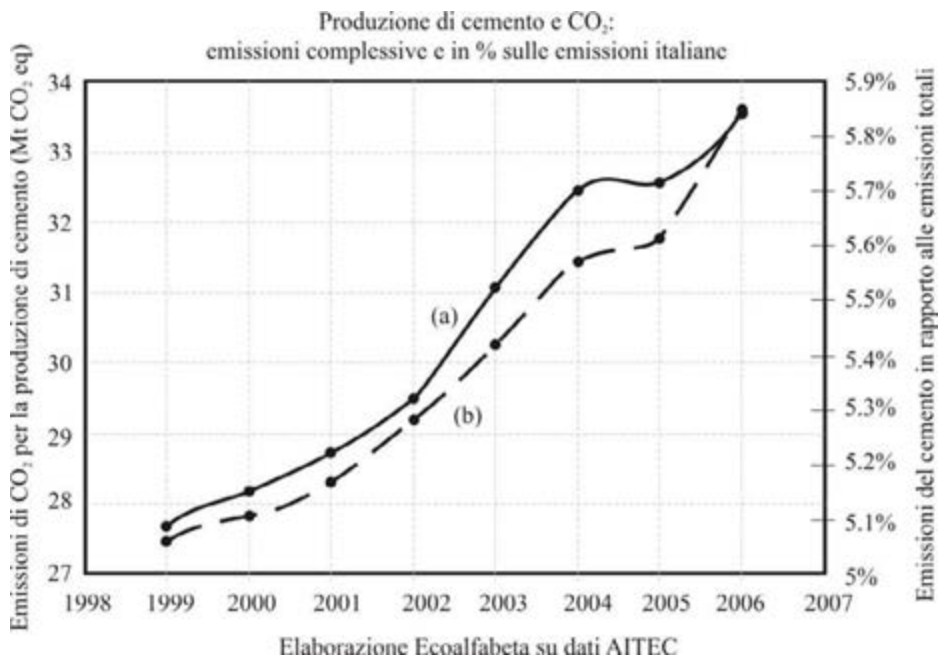
<sup>2</sup> K. Humphreys, M. Mahasanan, *Toward a Sustainable Cement Industry, Climate Change Sub-Study 8*, World Business Council for Sustainable Development, 2002.

<sup>3</sup> M. Collepari, *Progresso sostenibile nelle costruzioni in calcestruzzo*, «Enco Journal», anno X, n. 30, 2005, pp. 7-10.

Questi materiali hanno un comportamento pozzolanico e pertanto prendono parte alla reazione di idratazione del cemento. In questo modo si ottiene un vantaggio multiplo, infatti non solo si riduce la quantità di CO<sub>2</sub> emessa durante la cottura di argilla e calcare e si riduce il consumo di materie prime, ma vengono riutilizzati materiali di scarto di altri processi industriali altrimenti destinati ad aumentare l'inquinamento ambientale.



Richiesta di cemento nei vari paesi, con previsione di crescita fino al 2050<sup>1</sup>.



Produzione di cemento ed emissioni di CO<sub>2</sub>: (a) emissioni di CO<sub>2</sub> per la produzione di cemento (10<sup>6</sup> tonnellate); (b) emissioni nella produzione di cemento in rapporto alle emissioni totali.

<sup>1</sup> The European Cement Association Activity report 2006, <http://www.cembureau.be>.

Tabella I – Consumo di cemento nel 2002 e stima nel 2020, in milioni di tonnellate (da: Japan Cement Association 2003).

	Asia	Oceania	Europa	Ex URSS	America	Africa	Totale
2002	1060	11	270	65	215	75	1696
2020	1317	13	290	154	259	99	2132

Tabella II – Consumo di cemento in kg pro capite nel 2007 (dati Cembureau – maggio 2008).

Germania	Italia	Spagna	Gran Bretagna
331	782	1268	239

Naturalmente, con queste varianti, il calcestruzzo, da unico materiale, si trasforma in una famiglia di materiali. Vi è infatti un gran numero di permutazioni che possono essere giocate fra i vari componenti e questo significa che il calcestruzzo può e deve essere progettato a seconda delle applicazioni previste. Quindi non solo progetto della struttura come tradizionalmente siamo abituati a fare ma, in un tutt'uno, progetto del materiale per quella specifica struttura.

Allargando ulteriormente lo sguardo all'efficienza energetica complessiva nella costruzione degli edifici è poi evidente che il progettista deve utilizzare tutte le proprietà peculiari e specifiche del calcestruzzo: resistenza meccanica, inerzia termica, isolamento acustico, flessibilità delle forme, per ottenere una costruzione sempre più sostenibile.

In questo modo possiamo tenere insieme i due pilastri su cui si basa un'attenta politica ambientale:

- riduzione dell'impatto ambientale nella produzione del cemento e nell'emissione di CO<sub>2</sub>
- ottimizzazione dell'uso delle risorse naturali, ovvero massimo risparmio delle materie prime e delle risorse energetiche

Infine non va dimenticato che l'aspetto, certamente vantaggioso, dell'inerzia termica del calcestruzzo, che incide positivamente sull'isolamento degli edifici, non è sempre tenuto presente e nella dovuta considerazione quando si valuta il risparmio energetico complessivo nell'industria delle costruzioni.

### Nuovo model code

È questa l'impostazione che caratterizza il Nuovo Model Code (di prossima uscita) a cui sta lavorando un gruppo della FIB coordinato da Walraven: una progettazione di struttura e materiale insieme, come sopra ricordato.

Nel passato il calcolo strutturale si è unicamente basato sulla resistenza. Ora forse la resistenza passa quasi in secondo ordine, perché dobbiamo studiare ad esempio un calcestruzzo che abbia una buona sicurezza al fuoco o, in certe condizioni, dobbiamo progettare un calcestruzzo che abbia una grande resistenza contro gli attacchi di solfati. Ora che un grande sviluppo tecnologico è stato raggiunto siamo in grado di progettare calcestruzzi speciali, tutti i tipi di calcestruzzi speciali, e quindi anche il *green concrete* il calcestruzzo verde ossia un calcestruzzo con molto meno cemento, utilizzando scorie d'alto forno, *fly ash*, *silica fume*, come sopra accennato, con una composizione totalmente differente da quella tradizionale che ha il vantaggio di ridurre le emissioni di CO<sub>2</sub>. Il Nuovo Model Code apre una porta, importante e moderna, a questo tipo di sviluppo.

Ma il Nuovo Model Code coglie un altro importante aspetto che si lega al contenuto di questa *lectio* e cioè che esso è basato sul concetto di 'ciclo di vita'. Questo concetto introduce la variabile tempo nella progettazione ben oltre l'aspetto della durabilità. In altri termini, non basta più progettare una struttura pensando di avere esaurito il compito al momento della sua realizzazione. È importante seguire la struttura nel tempo prevedendo quando ripararla ed anche quando demolirla e, in questo secondo caso, cosa farne del materiale di risulta. La manutenzione diviene quindi un elemento fondamentale di sostenibilità ambientale.

Ma che cosa è una costruzione sostenibile? È questo il concetto che ora brevemente viene illustrato.

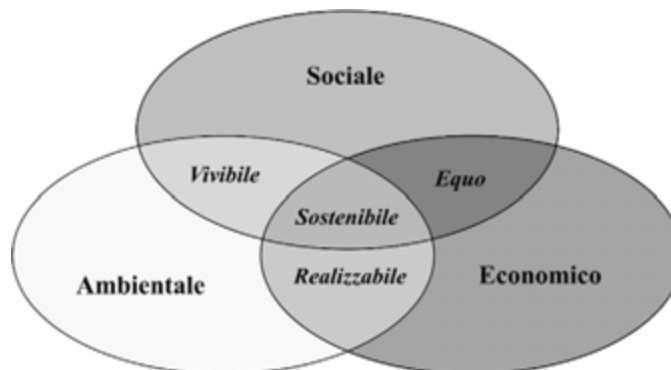
## Costruzione sostenibile

### Premessa

Abbiamo più volte sottolineato che l'industria delle costruzioni può giocare un ruolo importante per lo sviluppo sostenibile. Occorre naturalmente tenere presente che le strutture dell'ingegneria civile, ai fini della sostenibilità, non vanno considerate alla stregua di prodotti di massa sia perché esse hanno una lunga durata sia perché hanno un ben evidente profilo di pubblica utilità. Occorre però anche rendersi conto che il settore delle costruzioni rappresenta una delle più grandi industrie di tutto il mondo e che esso esercita, come abbiamo già osservato, un impatto pesante sull'ambiente globale poiché le costruzioni sono il principale consumatore di territorio e di materie prime ed il funzionamento degli edifici implica un consumo di energia molto elevato.

Il tradizionale progetto e l'approccio nella valutazione economica di strutture si è basato su tre fattori fondamentali: qualità, costo e tempo. Tuttavia, secondo l'Agenda 21 (Protocollo di Kyoto), nel progetto, nella costruzione, nell'uso e nella fase successiva al ciclo di vita, dovrebbero essere presi in conto i 3 principali pilastri della sostenibilità, cioè gli esiti ambientali, i vincoli economici e gli aspetti socio culturali. Avremo realizzato una costruzione sostenibile quando saranno stati messi in debito conto i seguenti fattori:

- uso di materiali amici dell'ambiente
- efficienza energetica e minimizzazione nel consumo di risorse
- costruzione prima e successiva gestione del materiale di demolizione poi.



I tre pilastri della sostenibilità.

I materiali da costruzione producono, in diversa misura, un impatto ambientale in ogni stadio del ciclo di vita della struttura, come l'estrazione delle materia prime, il processo di lavorazione, la distribuzione, e la messa in opera. Per ridurre questi impatti, la prima cosa da fare è quella di minimizzare la quantità di materiali non riciclati e di evitare sovradimensionamenti.

Ma è altresì evidente che la scelta dei materiali, la concezione della struttura, la costruzione, la manutenzione e la demolizione, incluso il riciclaggio, devono essere stabiliti avendo in mente l'obiettivo di minimizzare l'uso di risorse e di energia, di ridurre le emissioni di gas serra e di altre sostanze rischiose e di controllare la costruzione ed i materiali che si recuperano dalla demolizione.

Il calcestruzzo è una miscela di cemento, acqua ed aggregati. Abbiamo già sottolineato come la produzione di cemento consumi molta energia ed emetta una certa quantità di CO<sub>2</sub>, ma anche l'estrazione degli aggregati produce distruzione di ambiente naturale in quanto implica uso del territorio, perdita di eco sistemi, perdita di paesaggio, ecc. Da qui l'interesse ad utilizzare i sotto prodotti industriali e materiali provenienti da demolizioni. Tutto ciò significa costruire con calcestruzzo verde, affidando così a questo materiale un importante ruolo per la costruzione sostenibile.

È stata coniata la nuova parola *environmentality* dalla fusione di: *environment* e *mentality* ossia ambiente e mentalità a sottolineare che nella progettazione strutturale il progettista deve acquisire una mentalità ambientalista. Per valutare la sostenibilità al fine di ottenere vantaggi in termini di prestazioni ambientali,

occorre fissare obiettivi ed indicare in che modo si possano raggiungere. Gli obiettivi naturalmente sono: le risorse, l'energia e le emissioni ed i mezzi stanno nelle parole: riduzione, riuso e riciclo.

I requisiti delle prestazioni ambientali possono riferirsi a scelta dei materiali, metodi costruttivi, procedure di manutenzione, procedure di riciclo, quantità di consumo di energia, limiti di emissione di CO<sub>2</sub>, inquinamento dell'acqua, contaminazione del suolo, emissioni di polvere, rumore, vibrazioni, sostanze chimiche, ecc.

Ma qualunque giudizio sulla sostenibilità di una struttura non può prescindere dal costo riferito al suo intero ciclo di vita. Tuttavia, gli aspetti economici, in tutti i documenti che trattano il problema della sostenibilità, compreso il Report FIB n. 47<sup>1</sup>, già citato, non sono trattati come un requisito prestazionale poiché essi dovrebbero rappresentare il requisito più importante da tenere presente in un primo stadio e perché essi possono cambiare in dipendenza di altri fattori legati alla particolare destinazione della costruzione.

A questo punto però occorre stabilire a chi spetta fissare i requisiti delle prestazioni ambientali di un'opera anche perché solo così sarà possibile verificare se essi sono stati rispettati. Ma chi decide può evidentemente muoversi sulla base di leggi, di accordi internazionali oppure su particolari intenzioni del Committente.

### *Il ruolo del committente*

È del tutto evidente che spetta al Committente definire il progetto nelle sue dimensioni globali ivi compreso gli aspetti ambientali. Se egli non ha tale sensibilità o un tale obbligo, la probabilità che siano gli altri soggetti coinvolti nel processo costruttivo a farli propri è evidentemente molto bassa. Il Committente potrebbe avere più motivazioni, come: soddisfare regolamenti e regole esistenti, ottenere benefici economici a breve od a lungo termine e prestazioni ambientali migliori, al di là delle regole e dei regolamenti e dei vantaggi economici, guidato da una vocazione ideale verso una costruzione sostenibile, oppure infine per migliorare la sua immagine (*marketing*).

Non è da escludere che soluzioni rispettose dell'ambiente possono aumentare i costi di investimento ma parimenti possono fornire economie in una visione di prospettiva nel ciclo di vita.

È importante comunque che il Committente senta la responsabilità di fare almeno una valutazione dei benefici ambientali insieme a quelli economici nella prospettiva dell'intero ciclo di vita della costruzione.

Naturalmente quando si passa dal progetto all'esecuzione è necessario mettere a punto un sistema di gestione ambientale per assicurare il raggiungimento degli obiettivi fissati nel progetto. Si profila così la nascita di una nuova figura professionale con un ruolo importante nel processo costruttivo.

Non sarà sfuggito che negli obiettivi ambientali via via citati vi sono aspetti a diversa scala: scala globale (riscaldamento del pianeta, uso delle risorse ecc.), scala regionale (rifiuti a discarica) e scala locale (rumori, vibrazioni, polvere ecc.). Tutti vanno tenuti in debita considerazione. Giungiamo così alla progettazione ambientale.

### *La progettazione ambientale*

Abbiamo già osservato che la progettazione corrente delle strutture in c.a. (cemento armato) è principalmente focalizzata sugli aspetti della resistenza e stabilità e, più recentemente, anche della durabilità, mentre si deve constatare che è totalmente assente il punto di vista ambientale.

È ben noto che nel progetto strutturale la resistenza e la stabilità (sicurezza strutturale) sono verificate da relazioni del tipo

$$S_d \leq R_d$$

dove  $S_d$  è la sollecitazione (effetto delle azioni) di progetto e  $R_d$  la corrispondente resistenza di progetto, mentre la verifica della durabilità è eseguita mettendo a confronto un determinato processo di degrado con un suo valore limite prestazionale.

Il progetto della vita di servizio è eseguito considerando la vita di servizio richiesta alla struttura, il piano di manutenzione e di gestione, le condizioni ambientali e la durabilità ed infine l'efficienza economica ritenuta accettabile.

<sup>1</sup> *Environmental design of concrete structures – general principles*, cit.

Porsi come obiettivo la riduzione dell'impatto ambientale nel suo aspetto globale e la razionalizzazione nell'uso delle risorse può considerarsi un'operazione concettualmente identica a quella relativa al progetto della resistenza meccanica e stabilità e della durabilità anche se le grandezze a base di queste due verifiche si riferiscono a caratteristiche fisiche, chimiche e meccaniche completamente differenti.

Infatti, mentre il raggiungimento di una condizione di collasso è la situazione limite della resistenza, per la durabilità può essere, ad esempio, il limite di concentrazione di ione cloro la condizione limite perché non si manifesti la corrosione nelle armature, oppure l'entità del ricoprimento determinato dalla velocità con cui la carbonatazione progredisce all'interno del calcestruzzo verso la posizione dell'armatura.

Analogamente nel progetto ambientale di una struttura di calcestruzzo occorre scegliere degli indici ai quali riferire la verifica e fissarne i valori limite. Con riferimento all'ambiente globale certamente un indice su cui oggi sono tutti concordi è la quantità di emissione di gas serra.

Abbiamo visto che l'Italia, aderendo al protocollo di Kyoto, si è impegnata a ridurre del 6,7% rispetto al 1990, le emissioni di gas serra entro il 2010.

Ma se la verifica è condotta con riferimento all'ambiente locale, è noto ad es. che i limiti per il rumore e per l'emissione di sostanze tossiche (nell'aria, nell'acqua o nel suolo) sono fissate da leggi perché legate alla salvaguardia della salute. Anche se i valori di questi indici possono essere discutibili.

Comunque in generale questi limiti possono essere posti dal committente, per legge, dal progettista o da altri soggetti.

Anche se a tutt'oggi non vi sono specifiche da rispettare, né si sono definiti esattamente gli indici ambientali da prendere in considerazione, è tuttavia ugualmente importante mettere a punto una metodologia di progettazione che incorpori questi aspetti.

In altri termini, si può già fin da ora impostare una progettazione strutturale che metta come obiettivo ad es. la riduzione delle emissioni di CO<sub>2</sub>.

Naturalmente la stessa cosa può essere fatta con riferimento ad altri indici ambientali.

Nella progettazione così concepita, per migliorare la durabilità e per ridurre la quantità di materiale utilizzato, posso decidere ad es. di impiegare calcestruzzi di elevate prestazioni invece di quelli tradizionali, senza con ciò compromettere naturalmente le prestazioni in termini di Stati Limite Ultimi (SLU) e di Esercizio (SLE) e le prestazioni ambientali.

Ma è evidente che posso altresì indirizzare la progettazione verso un'altra scelta e cioè verso l'impiego di un calcestruzzo ordinario, tradizionale, con l'uso di sottoprodotti industriali. Anche con questa seconda scelta posso soddisfare SLU, SLE, durabilità e prestazioni ambientali.

Sebbene questi due approcci progettuali soddisfino tutte le prestazioni richieste comprese quelle ambientali, essi differiscono completamente dalla progettazione convenzionale in quanto nel progetto è incorporato, per così dire, l'ambiente. Così il 'progetto ambientale' può essere utilizzato come un termine per indicare una nuova concezione del progetto che include appunto il progetto che soddisfa i requisiti imposti dalle prestazioni ambientali.

Riassumendo il progetto ambientale si può sviluppare nelle seguenti fasi:

- *Input* dal Committente
- Scelta dei requisiti prestazionali
- Valori degli indici prestazionali: resistenza e stabilità, durabilità e indici ambientali
- Scelta dei materiali, della forma e delle dimensioni della struttura, delle modalità di esecuzione, del piano di manutenzione e del piano di riciclo.
- Verifiche delle prestazioni strutturali, di durabilità ed ambientali.
- Una volta completato il progetto ambientale si passa all'esecuzione, al controllo e quindi al servizio.

È estremamente importante conservare memoria di tutte le fasi per la comprensione dell'intero progetto e per eseguire la successiva manutenzione. È necessario quindi predisporre una sorta di 'certificato di nascita' dell'opera.

Sul termine 'prestazione ambientale', Koji Sakai<sup>1</sup> dice che «se un'automobile percorre 20 km/litro possiamo dire che essa ha una prestazione ambientale eccellente, ossia che è amica dell'ambiente».

Allo stesso modo, se la produzione di un certo materiale ha una emissione di CO<sub>2</sub> bassa, possiamo classificare questo materiale fra quelli ad alte prestazioni ambientali. Fra i materiali che contengono sostanze

<sup>1</sup> Koji Sakai, *Environmental Design for Concrete Structures*, «Journal of Advanced Concrete Technology», vol. 3, 2005, pp. 17-28.

tossiche, quelli a basso contenuto delle medesime sostanze saranno classificati come materiali ad alte prestazioni ambientali. Si può anche dire che una macchina silenziosa o un utilizzo di territorio pianificato in maniera razionale, a basso impatto sulla biodiversità, sono classificati come scelte di eccellenti prestazioni ambientali.

Si deve riconoscere che oggi non vi è una esperienza ed una competenza diffuse fra i progettisti in questa materia.

Ciò può suggerire di procedere in maniera olistica, spezzando cioè la progettazione nelle tre fasi: progettazione strutturale, progettazione della durabilità e progettazione ambientale, anche se questa separazione è, per molti aspetti, alquanto arbitraria. La progettazione strutturale è quella più esplorata e familiare e quindi non diciamo nulla.

### *Progettazione della durabilità*

Sulla progettazione della durabilità vorrei ricordare che il problema è all'attenzione ormai da molti anni. Si è registrata una sempre maggiore attenzione al problema dai nostri DM, ad iniziare dal DM 26 marzo 1980, fino al DM 9 gennaio 1996. Tuttavia è col DM 14 gennaio 2008 che la durabilità viene messa al centro della progettazione strutturale, quale principio fondamentale (Paragrafo 2.1 *Principi fondamentali*).

Vorrei poi ricordare il contributo della Commissione Norme del CNR che, sotto la Presidenza di Pozzati, nella seconda metà degli anni 90, coordinò il Progetto Strategico *Sicurezza e qualità nelle costruzioni civili e meccaniche* per la parte riferita alla durabilità delle costruzioni in c.a. e c.a.p. (cemento armato pre-compresso).

Sulla durabilità va naturalmente ricordato il più recente contributo AICAP (Associazione Italiana Cemento Armato e Precompresso) con la pubblicazione del bel volume di Pietro Pedferri, recentemente scomparso, su *La corrosione nel calcestruzzo, fenomenologia, prevenzione, diagnosi, rimedi*.

Inoltre l'AICAP si è fatta promotrice di 2 progetti di ricerca su:

- Utilizzo della cenere volante per il miglioramento della durabilità delle strutture in c.a. e c.a.p. e per un progresso sostenibile
- Vita residua delle strutture in calcestruzzo armato danneggiate dalla corrosione

### *Esempi di progettazione ambientale:*

Vorrei ora avviarmi alla conclusione, illustrando brevemente 2 esempi di progettazione ambientale ripresi dal Bollettino FIB n. 47<sup>1</sup>, che mi paiono particolarmente interessanti per la metodologia utilizzata.

#### *Esempio 1 – Viadotto a telaio in c.a.*

Si tratta di un sovrappasso ferroviario in un'area residenziale urbana realizzato con una struttura a telaio in c.a. Il viadotto è a 4 campate di 15,00 m ciascuna per una lunghezza totale 60,00 m.

La soluzione classica prevede una trave di collegamento fra i pali di fondazione e le colonne. Questa trave di fondazione ha la funzione di assorbire le differenze nella capacità portante dei 2 pali e ad assicurare le richieste prestazioni sismiche.

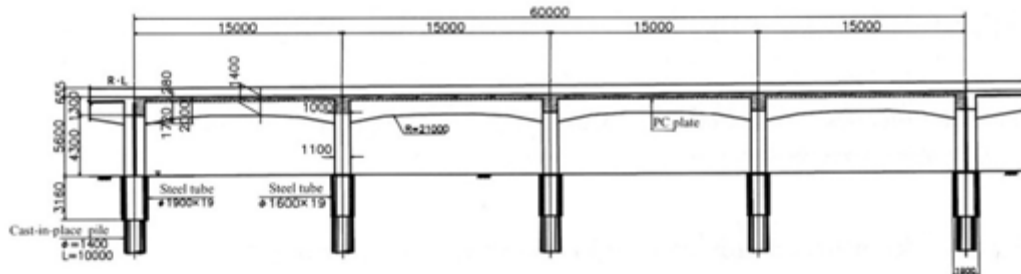
I requisiti prestazionali ambientali prevedono: riduzione del 20% delle emissioni di CO<sub>2</sub>; limitazioni di rumore, vibrazioni e di polvere a certi valori prefissati.

Per soddisfare i requisiti ambientali è stata studiata la soluzione alternativa – senza trave di collegamento – che assicura le prestazioni sismiche, incrementando la capacità portante dei pali di fondazione e rinforzando le unioni tra pali e pile con tubi di acciaio.

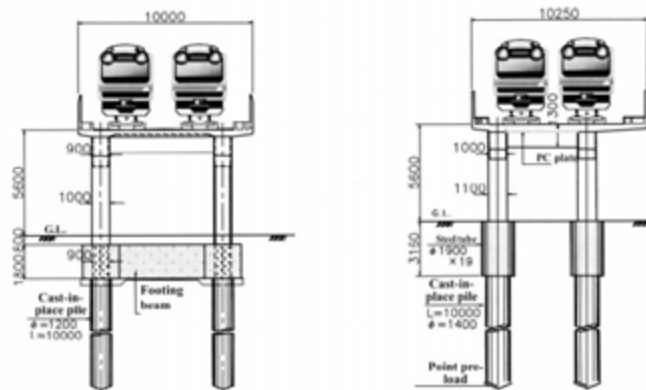
Per entrambe le soluzioni sono state valutate le emissioni di CO<sub>2</sub> dovute ai materiali, al trasporto e all'esecuzione, riferite a ciascun elemento costruttivo del ponte: travi e pali di fondazione, impalcature, pile, travi di implacato, solette, ecc. Le emissioni di CO<sub>2</sub> con le travi di collegamento delle teste dei pali di fondazione sono state valutate in 450 t, mentre quelle senza le suddette travi sono state valutate in 320 t, conseguendo così una riduzione complessiva di circa il 28%.

<sup>1</sup> *Environmental design of concrete structures – general principles*, cit.

Contemporaneamente la soluzione adottata ha implicato anche una riduzione di impatto su scala locale in termini di congestione di traffico, rumore, vibrazioni ed inquinamento dell'aria.



Esempio 1 – Viadotto ferroviario a telaio in c.a.: sezione longitudinale senza trave di collegamento in fondazione.



Esempio 1 – Sezione trasversale del viadotto ferroviario a telaio in c.a.: soluzione classica con trave di fondazione (a sinistra); soluzione alternativa senza trave di fondazione (destra).

### Esempio 2 – Passerella pedonale di 50 m di luce.

Requisito ambientale richiesto: riduzione del 20% di CO<sub>2</sub> rispetto ad una soluzione convenzionale, costituita da una passerella a 3 campate in c.a.p..

La soluzione alternativa studiata e poi adottata è una passerella a campata unica in calcestruzzo ad altissima resistenza SHS (*Super High Strength*), rinforzato con fibre d'acciaio.

Questa soluzione ha consentito di ridurre il peso proprio della passerella, per l'elevata resistenza del calcestruzzo, da 2.780 kN a 560 kN e di conseguenza di ridurre le dimensioni delle fondazioni ed i costi di esecuzione. La maggiore durabilità inoltre ha ridotto i costi di manutenzione.

Con questo esempio si prova che l'uso di calcestruzzo ad altissime prestazioni, oltre ad assicurare i requisiti di sicurezza e durabilità, riduce il carico ambientale. Il risultato è una riduzione di emissione di CO<sub>2</sub> del 25% rispetto alla soluzione classica.

### Considerazioni finali

Come si vede, i 2 esempi descritti hanno avuto come obiettivo quello di ridurre l'impatto ambientale.

Nel primo esempio il risultato è stato raggiunto con la eliminazione di una trave di fondazione, mentre nel secondo mediante l'impiego di nuovi materiali. Entrambi gli esempi mostrano come si possa ridurre l'impatto ambientale con scelte adeguate nella fase di concezione dell'opera. È evidente quindi l'utilità, ovvero la razionalità, di aggiungere ai requisiti di resistenza, stabilità e durabilità quello ambientale.

Restano naturalmente aperti ampi spazi di ricerca, sui materiali e sul loro ciclo di vita, sulla concezione strutturale delle opere ed in generale sulla ottimizzazione nei confronti degli indici ambientali.



Oggi sono disponibili *software* adeguati ad analizzare un determinato processo considerando l'intero ciclo di vita di un certo prodotto.

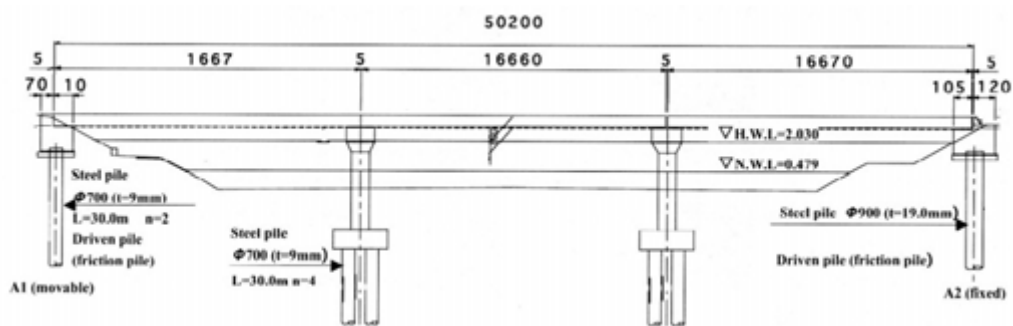
Una tesi di laurea discussa nel mio Dipartimento (Dipartimento di ingegneria civile ed ambientale) ha utilizzato un programma denominato SIMAPRO. Questo *software* è in grado di analizzare un determinato prodotto edilizio, considerando le fasi di costruzione, di esercizio e di dismissione.

Il database di questo *software* contiene tutti i dati necessari al calcolo delle energie di produzione dei materiali impiegati nel processo e degli impatti potenziali associabili ai sotto processi previsti nell'analisi d'inventario.

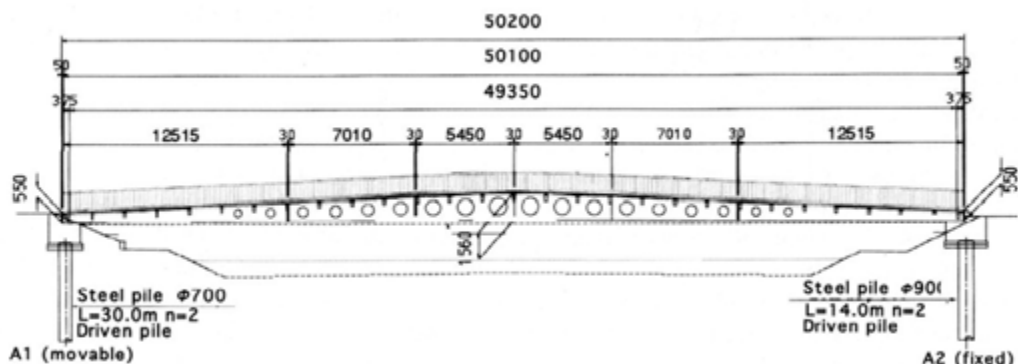
Concludo ricordando che, il 4 luglio 2006, 3 fra le più importanti associazioni americane dell'ingegneria civile – ASCE (American Society of Civil Engineers), ICE (Institution of Civil Engineers), CSCE (Canadian Society for Civil Engineering ) – hanno firmato un protocollo che esordisce così:

ASCE, ICE e CSCE ritengono che l'attuale approccio allo sviluppo sia insostenibile. Stiamo consumando le risorse naturali della terra oltre la possibilità di una loro rigenerazione. Questo, insieme con la sicurezza e la stabilità, è il problema più critico che sta dinanzi alla nostra professione ed alle associazioni che rappresentiamo.

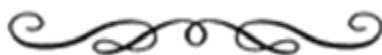
Lo sviluppo sostenibile deve costituire il cuore della nostra pratica professionale.



Esempio 2 – Passerella pedonale: soluzione convenzionale in c.a.p..



Esempio 2 – Passerella pedonale: soluzione alternativa in SHS (*Super High Strength*).



## UN CONTRIBUTO PER LA CRESCITA DELLA RICERCA ELETTRONICA A FIRENZE

Carlo Atzeni<sup>1</sup>

*Lectio magistralis* tenuta il 10 novembre 2011

Nel 1971 veniva istituita a Firenze la Facoltà di Ingegneria: era l'unica Facoltà che ancora mancava al vasto panorama della cultura fiorentina. Prima di allora, dopo un biennio in comune coi fisici e i matematici, gli aspiranti ingegneri fiorentini si trasferivano a Pisa, a Bologna, a Milano. La sede fu subito questa di Santa Marta, appartenente allora alla Curia, ma l'ala sinistra continuò ad ospitare per vari anni una Scuola media, mentre un edificio esterno lungo la cinta su via Rossi ospitò per molti anni un forno: di qui il Laboratorio didattico realizzato negli anni novanta in quei locali è conosciuto appunto come Laboratorio 'ex-forno'.

Partecipare alla fondazione di una nuova Facoltà – per giunta così importante – e in particolare al radicamento dell'elettronica in tale Facoltà, è stata un'occasione unica ed emozionante.

L'elettronica fiorentina non nasceva dal nulla. Esisteva da vent'anni a Firenze la scuola del prof. Nello Carrara, che ha fondato il Centro Microonde del CNR, divenuto più tardi Istituto di Ricerca sulle Onde Elettromagnetiche (IROE), e oggi Istituto di Fisica Applicata 'Nello Carrara' (IFAC). Nello Carrara, fisico laureato alla Normale di Pisa insieme ad Enrico Fermi, è stato tra i maggiori sostenitori della fondazione della Facoltà fiorentina, che nel 1980 lo ha proclamato dottore *honoris causa* in Ingegneria Elettronica.

Io ho avuto la fortuna di avere Carrara come maestro: con lui mi laureavo nel lontano 1965, e sotto la sua direzione ho svolto le mie prime ricerche. E ho poi avuto la fortuna di entrare nel 1971 nella nuova Facoltà di Ingegneria come professore incaricato per poi diventare, nel 1980, professore ordinario di Elettronica. Pochi sanno che in realtà ho vinto contemporaneamente due cattedre: Elettronica e Telecomunicazioni. Se mi concedete questa piccola vanità, credo di essere l'unico in Italia ad essere riuscito con gli stessi lavori a vincere una cattedra in due importanti discipline. Costretto a scegliere, optai per Elettronica. Tuttavia, mi è rimasta sempre questa passione per i sistemi elettronici che servono, essenzialmente, a comunicare.

Devo ricordare che il nucleo costitutivo dell'ingegneria elettronica a Firenze nasceva in gran parte dalla scuola dell'IROE: Vito Cappellini, coi suoi giovani discepoli Enrico Del Re e Giuliano Benelli (oggi ordinario a Siena); Leonardo Masotti; Gianfranco Manes; Pierfranco Pellegrini, oggi in pensione; Luciano Mezzani e Luigi Millanta, che non sono più con noi. Da Padova venivano poi il prof. Giuseppe Francini, membro del comitato costitutivo della Facoltà e primo Preside di Ingegneria, e Antonio Zanini, che introdussero un filone di ricerca in bioingegneria, ancor oggi molto attivo. Non voglio ovviamente disconoscere l'importanza del contributo pisano, portato dai proff. Mario Calamia e Antonino Liberatore e dai giovani Dino Giuli, Roberto Tiberio, Guido Biffi Gentili e, più tardi, Giuseppe Pelosi; se non ne parlerò è perché lo conosco meno, essendo più legato al settore dell'elettromagnetismo. Infine, voglio ricordare la scuola di matematica rappresentata dal prof. Gaetano Villari, che fu anche Preside, e si preoccupò di specializzare l'insegnamento dell'analisi matematica alle esigenze e finalità dell'ingegneria. Su questi nomi veniva fondata la didattica e la ricerca della ingegneria fiorentina.

Parlando di questi anni, non posso non farmi sommergere da un'ondata di ricordi. In particolare, ho viva in mente la stanzetta dell'IROE in cui stavamo in tre: io, Leonardo Masotti e Gianfranco Manes, che non apparteneva al CNR e ci aveva raggiunto qualche anno più tardi, presto portando una ventata di nuove idee e iniziative. Ricordo questo anche perché per vari anni dopo la fondazione di Ingegneria, le tesi sperimentali di elettronica venivano svolte presso l'IROE; e molti studenti hanno lavorato lì con noi. In particolare non posso non ricordare il giovane Piero Tortoli, che si laureò con me e con Manes, nel 1978, con una bella tesi sull'impiego di filtri a onde acustiche superficiali (*Surface Acoustic Waves*, SAW) e dispositivi ad accoppiamento di carica (CCD) per l'analisi in frequenza di segnali. I filtri SAW sono stati il primo tema nel

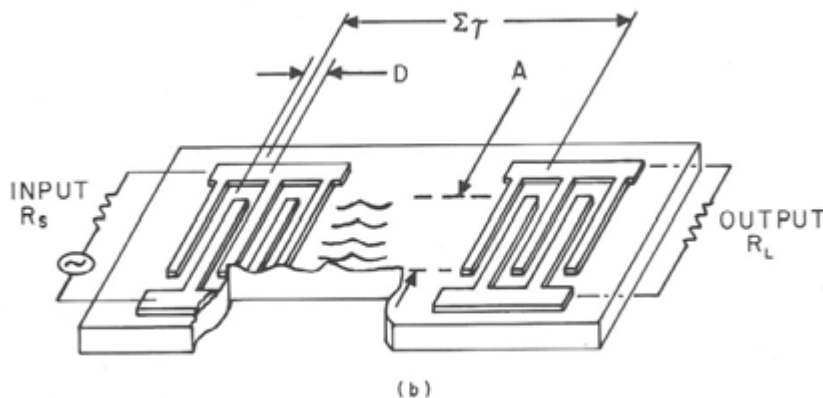
<sup>1</sup> Il prof. Atzeni è venuto a mancare dopo la pubblicazione della prima edizione di questo volume. Il prof. Piero Tortoli (Dipartimento di Ingegneria dell'Informazione) ha cortesemente rivisto il contributo per questa seconda edizione.

quale la ricerca elettronica fiorentina ha assunto un rilievo internazionale. Oggi sono in gran parte sostituiti dai loro equivalenti digitali, ma allora offrirono un grande interesse applicativo, in particolare nel campo radar e spaziale, e dettero luogo ad una attività di ricerca ed industriale in tutti i principali paesi, dagli Stati Uniti al Giappone.

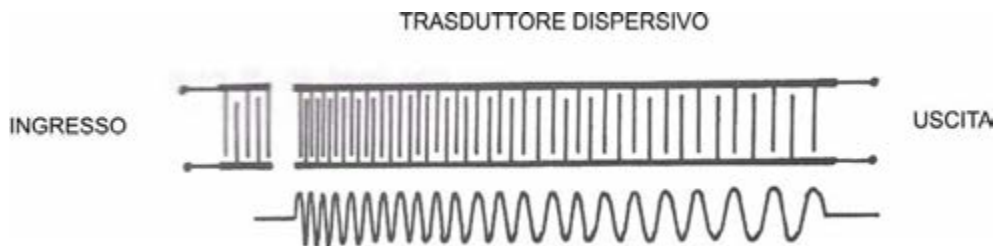
Per i più giovani, ricorderò che i SAW sono onde ultrasoniche che si propagano lungo la superficie di materiali piezoelettrici, generate o ricevute da trasduttori 'interdigitali', cioè due pettini di elettrodi metallici interallacciati, fotoincisi sulla superficie del substrato. Un segnale elettrico applicato agli elettrodi di ingresso genera una deformazione elastica che si propaga lungo la superficie; reciprocamente, l'onda elastica, raggiungendo il trasduttore di uscita, è rivelata come segnale elettrico. La spaziatura dei denti interdigitali deve essere sincrona con la lunghezza d'onda del segnale alla velocità di propagazione superficiale.

Si tratta dunque di una linea di ritardo, ma con due importanti gradi di libertà legati alla struttura planare: la frequenza del segnale può essere variata cambiando la distanza tra gli elettrodi, mentre l'ampiezza può essere pesata variando la loro lunghezza. Risulta così che un segnale a modulazione di frequenza può essere realizzato variando la spaziatura degli elettrodi in misura sincrona alla variazione della lunghezza d'onda; un filtro passa banda può essere realizzato attraverso un profilo della lunghezza degli elettrodi avente la forma di un  $\sin(x)/x$ , cioè della sua risposta impulsiva.

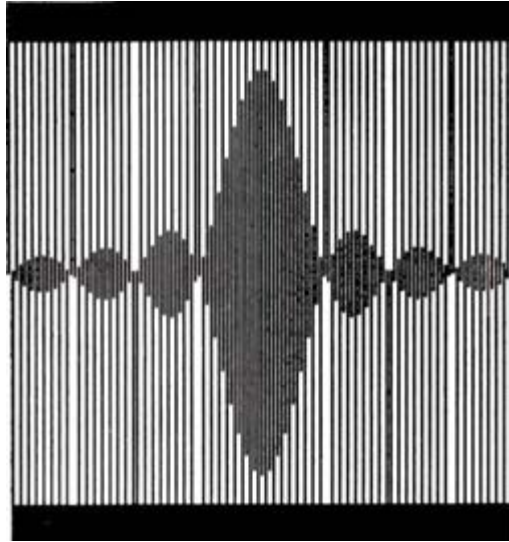
Queste strutture si ottenevano attraverso il disegno di maschere interdigitali, il cui profilo riproduceva la risposta impulsiva del filtro desiderato, riportate sul substrato piezoelettrico attraverso un processo fotolitografico, con tecnologie analoghe a quelle impiegate per i circuiti integrati. È impossibile ricordare qui tutte le configurazioni di elaborazione rese possibili da questa innovativa tecnologia planare. Ricorderò solo una varietà di filtri di banda per radar e telecomunicazioni e i filtri a modulazione lineare di frequenza (noti come *chirp*) per la tecnica radar nota come 'compressione di impulso'.



Linea di ritardo SAW (*Surface Acoustic Waves*).



Schema di trasduttore SAW per modulazione di frequenza lineare.

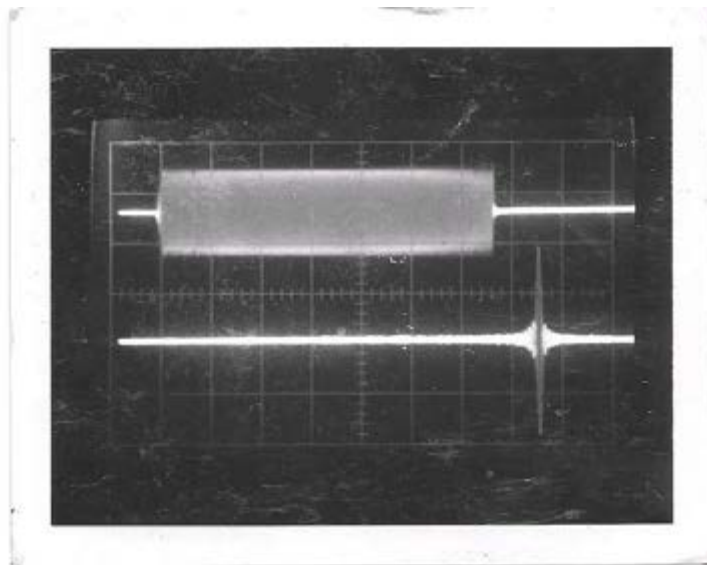


Maschera interdigitale SAW per filtro passa-banda.

Negli anni '70 il gruppo di elettronici di Firenze fu tra i primi ad introdurre una serie di aspetti innovativi nella progettazione dei filtri SAW: talché in numerose pubblicazioni scientifiche e libri americani ed europei i lavori fiorentini sono ampiamente citati. Addirittura – mi si permetta la piccola vanità – la riproduzione del nostro primo filtro passa-banda è stata riportata sulla copertina di un'importante opera sui SAW scritta da uno dei massimi esperti americani dell'Università di Stanford, il prof. Kino, autorità riconosciuta della prestigiosa Università di Stanford.

Intorno alla fine degli anni '70 è nato un nuovo affascinante interesse di ricerca: l'ecografia ad ultrasuoni. Oggi l'ecografia rappresenta uno strumento diagnostico di comune impiego in quasi tutte le branche della medicina ed ha raggiunto una capacità di *imaging* eccezionale: basta pensare alle incredibili immagini dei bambini nel grembo materno o alle visioni dinamiche del cuore. Gli esempi recenti che si possono apprezzare nelle immagini seguenti sono dovuti alla cortesia della Società ESAOTE, oggi leader dell'ecografia a ultrasuoni, con la quale la storia dell'ingegneria di Firenze è strettamente intrecciata.

Avendo esperienza di sistemi radar (il radar è un particolare ecografo) e di ultrasuoni fu quasi naturale spostare la curiosità scientifica verso questo nuovo campo applicativo. Il nuovo interesse fu favorito dalla partecipazione dell'Università di Firenze a due successivi progetti finalizzati del CNR sulle tecnologie biomediche, dei quali l'ecografia ad ultrasuoni era una parte rilevante. Mi piace ricordare in particolare l'avventura vissuta insieme al prof. Manes nel secondo progetto finalizzato. Intorno al 1980, il gruppo Ansaldo di Genova, nota per i suoi cantieri navali e che non aveva alcuna attività né nel campo dell'elettronica né nel campo biomedico, aveva deciso di entrare sul mercato dell'ecografia ad ultrasuoni. Fu così fondata la Ansaldo Elettronica Biomedicale e furono assunti inizialmente solo tre ingegneri che non sapevano niente di ecografia ad ultrasuoni: a noi fu affidato il compito di fare loro scuola e guidarli negli aspetti progettuali dei nuovi ecografi. Negli anni successivi la nuova azienda cambiò denominazione in ESACONTROL e poi acquisì il controllo della OTE Biomedica di Firenze, che aveva per suo conto sviluppato alcuni strumenti avanzati. Ebbe così origine la ESAOTE, con le due sedi a Genova e a Firenze, che oggi, come ho ricordato, è un'importante azienda che vende i suoi strumenti in tutto il mondo.



Compressione di impulso radar: il lungo segnale in alto viene compresso dal filtro SAW nell'impulso in basso.



Immagine ecografica di un feto [per cortesia di ESAOTE].

Mi piace ricordare alcune delle realizzazioni di quegli anni. Una tra le ricerche più avanzate fu un sistema di focalizzazione 'dinamica' del fascio ultrasonico generato dalle sonde per scansione elettronica lineare o settoriale. Il prof. Manes ideò un ingegnoso sistema secondo il quale l'equalizzazione dei ritardi richiesta dalla focalizzazione veniva ottenuta in maniera sincrona con la profondità di esplorazione, cioè il fuoco del fascio si spostava con la profondità. Il risultato sulla qualità delle immagini fu notevole. Si pensi che nello stesso periodo il gigante Hewlett Packard, che produceva ecografi ad ultrasuoni, aveva introdotto un sistema molto simile.

Un'attività ancora più estesa fu dedicata allo sviluppo di strumenti per la misura della velocità di flusso del sangue nel sistema circolatorio. La velocità del sangue nelle arterie (carotide, femorale,...) genera uno spostamento di frequenza Doppler nel segnale ultrasonico, la rivelazione del quale fornisce informazioni

diagnostiche importanti, mettendo in luce eventuali disfunzioni della circolazione, dovute, ad esempio, alla ostruzione aterosclerotica del lume.



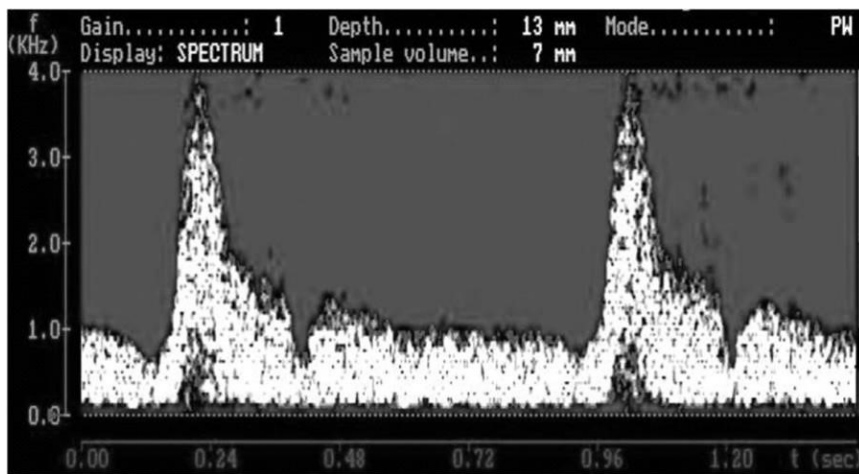
Immagine ecografica del cuore [per cortesia di ESAOTE].

A queste ricerche si dedicò in particolare il prof. Tortoli, che le ha proseguite fino ad oggi, divenendo uno dei riconosciuti esperti internazionali di questa branca. Tortoli introdusse il sistema *multigate*, con il quale la risposta del flusso attraverso la sezione del vaso veniva analizzata in una successione di centinaia di *gate* adiacenti, fino a fornire un profilo dettagliato della velocità istantanea di flusso. A quel tempo non esisteva ancora la FFT (*Fast Fourier Transform*) digitale, con la quale la frequenza Doppler può essere direttamente rilevata con grande accuratezza e velocità. Mi piace ricordare perciò che il prof. Tortoli sviluppò un ingegnoso sistema che utilizzava una tecnica di trasformazione di Fourier basata sui filtri *chirp* SAW, ottenendo le prime immagini del profilo istantaneo del flusso nella carotide, eccezionali per l'epoca (1985). ESAOTE ha successivamente introdotto la tecnica sviluppata da Tortoli nei suoi ecografi, realizzando così un netto avanzamento della tecnologia italiana, oltre che fiorentina.

Alla metà degli anni '80 iniziò la collaborazione con la SMA (Segnalamento Marittimo e Aereo) di Firenze, che purtroppo non esiste più. SMA era una splendida industria di più di 500 persone, più della metà ingegneri, collocate in un magnifico stabilimento sulle colline di Soffiano a Firenze. La sua fondazione risaliva alle ricerche sul radar del prof. Carrara, che della SMA fu per anni Presidente. Produceva prevalentemente radar per la Marina Militare, ma negli anni '80 il suo amministratore, l'ing. Sergio Bertini, guidò anche l'azienda verso lo sviluppo di una produzione civile: basti citare per questo il progetto di un radar anticollisione per auto, promosso in collaborazione col Centro Ricerche FIAT. Il progetto arrivò fino al prototipo operativo: eravamo nel 1990 circa, anche se solo recentemente il radar anticollisione è entrato nei modelli evoluti di auto. Io e il prof. Manes diventammo stretti collaboratori scientifici di SMA, partecipando ai suoi progetti di innovazione. Alla metà degli anni '80 partecipammo alla fondazione di una nuova azienda a Firenze destinata alla progettazione e produzione tecnologica di componenti a microonde e di dispositivi SAW, la MICREL, della cui organizzazione scientifica eravamo responsabili. La MICREL fu dotata delle avanzate attrezzature necessarie per la fabbricazione di componenti microelettronici in film sottile: camere bianche, generatori ottici di maschere di alta precisione, strumenti per la fotolitografia, il *bonding*, la microscopia, per un investimento di qualche miliardo di lire.



Fascio ultrasonico a focalizzazione dinamica (a sinistra) vs esempi di fasci a fuoco singolo.



Esempio di tracciato ecografico Doppler

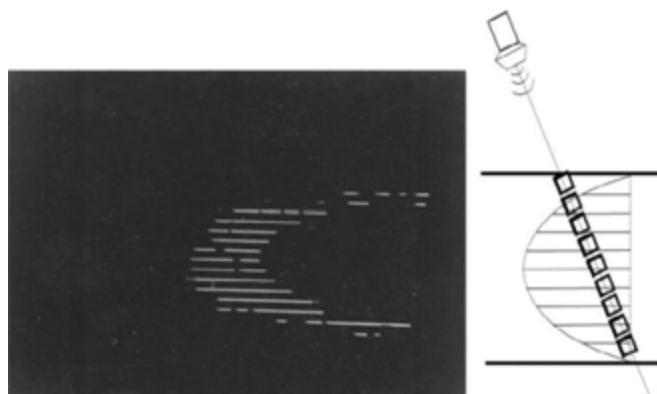


Immagine Doppler *multigate* ottenuta con analisi spettrale Chirp SAW (1985).

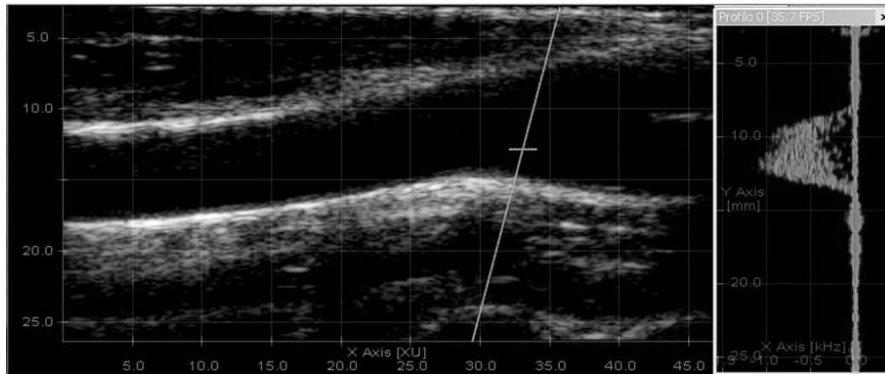


Immagine dinamica Doppler *multigate* [per cortesia di Piero Tortoli].

La SMA, così come Galileo, Breda, OTO Melara, Agusta e varie altre aziende italiane, faceva capo ad un ente di Stato, l'EFIM, che conviveva con l'altro grande ente di Stato, la Finmeccanica: ebbene, motivi di razionalizzazione portarono, nel 1994, la maggioranza delle aziende EFIM a confluire in Finmeccanica. SMA e Micrel furono inglobate in Galileo, ma molte attività furono soppresse e molti dipendenti se ne andarono. Simbolo di questo disastro fu la fine di un ambizioso progetto di riconversione industriale, quello del radar anticollisione.

Con l'istituzione anche in Italia del dottorato di ricerca, collaborammo inizialmente ad un dottorato in bioingegneria, con sede amministrativa a Bologna, formando giovani che hanno dato impulso alle nostre attività di ricerca sugli ultrasuoni in medicina e alcuni dei quali alimentano oggi i laboratori di ricerca dell'ESAOTE. Voglio qui ricordare in particolare Gabriele Guidi, che, dopo il dottorato, è stato per molti anni ricercatore presso il nostro dipartimento ed è oggi professore al Politecnico di Milano. Nel 1995 fu inaugurato il nuovo dottorato fiorentino in Ingegneria dei Sistemi elettronici, che nacque per mia volontà come consorzio tra le Università di Firenze, Pisa e Siena e aveva l'ambizione di costituire un grande dottorato della Toscana. Da allora esso ha formato decine di dottori di ricerca, alcuni dei quali sono oggi docenti o ricercatori, altri lavorano in industrie elettroniche anche all'estero.

Lasciatemi sottolineare l'impatto che l'istituzione dei dottorati ha avuto sulla ricerca italiana. L'università è stata arricchita dalla selezione di molti tra i giovani migliori, che spesso hanno continuato per anni il loro lavoro di ricerca per pura passione, anche senza prospettiva di acquisire una posizione stabile. Oggi un numero di dottorandi e di assegnisti che supera quello del personale 'di ruolo' ha permesso di impiantare ricerche di ampio respiro, con finanziamenti adeguati sia nazionali che europei.

Un esempio di come una adeguata combinazione di finanziamenti, di personale e di organizzazione possa dar luogo in poco tempo a risultati importanti è affidato agli ultimi anni del mio quarantennio. Nel 2000 sono diventato responsabile del progetto PARNASO, varato dal Ministero della Ricerca in associazione col Ministero dei Beni Culturali e Ambientali, che promuoveva la collaborazione dell'Università di Firenze con industrie, tra le quali voglio ricordare la IDS di Pisa, e la ISMES di Milano, industria dell'ENEL, e due piccole aziende fiorentine. Obiettivo del progetto era lo sviluppo di nuove tecnologie di monitoraggio dell'ambiente e dei beni culturali. Cinque miliardi di lire di finanziamento (dei quali uno all'Università di Firenze), una scuola tematica, borse di studio per la durata del progetto furono le condizioni che permisero di puntare a risultati importanti. Da questo progetto è nato il Laboratorio di Tecnologie per l'Ambiente e i Beni Culturali, con le sue realizzazioni di rilievo: in dieci anni oltre cinquanta pubblicazioni su riviste internazionali e altrettante in convegni; ma soprattutto, l'introduzione di nuovi strumenti radar, basati sul principio dell'interferometria (o olografia) a microonde e sull'elaborazione digitale delle immagini, che hanno permesso il monitoraggio a grande distanza di movimenti franosi, di ghiacciai, di subsidenze del terreno.

In queste ricerche debbo sottolineare il contributo determinante del prof. Massimiliano Pieraccini, che mi ha affiancato in questi anni, e il prezioso contributo di tanti collaboratori che, dopo il dottorato di ricerca, sono rimasti con passione a sviluppare queste attività e le fantastiche campagne di sperimentazione

Una seconda versione ad alto frame rate del radar interferometrico permette di acquisire da lontano le immagini delle oscillazioni di una grande struttura e la misura delle relative frequenze di risonanza. Si tratta

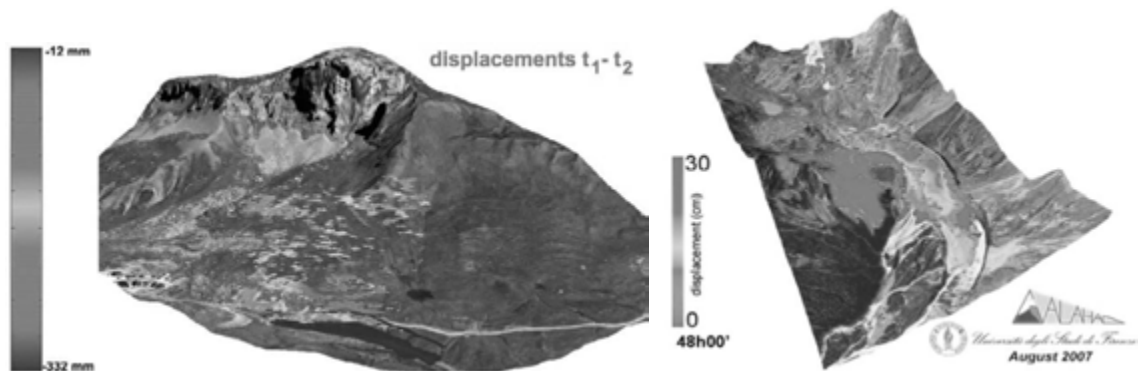


quindi di un nuovo strumento per il controllo della stabilità delle strutture, con l'importante innovazione di poter operare 'in remoto'. Questo strumento è stato impiegato nel campo dei beni culturali, nel monitoraggio remoto della Torre di Giotto, della Torre di Arnolfo, del Battistero di Firenze, della Torre Pendente di Pisa.

I radar interferometrici sono oggi prodotti industrialmente della società IDS di Pisa e sono venduti in tutto il mondo per applicazioni il cui fine principale è la sicurezza delle persone e delle strutture: in particolare voglio ricordare il successo di questi strumenti nel monitoraggio delle miniere a cielo aperto.



Illustrazione schematica del radar anticollisione

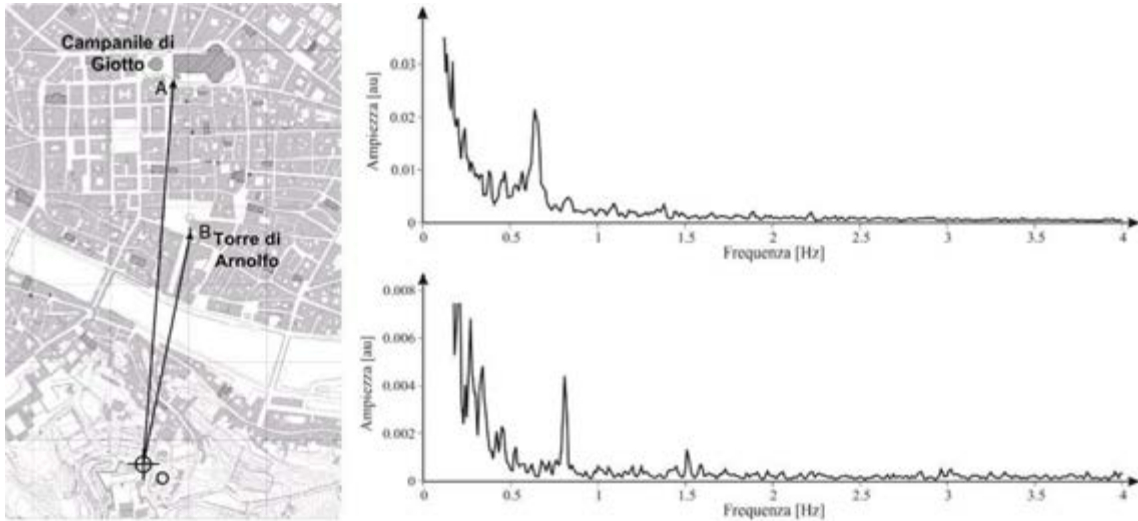


Monitoraggio della frana di Formigal in Spagna (a sinistra) e del ghiacciaio di Macugnaga sul Monte Rosa (a destra): gli spostamenti della frana sono rappresentati in codice colore

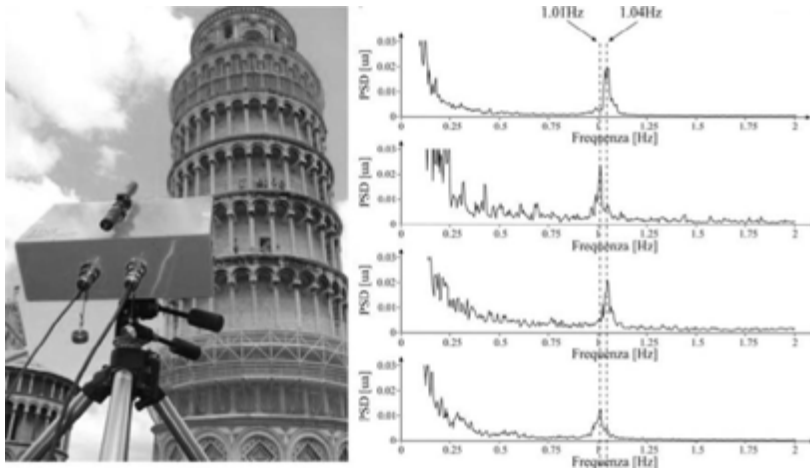
Infine, vorrei ricordare le prime esperienze italiane di acquisizione digitale tridimensionale di capolavori statuari mediante Laser scanner: dalla prima esperienza nel 2000 sulla Maddalena di Donatello nel Museo dell'Opera del Duomo a quella del David di Donatello nel Museo del Bargello. E in queste ricerche vorrei ricordare il contributo unico di Gabriele Guidi, che continua a Milano l'opera iniziata a Firenze. Vorrei anche ricordare le molteplici applicazioni dello strumento nell'ingegneria civile, come nel collaudo e nel controllo dei ponti. Un esempio è mostrato di seguito col monitoraggio di un viadotto autostradale in Cadore.

Bene: sono passati quarant'anni e la Facoltà è cresciuta. Chi scrive ha avuto il privilegio di partecipare alla sua nascita e alla sua crescita, e di aver fatto quanto possibile per contribuirvi, con molta umiltà e molta determinazione. Oggi che l'età mi costringe a lasciare è per me un momento di grande malinconia, ma anche di grande orgoglio. Mi è capitato varie volte di essere fermato per la strada da un ex-studente, di cui non

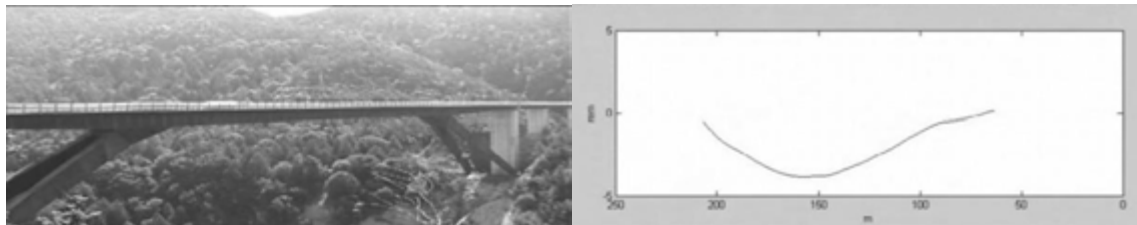
ricordavo né il nome né il volto, ma che diceva di ricordare ancora le mie lezioni. Credo che quella di lasciare una scintilla nel cuore degli studenti a distanza di anni sia la più grande soddisfazione di un professore.



Monitoraggio delle frequenze di risonanza delle torri di Firenze misurate da Forte Belvedere.



Monitoraggio delle due frequenze di risonanza della Torre Pendente di Pisa.



Deformazione del viadotto al passaggio di un mezzo pesante.



Immagine digitale del David di Donatello del Museo del Bargello a Firenze.



#### IL «SACRILEGIO» DEI PONTI\*

*Problemi di criticità della cultura ingegneristica moderna*

*Ignazio Becchi*

#### *Premessa*

Questo studio è emerso in seno ad una proposta didattica scaturita nel corso di ‘Problemi fluidodinamici delle costruzioni’ tenuto dal prof. Federico Domenichini che chiese allo scrivente un contributo in forma di seminario. Il seminario si è tenuto il giorno 3/05/2018 con il contributo dell’ing. Renzo Rovere già dirigente del Ministero per le Infrastrutture ed ha avuto un certo apprezzamento da parte di tecnici intervenuti per cui è stata richiesta una pubblicazione che è apparsa nel Bollettino degli Ingegneri della Toscana in forma sintetica<sup>2</sup>, successivamente l’argomento è stato presentato in una *lectio magistralis* che è stata tenuta a Padova in

---

\* Contributo introdotto in questa seconda edizione.

<sup>2</sup> I. Becchi, *Il sacrilegio dei ponti, Un percorso di ricerca tra superstizione e disastri idraulici*, «Bollettino degli Ingegneri della Toscana», n. 7-8, 2018.

occasione dell'insignimento della *Datei Medal* all'Università di Padova il 20/09/2019, a seguito di ciò è stato richiesto un contributo sull'argomento nel corso ICIRBM 2020 – sospeso a causa del virus Covid-19 – che ha portato ad una versione in lingua inglese ora in corso di stampa<sup>1</sup>. L'invito a fornire un contributo per questa pubblicazione della Facoltà di Ingegneria, che in realtà ha cambiato nome in Scuola di Ingegneria, nell'occasione del compimento dei suoi 50 anni mi si è presentato come l'occasione di fornire una versione completa della trattazione superando le angustie dei limiti che spesso affliggono la pubblicazione in raccolte.

Il presente studio traccia un percorso tra la visione tecnica e quella emotiva relative ai ponti. Infatti queste opere dell'ingegno umano sono contemporaneamente un simbolo di progresso e di conquista che troviamo in genere associato alle grandi città della storia. Oggigiorno si tende a sottovalutare la soluzione tecnica di un problema, quando nella storia dell'umanità troviamo sacrifici immensi fino a quello della vita spesi per risolvere un problema tecnico. Questo contrasto può spingerci a meditare sul cambiamento del valore simbolico delle conquiste tecniche, ma ormai abbiamo l'obbligo di rivoltare il problema e cioè interrogarci su quale debba essere il costo umano di una vittoria della tecnica. L'umanità ha cominciato a comprendere che la corsa al gigantismo e ai rendimenti massimi comporta grossi rischi, basti citare il Titanic o il Vajont, ma nello stesso tempo la vita corrente ci porta a dover salvare quanto più possiamo della nostra cultura e del nostro percorso storico. Abbiamo così monumenti, opere d'arte e città da salvare come valori e come simboli. Entro questi obiettivi ho posto i ponti, in parte perché avendo avuto la fortuna di essere professore a Firenze ho potuto familiarizzare con l'altissimo valore simbolico dei ponti di Firenze, che nell'ultima guerra sono riusciti a intimidire la protervia nazista, ma in parte anche perché mi sono reso conto che i risultati funambolici dell'ingegneria strutturale hanno portato a pensare che fare un ponte sia ormai un gioco da ragazzi, che ci si possa sbizzarrire fino agli estremi di Calatrava che sembra divertirsi a fare ponti pedonali 'sdruciolevoli'.

Però ancora il nostro animo è toccato dal Ponte Vecchio di Firenze o dal Ponte Carlo di Praga di cui sentiamo robustamente il fascino ed il valore simbolico.

Questo scritto traccia un percorso in cui si osservano le differenti anime dei ponti e si ripropone il valore 'idraulico' che sembra un poco eclissato.

### *L'offesa ai Numi*

Il titolo 'Sacrilegio' si rivolge al contenuto più antico del valore culturale di un'opera dell'uomo. Nell'antichità classica troviamo numerosi miti, a cominciare da Prometeo che fu condannato ad un sacrificio perpetuo per aver sottratto il fuoco agli dei, anche se lui nel mito era un eroe cioè un super-uomo o semidio. Ma non si tratta della sola leggenda, ancora molte figure umane leggendarie sono accusate di sacrilegio per aver sfidato le leggi naturali degli dèi. Così Dedalo che perde il proprio figlio per aver cercato di conquistare l'aria volando, ma anche Ulisse, abile inventore del cavallo di Troia, viene condannato a dieci anni di peregrinazioni nautiche prima di tornare a casa.

In questo contesto mi permetto di citare diverse testimonianze, ispirandomi all'opera di Anita Schwarzkopf Seppilli<sup>2</sup>, interessante antropologa di cultura classica.

Proprio la Seppilli trova l'ispirazione nella sua tesi di laurea su la tragedia di Eschilo 'i Persiani' che racconta come l'imperatore dei Persiani Serse, volendo invadere l'Europa, ordinò ai suoi tecnici di costruire un ponte di barche sull'Ellesponto (i Dardanelli) per poter trasferire il suo esercito immenso ricco di elefanti e macchine da guerra, però appena il ponte fu pronto venne una terribile bufera che lo distrusse, Serse colto da un'ira furiosa ordinò ai suoi dervisci di castigare il mare frustando l'acqua dell'Ellesponto. Secondo la trama della tragedia, la tempesta era solo un avvertimento a Serse che non poteva costruire un ponte senza i dovuti ossequi alle divinità ed il successivo comportamento irroso è stato la causa delle sconfitte subite (Termopili, Salamina) che hanno portato Serse alla rovina.

Sulla linea di questa tragedia la Seppilli riferisce la storia dei ponti di Roma di cui il primo, Ponte Sublicio (ricostruito più volte), di cui non è noto il momento iniziale, ma si sa che era costruito in legno,

<sup>1</sup> I. Becchi *Bridge Sacrilege. Critical issues in modern engineering context. Research considerations between superstition and hydraulic disasters*, Atti ICIRBM 2020, Cosenza 2020, pp. 593-604.

<sup>2</sup> A. Seppilli, *Sacralità dell'acqua e sacrilegio dei ponti*, Sellerio, Palermo, 1976.

come rammenta la leggendaria storia di Orazio Coclite. Al tempo di Anco Marzio vengono costruite le pile in muratura mentre l'impalcato resta in legno e inizia una cerimonia annuale di sacrificio in cui gli Argei si tuffavano dall'impalcato alle idi di marzo (inizio dell'anno romano) per celebrare una sorta di esorcismo. Curiosamente viene da ricordare che ancora oggi a capodanno si esibisce Mister OK tuffandosi nel Tevere. La visione del tuffo come atto esorcistico viene confermata da alcune pitture tombali (Cerveteri, Paestum) e, secondo alcuni studiosi, dalla morte della poetessa Saffo che avrebbe attraversato tutta la Grecia, da Lesbo al tempio di Apollo a Leucade nelle isole Ionie, ove ha compiuto il tragico tuffo. La Seppilli riferisce anche di molte leggende antiche su sacrifici umani nei ponti balcanici, come in quello di Mostar.

Un ulteriore riferimento religioso, proposto dalla Seppilli, è la figura del Pontifex Maximus, che secondo l'ordinamento stilato da Numa Pompilio (secondo re di Roma 754-673 a. C.) doveva essere il capo supremo della religione romana. Questa carica era originariamente associata alla figura del re, ma alla cacciata dei re (509 a. C.) divenne una carica elettiva destinata ad un nobile, così Giulio Cesare (100-44 a. C.) la conquistò nel 63 a. C. e forse fu anche di valido aiuto alla sua carriera. Durante le guerre per la conquista della Gallia, si legge nel *De Bello Gallico*, Cesare ha costruito molti ponti di cui il più impegnativo sul Reno, che i suoi genieri eressero in 10 giorni, venne usato per sortite punitive contro i Germani e demolito per impedire che venisse usato dai Galli. Alla morte di Cesare, Ottaviano conquistò abilmente il potere col titolo di Augusto Imperatore, ma non dimenticò di assegnare la carica di Pontifex Maximus all'imperatore, continuando così il rafforzamento religioso della figura del comandante supremo. Solo dopo Costantino (274-337 d.C.), l'imperatore Graziano (359-383 d. C.) fervente cattolico assegnò al Vescovo di Roma la carica di Pontefice.

Sulla base di questa testimonianza e di molte altre fonti potremo cercare di sintetizzare il sacrilegio dei ponti in tre offese alle divinità pagane:

Un'offesa geografica consistente nell'unione di sponde separate;

Un'offesa statica insita nella realizzazione di una costruzione che domina la gravità;

Un'offesa idraulica riconoscibile nel contrasto che pile e spalle del ponte oppongono al moto del corso d'acqua.

Con l'avvento del cristianesimo molte di queste credenze sono state di fatto debellate, ma non completamente, restando ancora robuste tracce di superstizione che hanno portato a realizzare spesso tempietti votivi sulla sommità dei ponti medievali ed anche nel definire 'ponti del diavolo' quelle opere che avevano la maggiore arditezza costruttiva, come altezza o ampiezza dell'arco.

Con la fine del Medioevo e il recupero di motivazioni economiche l'ufficio dei ponti comincia ad essere molto richiesto sia nella costruzione di una entità urbana (Roma, Parigi, Praga, Cracovia, Firenze, Verona, ...) sia nel ripristino di antiche vie di comunicazione di origina romana. Appaiono così ponti che potremo chiamare leggendari, che presentano un preciso valore urbanistico di centro civico, come il Ponte Vecchio di Firenze o il Ponte di Rialto a Venezia il primo finanziato dalla prevendita dei negozi ai macellai<sup>1</sup> e il secondo ai pescivendoli. Questi ponti spesso presentano una certa fragilità restando vittima delle grandi alluvioni, i ponti più antichi presentano nella loro storia una quantità di rifacimenti che non sempre è ben documentata.

In generale spesso il ponte viene abbattuto da una piena a causa delle erosioni e dello scalzamento delle pile o delle spalle, esistono anche casi in cui il ponte viene abbandonato dal corso d'acqua. Di questi abbandoni vi sono molte tracce di origine romana o medioevale nell'Italia Centrale<sup>2</sup>, in Liguria<sup>3</sup> e sulle Alpi<sup>4</sup>, si tratta di ponti che sono stati abbandonati anche da molto tempo come il Pontelungo di Albenga che il Centa ha lasciato nel XIII secolo. Questo fenomeno particolare fa riferimento ad un preciso assetto della corrente cioè ad un alveo torrentizio, infatti è una caratteristica precipua dei corsi d'acqua torrentizi di cambiare il proprio percorso bruscamente e questo di norma avviene per fondivalle con pendenza superiore allo 0,7%,<sup>5</sup>

<sup>1</sup> Solo nel 1550 Cosimo I ha interdetto l'uso dei negozi ai macellai trasferendoli ai gioiellieri come è ancor ora.

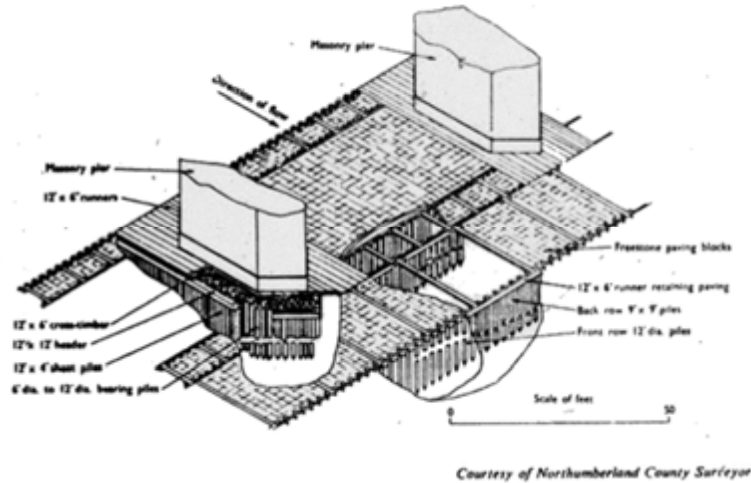
<sup>2</sup> AA.VV. *Strade romane, ponti e viadotti*. L'Erma di Bretschneider, Roma, 1996.

<sup>3</sup> N. Lamboglia, *Albenga romana e medioevale*, Ist. Inter. Studi Liguri, Bordighera, 1966.

<sup>4</sup> M. De Giovanni, V. Scalzo, *Il 'ponte di sasso': dal rilievo al suo recupero*, «Bollettino della Società storica valtellinese», n. 44, 2002, pp. 35-43.

<sup>5</sup> I. Becchi, *Sulla determinazione delle resistenze al moto uniforme negli alvei naturali* L'Acqua, n. 1. 1970.

mentre per pendenze inferiori di norma non è presente un comportamento ipercritico, la corrente ha comportamento fluviale ovvero presenta un atteggiamento subcritico e le sue modificazioni sono legate al lento modificarsi dell'alveo.



La platea di fondazione del medioevale Hexam Bridge sul fiume Tyne.

Ma è giocoforza che i ponti del medioevo e del rinascimento fossero frutto di un empirismo a basi statiche, ovvero la sopravvivenza del ponte era assegnata alla robustezza della struttura. Per esempio negli alvei fluviali si era appreso, forse già dall'epoca romana, a difendere le fondazioni delle pile e delle spalle con la realizzazione di un piano non erodibile chiamato platea, questo tipo di accorgimento era inteso a difesa dei ponti fondati su un ampio letto alluvionale e veniva realizzato con un laborioso impianto di pali di rovere idonei a realizzare una gabbia in legno dei sedimenti più profondi (fino a 10 m) che poi veniva rivestita in pietra concia.

Nella figura precedente si riporta lo schema costruttivo della platea di un ponte medioevale inglese. Anche i ponti rinascimentali di Firenze godono di questa difesa ma se ne parlerà diffusamente più avanti.

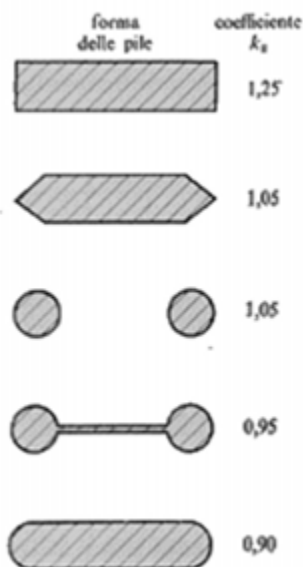


Il Ponte alla Pila sul Bisagno a Genova rotto dall'alluvione del 1822.

Nei ponti su alvei torrentizi invece la platea di fondazione non veniva impiegata, principalmente per la natura dei sedimenti grossolani che rendevano arduo il lavoro di infissione dei pali ma anche per la grande volubilità della corrente che facilmente sposta l'alveo anche di centinaia di metri. Un esempio classico è illustrato nella figura precedente, grazioso dipinto ad olio del Garibbo che ha immortalato la piena del Torrente Bisagno a Genova nel 1822 con l'immagine del Ponte alla Pila crollato.<sup>1</sup> Ma sappiamo che appena nel 1788 era stato realizzato un intervento di riparazione per lo scalzamento della pila verso la Città.

Il Rinascimento segna un importante momento di impegno alla realizzazione di costruzioni ad elevato valore simbolico, in larga misura nel tentativo di ripetere i fasti della romanità.

Forse la prima opera (idraulica) grandiosa che vede la luce illuminata del Re Sole è il *Canal du Midi* in cui si corona il sogno di unire il nord della Francia con il Sud. Questa opera concepita dal toscano Richetti, poi francesizzato in Riquet, consta in un canale navigabile lungo 142 km che partendo da Toulouse, sulla Garonna, raggiunge il Mediterraneo ad Agde e ricomprende un numero cospicuo di opere d'arte (chiuse, sifoni, ponti, porti, serbatoi, etc.) che hanno messo a dura prova la capacità del costruttore. Senza dubbio il *Canal du Midi* è il testimone del grande sforzo costruttivo in atto a quel tempo in Francia che ha prodotto il prototipo delle moderne scuole di ingegneria, l'*École National des Ponts et Chaussées*, fondata nel 1747 a Parigi, in Rue de Saints-Pères ed ora a Marne-la-Vallée, in seguito alla creazione del *corps des ingénieurs des ponts et chaussées*<sup>2</sup>, ovvero il genio civile, nel 1716. Non è neanche il caso di rammentare che l'ing. Chezy che tanto ha contribuito alla crescita culturale dell'idraulica moderna è stato uno dei primi allievi e collaboratori di questa antica scuola che continua a operare ancora oggi. Da questa scuola e dalla successiva *École Polytechnique* nascono le basi di tutta la moderna ingegneria e senza dubbio anche i primi criteri per l'analisi idraulica dei ponti da collocarsi verso la metà del '700.



I coefficienti di perdita per diverse pile secondo Yarnell (da Marchi)

Per formulare queste regole è stato necessario un lungo percorso di studio che si dipana a fatica partendo da Evangelista Torricelli (1608-1647) che per primo ha formulato la legge che lega la velocità dell'uscita da un foro al solo battente e sviluppandosi grazie alla formulazione di Isaac Newton (1643-1727) con le conquiste di D. Bernoulli (1700-1782), A. Chézy (1718-1798), de Saint Venant (1787-1886), L. Prandtl (1875-1983), R. A. Bagnold (1896-1990) e molti altri. Pertanto per tutto il rinascimento l'approccio ai corsi d'acqua

<sup>1</sup> R. Rosso, *Bisagno. Il fiume nascosto*, Marsilio, Venezia, 2014.

<sup>2</sup> Traduzione: corpo degli ingegneri di ponti e strade.

è stato forzatamente empirico sulle orme di geniali intuizioni come quelle di Leonardo da Vinci, fino a raggiungere la visione illuminata di G.B. Guglielmini (1760-1811) e dei suoi successori.

Lo studio dell'idraulica dei ponti oggi è poco praticato forse perché non esistono apparentemente utili ricavabili ma qui si vuole sottolineare che invece in casi specie di antichi centri urbani dall'analisi idraulica si possono derivare indicazioni molto utili ai fini della sicurezza del ponte e della città.

Lo studio delle interazioni tra una corrente fluviale e un restringimento (ponte) è presentato da Marchi<sup>1</sup>, dove si esamina con completezza l'insieme delle diverse configurazioni energetiche, che comprendono alvei fluviali o torrentizi con o senza lo stato critico dell'attraversamento.

Marchi ricorda che le perdite di carico sono legate alla forma delle pile riportando le geometrie più usate sperimentate a suo tempo da Yarnell (cfr. figura precedente). Questo coefficiente prende in considerazione la dissipazione di energia prodotta dalla scia delle pile, è chiaro che più la forma è idrodinamica (aerodinamica) minore è tale dissipazione ma mai le pile sono state sagomate come le ali dei velivoli che riducono al minimo la scia.

Per spiegare il concetto guida della trattazione di Marchi conviene fare riferimento alla entità energetica principale che regola le correnti a pelo libero: il carico specifico, cioè un'altezza che rappresenta il livello energetico utile. Se il carico specifico della corrente in arrivo è maggiore o uguale di quello necessario per quella portata ad attraversare la larghezza del ponte allora non si ha attraversamento dello stato critico, altrimenti la corrente dovrà recuperare carico per superare la soglia del ponte e ciò avverrà con la realizzazione di un risalto che si collocherà a valle nel caso di corrente lenta (alveo fluviale) o a monte per un alveo torrentizio.

Dato che il carico specifico minimo richiesto in una contrazione (ponte) cresce con la portata con la potenza di due terzi dove sono  $q$  la portata per unità di larghezza e  $g$  la gravità

$$H_0 = 3/2 (q^2/g)^{1/3}$$

il carico specifico della corrente in arrivo può essere espresso con la legge approssimata di Gauckler Strickler per alveo rettangolare molto largo

$$H_s = A q^{3/5} + B q^{4/5}$$

da cui emerge che in alveo fluviale domina la prima componente ( $A$ ) ed il carico specifico in arrivo cresce meno di quello minimo per cui ad una certa portata inizia la transizione. Nell'alveo torrentizio invece domina il secondo termine ( $B$ ) e al crescere della portata il carico in arrivo supera quello minimo. Più difficile è la trattazione quando il fiume è naturale, cioè dotato di alveo mobile, in cui non esiste una teoria univoca capace di tener conto della complessità e i diversi effetti vanno considerati separatamente. In particolare si deve citare che ultimamente ci sono stati notevoli progressi nella modellazione numerica della dinamica fluviale ma tutte le realizzazioni hanno la necessità di simulare andamenti gradualmente variati nel tempo e nello spazio.<sup>2</sup>

Tra i tanti studi sugli effetti del fondo mobile citiamo quelli sull'erosione ai piedi delle pile prodotta da un vortice a forma di ferro di cavallo (*horse shoe vortex*) che gode di ampia letteratura<sup>3</sup>. Ma sembra opportuno rammentare un altro aspetto erosivo, meno noto in letteratura, che consiste nella tendenza ad un brusco allargamento dell'alvo subito a valle di un ponte<sup>4</sup>. Questa manifestazione non è mai stata studiata in forma sistematica per la difficoltà di classificare scientificamente la capacità resistente di diversi tipi di sponde, dai muri d'argine a scarpate erbate, con tutte le varianti fornite dai diversi rivestimenti, ma ha manifestato talvolta robuste testimonianze di una violenza assolutamente inaspettata, come nell'occasione dell'alluvione di Firenze, nel 1966, con la demolizione del muraglione a sostegno del Lungarno Acciaiuoli.

<sup>1</sup> E. Marchi, A. Rubatta, *Meccanica dei Fluidi, principi e applicazioni idrauliche*. UTET, Torino, 1981.

<sup>2</sup> G. Seminara, L. Solar, *Sullo scavo indotto da correnti curvilinee a fondo mobile: teoria non lineare*, XXV Convegno di Idraulica e Costruzioni Idrauliche, Torino, 1996.

<sup>3</sup> E.M. Laursen, A. Toch, *Scour around bridge piers and abutments*, «Bulletin Iowa Highway Research Board», Ames (IA), n. 4, 1956.

<sup>4</sup> I. Becchi, *Aspetti geotecnici della interazione tra deflusso naturale ed antichi centri urbani* XIV CNG 'La geotecnica negli interventi sugli antichi centri abitati sugli edifici monumentali e sui monumenti' Firenze, 1980.



### *Il Sacrilegio dell'Ignoranza*

La tecnica costruttiva dei ponti ha subito notevoli sviluppi con l'introduzione di strutture sempre più snelle, dal cemento-armato al cemento-armato-precompresso, fino ad arrivare alle strutture miste in acciaio e cemento e poi le tensostrutture.<sup>1</sup> Le capacità tecniche sono veramente in grado di risolvere qualunque sfida strutturale, tuttavia rimangono gravi problemi legati al sacrilegio idraulico.

Risulta utile considerare la Circolare del Ministero LLPP n. 2690 del 17 ottobre 1956 relativa alla Costruzioni di ponti che dice:

È stato riscontrato che i progetti ed i bandi di appalto-concorso per la costruzione di ponti, non sempre sono accompagnati da indagini di carattere idraulico per accertare la luce complessiva minima e la configurazione della sezione occorrente per lo smaltimento delle piene.

Pertanto, si richiama l'attenzione degli Uffici affinché i progetti di cui trattasi siano sempre corredati delle seguenti notizie e documentazioni:

1. livello e portata di massima piena;
2. calcolo del rigurgito e della velocità di fondo;
3. corografia in scala almeno 1:25000 con la indicazione della ubicazione del nuovo ponte e delle luci libere dei ponti esistenti immediatamente a monte e a valle.

I dati riguardanti i punti 1) e 2) dovranno essere chiesti agli uffici Idrografici competenti i quali sono pregati di volerli fornire effettuando, ove occorra, appositi rilevamenti diretti.

Questa circolare interna, rivolta agli Uffici del Genio Civile, va considerata come la regola imposta per la concessione del Nulla Osta Idraulico ai ponti previsto dal Testo unico del 1904. Con l'avvento del decentramento amministrativo dello Stato italiano, iniziato con la delega DPR 15/01/1972 n. 8 e successivamente con la modifica del Titolo Quinto della Costituzione da cui è derivato il trasferimento DPR 24/07/1977 n. 616 per poi completare il decentramento con le leggi Bassanini del 1997 (59) e 1998 (112) con attuazione 2002, assistiamo ad un processo di abbandono della vecchia filiera amministrativa che segnava le procedure di sicurezza per le opere di costruzione che interagissero con i corsi d'acqua, spesso senza l'introduzione di nuovi criteri di salvaguardia.

Dopo il 1956 non sono emerse nuove norme o regole per il controllo idraulico, citiamo solo che nelle Norme Tecniche sui ponti stradali, di cui al Decreto Ministeriale 2 agosto 1980 pubblicato sul supplemento della G.U. n° 308 del 10 novembre 1980, e con relativa Circolare Ministeriale prot. 20777 dell'11 novembre 1980, vengono ribaditi gli stessi concetti ma non viene indicato come valutare la portata massima. Nelle successive norme tecniche (1990) si cita un criterio di verifica a portate con tempo di ritorno centennale, ma non si danno riferimenti scientifici o procedure di riferimento, quindi nel 1998 all'interno della legge Sarno di nuovo appare un'indicazione cogente a eseguire verifiche su portate con tempo di ritorno duecentennale ma senza alcun riferimento a metodologie tecnico scientifiche consolidate. Infatti da tempo esisteva nel campo scientifico un approccio statistico alle portate massime potremmo indicare l'inizio con la valutazione di Gumbel della piena con tempo di ritorno millenario per la progettazione della diga di Asswan sui Proceedings dell'ASCE nel 1934. Tuttavia per fare una statistica significativa era necessario possedere una sensibile serie storica di valori (Gumbel aveva 1400 anni di nilometro) e nella maggior parte dei corsi d'acqua esistevano serie che non raggiungevano il centinaio di anni, senza considerare che il monitoraggio era attuato solo su corsi d'acqua significativi e su tutti i rivi minori non si possedevano informazioni attendibili, solo in rari casi indicazioni di piene rovinose ma senza informazioni quantitative di tipo idraulico.

A titolo di esempio si cita il Morozzi che nel 1762<sup>2</sup> redige un prezioso compendio delle piene dell'Arno classificandole per classi di danno in tre categorie, questo approccio pur essendo realizzato con grande correttezza non fornisce direttamente una statistica delle portate estreme ma consente in via indiretta di stimare il tempo di ritorno della classe più gravosa (come l'alluvione del 1666) in circa 125 anni.

Oggi sono stati messi a punto metodi statistici raffinati per la ricostruzione degli eventi estremi pericolosi, in particolare in seno alle ricerche del Gruppo Nazionale per la Difesa dalle Catastrofi Idrogeologiche

<sup>1</sup> S.G. Morano, *Identificazione e controllo dei ponti del Comune di Firenze*, in *Ingegneri & Ingegneria a Firenze: a quarant'anni dall'istituzione della Facoltà di Ingegneria*, Firenze, FUP 2013, p. 212.

<sup>2</sup> F. Morozzi, *Dello stato antico e moderno del fiume Arno e delle cause e de' rimedi delle sue inondazioni*, In Firenze, nella stamperia di Gio. Batista Stecchi, all'insegna di S. Ignazio Lojola, 1762.

del C.N.R. è emersa la necessità di utilizzare un modello statistico a due componenti<sup>1</sup> che fornisce risultati soddisfacenti nella statistica delle piogge. Così dalle precipitazioni tramite la modellistica idrologica è possibile ricavare le portate con tempi di ritorno elevati, tuttavia questo approccio, teoricamente di qualità, nell'applicazione richiede una notevole messe di dati storici e non sempre i risultati sono accettabili.

Indipendentemente dal metodo statistico le grandi scuole tecniche di Francia ed Austria all'inizio dell'ottocento avevano messo a punto un approccio empirico in cui si costruiva una rassegna di portate di massima piena note (ottenute da valutazioni indirette basate sulle tracce lasciate da alluvioni storiche) e da queste si estraeva un andamento rappresentato da curve inviluppo, che raccordavano a sentimento i valori massimi riscontrati in funzione dell'estensione del bacino imbrifero e suddividendoli per aree geografico-climatiche. Questo approccio introdotto in Italia subito dopo l'unità per la realizzazione della rete ferroviaria nazionale, è stato poi consolidato dal Ministero dei Lavori Pubblici nella metodica cui si richiama la circolare del 1956. Purtroppo ancora oggi molti ponti vengono 'tentati' senza alcun studio idraulico, purtroppo gli Uffici, invece di stroncare sul nascere il tentativo eversivo, mostrano un comportamento colluso, come dire 'poverino, non hai fatto lo studio idraulico ma ti aiuto io', e con ciò inquinano la procedura sgravando di responsabilità chi le ha tutte e ne percepisce l'onorario.

Uno speciale difetto che negli ultimi 40 anni è stato partorito in chiave di ignoranza idraulica riguarda gli attestamenti delle spalle dei ponti. Scusandomi con il lettore richiamo qui un vecchissimo testo di Costruzioni stradali e idrauliche,<sup>2</sup> in cui si raccomanda di evitare l'imposta di ponti con un angolo del muro d'ala o del muro di risvolta che fosse inferiore a 90°, infatti anticamente tutti i muri delle spalle avevano un inserimento con un angolo ottuso, in genere 135°. A partire dalla fine degli anni '70 i corsi di Ponti delle scuole di ingegneria hanno cominciato a propagandare i muri d'ala 'a bandiera' come grande innovazione che comportava non solo economia della costruzione ma anche vantaggi di tipo estetici ed ambientali. Come conseguenza le spalle con muri a bandiera hanno dilagato e quindi quando l'asse stradale non è ortogonale al fiume si sono trovati in occasione delle piene casi come quello nella figura successiva.



23. FARIGLIANO, il ponte della fondovalle Tanaro  
• 12 novembre 1994

Enzo Massa  
(G.F. Albese, Alba)

Dissesto al rilevato di accesso al ponte di Farigliano durante l'alluvione del Tanaro del 1994.

<sup>1</sup> M. Fiorentino, S. Gabriele, F. Rossi, P. Versace, *Hierarchical approach for regional flood frequency analysis*, in *Regional Flood Frequency Analysis*, 35-49, Singh, V. P. (Ed.), Reidel Publishing Company, Dordrecht, NL, 1987.

<sup>2</sup> L. Lanino, *Corso di Costruzioni Stradali e Idrauliche*, UTET, Torino, 1898.

Tale figura si riferisce alla piena del Tanaro del 1994 ma questo tipo di difetto si può riscontrare anche in molte altre manifestazioni alluvionali, come nella Dora del 2000 e molte altre successive. Questo fenomeno, che sembra di minore importanza perché non intacca la ‘struttura’ in genere in calcestruzzo, è in realtà causa di un numero ormai cospicuo di incidenti mortali, basta pensare che solo nel Tanaro furono una ventina.

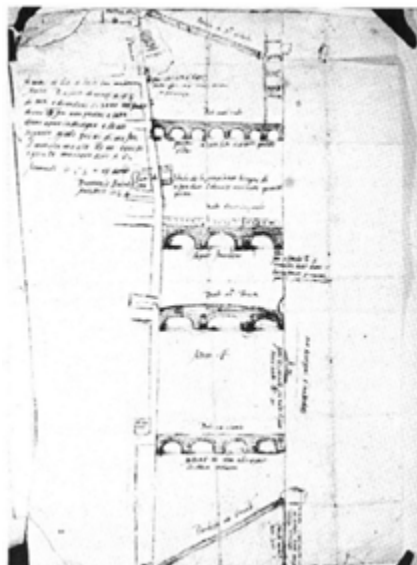
Sembra importante fare presente che le NTC (Norme Tecniche sulle Costruzioni) nelle edizioni 2008 e ultimamente 2018 fanno molte raccomandazioni sul rispetto dei corsi d’acqua e sulle attenzioni idrauliche da osservare, si parla di erosioni, accumuli di detriti, interferenza delle pile e delle spalle ma senza alcun riferimento formativo infatti tutti i testi universitari sui ponti ignorano questo problema o vi fanno vaghi cenni, in pratica viene richiesta una verifica ignota. Al limite sono molto più chiare le verifiche contro le azioni del vento che hanno importanza anche notevole per un certo numero di ponti ma possono essere classificate come più marginali. Allora qui è il caso di sottolineare questa grave mancanza della filiera formativa degli ingegneri.

### *Il Sacrilegio della Bellezza*

Un problema idraulico che spesso si può manifestare nei vecchi centri abitati è legato alla presenza di ponti di grande interesse culturale ma con gravi limitazioni di tipo idraulico, spesso questo provoca un inaspimento delle piene e aumenta il rischio idraulico in tessuti urbani di elevato valore.

Siamo così arrivati ai ponti di Firenze, che testimoniano la posizione di avanguardia culturale della Toscana e di Firenze in particolare al finire del medioevo, i ponti che troviamo per primi sono nell’ordine di apparizione:

il Ponte Vecchio costruito sembra nel 972<sup>1</sup>( le analisi al C<sub>14</sub> delle travi della platea hanno confermato X secolo), quindi ricostruito dopo un’alluvione nel 1177, e demolito dalla piena del 1333 finalmente ricostruito nel 1360; il Ponte alla Carraia costruito nel 1218, poi ricostruito nel 1336 forse da Giotto, infine ricostruito nel 1558 e ultimamente dopo la demolizione nazista; il Ponte delle Grazie nato come Rubaconte nel 1227, ricostruito nel 1560 e dopo la demolizione bellica assolutamente rifatto; il Ponte a Santa Trinita realizzato nel 1252, rifatto nel 1415 e nel 1560 quindi, dopo la demolizione bellica, ricostruito con la massima fedeltà<sup>2</sup>.



Rilievo dello stato urbano dell’Arno compiuto da Bontalenti nel 1570, che mostra i quattro ponti medievali.

<sup>1</sup> Sembra che il primo tracciato del Ponte Vecchio fosse leggermente più a monte dell’attuale.

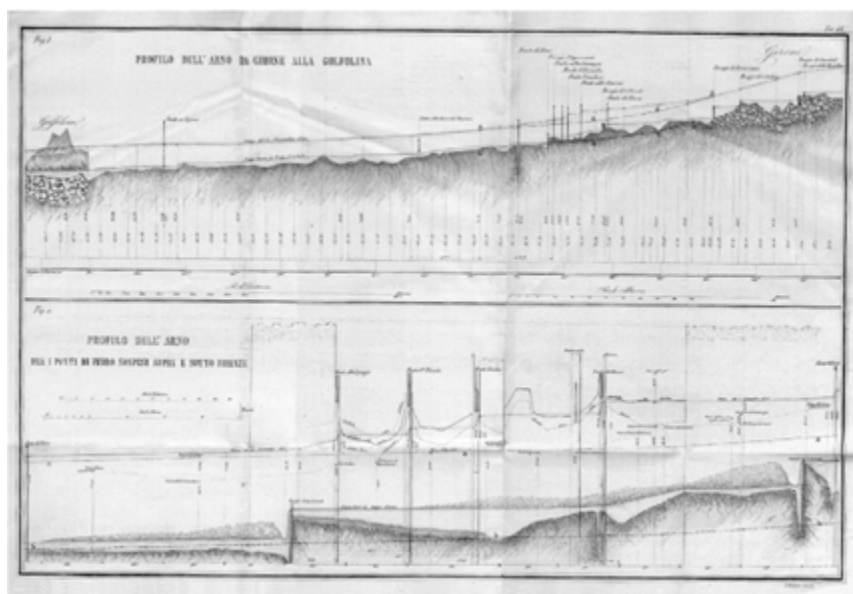
<sup>2</sup> G. Belli, A. Belluzzi, *Il Ponte a Santa Trinita*, Polistampa, Firenze, 2003.

Una visione complessiva dei primi quattro ponti di Firenze ci viene da Bontalenti, allora nell'Ufficio dei Capitani di Parte Guelfa, che nello schizzo nella figura successiva rileva i danni dell'alluvione del 1570 frutto di una piena di media taglia. In pratica questo tratto cittadino dell'Arno non è cambiato molto anche se sono trascorsi quasi 450 anni, e ciò testimonia che l'impegno a irrobustire le strutture ha sortito un esito positivo anche se sono stati necessari più di duecento anni di tentativi.

Dopo ciascuna delle numerose piene principali che hanno colpito Firenze sono stati profusi studi e polemiche, studiando questi si vede come dal 1100 al 2000 sono cambiati gli stati d'animo e le emozioni prodotte da un'alluvione. Mentre all'inizio prevaleva la lettura del fenomeno come causato da colpe o comunque azioni non corrette dei fiorentini lentamente si afferma l'idea di analizzare razionalmente il fenomeno e capirne le cause fisiche.

A seguito dell'alluvione del 1844 abbiamo un accurato studio di Carlo Giorgini<sup>1</sup>, che tra l'altro produce il rilievo dei livelli massimi raggiunti dalle acque visibile nella figura successiva. Lo studio del Giorgini evidenzia come le due pescaie (S. Rosa e S. Niccolò) e le platee dei ponti sostengono il letto del fiume ma sembra solo per proporre una sua 'soluzione' al problema delle alluvioni con l'abbassamento del fondo per altezze variabili fino a più di cinque metri di scavo. Nel nuovo profilo che il Giorgini propone tra l'altro sono dimenticati i salti che il livello idrico forma per superare i quattro ponti, come se volesse addirittura demolire i ponti. Chiaramente si tratta di un 'sogno' tecnico anche un poco blasfemo perché difendere la città dalle piene demolendo i ponti e scavando l'alveo a una profondità irraggiungibile vuol dire aver perso il contatto con la realtà. Inoltre l'abbassamento dell'alveo presentava problemi geotecnici di consolidamento e sottomurazione a quel tempo assolutamente insuperabili.

Con l'alluvione del 1966 gli studi per combattere tecnicamente il problema si sono incrementati a fronte di un iniziale sbigottimento. Il Senato della Repubblica incaricò il prof. Giulio De Marchi di redigere un rapporto sugli eventi alluvionali che colpirono l'Italia. Lo studio dei fenomeni accaduti in Toscana fu svolto dal prof. Giulio Supino che portò anche una proposta di ridurre l'impatto delle piene su Firenze operando un misurato abbassamento delle platee dei ponti a Santa Trinita e Vecchio. Naturalmente a questo lavoro di alleggerimento venne collegato un impegno di studio per moderare le piene del Fiume Arno, studio che venne affidato allo Studio Lotti di Roma e che fornì il Progetto Pilota nel 1976.



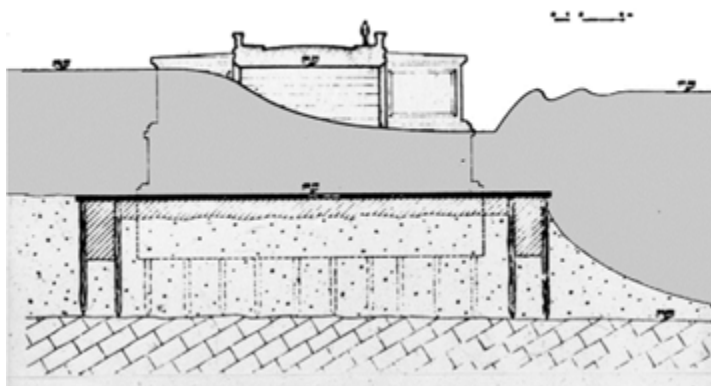
Livellazione del profilo del Fiume Arno nei pressi di Firenze realizzata da Giorgini dopo l'alluvione del 1844 con evidenza dei livelli raggiunti dalla piena e dell'impatto dei ponti.

<sup>1</sup> C. Giorgini *Sui fiumi nei tronchi sassosi e sull'Arno nel piano di Firenze* Le Murate, Firenze, 1854.



Istantanea del deflusso in uscita dal ponte a S. Trinita nel 1966, notare la violenta dissipazione turbolenta

Nel 1972 il prefetto Buoncristiano fece quanto in suo potere per ottenere l'intervento dello Stato sul progetto di abbassamento delle platee, così il Provveditorato alle Opere Pubbliche per la Toscana incaricò il dirigente ing. Adalberto Canfarini che stese il progetto operativo anche sulla base di un'indagine su modello fisico svolta a Bologna dal prof. G. Cocchi (1974), quindi i lavori continuarono con la costruzione di un diaframma protettivo della fondazione dei muraglioni arginali (1976) e finalmente con l'abbassamento della platea del Ponte Vecchio (1978) e del Ponte a S. Trinita (1980).



Profilo idrico del deflusso attraverso ponte a S. Trinita, notare la enorme escavazione che ha rimosso tutto il manto sedimentario (da Canfarini)

Le prove su modello confermarono molti aspetti della interazione dei ponti, in particolare che specie Ponte Vecchio e Ponte a S. Trinita causavano una brusca perdita di carico idrico, già indicata nella figura che riproduce il profilo del fiume del Giorgini e riconfermata dai rilievi del 1966. Questa caratteristica è

testimoniata anche dalla foto precedente (da Canfarini<sup>1</sup>) che mostra un incredibile istante di agitazione turbolenta. Ancora più impressionante è il profilo della figura successiva che presenta una profonda escavazione subito a valle della platea, questo fenomeno, già studiato da Adami<sup>2</sup>, sembrerebbe qui eccessivo, pensare che l'onda di piena dell'alluvione sia in grado di scavare una buca così grossa sembra non commisurato ma se si calcola che la dissipazione porta ad una caduta di carico di un metro con una portata di 3500 m<sup>3</sup>/s si ottiene una potenza dissipata pari a 35 MW ovvero corrispondente a quella di cento escavatori di grossa taglia (da 350 kW) che nelle otto ore di transito della piena sono assolutamente idonei a uno scavo di quella misura (100\*100\*7/2=35.000 m<sup>3</sup>).

Si ritiene che riducendo la perdita di carico nell'attraversamento del ponte si possa ottenere un duplice risultato, da una parte si riduce la dissipazione turbolenta con urti ed erosioni contro le strutture del ponte e circostanti, dall'altra si abbassa il livello dell'acqua a monte ottenendo così una riduzione dei rischi di esondazione, ma come si può ottenere questo? Come si può modificare questo effetto? La cosa è fattibile, si può costruire un idoneo modello idraulico e sperimentare diverse configurazioni. In verità oggi le conquiste del calcolo automatico sono tali da contrapporre un possibile modello numerico, ma per arrivare a risultati affidabili sono necessarie migliorie ancora non collaudate che permettano di simulare non solo il moto dell'acqua ma anche tutti gli effetti del fondo mobile e delle erosioni. anche se da questi modelli si ricavano interessanti indicazioni, per esempio sull'effetto delle platee.<sup>3</sup>



Puntazza originaria del 1560 rinforzata in ferro ricavata dai lavori di abbassamento della platea del Ponte a Santa Trinita nel 1980 (notare la conservazione)

Le condizioni geometriche sono semplici. Dai rilievi delle piene il Ponte Vecchio presenta una perdita di carico

$$\Delta Y = 0,92 \text{ [m]} \text{ ( con } r = b/b_0 = 0,89 \text{)}$$

mentre il ponte a Santa Trinita ha una perdita di carico

$$\Delta Y = 0,98 \text{ [m]} \text{ ( con } r = b/b_0 = 0,88 \text{)}$$

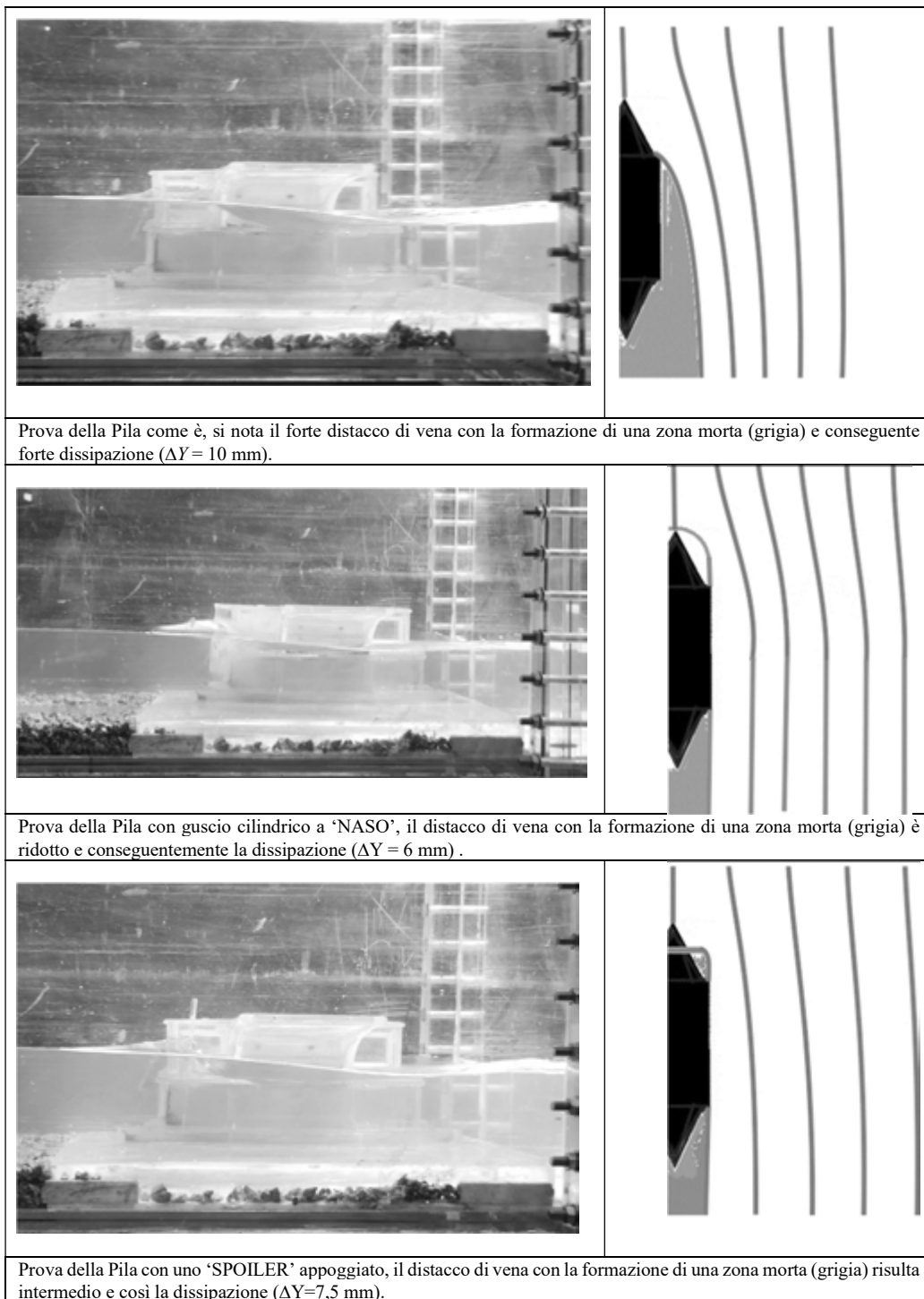
Per verificare l'effetto di modifiche è necessario agire su modello fisico, tutti i modelli necessitano una costruzione, una calibrazione e comunque soffrono di effetti scala legati ai limiti della modellazione. Il modello eseguito a Bologna sotto la direzione di Cocchi era in similitudine di Froude con una scala geometrica 1/50 che comportava effetti scala secondari (Weber) trascurabili e richiedeva impegno fisico non modesto

<sup>1</sup> A. Canfarini, *Le piene dell'Arno a Firenze ed il ribassamento delle platee dei Ponti Vecchio e a S. Trinita*. XIV CNG 'La geotecnica negli interventi sugli antichi centri abitati sugli edifici monumentali e sui monumenti' Firenze, 1980.

<sup>2</sup> A. Adami, *Fenomeni localizzati ed erosione degli alvei* in 'Moderne vedute sulla dinamica dei fenomeni fluviali' Istituto Idraulico, Padova, 1979.

<sup>3</sup> A. Siviglia, B. Federici, I. Becchi, M. Rinaldi, *Sediment Transport And Morphodynamics Of The Tanaro River, North-Western River*, International Symposium on 'Sediment Transfer through the Fluvial System' Moscow, RU, August 2-6 2004.

con uno areale geometrico superiore a  $10 \times 4 \text{ m}^2$  e portate di  $250 \text{ l/s}$ , il modello ideale privo di effetti scala e con buona fedeltà geometrica sarebbe  $1/30$  ma richiederebbe un grande spazio geometrico  $15 \times 6 \text{ m}^2$  e una portata di un  $\text{m}^3/\text{s}$ .



Risultati su modello di alcuni piccoli interventi sulle pile del Ponte a Santa Trinita a Firenze.

Qui si presenta un modello fisico scala 1/100 che può fornire informazioni valide ma imprecise. Il modello utilizzato è una riproduzione del ponte a S. Trinita eseguita anni fa dal modellista Antonio Teodonno nel laboratorio idraulico del DICEA dell'Università di Firenze, per un uso didattico.

Grazie alla disponibilità del DICCA dell'Università di Genova abbiamo avuto disponibilità di una canaletta larga 40 cm e quindi idonea a verificare in scala 1/100 sulla larghezza di un fornice, naturalmente con la pila disposta in mezzaria. Le prove sono state organizzate con valori fissi cioè portata di 13 l/s, pendenza 0,003 e fondo in granulato  $D_{50} = 4$  mm.

Le prove vengono rappresentate in tabella e indicano la reale possibilità di intervenire a ridurre le perdite di carico idraulico nei ponti storici. Un particolare problema sarà come attuare l'intervento e chi scrive qui ha da tempo compreso che monumenti come il Ponte a Santa Trinita devono essere difesi e preservati con tutti gli sforzi possibili, ma ha anche coscienza che il mondo cittadino 'ignora' le manovre del servizio di piena e della polizia idraulica, anzi per quest'ultima esibisce una strizzata d'occhio ironica. A parte il fatto che chiamandola 'polizia fluviale' si demolirebbe il gioco di parole, per esperienza si cita che in tutte le occasioni in cui il servizio di piena comporta manovre di panconate o portelloni la popolazione segue con interesse le operazioni comprendendo che non sono le solite frasi allarmistiche ma si tratta di operazioni per la sicurezza collettiva.

Nel caso dei ponti di Firenze è possibile pensare a degli spoiler in forma di telai metallici che possono essere installati all'inizio del servizio di piena e smontati alla fine dell'allarme e giocherebbero contemporaneamente il ruolo di coadiutore del deflusso e di segnalatore muto di un rischio in atto. Non è neanche il caso di segnalare che tali spoiler dovranno essere studiati attentamente in un laboratorio idraulico opportuno, e mi sembra che Firenze lo meriti.

### *Conclusioni*

Con questa breve rassegna ho cercato di segnalare alcune serie problematiche relative al comportamento idraulico dei ponti che ormai vengono insegnati come disciplina puramente strutturale. Le conseguenze possono essere anche fatali principalmente per la totale dimenticanza delle funzioni idrauliche. Due elementi sono emersi come significativi:

predisporre una guida tecnica per la progettazione idraulica dei ponti con l'indicazione di tutti i passaggi fondamentali, dei rischi potenziali e degli accorgimenti utili ad un funzionamento ottimale.

la necessità di verificare idraulicamente i ponti antichi e di studiare la possibilità di intervenire con migliorie del deflusso, rivalutando l'utilità della modellistica fisica;

### *Ringraziamenti*

Ringrazio, in primo luogo, il prof. Federico Domenichini che, nell'ambito del suo corso 'Problemi fluidodinamici delle costruzioni' ha voluto inserire un seminario sui problemi dei ponti affidandolo a me, in secondo luogo ringrazio l'ing. Renzo Rovere che ha voluto partecipare al dibattito del seminario portando un sensibile contributo della sua esperienza professionale, infine voglio ringraziare non ultimi i tecnici del laboratorio idraulico del DICEA (Università di Firenze) Muzio Mascherini e Mauro Gioli che insieme al modellista Antonio Teodonno, ora in quiescenza, hanno realizzato e conservato il modello della pila del Ponte a Santa Trinita che grazie alla collaborazione dei proff. Giorgio Roth e Paolo La Barbera, dell'ing. Giancarlo Cassini e del sig. Franco Porcile del DICCA (Università di Genova) è stato studiato sperimentalmente nel vecchio canale didattico realizzato dal compianto prof. Enrico Marchi e da me impiegato in mille ricerche. In ultimo vorrei ringraziare numerosi amici che hanno avuto la cortesia di esprimere commenti migliorativi





## QUARANTA ANNI E PIÙ DI EVOLUZIONE DEI MICROPROCESSORI\*

*Giacomo Bucci*

Nel 1971 chi scrive entrò in ruolo come assistente, di Elettronica Nucleare, presso la Facoltà di Ingegneria di Bologna. Nello stesso anno l'Intel introdusse il primo microprocessore della storia, la CPU 4004; da allora, per tutta la durata della mia carriera universitaria, sono stato osservatore del travolgente sviluppo dei microprocessori e delle trasformazioni che essi hanno determinato. Ho deciso pertanto di dedicare queste righe a ripercorrere il cammino che ha portato dal 4004 alle moderne unità di elaborazione.

L'attenzione sarà principalmente rivolta ai microprocessori della famiglia  $\times 86$  data la loro preminenza, sia nei calcolatori portatili e/o personali, sia nei sistemi server e di impresa.

*Il panorama agli inizi degli anni settanta*

Agli inizi degli anni settanta c'erano sostanzialmente due categorie di sistemi: i cosiddetti Mainframe e i Minicalcolatori. I mainframe erano le macchine tradizionali, concepite per l'impiego in organizzazioni medio-grandi, quali banche, compagnie di assicurazione, compagnie aeree, ecc., oppure per soddisfare le esigenze di calcolo di centri di ricerca, università, ecc. Si parlava di 'centri di elaborazione dati' o di 'centri di calcolo' a seconda della loro destinazione. Gli uni e gli altri erano alloggiati in sedi capienti, non di rado in edifici appositamente costruiti. Il panorama della sala in cui era dislocato il mainframe comprendeva un consistente numero di armadi: quelli che contenevano l'unità di elaborazione, e quelli dei vari dispositivi (batterie di dischi, batterie di nastri magnetici, qualche console di controllo, lettori di schede). Più di un tecnico, tipicamente in camice bianco, si prendeva cura che tutto funzionasse correttamente.

In ambito tecnico-scientifico i programmi erano quasi esclusivamente scritti in FORTRAN. Le schede perforate costituivano il normale supporto per i programmi. L'utente che voleva 'sottomettere' il proprio programma al sistema di calcolo, lo faceva attraverso un lettore di schede. I lettori di schede ad uso degli utenti erano normalmente dislocati in una qualche sala distinta dalla sala macchine (a questa potevano accedere solo quelli in camice bianco).

Prima dell'avvento dei microprocessori, la logica dei sistemi di elaborazione era ottenuta attraverso componenti a bassa integrazione (SSI, incorporanti da 10 a 100 transistori) o media integrazione (MSI, da 100 a 1.000). I componenti a larga integrazione (LSI, da 1.000 a 10.000) scaturirono dalla necessità di integrare un sempre maggior numero di transistori in un solo chip (il 4004, vedi più avanti, ne integrava 2.300). Nella seconda metà degli anni settanta i livelli di integrazione crebbero ulteriormente e si iniziò a parlare di logica VLSI in riferimento all'integrazione in uno stesso chip di centinaia di migliaia di transistori. I dispositivi odierni contengono milioni se non miliardi di transistori e hanno prestazioni corrispondenti. I microprocessori sono l'esempio più eclatante della cosiddetta legge di Moore, dal nome di uno dei fondatori della Intel, il quale nel 1965 osservò che nel periodo 1959-1965 la tecnologia era avanzata a un ritmo tale da consentire di raddoppiare di anno in anno il numero di transistori (ovvero la capacità elaborativa) che potevano essere integrati in un chip. Lo stesso Moore prevedeva che un tale tasso di crescita si sarebbe mantenuto per tutti gli anni '70. Dal 1980 si ritiene che il raddoppio della capacità elaborativa avvenga ogni 18 mesi.

La legge di Moore spiega in termini quantitativi, meglio di qualunque argomentazione a parole, lo spettacolare sviluppo dell'elettronica. Affermare che la microelettronica raddoppia la sua capacità ogni 18 mesi significa affermare che nei prossimi 18 mesi avremo un incremento equivalente allo sviluppo complessivo che si è avuto fino a oggi. Un tale tasso di evoluzione comporta delle conseguenze che verrebbe voglia di chiamare fantascientifiche, se esse non fossero parte della vita di tutti i giorni. Un qualunque personal computer dei nostri giorni ha potenzialità elaborative centinaia di volte superiori a quelle delle CPU dei vecchi mainframe, nonostante costi attorno al migliaio di euro, mentre un miliardo di lire (di allora) poteva anche non bastare per un mainframe.

I microprocessori hanno rappresentato il punto di svolta nell'uso del calcolatore: da macchina gigantesca, utilizzata solo da pochi addetti ai lavori, il calcolatore elettronico divenne un apparato di dimensioni

---

\* Contributo introdotto in questa seconda edizione.

contenute, convenientemente utilizzato nell'industria, negli uffici e anche a livello domestico. Gli stessi sistemi di impresa e i supercalcolatori sono da anni realizzati mettendo assieme centinaia e spesso migliaia di microprocessori. Non c'è telefonino, macchina fotografica, lavastoviglie, automobile, e via elencando, che non abbia al suo interno uno o più microprocessori che ne controllano il funzionamento.

Ovviamente essi hanno avuto un fortissimo impatto sui mercati. Agli inizi degli anni settanta i mercati erano dominati dall'IBM, che da sola ne controllava il 60%. Da allora la situazione è profondamente cambiata; molti produttori dell'epoca sono scomparsi e nuovi sono venuti alla ribalta. I prodotti sono differenziati in molteplici categorie, la ripartizione delle quote di mercato, sia globale che per categorie, è oggi molto più bilanciata.

### *Il primo microprocessore: il 4004*

Alla fine degli anni sessanta si era evidenziato un serio problema nella progettazione dei sistemi elettronici digitali: la loro complessità si stava avvicinando al punto in cui il numero di componenti necessari alla realizzazione delle funzionalità richieste dagli apparati avrebbe superato i limiti del trattabile. Un rimedio per ridurre la complessità consisteva nell'impiegare memorie ROM in funzione di logica combinatoria, mentre la parte sequenziale veniva realizzata con porte e flip-flop. Questa soluzione condusse alla nascita del microprocessore, ovvero di una unità di elaborazione e controllo integrata nello stesso chip e in grado di decodificare ed eseguire le istruzioni contenute nella ROM.

Come è stato detto all'inizio, il primo microprocessore della storia è stato fabbricato in Intel. All'epoca poco più che una start-up, fondata da Gordon Moore e Robert Noyce<sup>1</sup>, fuoriusciti dalla Fairchild Semiconductor, dandosi come obiettivo principale quello di sviluppare integrati di memoria.

Nell'estate del 1969, la giovane società perfezionò un contratto con l'industria giapponese Busicom, per la produzione di un gruppo di integrati destinati alla realizzazione di macchine calcolatrici. Il committente intendeva realizzare differenti modelli con più integrati, per ciascuno dei quali si prevedevano dai 600 ai 1000 transistori. Alla base del sistema era prevista una memoria ROM, contenente le istruzioni, più altri 6 integrati con le funzioni di controllo, di unità aritmetica, temporizzazione, ecc.



Due dei primi microprocessori: a sinistra il 4004 (4 bit), a destra l'8080 (8 bit).

Venne definita una architettura del tutto analoga a quella di un calcolatore di uso generale: le istruzioni sarebbero state lette dalla ROM e portate all'unità aritmetica dove sarebbero state interpretate, scrivendo/leggendo all'occorrenza in/dalla RAM. I dati elementari sarebbero stati su 4 bit, per consentire la semplice codifica BCD. Si valutò che, con le tecnologie di allora, sarebbero bastati 4 differenti tipi di integrati: la CPU contenente aritmetica logica di controllo, la ROM, la RAM e le porte di Ingresso uscita. I 4 integrati si sarebbero chiamati rispettivamente 4004, 4001, 4002 e 4003. Ovviamente tutti da sviluppare ex novo. Complessivamente essi vennero denotati come 'sistema MCS-4'.

Nell'aprile 1970 Federico Faggin<sup>2</sup>, un laureato in fisica dell'università di Padova, venne assunto all'Intel che gli affidò il compito di realizzare i 4 integrati. Il progetto Busicom era in ritardo e Faggin rimase

<sup>1</sup> Noyce è stato uno degli inventori del circuito integrato. Egli produsse il suo primo esemplare, in maniera indipendente, solo pochi mesi dopo J. Kilby della Texas Instruments. A quest'ultimo, in riconoscimento di tale risultato, venne assegnato il premio Nobel per la fisica nel 2000.

<sup>2</sup> Faggin era andato in America due anni prima, nel quadro di uno scambio di tecnici tra la Fairchild Semiconductor e l'italiana SGS di cui era dipendente; la permanenza in America avrebbe dovuto essere temporanea: da allora, non è più tornato in Italia se non per viaggi.

costernato nell'apprendere che la tempificazione concordata con Busicom prevedeva di produrre in 6 mesi i prototipi funzionanti dei quattro integrati (uno dei quali, la CPU, era al limite della tecnologia e di una complessità mai vista in precedenza). Sei mesi erano un terzo del ragionevole tempo richiesto per una tale avventura. Lo stesso Faggin ha raccontato di aver lavorato 70-80 ore a settimana per diversi mesi. E di come egli abbia effettuato il test del (secondo) prototipo del 4004, consegnatogli a fine dell'orario di lavoro, dopo essere rimasto solo in laboratorio. E di essere tornato a casa esausto verso le 4 del mattino, dopo aver verificato che il dispositivo si comportava come dovuto.

Come mostra la figura precedente, il 4004 venne prodotto in forma di integrato a 16 piedini su due file (Dual In-line Package, DIP). Conteneva al suo interno 2.300 transistori e operava a una frequenza di 108 kHz. Dal punto di vista funzionale, presentava un sommatore parallelo a 4 bit, 16 registri a 4 bit, un (solo) registro accumulatore e uno stack. Il sistema MCS-4 prevedeva fino a un massimo di 64 kByte di ROM e 640 Byte di RAM<sup>1</sup>.

All'atto pratico, per la Busicom il costo degli integrati si dimostrò troppo alto per consentirle un ragionevole successo commerciale. Nel Novembre del 1971, in cambio di una riduzione del prezzo, Intel ottenne di poter liberamente distribuire il sistema MCS-4. Sempre nel Novembre del 1971 uscì la prima inserzione pubblicitaria su una rivista di elettronica allora molto diffusa (Electronic News), nella quale si dichiarava:

Announcing a new era of integrated electronics. A microprogrammable computer on a chip!.

Da allora il termine microprocessore fa parte del lessico comune.

### *I microprocessori a 8 bit*

Mentre stava lavorando al 4004, l'Intel aveva avviato un progetto parallelo che avrebbe portato al primo microprocessore a 8 bit, l'8008, introdotto nell'Aprile del 1972, nella forma di integrato a 18 piedini. Integrava 3.500 transistori e aveva un tempo medio di esecuzione delle istruzioni di 30  $\mu$ s.

Ma fu solo con l'introduzione dell'8080 (Aprile 1974) che il microprocessore venne accreditato dalla comunità scientifica e tecnologica come un dispositivo non solo capace di sostituire la logica convenzionale, ma anche in grado di essere impiegato come un elaboratore di uso generale. L'8080 conteneva 4.500 transistori in un integrato a 40 piedini. La frequenza del clock poteva raggiungere i 2 MHz consentendo l'esecuzione di alcune istruzioni in 2  $\mu$ s. Indirizzava uno spazio di memoria di 64 kB, aveva al suo interno 7 registri a 8 bit, 6 dei quali potevano essere impiegati in coppia a formare registri di 16 bit. Si trattava di un dispositivo con prestazioni tali da essere in breve tempo riconosciuto come la macchina a 8 bit per eccellenza.

Vale la pena di segnalare due microprocessori a 8 bit di grande successo, introdotti dopo l'8080: il Motorola MC6800 (1974) e lo Zilog<sup>2</sup> Z80 (1975). Il 6800 fu il primo microprocessore ad avere un'alimentazione singola di +5V (Intel rispose nel 1975 con la CPU 8085, evoluzione tecnologica – e minimamente architeturale – dell'8080).

Lo Z80 rifletteva i progressi nell'architettura fatti dopo l'uscita dell'8080 e del 6800; è stato considerato come il punto più alto raggiunto dall'evoluzione delle architetture a 8 bit. Lo Z80 viene tuttora prodotto e impiegato in applicazioni embedded; per esso e per i dispositivi della famiglia, sono disponibili svariati 'IP-Core' ovvero progetti trasformabili, per esempio, in realizzazioni FPGA (Field Programmable Gate Array), ovvero incorporabili nei cosiddetti SOC (System On a Chip).

Meritano di essere ricordati altri due microprocessori il 6502 di MOS Technology e il 1802 di RCA. Il primo era impiegato dell'Apple II, mentre il secondo, diversamente da tutti gli altri dispositivi rammentati, oltre ad essere in tecnologia CMOS, era in logica statica. La logica statica non pone un limite inferiore alla frequenza del clock, per cui esso può anche essere silenziato lasciando il processore nello stato in cui si trova. La logica statica è più resistente alle radiazioni, per questo è stato a lungo preferito nelle applicazioni spaziali. Il 1802 è stato impiegato nelle missioni Voyager 1 e 2; il Voyager 1 è stato lanciato nel 1977 ed è previsto che continui a funzionare fino al 2025. Il 1802 viene tuttora prodotto (da Intersil).

<sup>1</sup> Sebbene oggi il 4004 possa sembrare poco più che un giocattolo, per l'epoca le sue capacità di calcolo erano rispettabili. Tanto per dare un'idea di come l'elettronica si sia sviluppata, si tenga presente che esso aveva 17 volte la capacità di elaborazione del Calcolatore ENIAC costruito nel 1946 con tubi a vuoto; questo pesava 33 tonnellate e occupava una superficie 212 metri quadrati.

<sup>2</sup> La Zilog fu fondata a fine 1974 da F. Faggin dopo che questi aveva lasciato la Intel.

Tutti i microprocessori sopra ricordati avevano registri e bus dati esterno a 8 bit (per questo sono detti processori a 8 bit) ed uno spazio di memoria da 64 kB ed erano contenuti in un package da 40 piedini.

### *I primi calcolatori personali*

I microprocessori a 8 bit stimolarono la realizzazione dei primi calcolatori personali. Ci fu un proliferare di modelli di ogni tipo, praticamente incompatibili gli uni con gli altri<sup>1</sup>. In figura vengono mostrati quattro esemplari.

L'Altair 8800 venne annunciato sulla rivista 'Popular Electronics' a Novembre 1974. Impiegava la CPU 8080. Il pannello frontale era ispirato a quello di molti minicalcolatori dell'epoca; esso presentava luci, interruttori e pulsanti attraverso i quali era possibile leggere ed eventualmente modificare il contenuto delle posizioni di memoria. Non essendo stato possibile sistemare tutti i componenti su una singola piastra madre, la scatola conteneva un certo numero di schede, montate su un bus allora di moda (il bus S-100), sul quale venivano montate anche le eventuali espansioni (per esempio il controllore di floppy disc).

L'Apple II, introdotto nel 1977, è stato il primo prodotto Apple destinato al vasto pubblico ed è stato a lungo uno dei più venduti della categoria. Impiegava il microprocessore 6502. La figura mostra come la scatola della tastiera fosse piuttosto alta. Essa conteneva la piastra madre, praticamente tutta l'elettronica, ed era dotata di un certo numero di connettori per eventuali espansioni.



Esempi di calcolatori personali a 8 bit. Dall'alto a sinistra in senso orario. L'Altair 8800, l'Olivetti M10, l'Apple II e il TRS80-I.

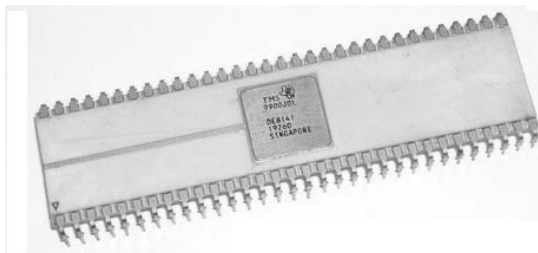
<sup>1</sup> Il marasma continuò fino a che non apparve il PC IBM, presto divenuto standard industriale.

Il TRS80-I, introdotto nel 1977, è stato uno dei microcalcolatori di maggior successo; fino al 1982 è stato il calcolatore personale più venduto, si dice che le vendite siano state 5 volte superiori a quelle dell'Apple II. Impiegava la CPU Z80.

L'Olivetti M10, introdotto nel 1983, è stato uno dei primi calcolatori portatili a grande diffusione. Impiegava la versione CMOS dell'8085. Il display era alfanumerico a cristalli liquidi. Pesava 1,7 kg. Niente in confronto ai portatili dell'epoca che facilmente arrivavano a 10 kg!

### *Microprocessori a 16 bit*

Come è stato detto in precedenza, i microprocessori a 8 bit indirizzavano fino a 64 kB. All'epoca, questa misura era giudicata al di sopra di qualunque necessità pratica, per cui i primi microprocessori a 16 bit (cioè con bus dati esterno a 16 bit) continuarono a indirizzare entro il limite di 64 kB. Il primo micro a 16 bit su singolo chip fu il PACE, della National Instruments, introdotto nel 1974; era un dispositivo MOS, in un package DIP da 40 piedini; bus dati e indirizzi erano necessariamente multiplati.



Il processore Texas Instruments TMS9900.

Nel 1976 Texas Instruments introdusse il TMS9900, esso pure con spazio limitato a 64 kB, ma, per poter mantenere il bus degli indirizzi distinto dal bus dei dati, ci vollero 64 piedini. Era il primo integrato a superare lo standard dei 40 piedini; non pochi lo guardarono con sospetto: un 'mostro' si disse. Tuttavia la crescita del numero di piedini non si sarebbe più fermata: alcuni processori attuali a 64 bit hanno oltre 2.000 contatti (i piedini sono stati sostituiti dai contatti, per consentire numeri così elevati). Qui sopra si mostra il dispositivo TMS9900 nella versione ceramica con piedini dorati.



Modello di programmazione 8086/8088.

Ma fu il microprocessore 8086, introdotto da Intel nel Giugno 1978, a determinare una vera rivoluzione, dando inizio alla seconda generazione dei microprocessori. Bus dati e registri interni erano a 16 bit, ma,

rispetto ai due appena menzionati, l'8086 indirizzava fino a 1 Mega Byte (bus indirizzi di 20 linee). L'integrato conteneva 29.000 transistori in un package di soli 40 piedini che imponevano la moltiplicazione dei bus dati e indirizzi. La frequenza del clock era di 5 MHz. Il numero medio di cicli di clock per istruzione (CPI) era 15, per un tempo medio per istruzione pari a  $15 \cdot 200 \text{ ns} = 3 \text{ }\mu\text{s}$ , corrispondente a un livello di prestazioni di circa 0,33 MIPS (Milioni di Istruzioni Per Secondo). L'8086 definì le basi di una nuova architettura, normalmente designata come 'architettura  $\times 86$ '. Per quanto complicata (il modello di programmazione è nella figura), essa ha condizionato e continua a condizionare lo sviluppo della stessa informatica. La stragrande maggioranza dei PC (Personal Computer) oggi in commercio presenta al suo interno una CPU le cui radici affondano nell'8086. Nel seguito Intel sostituirà il termine 'Architettura  $\times 86$ ', con 'Architettura IA-32' e 'Architettura Intel 64', rispettivamente per le macchine a 32 e a 64 bit discendenti dalla  $\times 86$ <sup>1</sup>.

All'8086 seguirono le versioni a 16 bit dei micro di Motorola e Zilog: il 68000 e lo Z8000 rispettivamente. Lo Z8000 e soprattutto il 68000 avevano caratteristiche architetturali superiori all'8086. Tuttavia essi arrivarono in ritardo rispetto all'8086, concedendo all'architettura  $\times 86$  un vantaggio che si sarebbe dimostrato incolmabile.

Il 68000 ebbe ottima accoglienza da parte dei costruttori delle cosiddette work-station, per anni l'architettura Motorola sarà lo standard di fatto dei più diffusi sistemi di questo tipo. Il modello di memoria lineare del 68000 era adeguato per la tecnica di gestione della memoria virtuale di Unix, il sistema operativo normalmente impiegato nelle work-station. Il 68000 venne pure impiegato nei Macintosh della Apple. La famiglia 68000 ebbe successo anche in campo industriale, nelle cosiddette applicazioni embedded computer, ad esempio nelle stampanti postscript.

Lo Z8000 non sfondò nel mercato dell'informatica dei grandi numeri, né trovò impiego in ambiente industriale. Venne bensì impiegato nel Commodore, un calcolatore personale di successo venduto essenzialmente come videogioco. L'Olivetti usò lo Z8000 per il suo primo PC (denominato M20). L'M20 era una buona macchina, ma non incontrò i favori del grande pubblico – le attenzioni erano rivolte solo al PC IBM o ai PC compatibili. Dopo poco tempo, l'Olivetti fu costretta a riconvertire la sua linea di calcolatori personali e passare alla produzione di macchine compatibili col PC: la torta era tanto ricca che un'esigua fettina valeva molto di più del totale dominio in aree parallele.

La fortuna dell'architettura  $\times 86$  non fu dovuta tanto all'8086, quanto all'8088, un processore rilasciato nel 1979. L'8088 era una CPU completamente compatibile con l'8086, con un parallelismo interno di 16 bit, capace di indirizzare fino a 1 MB di memoria, ma con bus dati esterno di 8 bit. L'8088 aveva le prestazioni di un micro a 16 bit, ma il fatto di avere un bus dati a 8 bit permetteva di ridurre i costi dell'elettronica. Del resto, le periferiche impiegate all'epoca sui calcolatori personali erano praticamente solo a 8 bit. Si comprende la ragione per cui IBM preferì organizzare il suo Personal Computer attorno all'8088 anziché a un micro a 16 bit.

L'IBM-PC venne introdotto il 12 agosto 1981. Quella data segna il punto di svolta dell'evoluzione del mondo dell'informatica. L'architettura Intel divenne lo standard di fatto nel mondo dei Personal Computer, mentre le altre architetture cominciarono a perdere terreno. Emblematico è il caso della Apple che nei suoi McIntosh ha impiegato processori 68000 fino al 1994; dal 1994 al 2006 ha impiegato il PowerPC (una nuova architettura definita da un consorzio formato da Apple, IBM e Motorola allo scopo di contrastare e battere la  $\times 86$ ); dal 2006 Apple impiega processori Intel.

Per farsi un'idea del perché il PC IBM abbia goduto di tanto favore, bisogna tener presente che, fino agli inizi degli anni ottanta, negli USA, che in pratica rappresentavano in modo quasi esclusivo il mercato dei calcolatori, la sigla 'IBM' e la parola 'calcolatori' erano praticamente sinonimi<sup>2</sup>. Quando l'IBM introdusse il PC, per il mercato americano fu quasi come se il PC nascesse in quel momento. I grandi utenti, quali banche, industrie, apparati statali ecc., fino ad allora refrattari all'uso dei PC, trovarono del tutto naturale il loro impiego, anche in virtù della supposta possibilità di integrazione con gli esistenti mainframe IBM. La

<sup>1</sup> Più avanti, al paragrafo 'Generazione corrente: microprocessori a 64 bit', verrà detto perché Intel ha denominato 'Architettura Intel 64', anziché 'Architettura IA-64', i microprocessori a 64 bit derivanti dall'originale 8086.

<sup>2</sup> Non è il solo caso di identificazione di un marchio di fabbrica con un tipo di prodotto. In Italia, la parola 'Ferodo' viene usata per indicare il materiale impiegato nei freni a ganasce degli autoveicoli, dal nome suo iniziale e principale produttore. Chi ha visto il celebre film di Stanley Kubrick '2001 Odissea nello spazio' ricorderà che il calcolatore responsabile della gestione del controllo della navicella spaziale, si chiamava HAL 9000. La sigla HAL era una trasposizione di IBM, ottenuta prendendo ordinatamente le lettere che nell'ordine alfabetico precedono quelle in IBM.

rivista Time, che tradizionalmente dedica la copertina dell'ultimo numero di ogni annata al personaggio maggiormente distintosi sul pianeta nel corso dell'anno, nel 1981, con sorpresa dei lettori, intitolò la copertina 'Machine of the year' ponendovi un PC.



A sinistra il PC IBM, introdotto il 12 Agosto 1981. A destra una scheda di espansione (di memoria) e la piastra madre.

A titolo di curiosità, vale la pena di ricordare che l'IBM non aveva posto particolare cura o determinazione nel produrre il suo PC. Prova ne sia il fatto che esso venne progettato e prodotto in una sede periferica, di minor importanza, situata in Florida, e cioè lontano da quella vasta area nel nord dello stato di New York, dove la società aveva i principali centri di progettazione e produzione. Il PC IBM presentava solo due unità a disco flessibile (floppy) da 5"1/4. Il disco rigido, da 10 MB, comparve qualche tempo dopo sulla versione PC/XT. Retaggio del precedente mondo dei personal computer a basso costo, sul retro del PC IBM faceva bella mostra di sé un connettore per il collegamento delle unità di registrazione/lettura di cassette audio. Nella figura precedente, accanto all'immagine del primo PC IBM vengono riportate le immagini di una scheda di espansione e della piastra madre.

Nello scegliere l'8088 dell'Intel, l'IBM volle garantirsi che ci fosse un secondo produttore del medesimo processore. Intel concesse ad AMD, essa pure fondata da gente fuoriuscita dalla Fairchild, la licenza di produzione dell'8088. Nel seguito Intel e AMD si sono trovate spesso in tribunale e spesso si sono rappacificate. Ma AMD non ha più abbandonato la fabbricazione di processori con architettura  $\times 86$ .

Ci sarebbe da fare anche un po' di storia del DOS di Microsoft. Sono state fatte diverse ricostruzioni sul motivo che ha determinato il successo del DOS. Una delle più accreditate è quella che segue. L'IBM voleva una versione propria del CP/M (il più diffuso sistema operativo sui calcolatori personali, a 8 bit, di allora), con caratteristiche che la distinguessero dagli altri. Sembra che il produttore del CP/M (la società Digital Research), forte della sua posizione di predominanza sul mercato, abbia tenuto una posizione alquanto 'distaccata' nei confronti dell'IBM, spingendo i responsabili del colosso informatico a rivolgersi anche a una piccola ditta, la Microsoft, nota per un diffuso interprete BASIC per micro a 8 bit. Per la Digital Research questo era 'un' progetto, per Microsoft, questo era 'il' progetto e si mise di buon grado a disposizione del gigante dell'informatica. Iniziava così il percorso che avrebbe portato la Microsoft a contendere il primato alla stessa IBM e fare del suo Presidente Bill Gates, allora poco più che ragazzino, il Paperon de' Paperoni dei nostri giorni.

### *I microprocessori RISC*

I primi calcolatori erano in logica cablata. Esempio notevole è stato il CDC 6600, progettato agli inizi degli anni sessanta e primo supercomputer della storia. Anche i primi minicalcolatori erano prodotti in logica cablata. Il PDP8, primo minicalcolatore della storia, introdotto nel 1965, fu il primo sotto ai 20.000 dollari (qualcosa attorno 150.000 dollari odierni). Aveva un repertorio di poco più di una decina di istruzioni.

Negli anni settanta la microprogrammazione si affermò, contro la logica cablata, come metodo per la progettazione della logica delle CPU, in ragione della flessibilità che essa concede al progettista, messo in grado di apportare modifiche fino all'ultimo momento, a costi contenuti. All'epoca, si riteneva che, per ridurre il cosiddetto semantic gap tra linguaggi di alto livello e linguaggio di macchina, occorresse avere processori dotati di repertori di istruzioni raffinati ed estesi. La microprogrammazione era quel che ci voleva per implementare qualsiasi genere di complicata istruzione architetturale. Venne coniato il termine CISC (Complex Instruction Set Computers). Sono della metà degli anni settanta il 370/168 (IBM) e il Vax 11/789 (Digital), ambedue con oltre 400.000 bit di memoria di controllo (cioè di microprogramma).

Erano microprogrammati molti microprocessori della prima e della seconda generazione (8080, Z80, 8086, 68000). Il microprocessore Motorola 68000 aveva addirittura un ulteriore livello di microprogrammazione, nel senso che il microprogramma veniva interpretato da una ulteriore unità interna, con una corrispondente memoria di controllo aggiuntiva, contenente il 'nanoprogramma'.

Però, c'era chi, già alla fine degli anni settanta, aveva cominciato a studiare differenti soluzioni architetture, a seguito delle quali si è arrivati alle cosiddette macchine RISC (Reduced Instruction Set Computer), ovvero macchine in logica cablata, con un numero ridotto di istruzioni; istruzioni tendenzialmente molto semplici e pertanto eseguibili in modo molto efficiente.

La prima macchina RISC venne realizzata in IBM, come prototipo di studio, e venne denominata IBM 801. Il prototipo, sviluppato presso il centro di ricerca di Yorktown Heights (NY), apparve nel 1979. Gli studi relativi al modello 801 fecero da catalizzatore a un'ampia attività di ricerca. Vennero sviluppati due prototipi da due Università della California, il RISC I, a Berkeley nel 1982, e il MIPS a Stanford, nel 1983; sostanzialmente due progetti nati nel contesto di corsi universitari. Il RISC I ebbe una forte influenza sulla definizione della architettura SPARC (Scalable Processor Architecture) da parte di Sun Microsystem. Oggi i processori SPARC trovano principalmente impiego nei server di elevate prestazioni ed alta affidabilità.

Il RISC I influenzò anche la definizione di un'altra architettura di grande successo: l'ARM. Oggi, la sigla ARM viene interpretata come Advanced RISC Machine, ma originariamente significava Acorn RISC Machine, dove Acorn era il nome di una società inglese costruttrice di personal computer, nata nel 1978, che nel 1983 decise di sviluppare una propria architettura. La ditta aveva costruito in precedenza un PC basato sulla CPU 6502, quella usata nell'Apple II. Quando la Acorn decise di passare a una CPU più potente del 6502, non trovò adatti per i suoi obiettivi i processori della classe 8086 e, essendo venuta a conoscenza della ricerca svolta a Berkeley, decise nell'imbarcarsi nella produzione di un suo microprocessore RISC.

Ufficialmente il progetto venne lanciato nel 1983. La prima versione ebbe luce nel 1985. Il dispositivo integrava 25.000 transistori e aveva prestazioni pari, se non superiori, a quelle dell'80286 apparso qualche anno prima, che però integrava molti più transistori (134.000) e presentava consumi molto più alti. Fu questa, in assoluto, la prima macchina RISC commerciale ad essere immessa sul mercato.

Sin dall'inizio i microprocessori ARM sono stati a 32 bit; correntemente vengono prodotti anche in versione 64 bit (qui sotto uno di tali processori). I processori ARM dominano il mercato delle applicazioni embedded e, in particolare, quelle dove il basso consumo è un requisito primario, come per esempio nella telefonia mobile e nei tablet. Con ogni probabilità, il telefonino di chi sta leggendo queste righe ha al suo interno un processore ARM! Quanto a numeri di pezzi prodotti, l'architettura ARM non teme concorrenti: a Novembre 2015, sui siti ARM si leggeva che il numero complessivo di processori venduti aveva superato i 50 miliardi.

Essenzialmente ARM sta sul mercato vendendo tecnologia. Essa possiede la proprietà intellettuale (IP) dell'architettura e cede la licenza d'uso agli effettivi produttori (tra questi Intel, Texas Instrument, Samsung, Apple e altre rinomatissime società).

Agli inizi degli anni Novanta si formò un consorzio tra Apple, IBM e Motorola (denominato AIM) per la progettazione e la produzione di una nuova CPU di tipo RISC. Si trattava di un accordo che aveva un obiettivo dichiarato: battere sul terreno dell'informatica di larga diffusione lo strapotere dell'architettura  $\times 86$ . La nuova architettura si chiamò PowerPC. Essa si basava sulla precedente architettura di IBM denominata Power. La figura mostra il primo processore entrato in commercio, il PowerPC 601. Si trattava di una macchina a 32 bit, con bus indirizzi a 32 bit e bus dati a 64. L'integrato conteneva 2,8 milioni di transistori. Sulla carta, all'epoca in cui apparve, il PowerPC dimostrava di possedere quanto di meglio si potesse mettere assieme come idee e come realizzazione. Inizialmente le CPU PowerPC furono accolte molto favorevol-



mente dal mercato. Ovviamente sia Apple che IBM lo impiegarono nei loro sistemi. Nonostante ciò il PowerPC non è riuscito a contrastare il dominio dell'architettura  $\times 86$ , sebbene sia stato impiegato per lungo tempo nei Macintosh di Apple. Dal 2006 Apple ha abbandonato i processori PowerPC a favore dei processori Intel.



Due processori RISC. A sinistra l'ARM Cortex-M3, a destra il PowerPC.

IBM ha continuato a produrlo e a usarlo in svariate linee di prodotto compresi alcuni suoi supercomputer). Successivamente sono state attuate variazioni architetturali che hanno portato a quella che IBM definisce Power Architecture. Queste macchine vengono normalmente impiegate per la costruzione di sistemi server di elevate prestazioni, come pure supercomputer.

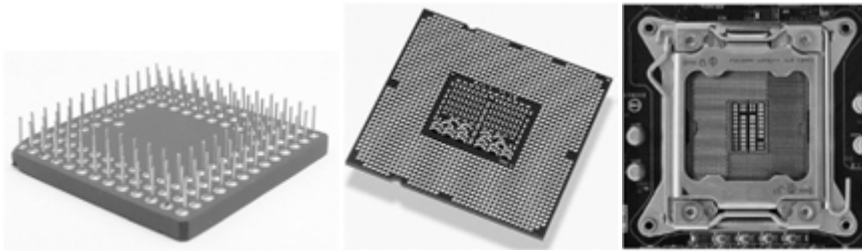
#### *Microprocessori a 32 bit ed evoluzione dell'architettura $\times 86$*

Nella prima metà degli anni ottanta Intel e Motorola fecero a gara a introdurre modelli di crescente potenza elaborativa. Per qualche tempo sembrò che Motorola riuscisse a contrastare l'espansione dell'antagonista Intel, ma, nel mondo dei PC, l'enorme patrimonio software ha garantito a Intel la supremazia. Nel 1987 il 90% dei PC usava CPU Intel/AMD, mentre il 90% delle workstation impiegava CPU Motorola. Ma a lì a poco la situazione sarebbe cambiata, non tanto per Intel e la nemica/amica AMD, che sostanzialmente mantengono anche al giorno d'oggi la stessa quota nel mercato dei PC, quanto per Motorola che vide ridursi l'impiego dei suoi processori allorché i maggiori produttori di workstation si volsero alle architetture RISC, che allora facevano la loro comparsa.

Con le versioni a 32, bit i microprocessori entrarono nella loro piena maturità e vennero impiegati non solo nei calcolatori personali, ma anche come elementi centrali dei sistemi server che andavano a rimpiazzare i tradizionali mainframe. Gli stessi supercomputer cominciarono a essere realizzati aggregando migliaia, talvolta centinaia di migliaia, di microprocessori. Ormai era diventato possibile integrare sullo stesso chip tutte le funzionalità prima previste solo dai grandi sistemi: la gestione della memoria virtuale, le memorie cache, le unità aritmetiche (in virgola mobile e per elaborazione multimediale), l'esecuzione in pipeline. Per quanto si riferisce alla  $\times 86$ , con il Pentium (1993) si ebbe la prima macchina superscalare. Con il PentiumPro venne definita una tecnica, quella della traduzione interna delle istruzioni architetturali in (sequenze di) micro-operazioni ( $\mu$ OP) strutturate alla maniera RISC. Veniva così superato il maggior impedimento delle macchine CISC: la complessità e la difficoltà di esecuzione delle istruzioni architetturali. Con tale soluzione, sul PentiumPro divenne possibile lo 'scheduling dinamico' e l'esecuzione fuori ordine delle istruzioni. La traduzione delle istruzioni architetturali in  $\mu$ OP è diventata la norma per tutti i processori che hanno fatto seguito al PentiumPro. Con il Pentium4 apparve il multithreading hardware.

A titolo di curiosità vale la pena di osservare come, di pari passo con la crescita della capacità elaborativa, sia andato crescendo il numero di piedini degli integrati: abbiamo visto che l'8086 (1978) aveva 40 piedini, il primo Pentium (1993) aveva 273 piedini, il Pentium 4 (2000) ne aveva 478. A un certo punto è diventato impossibile sistemare tutti i necessari piedini su un medesimo package, per cui i tradizionali piedini a spillo (pin), sono stati sostituiti da contatti. Ovvero, si è passati dai cosiddetti PGA (Pin Grid Array) agli LGA (Land Grid Array). Alla data di scrittura di queste righe, molti microprocessori presentano oltre 2.000

contatti. I costruttori forniscono speciali zoccoli (socket) La produzione di nuovi modelli di processore si accompagna spesso alla produzione dei corrispondenti zoccoli.



A sinistra viene mostrato il PGA del 68020 (114 piedini); al centro viene mostrato l'LGA di un Core i7 (1.366 contatti); a destra viene presentato un esempio di zoccolo (LGA 2011, a 2011 contatti).

#### *Generazione corrente: microprocessori a 64 bit*

In precedenza, di tanto in tanto, si è fatto cenno ai microprocessori a 64 bit. Qui di seguito ci si limita a illustrare in un certo dettaglio l'architettura  $\times 86$  a 64 bit, denotata come 'AMD64' da AMD e come 'Intel64' da Intel. Metteremo in evidenza com'è avvenuto il passaggio dai 32 ai 64 bit.

Agli inizi degli anni Novanta, gli ingegneri dell'Intel pensavano che all'architettura  $\times 86$  fossero rimasti pochi margini di miglioramento. Ritenevano che, per raggiungere più elevati livelli di prestazioni, considerati necessari per garantire a Intel la predominanza su un mercato che andava erodendosi a favore delle architetture RISC a 64 bit occorresse abbandonare la  $\times 86$  per una nuova architettura. A quel tempo, da più parti veniva fatta ricerca sulle architetture VLIW (Very Long Instruction Word). Intel decise che questa era la strada da seguire, tenendo però conto dei concetti sviluppati in oltre un decennio di tecnologie RISC. Anche in HP, dove si producevano i calcolatori PA-RISC (Precision Architecture-RISC), si stavano studiando le VLIW. Alla fine si arrivò a un accordo tra Intel e HP per la definizione e lo sviluppo di una nuova architettura VLIW, per la quale venne anche coniato il termine EPIC (Explicit Parallel Instruction Computer), in ragione del fatto che il parallelismo, anziché essere affidato esclusivamente alla logica di CPU, sarebbe stato definito a livello di compilazione. Con l'architettura EPIC, il compilatore forma pacchetti di 3 istruzioni, mentre la logica di macchina è in grado di inviare all'esecuzione due pacchetti contigui, ovvero è in grado di avviare l'esecuzione di (fino a) 6 istruzioni in parallelo.

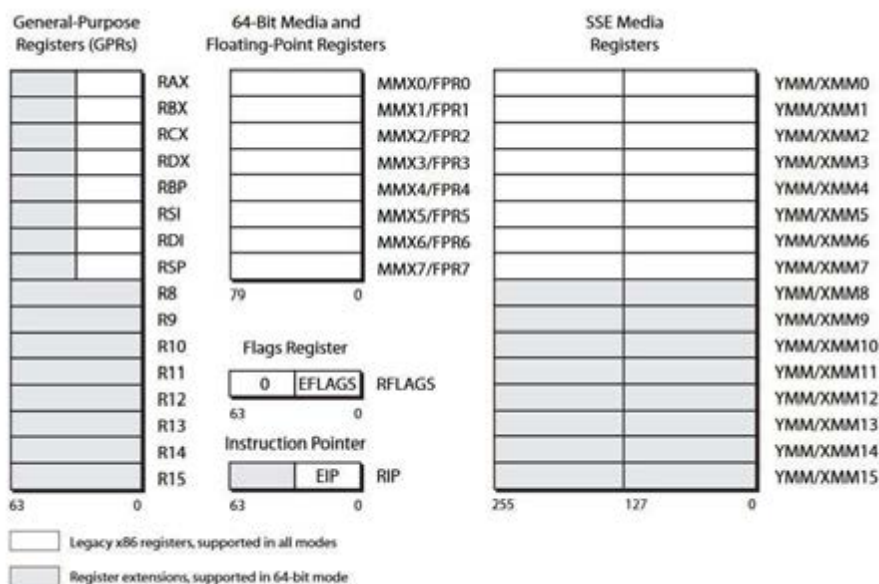
Intel pubblicizzò tale architettura come IA-64 (Intel Architecture 64). Il nome diceva chiaramente che essa andava a sostituire la precedente IA-32 ( $\times 86$  a 32 bit). I processori EPIC vennero denominati Itanium. Il primo, l'Itanium I, apparve nel 2001, con una frequenza di clock di 800 MHz, inferiore a quanto ipotizzato originariamente dal progetto e inferiore a quella di altri processori sul mercato. Pochi mesi dopo venne introdotto l'Itanium 2, versione migliorata del precedente, resasi necessaria dalle non brillantissime prestazioni del primo. Sulla carta, l'Itanium presentava un gran numero di soluzioni tecniche di pregio. Tuttavia le sue prestazioni non hanno mai raggiunto livelli tali da fargli acquisire le quote di mercato che suoi progettisti si erano prefissi. Importanti produttori di software che lo avevano incluso tra le macchine di loro scelta presero ad abbandonarlo. Per esempio, Microsoft abbandonò la linea Itanium nel 2010.

Mentre il colosso Intel poteva mettere in campo un grande progetto come quello dell'Itanium, la relativamente piccola AMD non poteva lanciarsi in una simile avventura. In passato AMD aveva prodotto l'8086 su licenza Intel. Successivamente le strade si erano divise, non senza svariati litigi giudiziari, ma AMD aveva continuato a produrre processori compatibili con quelli Intel. Il fatto che l'Intel stesse trascurando l'architettura  $\times 86$  a favore dell'Itanium lasciava aperto un campo di azione per AMD, specialmente per quanto riguardava il mercato dei server dal quale era praticamente assente. Ritenendo che l'architettura  $\times 86$  avesse ancora margini di prestazioni, AMD si imbarcò nel definire la cosiddetta architettura AMD64, in pratica una estensione della  $\times 86$  a 32 bit, con uno spazio di indirizzi e operandi a 64 bit. Il numero dei registri dati venne portato a 16; la classica segmentazione dell'architettura  $\times 86$  venne sostanzialmente abbandonata a favore di un modello di memoria piatto. Vennero previsti due modi di funzionamento: uno a 64 bit e uno compatibile

con l'architettura a 32 bit, soluzione estremamente attraente per i produttori di software o per chi aveva una consistente base di software installato. L'architettura AMD64 venne presentata ufficialmente nel 1999.

Il primo micro della linea AMD64, l'Opteron, apparve sul mercato nell'Aprile del 2003. L'Opteron fu un grande successo e fece lievitare le vendite di AMD, che acquisì una consistente quota del mercato dei server dal quale era stata praticamente assente; agli inizi del 2006 AMD aveva circa il 30% del mercato dei server, contro circa il 70% del gigante Intel. Il successo non fu limitato al campo dei server. L'Opteron venne impiegato sin dall'inizio anche nella costruzione di supercomputer. Cray, il famoso costruttore di supercalcolatori, ricorse agli l'Opteron sin dal 2004.

All'apparire dell'architettura AMD64, all'Intel fu subito chiaro di doverne tener conto, ma, all'inizio, con una certa riluttanza: valutò la possibilità di annunciare una architettura RISC che estendesse la  $\times 86$ . Ma questa alternativa venne scartata per del fatto che i produttori di software – leggi Microsoft – non gradivano di doversi impegnare anche per questa ulteriore estensione della  $\times 86$ . Alla fine Intel decise di restare nel solco del passato e di rendere compatibile con la AMD64 la nuova architettura, che venne prontamente denominata Intel64.



#### Il modello di programmazione AMD64

La figura precedente riporta il modello di programmazione dell'architettura AMD64<sup>1</sup>. Quasi non ci si riconosce più il patriarca 8086. Sono rimasti i vecchi registri dati (indirizzabili indipendentemente o facenti parte dei registri a 64 bit), sono spariti i registri di segmento (lo spazio di memoria è lineare), in più ci sono registri per operazioni in virgola mobile e multimediali (introdotti con le macchine a 32 bit).

Il confronto tra le prestazioni di un 8086 e quelle di una macchina  $\times 86$  a 64 bit corrente è difficilmente effettuabile perché troppe sono le differenze. Peraltro il confronto andrebbe fatto in riferimento a una specifica classe di programmi. Qui di seguito, tanto per dare un'indicazione, si tenta un confronto in riferimento a un ipotetico programma che non faccia uso né di operazioni in virgola né di operazioni multimediali. L'8086 di introduzione aveva un clock di 5 MHz e richiedeva mediamente 15 cicli di clock a istruzione. Ipotizzando di confrontarlo con una macchina a 3 GHz che grazie al parallelismo interno richieda 0,5 cicli di clock a istruzione – ipotesi pessimistica – il rapporto di prestazioni sarebbe pari a  $(3.000/5) \cdot (15/0,5) =$

<sup>1</sup> L'architettura Intel 64 è sostanzialmente identica alla AMD64; Per evitare equivoci conviene usare la dizione x86-64, denotando con questo termine tutti i microprocessori a 64 bit derivati dall'8086, compresi quelli di altri produttori.

18.000. Si moltiplichi questo risultato per 4 per tener conto del vantaggio dei 64 sui 16 bit; si ottiene 72.000. Dunque, una generica applicazione che oggi richieda 5 secondi nel 1978 avrebbe richiesto  $5 \cdot 72.000 = 360.000$  secondi, ovvero 100 ore. Ovviamente, per programmi facenti uso di istruzioni in virgola mobile o multimediali il divario si allargherebbe ulteriormente (e di molto!).

Ragioni di spazio impediscono di esaminare le caratteristiche rilevanti dei microprocessori moderni, tra cui: (a) il multicore, ovvero la presenza di 2 o più ‘core’ di elaborazione; (b) il multithreading, ovvero l’esecuzione parallela di due o più thread sullo stesso core; (c) la presenza di più livelli di cache (usualmente 3);

**SCHEDA 11****UN PERCORSO ESPOSITIVO ATTRAVERSO LA TECNOLOGIA**

Presso il DINFO sono installate, nelle aree comuni, alcune vetrine che contengono materiale informatico raccolto dal prof. Giacomo Bucci.

L’intento del percorso espositivo è quello di rendere visibile e far apprezzare, sia agli studenti sia ai visitatori, il rapido svilupparsi della tecnologia dei calcolatori elettronici nel corso degli anni. A tale scopo il percorso prevede macchine e dispositivi a partire dal regolo calcolatore, dalle calcolatrici elettromeccaniche alle calcolatrici tascabili elettroniche, fino ai sistemi server e ai PC di qualche anno addietro.

Una presentazione è prevista al convegno IEEE HISTELCON 2021 (Mosca, Russia) a settembre 2021: G. Bucci *An exhibit of computer technology advancement*.



Esempi di oggetti in mostra: a sinistra un microprocessore; a destra uno spezzone di nastro di carta perforato.



Una delle vetrine nel Dipartimento di Ingegneria dell’Informazione (per cortesia di Piero Mazzinghi).

Un fascicolo di oltre 100 pagine illustra le principali caratteristiche dei dispositivi e degli apparati in mostra; esso è scaricabile dal seguente indirizzo: <https://sites.google.com/unifi.it/calcolatori-elettronici>.

(d) la multiscalarità, ovvero la presenza di più unità funzionali parallele; (e) l'esecuzione fuori ordine, ovvero l'abbandono del modello strettamente sequenziale nell'avvio delle istruzioni alle unità funzionali, salvo il mantenimento della coerenza col modello sequenziale nella consegna dei risultati. Chi fosse interessato può fare riferimento a<sup>1</sup>.

### *Fatti allarmanti*

Conclusa l'esposizione dell'evoluzione l'architettura dei microprocessori, in particolare della  $\times 86$ , desidero dedicare due parole a un problema venuto alla ribalta: la vulnerabilità dei moderni processori. Da sempre siamo abituati a pensare che anche il programma più collaudato possa, in certe condizioni, manifestare errori; e che il software possa essere minacciato da programmi malintenzionati, in grado di carpire informazioni che dovrebbero restare segrete (per esempio, le credenziali di accesso al conto corrente). Al contrario, la vulgata ha sempre assunto che, a parte i malfunzionamenti elettronici/fisici, l'hardware operi sempre correttamente e che ferrei meccanismi di protezione evitino, per esempio, le intrusioni di un programma nei dati di altri programmi.

La vulnerabilità dell'hardware dei sistemi di elaborazione viene indagata da oltre un ventennio, ma solo certi aspetti del funzionamento dei moderni processori (esecuzione speculativa, esecuzione fuori ordine e virtualizzazione) hanno ingigantito il problema. Di recente, sono stati pubblicati svariati articoli scientifici nei quali si illustra come, sfruttando certe condizioni che possono crearsi all'interno dei processori, sia possibile costruire programmi malintenzionati, in grado di carpire informazioni riservate. Sono stati anche conosciuti un certo numero di nomi per indicare i possibili attacchi: i più menzionati sono Spectre e Meltdown. A fine 2017 inizi 2018, anche la grande stampa ha preso a occuparsi della questione, con articoli nei quali si diceva che i microprocessori correnti, compresi quelli nei telefonini – gli ARM – presentavano vulnerabilità che, se sfruttate a dovere, avrebbero permesso ad un programma, ovvero una App malintenzionata di carpire le informazioni riservate. Immagino che più di un lettore si sia seriamente preoccupato!

Qui di seguito intendo illustrare in modo sintetico e semplificato l'attacco Spectre e le ragioni che lo rendono possibile.

Come detto in precedenza, i moderni processori, per migliorare le prestazioni possono eseguire le istruzioni in modo speculativo e fuori ordine. L'esecuzione fuori ordine deriva dalla presenza di molteplici unità funzionali entro la CPU, per cui è possibile che più istruzioni vengano avviate per eseguire in parallelo e fuori ordine sulle unità stesse, salvo poi garantire che l'ordine di 'consegna' dei risultati sia quello corrispondente al classico modello di macchina sequenziale di Von Neumann. In presenza di una alternativa nel programma (istruzione if), il modello di Von Neumann prevede che: (a) venga valutata la condizione e (b) venga preso il percorso dettato dalla condizione. Dal punto di vista dell'hardware ciò si traduce in un salto condizionato (dal risultato che deriva dalla valutazione della condizione). Poiché questa valutazione può richiedere del tempo, perché ad esempio alcune delle variabili che la compongono non sono in CPU, né tantomeno in cache, ci sarebbe un notevole spreco di tempo nell'attesa che i corrispondenti valori si rendessero disponibili. L'esecuzione speculativa consiste nel tentare di evitare di perdere questo tempo, speculando su quale sarà la destinazione del salto, passando subito a eseguire le istruzioni corrispondenti. In seguito, quando la condizione è stata valutata (ovviamente in parallelo con l'esecuzione delle altre istruzioni), viene fatta la verifica circa la correttezza della speculazione. Se questa era giusta niente accade e i risultati delle le istruzioni eseguite sul ramo scelto possono essere consegnati; se invece si dimostra che la speculazione era errata, l'esecuzione riprende dal punto in cui avrebbe dovuto, e i risultati delle istruzioni eseguite sul percorso sbagliato vengono cancellati. Poiché tutto questo accade all'interno del processore ed è invisibile ai programmi, la congruenza con l'esecuzione sequenziale è mantenuta.

Ovviamente la speculazione non viene fatta a casaccio, ma sulla base di algoritmi hardware – anche di una certa complessità – e di statistiche circa gli effetti dei salti condizionati; statistiche raccolte nel corso dell'esecuzione del programma stesso.

Ho detto che la congruenza con l'esecuzione sequenziale viene mantenuta; dunque, ciò che accade all'interno della CPU nel corso di esecuzione delle istruzioni è irrilevante per i programmi. Ma c'è un problema: non tutte le tracce di ciò che è successo scompaiono, ovvero lo stato complessivo della macchina, nel caso di speculazione errata, può risultare non esattamente uguale a quello che si sarebbe determinato se fosse

---

<sup>1</sup> G. Bucci. *Calcolatori elettronici – Architettura e Organizzazione*. McGraw-Hill, Milano, 2017.

stato percorso il ramo giusto. Il problema si presenta, ad esempio, in riferimento alla cache. Nei moderni microprocessori, multi-core e/o multi-thread, i thread condividono la cache (o uno o più livelli di cache nel caso di cache multilivello). Pertanto, è possibile che sul ramo derivante da una errata speculazione venga fatto un accesso a dati non presenti in cache, con conseguente caricamento di una o più linee dalla memoria centrale; linee che, al contrario, non sarebbero state caricate se fosse stato percorso il ramo giusto dell'alternativa. Gli effetti dell'esecuzione speculativa vengono cancellati all'interno del processore e nessun impatto hanno sul programma, ma una linea caricata resta in cache. Dunque un programma disonesto è teoricamente in condizione di leggerla.

I rimedi a questo e a molti altri tipi di attacco possono essere hardware o software. I rimedi hardware derivano dall'aggiunta di meccanismi di controllo alla logica del processore; ovviamente essi possono essere messi in atto solo dal produttore sui modelli a venire. I rimedi software consistono nell'apportare i cosiddetti patch ai programmi. Con riferimento al caso illustrato, il modo più ovvio consiste nel rendere impossibile l'esecuzione speculativa. A tal fine i moderni processori x86 dispongono dell'istruzione di macchina LFENCE che impedisce la prosecuzione del programma fino a che tutte le istruzioni che la precedono non sono arrivate a completamento e impedisce, altresì, l'esecuzione delle istruzioni che seguono fino a che essa stessa non è conclusa. Posta a seguire un salto condizionato, l'istruzione LFENCE ha l'effetto di mettere 'in stallo' l'istruzione di salto che eseguirà solo quando la destinazione del salto sarà nota (in base alla condizione determinata dalle istruzioni che la precedono e dopo che queste saranno concluse). In altre parole, LFENCE ha l'effetto di riportare la microarchitettura all'esatto modello di Von Neumann. Com'è ovvio, questa soluzione fa perdere tutti i miglioramenti prestazionali derivanti dall'esecuzione speculativa. Rimedi basati su differenti criteri non hanno effetti altrettanto negativi. Alla data di scrittura, l'industria dell'hardware (AMD, ARM, Intel, ecc.), come pure quella del software (Apple, Google, Microsoft, ecc.) è impegnata a definire meccanismi e patch capaci di porre rimedio alle vulnerabilità dei processori.

Verrà un tempo in cui potremo dormire tranquilli?



IMMAGINI E COMUNICAZIONI DIGITALI

*Vito Cappellini*

*Lectio magistralis* tenuta il 29 ottobre 2010

Il mio modello di ingegnere è Leonardo da Vinci. Certo Leonardo era ed è un sommo artista, scienziato, architetto, anatomista... Ma certamente anche un ingegnere!

Leonardo ha creato immagini scientifiche ed artistiche in tutti i settori delle attività umane del Rinascimento.

Le immagini sono diventate sempre più importanti negli ultimi anni nella attuale vita moderna: medicina, ambiente, automazione industriale, robotica, sorveglianza, beni culturali, formazione. In particolare sono state sviluppate tecnologie innovative digitali, per l'acquisizione numerica delle immagini (immagini digitali) e la loro elaborazione anche con algoritmi molto complessi.

Come riferimento storico, alla fine degli anni '90 fu realizzato in Europa, con la collaborazione attiva del Dipartimento di Ingegneria Elettronica dell'Università di Firenze, nel progetto europeo MUSA, il VASARI – SCANNER, un sistema prototipale di acquisizione ad elevatissima risoluzione spaziale (oltre 20.000×20.000 pixel) ed uso di 7 filtri ottici per ottenere 7 bande spettrali.

Il sistema fu installato nel Dipartimento Tecnologie Avanzate della Galleria degli Uffizi, per effettuare sperimentazioni di acquisizione digitale di opere della Galleria stessa.

Nella elaborazione delle immagini, metodi e algoritmi importanti sono:

- miglioramento di qualità;
- estrazione di contorni;
- trasformate numeriche (Fourier, Hadamard, Haar, ecc.);
- riduzione della quantità dei dati (compressione);
- riconoscimento di forme (*pattern recognition*).



Il famoso autoritratto di Leonardo da Vinci.

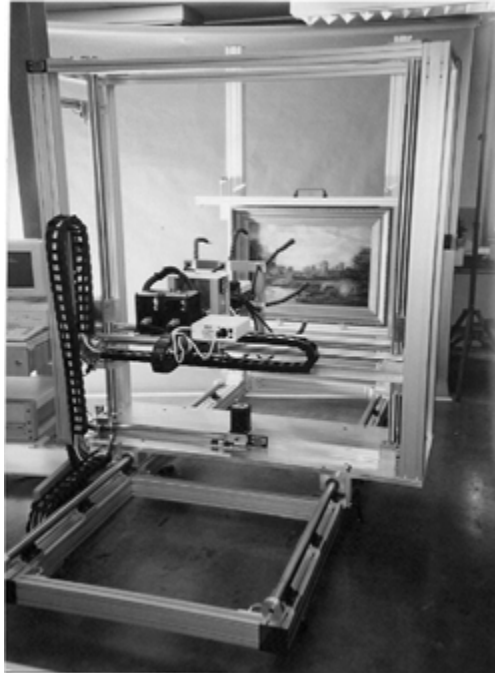
Le immagini digitali rivestono un ruolo fondamentale nelle indagini sul territorio e sul mare e relativa sorveglianza. In particolare con le immagini da aereo e da satellite, opportunamente elaborate, si possono individuare le risorse del territorio e lo stato di inquinamento.

Nella medicina le immagini sono ormai di routine: TAC (tomografia assiale computerizzata), ecografie, termografie, medicina nucleare, NMR (*Nuclear Magnetic Resonance*) e altro ancora.

Nei beni culturali le immagini digitali sono molto importanti per rappresentare le opere d'arte e conservarne in modo sicuro i dati digitali (archivi digitali).

Abbiamo acquisito digitalmente una delle opere più famose di Leonardo, l'Annunciazione, esposta nella Galleria degli Uffizi, a media, grande e altissima risoluzione – insieme a tante altre opere del Polo Museale Fiorentino – con il *team* di MICC-DET (*Media Integration and Communication Center* – Dipartimento di Elettronica e Telecomunicazioni) dell'Università di Firenze, Hitachi Ltd. e Centrica Srl, con l'approvazione e supervisione del Soprintendente Cristina Acidini, creando un 'archivio digitale di eccellenza' delle opere stesse.

Ma anche per collegarci subito all'altro tema, altrettanto importante, delle comunicazioni digitali, occorre fare almeno un rapido cenno alla *Teoria dell'Informazione*, che nel 1948 Claude E. Shannon ha mirabilmente esposto per la prima volta.



Sistema di acquisizione delle immagini digitali per i beni culturali VASARI – SCANNER.



Fase di acquisizione digitale della Annunciazione di Leonardo da Vinci nella Galleria degli Uffizi (per cortesia del Ministero per i Beni e le Attività Culturali).

Peraltro con questa teoria si può interpretare in modo più oggettivo le stesse immagini digitali e misurarne la quantità di informazione. Nasce così il *binit*, *binary unit*: un *binit* corrisponde alla informazione fornita da due eventi equiprobabili (testa o croce della moneta lanciata in aria).

Le immagini sono acquisibili – come in parte già mostrato – ad elevatissima qualità, anche oltre  $100.000 \times 100.000$  pixel, superando la stessa fotografia analogica. Le immagini contengono quindi una enorme quantità di informazioni – come misurabile con la teoria di Shannon – e permettono di comunicare messaggi anche molto complessi.

Il nostro cervello ha una significativa parte di esso dedicata alla acquisizione delle immagini (dai nostri occhi) ed alla loro elaborazione che in gran parte è automatica. Ad esempio, senza accorgersene o rifletterci,



ognuno di noi estrae continuamente dagli oggetti che vede i contorni. È una specie di *identikit* che poi immagazziniamo nella nostra memoria neuro-plastica e dinamica, in particolare per riconoscere dopo anni una determinata persona.



Immagine digitale della Annunciazione di Leonardo da Vinci, Galleria degli Uffizi (per cortesia del Ministero per i Beni e le Attività Culturali).

Ed è proprio la *Teoria dell'Informazione* di Shannon che spiega – per le comunicazioni digitali – come dalla *sorgente* (in particolare immagini digitali) si possono trasferire i messaggi di sorgente nel *canale di comunicazione* verso un *destinatario*, ricevitore.

Nella struttura più completa del sistema di comunicazione il messaggio trasmesso (voce, dati, immagini) viene anzitutto *compressso* (cioè ne viene ridotta la quantità di dati mantenendo la stessa informazione o riducendola il meno possibile), quindi viene *codificato* (con codifica a controllo d'errore che trasforma l'informazione al fine di essere protetta dal rumore – errori – del canale di comunicazione). In ricezione il messaggio trasferito dal canale di comunicazione viene prima *decodificato* (cioè vengono – per quanto possibile – eliminate le alterazioni introdotte dal canale) e poi *decompressso* (cioè riportato alla forma originaria o il più possibile ad essa vicina).

Alla nascita dell'attuale *era digitale*, conviene ricordare le parole profetiche di alcuni esperti. Simon Nora e Alain Minc nel rapporto *Convivere con il calcolatore*, sollecitato dal Presidente della Repubblica Francese, così ben delineavano nel 1978:

Una volta c'erano solo grandi calcolatori. Oggi è disponibile un gran numero di piccole macchine, potenti e poco costose. D'altra parte esse non sono più isolate ma possono essere collegate le une alle altre in reti. Questa crescente interazione fra calcolatore e telecomunicazioni, che chiameremo telematica (*telematique*), apre un orizzonte decisamente nuovo. La telematica non costituirà semplicemente un'altra rete ma una rete di natura diversa, capace di far *integrare* immagini, suoni e dati e di trasformare i nostri attuali modelli culturali [...].

Siamo così entrati pienamente oggi nell'*era digitale* (ICT, *Information Communication Technology*), con passi di innovazione che giorno dopo giorno avvengono in modo sorprendente. Siamo in effetti già nel villaggio globale digitale, che comprende tutto il mondo e connette in modo efficiente ogni luogo del pianeta, avvicinandosi sempre più al sogno del secolo scorso:

Poter ricevere in ogni istante, in qualunque punto del globo, l'informazione proveniente da un qualunque altro punto del globo stesso in tempo reale (o quasi reale, cioè con piccoli ritardi controllati).

Le grandi reti telematiche permettono, ad esempio, di scambiare rapidamente immagini mediche da un ospedale ad un altro, effettuando anche vere e proprie operazioni congiunte di tele-diagnosi e diagnosi cooperativa fra medici in sedi diverse comunque lontane a livello nazionale e internazionale.

Le stesse reti rendono possibile vedere le grandi opere d'arte (ad esempio gli Uffizi) in tempo reale in tutto il mondo con i commenti dal vivo di grandi esperti. Le attività svolte nelle immagini e comunicazioni digitali a Firenze risalgono a molti decenni fa. In particolare presso l'IROE (Istituto di Ricerca sulle Onde

Elettromagnetiche), attualmente IFAC (Istituto di Fisica Applicata ‘Nello Carrara’) del Consiglio Nazionale delle Ricerche, prima sotto la direzione del prof. Nello Carrara e poi del prof. Giuliano Toraldo di Francia, venivano svolte ricerche molto innovative sulle onde elettromagnetiche, il laser ed anche appunto le immagini digitali e le comunicazioni numeriche.

Negli anni ‘90 non posso non ricordare il nostro contributo, come Università di Firenze, alla rete telematica toscana (MAN TOSCANA), realizzata già in fibra ottica nell’ambito del Progetto Finalizzato Telecomunicazioni del CNR, nel quale ero responsabile delle realizzazioni sperimentali in Italia, con la partecipazione anche di Telecom Italia.

La Regione Toscana intervenne in tempi rapidi con un importante accordo con il CNR, prendendo in carico la MAN Toscana e realizzando anche la rete di Siena. Questa rete si è evoluta nella attuale RTRT (Rete Telematica Regionale Toscana), che collega centinaia di amministrazioni pubbliche e associazioni industriali con il suo centro vitale che è il TIX (*Transfer Interconnection Exchange*), anche in sintonia con la società dell’informazione e della conoscenza in Toscana.

Venendo ad anni più recenti, ricordo in particolare uno dei collegamenti più importanti – per i beni culturali – che si realizzò nell’aprile del 2007 fra Italia e Giappone con grande impegno di molteplici istituzioni e imprese, fra cui:



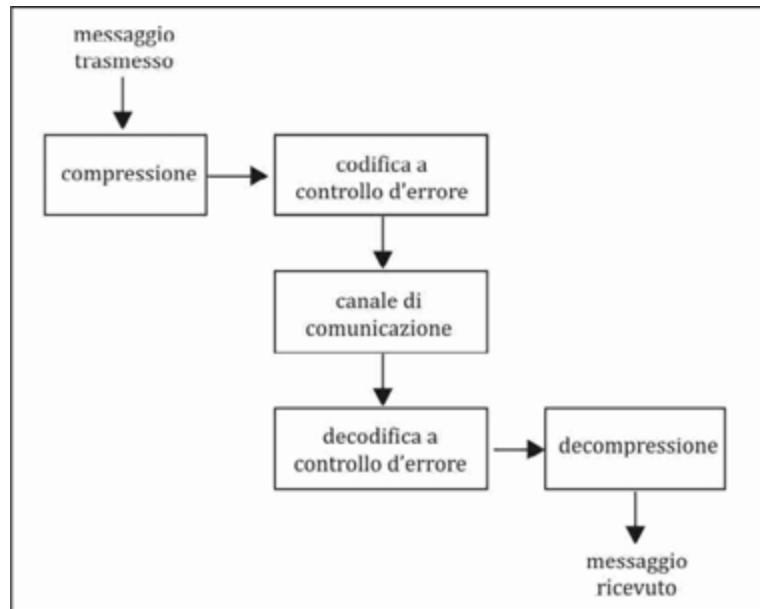
Particolare della Annunciazione di Leonardo da Vinci: la Città sul Porto nella parte centrale, con notevole ingrandimento (per cortesia del Ministero per i Beni e le Attività Culturali).

- Università di Firenze – Regione Toscana
- Ambasciata di Italia a Tokyo – Istituto Italiano di Cultura di Tokyo
- Polo Museale Fiorentino – Hitachi Ltd.
- Rete GARR – Centrica Srl.

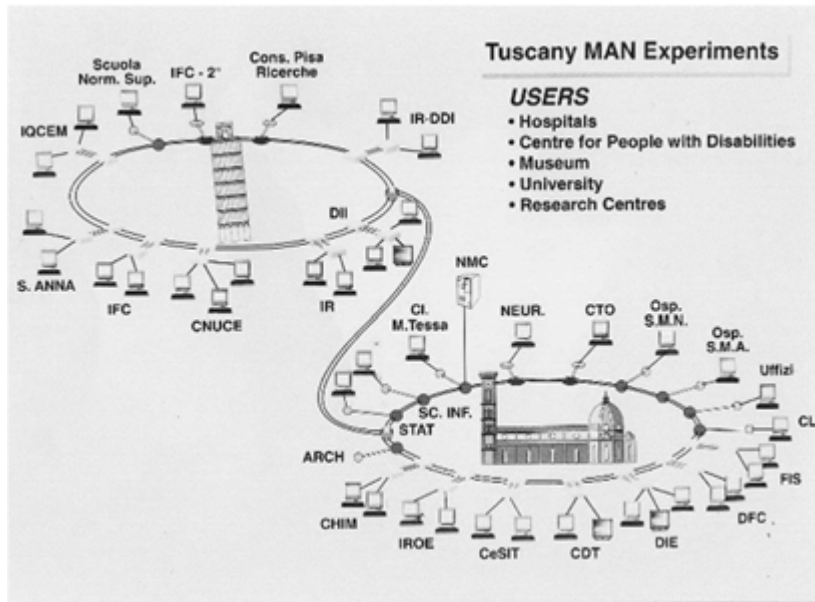
Siamo riusciti a collegare in tempo reale, a distanza di oltre 20.000 km in connessioni a fibra ottica (la banda del satellite non era sufficiente), la sala della Giunta Regionale di via Cavour a Firenze con l’Istituto Italiano di Cultura di Tokyo, trasferendo, oltre alla voce ed alle normali immagini digitali di tipo televisivo dei relatori e degli ambienti, anche le immagini ad altissima qualità, acquisite presso il Polo Museale Fiorentino, quali la già considerata Annunciazione di Leonardo, presentata mirabilmente dalla Soprintendente Cristina Acidini.

Nella grande magnifica aula magna dell’Istituto Italiano di Cultura di Tokyo era presente, con l’ambasciatore Mario Bova, il Presidente del Consiglio Romano Prodi con parlamentari ed esperti del governo italiano, insieme a parlamentari ed esperti del governo giapponese. Si può rilevare che, per avere la massima sicurezza del collegamento digitale (a velocità di centinaia di milioni e di miliardi di bit/sec), furono utilizzati due percorsi distinti uno a nord e uno a sud.

Sono stati anche compensati perfettamente i ritardi (di frazioni di secondo, ma comunque percettibili) fra i messaggi digitali audio e quelli video, intervenendo opportunamente sugli apparati di ripresa audio-video nella sala di trasmissione a Firenze e su quelli nella aula magna di Tokyo.



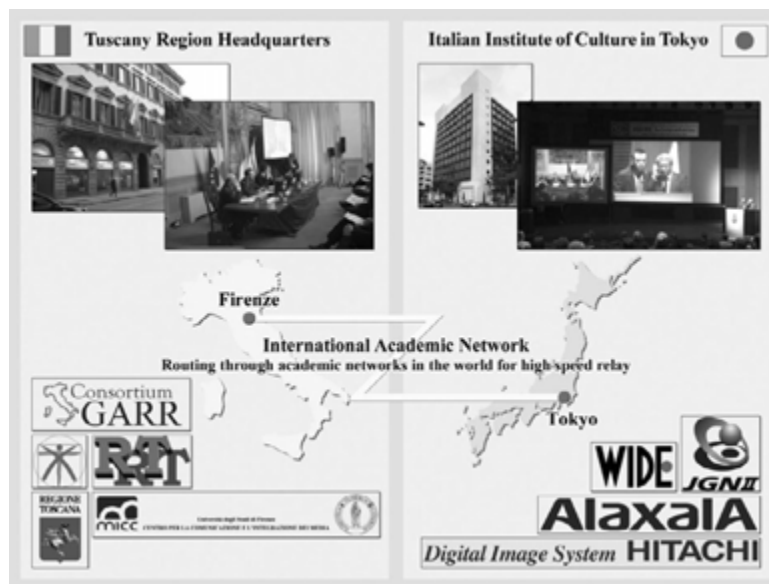
Sistema di comunicazione digitale, in accordo alla Teoria dell'Informazione con codifica di sorgente (compressione) e codifica a controllo d'errore.



Configurazione della rete MAN Toscana, realizzata nel Progetto Finalizzato Telecomunicazioni del CNR con i principali 'nodi' di Firenze e Pisa.



Annuncio del convegno Italo-Giapponese Nuove Tecnologie sulle Vie della Cultura, svoltosi il 16-17 Aprile 2007, presso l'Istituto Italiano di Cultura di Tokyo.



Collegamento telematico fra Firenze (Regione Toscana) e Tokyo (Istituto Italiano di Cultura) del 16-17 aprile 2007.

E siamo poi passati anche alla realtà tridimensionale (oggetti reali) con acquisizione di immagini digitali tridimensionali (3D), con la possibilità di elaborazione e di trasmissione numerica delle immagini stesse. Nel nostro laboratorio 3D, nel Polo Scientifico di Sesto Fiorentino dell'Università di Firenze, dotato di sistemi di acquisizioni digitali a laser ed a luce strutturata, è possibile acquisire oggetti di piccole e medie dimensioni, realizzando modelli digitali 3D, utili per la rappresentazione e archiviazione. Gli stessi modelli, opportunamente modificati, possono portare alla realizzazione di nuovi prodotti.

Ma è anche possibile rappresentare in realtà virtuale 3D centri storici con palazzi e chiese, come abbiamo recentemente fatto con il centro storico di Pistoia.

Google ci ha validato questo lavoro aggiudicandoci un ottimo punteggio, riconoscendo la proprietà intellettuale dell'Università di Firenze e del laboratorio CETIP (Centro di Innovazione Telematica per il Territorio Pistoiese), che abbiamo creato a Pistoia.



Infrastruttura delle reti di collegamento a larga banda a fibra ottica (una via nord, l'altra via sud) fra Firenze e Tokyo del 16-17 Aprile 2007.

E i messaggi digitali, in particolare le immagini 2D e 3D, possono essere protetti per la archiviazione sicura, ma soprattutto per la comunicazione numerica. Abbiamo infatti attivamente sviluppato, con il Dipartimento di Elettronica e Telecomunicazioni e il Centro per la Comunicazione e l'Integrazione dei Media, nuove tecnologie per la protezione dell'informazione ed in particolare delle immagini digitali 2D: la marchiatura elettronica o digitale (*watermarking*).

Abbiamo fatto, con l'Università di Firenze, diversi brevetti sulla marchiatura digitale riconosciuti anche all'estero, che hanno prodotto Spin-Off e nuove Piccole Medie Imprese (PMI).

Queste tecniche di marchiatura elettronica sono state estese anche alle immagini 3D ed ai modelli virtuali di oggetti con sviluppo di procedure innovative a livello internazionale. In effetti poter proteggere i modelli digitali 3D ed i prodotti realizzati mediante il loro uso apre la via a sistemi veri e propri di anticontraffazione, di vitale importanza per la concorrenza industriale a livello mondiale.

Ed insieme alla marchiatura digitale possiamo utilizzare ed utilizziamo efficacemente la criptatura per rendere inaccessibile il contenuto digitale, se non si è in possesso di una 'chiave' (pubblica o privata) per trasferire i contenuti digitali dal creatore o proprietario all'utente finale.

Un sistema recentemente approvato dal Polo Museale Fiorentino e dal Ministero dei Beni Culturali è UFFIZI-TOUCH®, sviluppato da Centrica Srl e da poco in distribuzione sul mercato. Il sistema ad alta definizione contiene tutte le opere degli Uffizi, comprese quelle del Corridoio Vasariano. Lo stesso contenuto digitale degli Uffizi è stato inserito da Centrica Srl su Apple-Store per la fruizione su Internet.

E cosa ci aspetta domani nelle immagini e comunicazioni digitali?

Si delineano scenari di evoluzione degli attuali sistemi ICT verso forme sempre più complesse ed efficienti, ad esempio con la creazione di 'ambienti virtuali immersivi', utili localmente ma anche e soprattutto in comunicazione digitale a distanza per condividere attività, anche fra siti remoti, nei settori operativi più importanti: medicina, ambiente, automazione industriale, *e-government*, beni culturali, formazione.

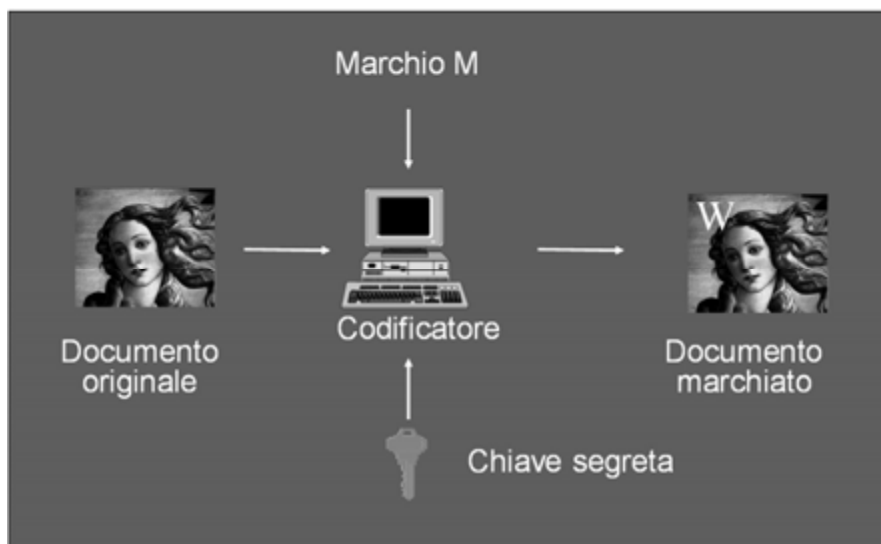
In medicina ed in altri settori si vanno inoltre definendo e realizzando sistemi digitali 4D, costituiti da realtà 3D in movimento (come avviene per gli organi del corpo umano), per la cui elaborazione e rappresentazione efficace in ambito locale e remoto sono ancora aperte linee di ricerca e di sviluppo industriale.



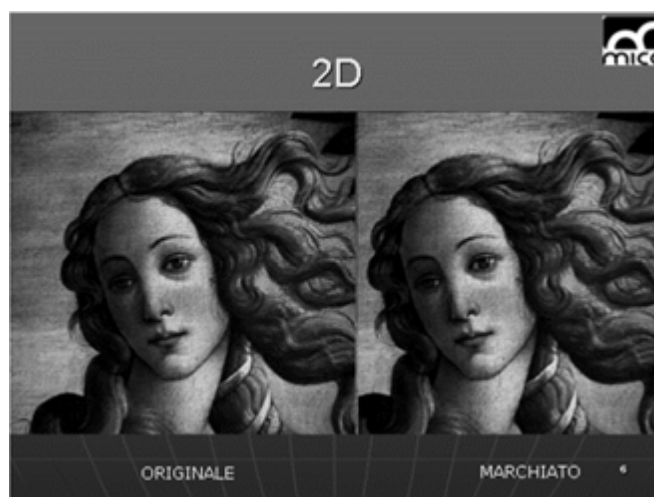
Vista della rappresentazione virtuale 3D del centro storico di Pistoia realizzata dal MICC (Centro per la Comunicazione e l'Integrazione dei Media) – Università di Firenze e CETIP (Centro di Innovazione Telematica per il Territorio Pistoiese) di Pistoia ed inserita su Google.



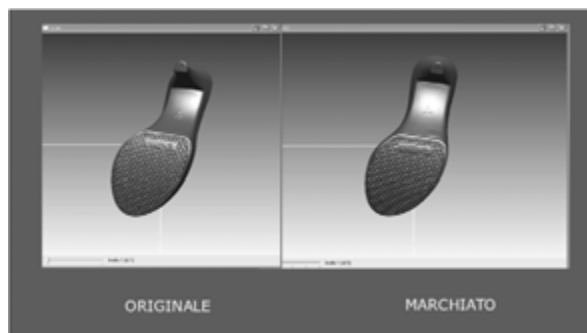
Alcuni edifici in realtà virtuale 3D del centro storico di Pistoia: Palazzo del Comune e Cattedrale (nelle immagini a destra è riconosciuta la proprietà intellettuale).



Schema di principio di inserimento del marchio digitale, anche in modo invisibile, in una immagine.



Esempio di marchiatura digitale per i Beni Culturali: testa della Venere di Sandro Botticelli, Galleria degli Uffizi (per cortesia del Ministero per i Beni e le Attività Culturali).



Esempio di marchiatura digitale di un oggetto 3D (marchiatura del modello 3D per realizzazione dell'oggetto dal modello marchiato), sviluppata dal Gruppo di Ricerca INN-3D del MICC.



Sistema per la protezione e lo scambio sicuro di modelli (INN-3D).

Anche per la soluzione dei problemi precedenti si studiano poli di elaborazione interconnessi telematicamente (*advanced grid computing*) in grado di gestire migliaia di Terabytes.

Il settore considerato è estremamente promettente in particolare per i giovani, che, dopo studi universitari a vari livelli, possono impegnarsi in Progetti innovativi nella ricerca e nell'industria.

Essendo fondamentalmente ottimista, io spero che, specialmente nel territorio fiorentino e toscano, nasca un vero e proprio Nuovo Rinascimento dalle nuove tecnologie digitali applicate alla scienza, alla ricerca, alla cultura ed all'arte, ma anche – di grande importanza per lo sviluppo economico – alla innovazione tecnologica ed alle produzioni industriali.

- V. Cappellini, A.G. Constantinides, P. Emiliani, *Digital Filters and Their Applications*, Academic Press Inc., London-New York 1978.
- V. Cappellini, A.G. Constantinides (a cura di), *Digital Signal Processing*, Academic Press, London-New York 1980.
- V. Cappellini (a cura di), *Data Compression and Error Control Coding Techniques with Applications*, Academic Press, London-New York 1985.
- V. Cappellini, *Elaborazione Numerica delle Immagini*, Boringhieri, Torino 1985.
- V. Cappellini (a cura di), *Time-Varying Image Processing and Moving Object Recognition*. Elsevier, Amsterdam 1990.
- V. Cappellini, A.G. Costantinides (a cura di), *Digital Signal Processing – 91*, Elsevier, Amsterdam 1991.
- V. Cappellini, *Uffizi Project*, Giunti, Firenze 1993.
- C. Acidini, V. Cappellini, *Reale e virtuale nei musei: due visioni a confronto*, Pitagora Editrice, Bologna 2008.
- V. Cappellini, *La Realtà Virtuale per i Beni Culturali*, Pitagora Editrice, Bologna 2000 (ristampa 2009).
- V. Cappellini, *Proceedings of EVA 2010 Florence*, Pitagora Editrice, Bologna 2010.
- V. Cappellini, P.F. Listri, *Nuovo Rinascimento*, Polistampa, Firenze 2011.





MACCHINE E SISTEMI PER L'ENERGIA E L'AMBIENTE A FIRENZE (E NON SOLO): L'EREDITÀ SCIENTIFICA DI  
SERGIO STECCO\*

*Ennio Carnevale*

Non troviamo oggi Sergio Stecco nell'elenco dei professori emeriti dell'Università di Firenze soltanto perché ventotto anni fa è scomparso prematuramente al culmine di una brillante carriera accademica mentre raggiungeva in aereo Cincinnati (USA) per accompagnare un suo giovane collaboratore che aveva ottenuto un prestigioso riconoscimento scientifico ad un convegno internazionale del nostro settore.

La sua biografia, riportata nella prima edizione del volume *Ingegneri & Ingegneria a Firenze* (Firenze University Press, Firenze, 2013) così si conclude: 'Nella purtroppo breve esperienza a Firenze è stato comunque capace di far nascere e consolidare una scuola di alta qualità scientifica riconosciuta in Italia ed all'estero.'

Da giovane ordinario mi trovai nel 1993, insieme ai colleghi Martelli e Manfreda, a raccogliere l'eredità dell'amico e maestro Sergio Stecco.

Per me non è stato facile anche perché agli impegni didattici e scientifici si sono cumulati due mandati triennali come Presidente di Corso di Laurea e poi due mandati triennali come Preside di Facoltà ma sono oggi onorato di avere questa occasione per dare un'idea di cosa è diventata la nostra 'Scuola', che annovera a Firenze 5 professori ordinari, 4 professori associati, 3 ricercatori (RTD B), oltre a numerosi assegnisti e dottorandi il cui numero è compreso da anni fra le 30 e le 40 unità.

Mi fa piacere con l'occasione ricordare anche due (allora giovani) nostri allievi Bidini e Desideri che hanno propagato 'la scuola di Firenze' a Perugia e a Pisa creando due prestigiosi gruppi di ricerca nel campo delle Macchine e dei Sistemi Energetici.

Dal nostro gruppo di ricerca, che ha sempre legato strettamente attività scientifica e didattica, sono nate anche la Laurea Magistrale in Ingegneria Energetica – che ha riscosso grande successo in termini di occupazione e di prospettive di carriera – e la Scuola di Dottorato (prima in Energetica; poi in Ingegneria Industriale con indirizzo Energia). Quest'ultima fin dai primi cicli ha formato ogni anno tra 6 e 10 Dottori di Ricerca nel settore energia/ambiente; tutti sono distinti con brillanti carriere in Università o Enti di Ricerca, o presso aziende di prestigio dove ricoprono ruoli di rilievo in settori chiave legati alla Ricerca e Innovazione.

La nostra eredità scientifica è oggi affidata ai nostri allievi e ora colleghi più giovani, tutti laureati alla nostra scuola di Firenze e ormai tutti professori ordinari di prima fascia, e in questo mio contributo per i 50 anni di Ingegneria a Firenze mi fa piacere parlare proprio della intensa e proficua attività scientifica da loro oggi coordinata.

*Attività del Gruppo di ricerca SERG (Sustainable Energy Research Group) prof. Manfreda<sup>1</sup>*

Il gruppo di ricerca ha perseguito e sviluppato i filoni di ricerca avviati con la supervisione di Sergio Stecco, mantenendo la rete di collaborazioni internazionali da lui stesso avviata. In questo contesto si ricorda la continuità della serie di convegni internazionali ECOS/FLOWERS, avviati con Sergio Stecco dal 1990 e tenuti con organizzazione a Firenze per 4 edizioni (1990, 1992, 1994, 1997 e 2012), ed ancora in corso dopo quasi 35 anni. Significativa anche la collaborazione con ASME (American Society of Mechanical Engineers) - Advanced Energy Systems Division e la presenza nel comitato editoriale di una delle riviste fondanti del settore Sistemi Energetici (Energy-Elsevier).

Il Gruppo ha dato importanti contributi di ricerca al miglioramento delle prestazioni di impianti di conversione di energia con turbine a gas (cicli combinati, cogenerazione di energia-calore-freddo). Il gruppo ha potenziato gli studi sull'applicazione dell'exergia ai fini del perfezionamento dei sistemi energetici, sviluppando anche l'analisi exergo-economica (ricostruzione della struttura dei costi lungo il processo evidenziando i contributi di impianto e di funzionamento operativo, che sono spesso in naturale opposizione) e

---

\* Contributo introdotto in questa seconda edizione.

<sup>1</sup> <https://www.dief.unifi.it/vp-167-serg.html>

quella exergo-ambientale (basata sulla valutazione dei costi ambientali con metodologia LCA). L'attenzione fin dal 1980 alle energie rinnovabili ha fatto sì che questi metodi di miglioramento siano stati applicati in questo campo, dal solare termodinamico alla geotermia: ormai da 10 anni tutta l'attività del gruppo è dedicata alle energie rinnovabili, proponendo non solo miglioramenti a livello di sistema ma anche componenti originali (piccoli espansori per produzione distribuita di elettricità e calore). Per questi motivi il gruppo mantiene nella denominazione il riferimento alla sostenibilità, fornendo un contributo tecnico e misurabile a questo settore per sua natura interdisciplinare.

Il gruppo SERG ha mantenuto il proprio interesse verso la progettazione delle macchine e di altri componenti per sistemi energetici o recupero di calore, combinando la modellazione fisica con quella numerica. Inoltre ha condotto molte attività sperimentali, lavorando sia su prototipi e banchi prova allestiti in laboratorio o modelli in galleria del vento, che eseguendo prove su macchine ed impianti in collaborazione con soggetti industriali. Importanti ed ormai consolidate sono le collaborazioni con il settore civile/ambientale (modellazione fisica delle emissioni in galleria del vento, modelli e prove su generatori eolici e di idraulica marittima/moto ondoso).

Le collaborazioni con le aziende sono state molteplici, sia con la grande industria (GE/Nuovo Pignone/Baker Hughes; National Power; Goulds Pumps; ENEL) che con molte aziende di dimensioni medie o piccole del territorio toscano.

Il gruppo ha partecipato a numerosi importanti progetti competitivi di ricerca e attualmente ha in corso progetti H2020 relativi ad impianti innovativi per la Geotermia sostenibile.

#### *Attività del gruppo di ricerca TGroup (TRAF Group) prof. Andrea Arnone<sup>1</sup>*

Il gruppo coltiva un filone di ricerca avviato nel 1985 sotto la guida di Sergio Stecco nel Dipartimento di Energetica per la progettazione aerodinamica avanzata di turbomacchine. Le tematiche di ricerca erano focalizzate all'impiego dei più recenti strumenti di ricerca ed in particolare della fluidodinamica computazionale (CFD). In questo contesto, il dottorato di Andrea Arnone, svolto in collaborazione con l'Institute for Computer Applications in Science and Engineering (ICASE), NASA Langley, Virginia (USA) ha condotto allo sviluppo del solutore RANS/URANS TRAF, specificamente pensato per la progettazione aerodinamica di componenti di turbomacchine.

A partire dagli anni '90 gli strumenti numerici sviluppati dal gruppo di ricerca sono stati adottati da aziende leader del settore sul territorio nazionale e da importanti centri di ricerca in Europa e nel mondo (NASA Glenn, von Kármán Institute, GE Avio Aero, Baker Hughes, Ansaldo Energia, Avio, Termomeccanica Pompe).

L'esperienza del gruppo, consolidata nell'ambito della fluidodinamica computazionale (CFD) con particolare attenzione alle applicazioni industriali al fine di assistere l'innovazione, si è successivamente sviluppata nel corso del primo decennio del 2000 nell'ambito della aeroelasticità computazionale per lo studio del flutter e della risposta forzata nelle turbomacchine e nel settore dell'aeroacustica numerica per la previsione della generazione e della propagazione del rumore nei motori aeronautici.

La disponibilità di potenza di calcolo a costi competitivi e di efficienti ed accurati solutori numerici ha consentito lo sviluppo di un ambiente di progettazione multidisciplinare che si avvantaggia di tecniche di ottimizzazione basate su intelligenza artificiale, meta-modelli e metodi evolutivi. Tali metodi guidano il progettista all'identificazione delle soluzioni ottimali all'interno di iperspazi di design di grandi dimensioni, offrendo capacità esplorative che vanno oltre l'intuizione umana, e rispondendo a vincoli e requisiti spesso contrastanti.

La partecipazione a numerosi progetti finanziati dalla Comunità Europea nel settore dell'energia e della propulsione aeronautica ha consolidato la collaborazione con Fiat Avio (successivamente GE Avio Aero), Nuovo Pignone (successivamente GE Oil & Gas e Baker Hughes) ed Ansaldo Energia, consentendo al gruppo di confrontarsi con università, centri di ricerca e le principali industrie europee. Particolarmente significativi sono risultati i progetti del settore del trasporto aereo che hanno visto il conseguimento di importanti traguardi nell'ambito della riduzione del consumo specifico di combustibile e del contenimento delle

---

<sup>1</sup> <http://tgroup.unifi.it/tgroup/>

emissioni acustiche dei motori aeronautici nell'ottica degli obiettivi di Horizon 2020 e Flightpath 2050. L'attività di divulgazione della ricerca ha portato alla presentazione ed alla pubblicazione dei risultati a conferenze internazionali di riferimento e su numerose riviste con revisione tra pari.

L'attività di trasferimento tecnologico e di formazione di figure professionali in possesso di avanzata capacità di ricerca ha contribuito negli anni a rispondere alla richiesta ed alle esigenze delle industrie nazionali che operano nell'ambito delle turbomacchine, dell'energia e della propulsione. Numerosi ingegneri e dottori di ricerca che si sono formati all'interno del gruppo ricoprono attualmente ruoli di rilievo in aziende leader del settore, in Italia ed all'estero, alcuni sono docenti universitari.

#### *Attività del gruppo di ricerca HTC (Heat Transfer e Combustion) prof. Bruno Facchini<sup>1</sup>*

Il gruppo di ricerca inizia le sue attività nei primi anni '90 sotto la spinta del dottorato di ricerca di Bruno Facchini indirizzato con lungimiranza dal compianto prof. Stecco alle problematiche di raffreddamento nelle turbine a gas sempre più importanti nello scenario industriale e nazionale negli ultimi 30 anni.

L'attività si sviluppa negli anni '90 in collaborazione con FiatAvio (poi AvioAero) e successivamente con Nuovo Pignone e Ansaldo Energia. Nei primi anni viene curato l'approfondimento della conoscenza, totalmente estranea alle aziende italiane del settore, fino a giungere alla definizione di un sistema integrato di progettazione per le parti calde di turbina e combustore, adottato da tutti partner, che ha portato l'industria italiana ha una completa indipendenza in uno dei settori tecnologicamente più strategici del settore.

A partire dai primi anni 2000 si consolida sempre più anche l'attività nel settore dei combustori principalmente con Nuovo Pignone ed AvioAero, ma il passaggio più importante è la partecipazione ad un sempre maggior numero di progetti europei nell'ambito dello sviluppo di motori aeronautici civili più efficienti, sicuri e rispettosi dell'ambiente. Il gruppo acquisisce così una dimensione internazionale confrontandosi con i principali costruttori e centri di ricerca europei, senza dimenticare importanti interazioni a livello internazionale. Dal 2000 ad oggi si contano oltre 25 progetti europei come partner o coordinatori!

Allo sviluppo delle conoscenze, dei sistemi di progettazione e all'analisi numerica sempre più avanzata ha fatto seguito fin dai primi anni 2000 un progressivo potenziamento delle capacità di sperimentare modelli e componenti, nata nei piccoli laboratori di S.Marta e poi sviluppatasi nel sito di Calenzano con lo sviluppo del THT-LAB, 'laboratory of Technologies for High Temperature' che nasce nel 2013 per poter garantire un contributo sempre più significativo nei progetti europei e nel trasferimento tecnologico. Il laboratorio, specializzato nell'analisi di fenomeni di scambio termico e combustione applicate al settore delle macchine industriali e più in generale al settore energetico, è stato avviato e sostenuto con i mezzi propri del gruppo di ricerca ed ha portato poi all'acquisizione da parte di UNIFI della nuova sede, dedicata ai laboratori pesanti per tutto il DIEF. Presso il THT lab è possibile sperimentare componenti e sezioni di macchine fino a condizioni di temperature e pressione reali (2000 °C e 10 bar).

Il THT lab come tutto il gruppo HTC è oggi punto di riferimento per progetti di ricerca e sviluppo e ottimizzazione di prodotti industriali a livello italiano e internazionale. Ha contribuito a far crescere un consistente gruppo di dottori di ricerca che occupano posizioni di rilievo in ambito accademico nazionale e internazionale e che hanno contribuito in maniera determinante a far crescere le potenzialità di ricerca e sviluppo delle industrie del settore.

#### *Attività del gruppo di ricerca REASE (Reciprocating Engines and Advanced Systems for Energy) prof. Giovanni Ferrara<sup>2</sup>*

Il gruppo di ricerca REASE viene costituito nel 2005 su mio impulso e supervisione e sotto il coordinamento scientifico e operativo del prof. Giovanni Ferrara, per aprire un nuovo campo di ricerca teorico sperimentale sui motori a combustione interna e sulle turbomacchine operatrici (tematiche all'epoca non coltivate a Firenze).

Nella prima fase dell'attività scientifica, il gruppo prosegue la storica collaborazione con Nuovo Pignone sulle analisi sperimentali di stadi di compressore centrifugo, e sviluppo una ampia collaborazione con diversi soggetti industriali del territorio toscano. Il supporto alle aziende tramite attività di ricerca applicata

<sup>1</sup> <https://www.dief.unifi.it/vp-141-htc-group.html>

<sup>2</sup> <https://www.rease.unifi.it/index.php>

e trasferimento tecnologico è infatti stato da sempre una delle linee guida del gruppo. I temi trattati sono quelli della cogenerazione, dell'efficientamento energetico e delle energie rinnovabili.

In questo contesto di attività, il gruppo fonda nel 2007, grazie ad un importante finanziamento del MISE, il laboratorio sperimentale LINEA (Laboratorio di l'INnovazione per l'Energia e l'Ambiente).

Parallelamente a queste attività, il prof. Ferrara inizia a dare vita al settore scientifico e didattico dei motori a combustione interna. Tale settore, nonostante la tradizione motoristica soprattutto in ambito motociclistico della Toscana, non era fino a quel momento presente nell'ateneo fiorentino.

Grazie ad una forte passione personale e ad uno spiccato dinamismo nei rapporti con le realtà industriali, il prof. Ferrara ha dato vita ad una vera e propria scuola motoristica a Firenze, che oggi vanta collaborazioni scientifiche con aziende di primo piano del settore, fra cui Ferrari, Ducati, Piaggio, Peugeot, Betamotor, HPE, Pramac.

Questa esperienza è stata altresì determinante per la decisione da parte della multinazionale giapponese Yanmar di aprire il proprio Centro di Ricerca Europeo proprio a Firenze, così da proseguire e consolidare il rapporto di collaborazione con il gruppo di ricerca REASE. Oltre a numerose ricerche su temi di frontiera, tale rapporto si è estrinsecato anche nella recente realizzazione all'interno del laboratorio LINEA di una installazione sperimentale congiunta di un innovativo gassificatore per biomasse.

A partire dagli albori, quando era situato a Prato presso il PIN, il laboratorio LINEA si è continuamente sviluppato fino a diventare oggi una struttura di eccellenza dell'ateneo fiorentino, all'interno del complesso di Calenzano. Esso ospita due diverse celle motori, con freni dinamici e statici per le collaborazioni con l'industria e per la ricerca applicata, un banco ad alte prestazioni per l'analisi sperimentale avanzata di compressori centrifughi in collaborazione con Baker Hughes, nonché diverse installazioni sperimentali dedicate ai vari progetti di ricerca, come apparati per l'abbattimento acustico attivo, per il flussaggio di componenti di compressori alternativi, o per lo sviluppo di sistemi di pompaggio per fluidi criogenici.

Muovendo dal background scientifico maturato nel campo delle turbomacchine, dal 2008 il gruppo ha infine dato vita anche ad un altro filone di ricerca e didattica fino a quel momento assente nell'ateneo fiorentino, ossia lo studio aerodinamico delle turbine eoliche. Partendo da collaborazioni industriali su macchine di piccola taglia, il gruppo di lavoro è progressivamente cresciuto, fino a contare oggi diversi ricercatori sul tema e rappresentare un riferimento a livello nazionale ed internazionale, tanto da aver garantito – tramite la propria ricerca – l'ingresso dell'Università di Firenze nella European Academy of Wind Energy.

La forte propensione alla ricerca applicata e al trasferimento tecnologico ha permesso al gruppo di ricerca Rease di consolidarsi grazie alla partecipazione a numerosi progetti vinti su bandi competitivi a livello regionale, nazionale ed europeo e grazie alla forte integrazione col mondo industriale: la maggior parte dei dottorandi e assegnisti che si formano nel gruppo di ricerca proseguono poi il loro percorso presso le aziende partner rafforzando la rete di collaborazione.

Il successo e il prestigio in ambito nazionale e internazionale dei quattro gruppi di ricerca si misura anche con le cospicue risorse aggiuntive portate al finanziamento della ricerca del nostro Ateneo. Risorse finanziarie derivanti dalla partecipazione a progetti CEE, finanziamenti MIUR e Regione Toscana e convenzioni di ricerca con soggetti industriali con un budget totale medio nell'ultimo quinquennio dell'ordine di 2,5 M€/anno.

Con un pizzico di presunzione mi sento di affermare che noi ricercatori dell'area Macchine e Sistemi energetici abbiamo con continuità abbondantemente restituito all'Ateneo la quota di stipendio imputabile ai nostri obblighi istituzionali di ricerca.

Descrivendo questa storia di successo scientifico ricordo le difficoltà degli inizi e quante battaglie abbiamo dovuto affrontare in Ateneo Sergio Stecco ed io. Oggi tutti sono consci dell'importanza delle tematiche energetico-ambientali ma oltre 40 anni fa, quando parlavamo di Energia fino a fondare l'Istituto di Energetica, primo in Italia con questo nome, venivamo considerati dei visionari e fortemente ostacolati. Oggi tutti danno per scontato che una missione importante dell'Università è anche il trasferimento tecnologico, ma quando noi portavamo in Facoltà convenzioni di ricerca con il mondo industriale non erano pochi i colleghi che, con atteggiamento post-sessantottino, ci tacciavano di 'vendere' la ricerca universitaria.

Sono sicuro che i nostri brillanti allievi/colleghi sopra citati sapranno tenere alto il prestigio della nostra scuola e mi auguro che possano cogliere tutte le soddisfazioni che questo impegnativo ma affascinante lavoro può loro dare.



## INNOVARE L'UNIVERSITÀ\*

*Giorgio Federici*

### *Premessa*

Il cinquantesimo di Ingegneria a Firenze è l'occasione di un bilancio, anche personale, della nostra storia comune, di docenti, personale tecnico e amministrativo, studenti e laureati.

Nel mio periodo di servizio all'Università di Firenze (1976-2017) ho partecipato, a partire dal 1988, ad alcuni progetti/percorsi di innovazione locali, nazionali e internazionali di innovazione didattica e di quella che oggi si chiama Terza Missione. Su queste esperienze concentrerò il mio contributo.

Delineo in senso cronologico i percorsi e progetti in chiave prevalentemente personale, indicando i ruoli che ho avuto e ricordando solo alcune persone fra le molte che hanno partecipato alle varie iniziative scusandomi per le omissioni. Ci sono ovviamente mancanze di altre innovazioni che sicuramente altri potranno contribuire a colmare, con altre visioni, inevitabilmente personali, della nostra storia. Non farò cenno in particolare delle innovazioni relative ai Corsi di Studio e in particolare della nascita della Ingegneria Ambientale oggetto di altri contributi in questo volume.

I progetti di innovazione, della nostra e di altre università hanno avuto, come è inevitabile, successi e insuccessi. Ma il rischio di insuccesso è strettamente legato ai progetti di cambiamento, in particolare a quelli più creativi. E poi non è sempre vero che le innovazioni siano giuste e/o opportune!

Tuttavia penso che a volte gli insuccessi piantino comunque nell'Università dei semi in grado di far crescere e maturare l'innovazione nel tempo e in nuovi contesti.

Mi considero molto fortunato di aver potuto partecipare alla costruzione di una nuova Facoltà di Ingegneria insieme a colleghi, personale tecnico-amministrativo e studenti che hanno partecipato all'impresa: l'innovazione si basa sulle persone, sulla loro qualità e il loro impegno che non sono mancate in questa storia bellissima.

### *I Diplomi Universitari*

Ruoli:

- 1988-1992 Direttore del Dipartimento di Ingegneria Civile dell'Università di Firenze.
- 1991-1996 Coordinatore della Sede di Prato dell'Università di Firenze.
- 1995-1997 Delegato di Ateneo di Firenze per i Diplomi Universitari.
- 1997-2000 Prorettore dell'Ateneo di Firenze per l'innovazione didattica e la formazione continua.

I DU-Diplomi Universitari sono stati una importante innovazione anche se poi con la riforma del 1999 che ha introdotto le Lauree triennali e magistrali sono stati abbandonati. È stata una scelta saggia? Molti ritengono che, in particolare per un sistema industriale basato sulla manifattura come il nostro, sia stata una scelta non lungimirante, che non ha fornito al nostro sistema produttivo risorse umane adeguate e ridotto la nostra competitività come Paese.

La CRUI-Conferenza dei Rettori delle Università Italiane, in particolare nel periodo di presidenza di Paolo Blasi (1994-1998), con il Progetto CAMPUS permise il finanziamento per la prima volta delle università con fondi europei per la formazione superiore: le risorse del Fondo Sociale Europeo erano fino ad allora solo destinate alla formazione professionale. Le condizioni per ottenere i finanziamenti erano di introdurre

---

\* Contributo introdotto in questa seconda edizione.

nei nuovi corsi di studio alcune innovazioni didattiche come i tirocini e di attivare procedure di autovalutazione e di valutazione esterna, non solo per i controlli finanziari ma per verificare il raggiungimento degli obiettivi di apprendimento.

Le Università italiane non conoscevano, generalmente, prima di CAMPUS i tirocini, le valutazioni e il concetto stesso di apprendimento per la progettazione e gestione dei propri percorsi formativi. La Regione Toscana finanziò per prima altri DU con lo stesso modello della CRUI, i Diplomi Universitari CAMPUS LIKE, che alcune altre regioni italiane imitarono successivamente.

Nello stesso periodo comincia a realizzarsi un maggiore coordinamento fra le università europee e viene introdotto il sistema ECTS-European Credit Transfer System per favorire la mobilità e consentire il trasferimento di crediti formativi nell'ambito dei Progetti Erasmus e precedenti. ECTS è basato sul carico di lavoro degli studenti per ottenere un risultato di apprendimento. Le nostre università organizzavano invece la didattica avendo come unico riferimento le ore di insegnamento del docente. Un'altra rivoluzione europea!

A metà degli anni '90 Ignazio Becchi e Reinhard Schmidt, che aveva partecipato al progetto europeo ECTS all'inizio degli anni '90, avviarono nella nostra Facoltà una sperimentazione pilota per l'Italia relativa alla misura del carico di lavoro, con questionari che gli studenti compilavano dopo il superamento dell'esame. Su questa base, dopo tre anni di rilevamento, si riuscì a correggere alcune macroscopiche distorsioni di alcuni corsi di studio nella progettazione e gestione della didattica.

### *La Sede di Prato dell'Ateneo*

Ruolo:

- 1991-1996 Coordinatore della Sede di Prato dell'Università degli Studi di Firenze.

La Facoltà di Ingegneria all'inizio degli anni 90 aveva solo vent'anni e nella Città di Firenze si sentiva figlia di un Dio minore.

Con Ignazio Becchi, Ennio Carnevale e Dino Giuli pensammo fosse arrivato il momento di rivolgere maggiore attenzione anche a realtà industriali diverse da Firenze come quella di Prato, che avevamo fino ad allora poco frequentato anche per la nostra giovane età. L'idea era quella di esprimere e rendere disponibili le potenzialità di una Facoltà di Ingegneria per tutto il territorio metropolitano, come allora si chiamava l'area Firenze-Prato-Pistoia. Questa visione è stata poi superata anche per la nascita della Provincia di Prato nel 1996 con conseguente abbandono del sogno metropolitano.

L'occasione di iniziare un rapporto con la società pratese fu proprio l'introduzione dei Diplomi Universitari. Nacque così l'idea di una Ingegneria Metropolitana: i Diplomi Universitari a Prato le Lauree a Firenze!

Una idea molto ambiziosa che ha avuto successo fino alla fine del secolo scorso per poi spegnersi con la riforma universitaria 3+2 del 1999 come ricordato.

Il Sindaco Claudio Martini nel 1990 colse con molto favore l'opportunità di portare a Prato l'Università. Dichiarò un impegno economico rilevante per l'impresa al nostro Preside Franco Angotti e si impegnò a trovare una sede adeguata.

Ho coordinato le attività di UNIFI a Prato, che hanno poi visto la presenza di altre Facoltà oltre a Ingegneria, dal 1991 al 1996.

La realizzazione di una sede decentrata universitaria richiedeva un modello di gestione che doveva vedere coinvolti gli attori del territorio, in particolare Comune e mondo produttivo. Ci inventammo allora il PIN, Società consortile di servizi universitari fra il Comune di Prato, l'Unione Industriale Pratese e altri attori locali e della quale nella sua prima versione UNIFI non faceva parte.

Cosa vuol dire PIN? Molti pensarono che volesse dire Prato INgegneria. Banale! PIN è un brand che può essere letto in vari modi: quello a cui pensammo è spillo in inglese, che si collega alla tradizione tessile pratese ma è anche simbolo di stimolo per nuovi percorsi di innovazione culturale e industriale!

L'idea di portare a Prato la Facoltà di Ingegneria ottenne il favore dalla Commissione Europea, che vedeva nella nostra presenza una possibilità di innovazione per favorire la conversione del sistema produttivo pratese. Il tessile sembrava allora non avere grandi prospettive. L'ingresso della Germania Est all'inizio degli anni '90 nel mercato europeo creava ulteriori difficoltà all'industria pratese. Riuscimmo con l'idea di portare a Prato Ingegneria ad avere nel 1992-93 due finanziamenti europei PERIFRA per un totale di 4.250 milioni di lire che sono stati fondamentali per l'avviamento della Sede di Prato.

Desidero ricordare a questo proposito il decisivo contributo dell'industriale pratese Giovanni Becagli che per ottenere i primi 3 miliardi del PERIFRA firmò a titolo personale una fidejussione di 600 milioni di lire per sostituire la mancata firma dell'Unione Industriale Pratese, che era socio per il 20% del PIN. Gli altri soci avevano firmato le loro fidejussioni di competenza. Come è noto nei fondi europei è necessario che tutto il contributo sia coperto da fidejussioni. Le ragioni di questo comportamento che avrebbe fatto saltare tutti i progetti per l'Università a Prato non sono state mai chiarite dall'Unione Industriale Pratese, che sembrò non apprezzare la generosità del suo associato.

La sede scelta dal Comune di Prato fu quella dello storico Istituto Tecnico Buzzi allora Centro della Formazione professionale regionale. Il progetto di ristrutturazione dell'edificio fu fatto da Carlo Blasi nel 1996 e poi realizzato sempre con fondi europei negli anni successivi. All'inizio del 2000 la sede era bella e funzionale e avrebbe potuto permettere un notevole sviluppo a Prato di Ingegneria. Nel AA 1999/2000 raggiungemmo il massimo numero di iscritti ai DU di circa 600.

Come già accennato in precedenza con il 3+2 e la conseguente duplicazione delle lauree triennali nelle sedi di Prato e di Firenze l'idea di una articolazione metropolitana venne meno e Ingegneria a Prato lentamente si spense.

L'unica presenza significativa che resiste e lavora da oltre un quarto di secolo è la Galleria del Vento realizzata dai colleghi strutturisti nel quadro del Consorzio CRIACIV: Giuliano Augusti, Claudio Borri, Gianni Bartoli, Saverio Giordano e altri.

Le innovazioni sviluppate in quegli anni sono state numerose. Questo grazie a finanziamenti molto rilevanti della CEE e per una serie di idee di organizzazione dei servizi universitari che furono poi studiate anche da sedi Universitarie prestigiose: il Rettore Adriano Di Maio del Politecnico di Milano visitò nel 1994 la sede di Prato di UNIFI per progettare l'insediamento universitario del POLIMI a Como.

Il successo del PIN nella vincita di numerosi bandi europei nel settore ICT, la gestione per 3 anni (1994-1996) del CIR, Centro di Interesse Regionale per la formazione professionale ambientale per conto della Regione Toscana, le innovazioni didattiche legate ai Diplomi Universitari, che poi sono state un modello per l'organizzazione didattica della nuova università, sono state avviate anche sulla base dell'esperienza pratese.

Un altro progetto rilevante a cui il PIN dette un importante contributo, con il coordinamento di Dino Giuli, fu l'installazione del primo radar meteorologico italiano per applicazioni di preannuncio delle piene nell'ambito del GNDCI - Gruppo Nazionale per la Difesa dalle Catastrofi Idrogeologiche del CNR. Il 4 novembre del 1996, in occasione del trentennale dell'alluvione, il Radar del CNR installato in località Montagnana nel Comune di Montespertoli iniziò la sperimentazione alla presenza del Capo della Protezione Civile Franco Gabrielli.

Una delle opportunità che la società pratese non ha colto a mio avviso e che avevamo proposto a metà degli anni '90 fu quella di avviare una conversione 'ambientalista' della sua industria, di diventare protagonista di quella che oggi chiamiamo 'green economy'. Questo in continuità con la sua tradizione industriale secolare del riciclo degli 'stracci'. Il cardato è stato una delle basi del successo di Prato nella storia e il suo grande significato ambientale poteva già negli anni '90 essere proposto come 'economia circolare', che oggi va per la maggiore. Nel 1995 con il progetto di Mostra di Fabio Guidani il PIN presentò alla Fiera delle Utopie Concrete a Città di Castello la tradizione 'ecologista' del tessile pratese che ebbe una buona accoglienza anche da parte degli ecologisti tedeschi, fra i più agguerriti. Il Presidente dell'Unione Industriali Sarti partecipò ad una Tavola Rotonda durante la Fiera con notevole successo presentando Prato come ecologica da sempre! Al ritorno dalla Mostra fu criticato dai suoi colleghi dell'Unione Industriale: il cardato andava dimenticato e nascosto, dava di Prato una cattiva immagine, di povertà: bisognava puntare solo sul lusso!

Dal punto di vista delle risorse fino al 1997 la Sede di Prato si è autofinanziata essenzialmente con fondi europei (PERIFRA e FSE per la formazione professionale). UNIFI, che non era socio del PIN, non aveva dovuto versare contributi economici. Sottolineo inoltre che i professori impegnati nell'avviamento della Sede di Prato non sono mai stati retribuiti per la loro attività. Peraltro fino al 1996 non erano stati retribuiti dal PIN nemmeno i suoi amministratori ma soltanto i dipendenti.

Anche dal punto di vista del personale tecnico amministrativo UNIFI ha reso disponibile una sola unità di proprio personale, la signora Susanna Dabizzi, per la gestione dell'attività didattica e del corpo docente.

Il personale che ha avviato la Sede di Prato era messo a disposizione dal PIN, assunto o a contratto: Gabriella Pacciani Montagnani, Laura Grassi e Marco Ferrini sono stati con Susanna un gruppo straordinario,

motivato, professionale ed entusiasta. Entusiaste e motivate erano anche tre giovani ricercatrici: Enrica Caporali, Elena Palmisano e Alessandra Petrucci. Molti altri hanno contribuito allo sviluppo di UNIFI a Prato e non ho la possibilità di ricordarli tutti e me ne scuso.

Devo dire in conclusione che rispetto alle ambizioni di metà degli anni '90 ho ancora difficoltà a capire come la terza città dell'Italia centrale come numero di abitanti, dopo Roma e Firenze, con imprenditori così dinamici, abbia potuto accettare e si accontenti di avere una modesta presenza di formazione superiore nel proprio territorio come quella attuale (AA 2019/2000).

### *Tecnologie- Didattica Digitale. E-Learning. Università Telematiche*

Ruoli:

- Prorettore alla innovazione didattica e formazione continua di UNIFI
- Vice Presidente e poi Presidente di E-Form
- Vice Presidente della SLe-L – Società Italiana di e-Learning
- Presidente della IUL-Italian University Line

### Il Progetto TRIO

Nel 1995, qualche anno prima che Internet diventasse di uso diffuso, a Prato sperimentammo corsi in teleformazione, ad esempio nell'ambito del Diploma Universitario di Ingegneria dell'Ambiente e delle Risorse con l'Università degli Studi della Basilicata, che aveva lo stesso corso di Studio diretto da Aurelia Sole.

Da ricordare che in quel periodo era stato già avviato dall'Università della Calabria il CUD-Consortio per l'Università a Distanza. Dal 1992 il Ministero dell'Università aveva promosso il Consorzio Nettuno che avrebbe poi coinvolto decine di Università non solo italiane, con un modello didattico di formazione a distanza basato sulle lezioni televisive, con attività di tutoraggio telefoniche o in presenza per i vari corsi di laurea nelle diverse sedi. Questa attività ha avuto buoni risultati ad esempio nei corsi di laurea del settore umanistico nel nostro Ateneo come quello la laurea in Beni Culturali che era l'unico su tutto il territorio nazionale erogato in via telematica.

L'avvento di Internet e l'autonomia delle Università decisero poi la fine di questa esperienza di coordinamento nazionale.

Nel 1998, con la diffusione di Internet, la didattica a distanza entra in una nuova dimensione. Anche in questo caso le iniziative a livello europeo assumono grande importanza. Paolo Federighi, collega di Scienza delle Formazioni, sulla base di progetti europei degli anni '90 di educazione degli adulti e delle attività a livello europeo di innovazione delle metodologie didattiche, suggerisce all'Assessore della Regione Toscana Paolo Benesperi di finanziare con i fondi della formazione professionale del Fondo Sociale Europeo un progetto fortemente innovativo: 'formazione gratuita, per tutti, in ogni luogo' basata su Internet.

L'Assessore contatta Paolo Blasi e altri Rettori toscani e chiede la collaborazione delle Università per questo progetto.

In qualità di Prorettore alla Innovazione didattica e alla formazione continua presi contatto con le altre Università toscane e le parti sociali (imprese, sindacati, forze sociali) che l'Assessore sollecitava a partecipare unite al bando di concorso per questo progetto ambizioso e di grandi dimensioni. Per la partecipazione al bando viene costituito nel 1998 prima il Consorzio FIT fra le Università toscane (UNIFI, UNIPI, UNISI, UNISTRASI e Scuola Superiore S. Anna) e poi il Consorzio FIRST, partecipato da FIT, da Confindustria Regionale e dalle altre parti sociali rappresentate da FOREL. Partner tecnologico della cordata era una società del Gruppo Giunti. Il Progetto presentato fu denominato Progetto TRIO (Tecnologia, Ricerca, Innovazione e Orientamento) come acronimo ma scelto in realtà per ricordare che la formazione continua e professionale e innovativa deve essere integrata con il mondo sociale e produttivo, una musica da suonare insieme in un TRIO!

Il bando viene vinto (12 miliardi di lire per una attività di tre anni) e inizia la progettazione esecutiva e poi il suo avvio nel 1990.

La sede del Consorzio FIT e del Consorzio FIRST viene collocata in via Cavour 33 a Firenze, in attesa della sede definitiva a Villa Demidoff a Pratolino scelta dalla Regione Toscana. Il trasferimento a Pratolino



è poi avvenuto nel 2003, con il coordinamento della funzionaria della Regione Toscana Miranda Guidi che aveva seguito e coordinato il Progetto TRIO dai suoi inizi.

Nel 2002 il Progetto TRIO ha ottenuto il Premio Pubblica Amministrazione e importanti riconoscimenti a livello europeo per la sua innovatività.

Il Progetto TRIO, sistema di web learning della Regione Toscana ([www.progettotrio.it](http://www.progettotrio.it)) ha ormai vent'anni e ha realizzato in parte significativa i suoi obiettivi soprattutto per quanto riguarda la formazione professionale continua.

Il progetto si è concretizzato nella messa a punto di un ricco catalogo di corsi professionali (oltre 600 con centinaia di migliaia di utenti fino al 2020), oltre che nella predisposizione, in tutto il territorio regionale, di strutture pubbliche dalle quali accedere al sistema: i Poli di Teleformazione.

Per quanto riguarda la ricaduta sulle attività didattiche in Ateneo è da segnalare per l'AA 2000/2001 il Master in Progettista e Gestore di Formazione in Rete, E-Learning e Knowledge Management di Antonio Calvani e Dino Giuli che fece di UNIFI un punto di riferimento della formazione digitale in Italia grazie alla sua erogazione anche telematica.

Nel bando di gara per la seconda fase del Progetto TRIO (nel 2001) le Università toscane si divisero in due cordate. Vinse quella partecipata dalla sola UNIPI. Questo produsse lo scioglimento del Consorzio FIT. Finisce così la collaborazione fra le Università toscane e il loro ruolo in TRIO cessa o diventa irrilevante. Finisce anche la collaborazione organica con le parti sociali con la chiusura del Consorzio FIRST.

In TRIO è sostanzialmente mancata in questi 20 anni una presenza significativa della formazione superiore universitaria.

Da rilevare che l'idea di TRIO di formazione gratuita, in ogni luogo e per tutti applicata alla formazione universitaria è stata realizzata a livello globale solo a partire dal 2008 con i MOOC (Massive Open Online Course) proposti da George Siemens della Athabasca University. I MOOC hanno poi avuto enorme successo nel decennio successivo: oltre 120 milioni di studenti, per un'offerta di circa 15mila corsi da parte dei maggiori atenei internazionali. (dati 2019 pre-Covid).

È da osservare che Open nei MOOC significa 'aperto' ma non necessariamente 'gratuito' come è invece nel Progetto TRIO! Dunque se TRIO per la formazione superiore fosse continuato con la presenza delle Università avrebbe potuto rappresentare una esperienza di avanguardia anche a livello internazionale nella formazione superiore: i MOOC universitari avrebbero potuto nascere in Toscana con grande anticipo. Perché abbiamo perso questa occasione? I Rettori toscani dopo il 2000 se ne sono resi conto? Hanno chiuso con la loro divisione un progetto rilevante di collaborazione e di successo in un settore fortemente innovativo, salvo poi discutere sulla necessità di 'fare sistema' fra le Università toscane.

## Il Consorzio E-Form

### Ruoli:

- Dal 2000 al 2007 Vice presidente e dal 2007 al marzo 2012 Presidente.

La Società ha avuto come obiettivo lo sviluppo di un network per la formazione integrata, in particolare nel settore ICT – Information Communication Technology.

### Soci iniziali (2000):

- Università: Aquila, Basilicata, Calabria, Cassino, Catania, Catanzaro, Firenze, Genova, Macerata, Molise, Politecnico di Bari, Seconda Università di Napoli.
- Società Pubbliche: S.c.p.a Sudget, Istituto Nazionale per la Ricerca Scientifica e Tecnologica sulla Montagna, Scuola Superiore dell'Economia e della Finanza.
- Associazioni di Categoria: Confcommercio, Federcomin – Anasin (Confindustria).
- Agenzie Formative: AF-Forum, AsseforCamere (Unioncamere), Consedin S.p.A., Consorzio Universitario di Matera, Consorzio Scuola-Lavoro, Crati S.c.r.l., Sinter & Net S.p.A.

Ha realizzato dal 2000 al 2012 oltre 30 progetti di ricerca (nazionali e comunitari), formazione, innovazione su tutto il territorio nazionale e in particolare nel Meridione.

L'idea nel 1999 di costituire un Consorzio così ampio è di Carmine Marinucci, dirigente ENEA allora capo della Segreteria del Sottosegretario Sica del MURST (Ministro Zecchino, Governo D'Alema).

L'obiettivo era quello di formare in particolare giovani laureate in materie umanistiche delle università meridionali, per promuovere la loro occupabilità attraverso l'apprendimento delle allora 'nuove tecnologie'. Il MURST si rivolse a Suggest (Società del Ministero della Finanze) che aveva come missione istituzionale la promozione e formazione dei giovani nel Meridione. Suggest, con cui collaboravo per la formazione ambientale, mi affidò insieme al MURST l'incarico di promuovere e costituire il Consorzio.

Un Consorzio così ampio per un progetto di innovazione tecnologica e didattica rivolto al Sud, con una formazione integrata attraverso la collaborazione di università e forze sociali di tutta Italia non era probabilmente mai stato tentato. Un esempio di iniziativa del MIUR comparabile è stato il Progetto Nettuno degli anni '90 per la formazione a distanza che ho sopra ricordato, ma in quel caso fu un progetto che coinvolgeva unicamente le università.

Il rilevante finanziamento previsto dal Governo Amato all'inizio del 2000 non venne inserito in Finanziaria e poi il Governo Berlusconi non ritenne di sostenere il progetto del Ministero precedente.

In mancanza del finanziamento governativo alcuni dei soci iniziali decisero di uscire dal Consorzio. Fra questi l'Università di Firenze nel 2003.

I soci rimasti decisero di continuare viste le opportunità del Fondo Sociale Europee in particolare per le Regioni meridionali.

Furono vinti numerosi progetti e E-Form ha potuto continuare fino al 2012.

Fra i numerosi progetti relativi all'e-Learning mi limito a citare il Progetto PROFAD - PROgettisti della Formazione A Distanza - un master progettato da Adalgisa Battistelli, con Giulio Concas e gestito a Cagliari da Stefano Cassai e realizzato in alcune altre sedi del Meridione. Sono stati formati circa un centinaio di laureati meridionali all'e-Learning, in gran prevalenza giovani donne come era l'obiettivo iniziale di E-Form.

A mia conoscenza questo è stato uno degli ultimi progetti ambiziosi promossi dal MURST/MIUR/MPI. Dopo il 2000 è iniziata l'autonomia universitaria, in cui ogni università ha preferito quasi sempre agire autonomamente e sono tramontate le idee di collaborazione fra università del Nord e del Centro con il Sud. La solidarietà e la collaborazione fra le Università poteva avvenire solo se promossa e incentivata con robusti finanziamenti del Ministero. Anche la CRUI-Conferenza dei Rettori delle Università Italiane malgrado i notevoli sforzi non è riuscita ad ottenere significativi risultati di coordinamento per quanto riguarda la formazione a distanza.

La sede iniziale di Roma di E-Form fu poi trasferita a Firenze nella ex sede del consorzio FIT, che peraltro era stato sciolto per la fine della collaborazione fra le università toscane come prima ricordato.

Un altro progetto di E-Form che è utile segnalare per i suoi successivi sviluppi dal punto di vista dell'innovazione è il progetto europeo Developing European Work Based Learning Approaches and Models (DEW-BLAM). Il Progetto, coordinato da Reinhard Schmidt, collegava una decina di università europee sul riconoscimento degli apprendimenti nelle attività lavorative, nella prospettiva del Lifelong Learning.

Le persone che hanno gestito per oltre 10 anni il Consorzio nella sede centrale prima a Roma e poi a Firenze era assunto a contratto: il gruppo era composto da Gabriella Pacciani Montagnani che coordinava tre giovani motivate e molto cresciute professionalmente con il loro impegno, la loro intelligenza e grinta: Angela Caselli, Nada Jagodic e Paola Zamperlin.

## SIE-L – Società Italiana di e-Learning

### Ruoli:

- Dal 2003 al 2007 Vice Presidente, Membro del Comitato Direttivo fino al 2014.

Sulla base delle esperienze di e-learning del Politecnico di Milano, del CNR-Centro per le Tecnologie Didattiche di Genova e di UNIFI con Antonio Calvani e Dino Giuli, collegate al Progetto TRIO, viene costituita nel 2003 la SIE-L–Società Italiana di e-Learning (<http://www.sie-l.it>).

La SIE-L è un'associazione senza scopo di lucro che opera come ente non commerciale per favorire la ricerca scientifica e la sperimentazione delle buone pratiche dell'e-Learning e della formazione a distanza, poiché valuta che esse siano strategiche per l'istruzione e l'educazione del cittadino e per la formazione e l'aggiornamento delle professioni.

Il governo dell'Ateneo in quegli anni evitò di aderire alla SIE-L malgrado l'ampio coinvolgimento dei docenti fiorentini fra i fondatori, le cui competenze peraltro lo CSIAF riuscì con successo fino al 2009 ad evitare di coinvolgere nello sviluppo dell'e-Learning dell'Ateneo.

## L'Università Telematica IUL- Italian University Line

Il Rettorato Marinelli sembrava nei suoi primi anni non amare la collaborazione con le altre Università in una logica di rete, come dimostrano le vicende del Progetto TRIO già illustrate con la chiusura del Consorzio FIT e l'abbandono del Consorzio E-Form.

Forse a fronte del modesto sviluppo dell'e-Learning e delle resistenze a promuovere l'innovazione didattica nel nostro Ateneo viene deciso di cogliere l'occasione dell'introduzione delle Università Telematiche.

Il Ministero dell'Istruzione-Università con il Ministro Letizia Moratti prende atto agli inizi del secolo che le università pubbliche non sembrano puntare sull'innovazione digitale nella formazione superiore. Dunque è necessario per innovare rivolgersi ai 'privati', con nuove offerte di formazione superiore.

Nel 2003 il Decreto Moratti-Stanca introduce nei nostri ordinamenti le Università Telematiche come università private.

Nei primi anni l'avvio delle Telematiche è faticoso e presenta problemi di qualità.

Alcune università pubbliche, come la nostra, creano con partners pubblici e/o privati delle università telematiche, anche per superare le rigidità degli ordinamenti didattici propri e l'inerzia e la scarsa preparazione nel digitale del proprio corpo docente.

Il nostro Ateneo aderisce al progetto di INDIRE-Istituto Nazionale di Documentazione, Innovazione e Ricerca Educativa, ente di ricerca del Ministero dell'Istruzione che ha sede a Firenze, di costituire insieme a sette università non toscane una università telematica. Nel 2007 viene costituita nel 2007 la IUL-Italian University Line.

L'avvio della IUL è inevitabilmente faticoso, come per le altre Università telematiche.

Con il Rettorato Tesi vengo indicato come rappresentante di UNIFI nel Consiglio di Amministrazione di IUL e nel 2011 ne divento Presidente, in un momento in cui la IUL sembrava avviata alla chiusura a fronte dello scarso impegno dei soci nell'impresa.

La IUL riesce a sopravvivere fino al 2014 quando finalmente INDIRE decide di investire e ne assume la direzione.

Malgrado l'impegno di Andreas Formiconi, che insieme a me ha rappresentato UNIFI nella IUL per la parte didattica fino al 2018, non siamo riusciti a superare le difficoltà nella collaborazione con INDIRE e nel 2020 UNIFI è stata sostituita dall'Università degli Studi di Foggia.

Da segnalare che Andreas Formiconi nel 2013 realizzò alla IUL con grande successo il primo MOOC fiorentino: 'Un laboratorio di tecnologie internet per la scuola'.

Lo segnalai come Delegato e-Learning di Ateneo a tutti i Direttori dei Dipartimenti di UNIFI di allora con una mail avente come oggetto: 'A quando i MOOC di UNIFI?'

Nessun Direttore ebbe il tempo di rispondermi.

Per fortuna sempre Andreas Formiconi è riuscito come delegato e-Learning, ma solo nel settembre 2020 con 7 anni di ritardo, a convincere il nostro Ateneo ad avviare i MOOC di UNIFI! Un effetto della Pandemia?

Questo in coerenza con una scarsa convinzione che per anni il nostro Ateneo ha avuto nell'introdurre nuove metodologie e tecnologie nella didattica. Purtroppo la pandemia Covid19 ci ha colto più impreparati di altre Università.

### *Apprendimento Permanente. Formazione Continua*

Ruoli:

- 1997-2000 Prorettore dell'Ateneo di Firenze per l'innovazione didattica e la formazione continua.
- 2011-2013 Delegato del Rettore per e-Learning & Lifelong Learning dell'Università degli Studi di Firenze.
- Dal 2006 al 2008 Coordinatore del Gruppo di Lavoro del Ministero dell'Università e della Ricerca su 'Apprendimento Permanente'.
- Dal 2011 al 2015 è stato membro del Comitato Direttivo della RUIAP (<https://www.ruiap.it>) Rete Universitaria Italiana per l'Apprendimento Permanente.

Linee di Indirizzo del MURST sull'Apprendimento Permanente

Nel 2007 un Gruppo di Lavoro del Ministero dell'Università e della Ricerca (Governo Prodi Ministro Mussi), che ho coordinato con Giovanni Ragone, predispose le prime Linee Guida del MURST per l'Apprendimento Permanente, nonché lo studio delle metodologie per l'accreditamento dell'apprendimento pregresso da parte delle università. Le Linee Guida vennero presentate dal MURST in un Convegno a Napoli del 2007 e sono state il primo passo nella introduzione del Lifelong Learning nelle università e nell'ordinamento italiano in generale. Furono utili anche nel successivo percorso per la nascita della RUIAP nel 2011.

La RUIAP – Rete Universitaria Italiana per l'Apprendimento Permanente

Nel 2011 nasce la RUIAP- Rete Universitaria Italiana per l'Apprendimento Permanente ([www.ruiap.it](http://www.ruiap.it)) che riunisce più di trenta Università italiane.

E-Form ospitò nella sede di Firenze la prima riunione delle università italiane per la costituzione della RUIAP. L'iniziativa fu coordinata da Areliana Alberici e Mauro Palumbo.

Il nostro Ateneo fu fra i soci fondatori e venne rappresentato prima da Reinhard Schmidt poi da Vanna Boffo, oggi (2021) Vice presidente.

Gli aderenti alla RUIAP intendono promuovere lo sviluppo dell'apprendimento permanente negli Atenei italiani, quale contributo attivo alla società della conoscenza, per la valorizzazione della persona e la crescita del sistema economico e sociale del Paese.

Si rifanno ai principi della Carta delle Università europee sull'Apprendimento Permanente, che individuano lo sviluppo e l'attuazione di strategie per l'Apprendimento Permanente come una ulteriore missione istituzionale delle università, necessaria per affrontare le trasformazioni della società, in sinergia con gli attori presenti nei diversi contesti sociali ed economici.

La RUIAP ha contribuito alla stesura della Legge sul Lavoro n. 92 del 2012 negli articoli che introducono l'apprendimento permanente come missione istituzionale dell'università, in ritardo rispetto a quasi tutti i paesi europei.

La RUIAP dal maggio 2012 è membro di EUCEN (European Association for University Lifelong Learning), la Rete europea delle Università per il lifelong learning.

*Terza Missione - Public Engagement*

Ruoli:

- Presidente del CERAFRI
- Segretario del Comitato di Coordinamento del Progetto Toscana Firenze2016

Una delle 'parole nuove' del processo di innovazione dell'università è 'Terza Missione' che potremmo definire come trasferimento culturale, scientifico-tecnologico e formazione professionale continua nella società.

Le due esperienze più significative che segnalo sono state innescate da eventi e anniversari a carattere idraulico collegate alla alluvione della Versilia del 1996 e al cinquantenario dell'alluvione di Firenze del 1966.

CERAFRI- Centro di Ricerca e Alta Formazione per la prevenzione del Rischio Idrogeologico

Insieme a Enio Paris nel 2002 abbiamo contribuito alla costituzione del CERAFRI-Centro di Ricerca, Alta Formazione per la prevenzione del Rischio Idrogeologico ( [www.cerafri.it](http://www.cerafri.it) ) istituito nel Comune di Stazzema (LU) a seguito delle attività di ricostruzione dopo l'alluvione della Versilia del giugno 1996.

Il CERAFRI , S.c.r.l, viene costituito da IMONT- Istituto per la ricerca per la Montagna, Ente partecipato dal MIUR per lo sviluppo della montagna poi EIM (Ente Italiano della Montagna) e dal Comune di Stazzema con lo scopo di sviluppare attività a carattere scientifico e formativo nel campo della prevenzione del rischio idrogeologico. La costituzione fu promossa dalla Regione Toscana che, pur non partecipando alla compagine sociale, finanziò insieme a IMONT con fondi CIPE l'avviamento della Società.

Nel 2012 l'Università degli Studi di Firenze rileva dalla Presidenza del Consiglio dei Ministri la quota già di EIM, sciolto poco prima. A gennaio 2018 la quota di UNIFI è stata acquistata da quattro Consorzi di Bonifica toscani, dovendo UNIFI per la nuova legislazione uscire dalle società partecipate.

Il CERAFRI ha svolto nel periodo 2002 - 2018 una attività di:

*Ricerca:* studio, analisi e monitoraggio dei fenomeni fisici di versante, in alveo e di costa che concorrono alla formazione del rischio idrogeologico.

*Formazione:* formazione in presenza, e-learning e attività sul campo. In particolare le opere realizzate per la ricostruzione dopo l'alluvione del 1996 hanno permesso ai nostri studenti e di altre Università e a professionisti di usufruire di una importante e proficua attività di campo e di poter accedere agli archivi digitalizzati di tutti i progetti realizzati.

In riferimento alla Terza Missione, oltre a numerose attività scientifiche e di formazione di interesse del territorio montano, è da rilevare l'impatto locale della ristrutturazione della Scuola di Retignano del Comune di Stazzema diventata sede del Centro e messa a disposizione della Comunità locale.

CERAFRI oltre alle attività collegate alla alluvione della Versilia 1966 è stata importante come soggetto di coordinamento del Comitato di Coordinamento del Progetto Toscana Firenze 2016 nato in occasione dell'anniversario dell'alluvione di Firenze del 1966.

Il Comitato Firenze 2016 per L'anniversario dell'alluvione di Firenze del 1966

Nel cinquantesimo anniversario dell'alluvione del 4 novembre 1966 oltre un centinaio di Enti e organizzazioni pubbliche e private hanno aderito al Progetto Toscana Firenze 2016, promosso nel 2012 dal Rettore Tesi.

Il Comitato di Coordinamento del Progetto è stato co-presieduto dal Sindaco di Firenze Dario Nardella e dal Presidente della Regione Toscana Enrico Rossi, anche per dare al Progetto la necessaria piena dimensione regionale (<http://toscana.firenze2016.it/>).

Oltre a organizzare le celebrazioni, gli aderenti hanno cooperato a progettare e realizzare una svolta nell'affrontare le problematiche del rischio idraulico e complessivamente le questioni ambientali.

Nei sei anni (2013-2019) di attività sono stati raggiunti risultati in termini di raccolta della memoria, di ripresa della ricerca e della documentazione.

In riferimento alla memoria e alla documentazione si ricorda la costituzione del CEDAF – Centro di Documentazione sulle Alluvioni di Firenze ( <https://www.sba.unifi.it/p1600.html> ) che è parte del Sistema Bibliotecario del nostro Ateneo.

In riferimento al rischio alluvionale e sulla sua gestione dopo il 1966 molte sono state le iniziative. È stato costituito per la prima volta un Comitato Scientifico Internazionale per una valutazione indipendente di quanto realizzato e che era progettato per la riduzione del rischio idraulico. L'ITSC-International Technical Scientific Committee ha lavorato per tre anni e stilato un rapporto finale stampato dalla Florence University Press a cura di Luca Solari e scaricabile dal sito del CEDAF.

Un importante risultato è stato di monitoraggio dell'alveo dell'Arno in particolare del tratto urbano di Firenze con tecniche innovative. Il rilievo ha permesso di individuare forti criticità che sono state poi affrontate dalle amministrazioni competenti come l'erosione delle pile di Ponte Vespucci. Il rilievo è stato realizzato dal CERAFRI in collaborazione con il DICEA, a cura di Simona Francalanci, Enio Paris e Luca Solari.

### *Conclusioni*

- a- Le esperienze di innovazione dell'Università italiana negli ultimi trent'anni sono state tentativi di introdurre nel sistema universitario elementi derivati dall'evoluzione della formazione superiore a livello internazionale. Il nostro Paese ha cercato di rincorrere le trasformazioni emergenti del mondo della ricerca e della didattica ma con ritardo e risultati contraddittori. Questo a causa anche del combinato disposto fra un ceto accademico spesso corporativo, refrattario al cambiamento, e una classe politica senza visione del futuro, che non ha mai dato priorità alla ricerca e all'innovazione con finanziamenti adeguati.
- b- Anche le trasformazioni che comunque venivano inevitabilmente indicate come necessarie dovevano, se proprio si voleva farle, essere 'a costo zero' con l'inevitabile risultato di una innovazione tentata ma non realizzata adeguatamente, malgrado l'impegno di molti.
- c- L'insufficienza prolungata negli anni delle risorse ha comportato una grave riduzione di organico sia del personale docente che di quello tecnico amministrativo anche, purtroppo, per sanare i buchi della gestione allegria almeno nella fase iniziale dell'autonomia delle Università. Purtroppo alla

- riduzione dei finanziamenti ha contribuito non poco il deterioramento dell'immagine e della considerazione nella società delle Università, collegato anche a fenomeni corruttivi legati ai concorsi universitari.
- d- Le idee e le opportunità a partire dagli anni '90 di innovare l'Università italiana sono state molte, sotto la spinta della globalizzazione della formazione superiore e in particolare per quello che ci riguarda per lo sviluppo dell'integrazione europea.
  - e- Abbiamo saputo vedere e cogliere come Facoltà e Dipartimenti di Ingegneria e come Ateneo queste opportunità? Penso solo in parte. rispetto alle possibilità che abbiamo avuto e ad alcune innovazioni che comunque avevamo saputo introdurre con successo.
  - f- È inevitabile pensare oggi, nel gennaio 2021, dopo un anno dall'introduzione forzata delle tecnologie digitali per la didattica imposte dalla pandemia Covid 19, che una innovazione in questa direzione sarebbe stata da tempo utile non per imprevedibili ragioni sanitarie ma per adeguare la formazione ai bisogni dei nostri studenti.



## SISTEMI DINAMICI NON LINEARI: UNA INTRODUZIONE

*Roberto Genesio*

In molte discipline della scienza, e in particolare dell'ingegneria, è ben nota l'importanza che riveste l'impiego di modelli matematici nello studio di processi di diversa natura, al fine di analizzarne il comportamento o di progettare azioni per il loro controllo. Nella grande maggioranza dei casi tali processi hanno una natura dinamica, nel senso che la loro evoluzione ad un istante assegnato dipende in generale da tutta la storia passata delle cause che agiscono su di essa.

Così si ricorre abitualmente a modelli matematici dinamici, espressi nella forma di equazioni differenziali di vario tipo che pongono in relazione le diverse variabili di interesse del processo: in particolare gli ingressi, che costituiscono le grandezze considerate indipendenti (le cause, appunto), le uscite (gli effetti conseguenti) e gli stati. Questi ultimi rappresentano un insieme di variabili capaci di riassumere ad ogni istante la condizione raggiunta dal sistema per effetto della sua storia passata e quindi in grado di determinarne l'evoluzione futura, una volta noto l'ingresso a partire da tale istante.

Nell'ipotesi di limitarsi a considerare sistemi con un ingresso  $u$  e una uscita  $y$  (detti anche SISO, *Single Input Single Output*) a parametri concentrati, cioè tali che le variabili del sistema stesso non dipendano dalla posizione nello spazio ma solo dal tempo  $t$ , e di caratteristiche invarianti nel tempo, ne segue la rappresentazione vettoriale

$$\dot{x}(t) = f(x(t), u(t)) \quad (1)$$

$$y(t) = g(x(t), u(t)) \quad (2)$$

Le relazioni (1) e (2) sono dette rispettivamente equazione di stato ed equazione di uscita del sistema, e in esse  $x$  è lo stato ( $n$ -dimensionale) e le funzioni  $f$  e  $g$ , di opportune dimensioni, descrivono le caratteristiche del sistema stesso. Assegnato lo stato iniziale al tempo  $t=0$ , cioè  $x(0)$  e l'ingresso  $u(t)$  per  $t \geq 0$ , la (1) definisce la corrispondente evoluzione  $x(t, x(0))$ , che può essere riportata come traiettoria di un punto nello spazio di stato, detto anche spazio di fase.

In alternativa al modello (1) (2), che descrive la dinamica del sistema in termini di  $n$  equazioni differenziali scalari del 1° ordine, si fa spesso uso del modello definito di ingresso-uscita e rappresentato da un'unica equazione differenziale:

$$y^{(n)}(t) = F[y^{(n-1)}(t), y^{(n-2)}(t), \dots, y(t), u^{(m)}(t), u^{(m-1)}(t), \dots, u(t)] \quad , \quad m \leq n \quad (3)$$

dove si è posto  $y^{(i)}(t) = d^i y(t) / dt^i$ .

La (3) sarà proprio di ordine  $n$  se non esistono nelle (1) (2) dinamiche nascoste, e si può pensare ottenuta da tali equazioni ricavando la relazione diretta fra le grandezze esterne  $u$  e  $y$  con l'eliminazione dello stato  $x$  inteso come variabile interna.

Si osservi che dalla (3) si può sempre passare ad una rappresentazione (1) (2) mentre non è vero il viceversa e dunque in questo contesto la forma in equazioni di stato ha maggiore generalità.

Una volta definito un modello matematico, per esempio l'equazione (1), il suo comportamento dinamico e la connessa analisi dipendono ovviamente in modo sostanziale dalle caratteristiche della funzione  $f$ . In molti casi si può ammettere la linearità di tale funzione e anche della funzione di uscita  $g$ , e dunque le (1)(2) possono essere scritte

$$\dot{x}(t) = Ax(t) + Bu(t) \quad (4)$$

$$y(t) = Cx(t) + Du(t) \quad (5)$$

dove  $A, B, C, D$  sono matrici costanti di opportune dimensioni.

Il modello (3) corrispondente diventa:

$$y^{(n)}(t) + a^{n-1}y^{(n-1)}(t) + \dots + a^0 y(t) = b^m u^{(m)}(t) + b^{m-1} u^{(m-1)}(t) + \dots + b^0 u(t) \quad (6)$$

La linearità ipotizzata comporta la validità del fondamentale principio di sovrapposizione degli effetti: l'effetto complessivo dovuto a più cause è uguale alla somma degli effetti ottenuti per conto di ognuna delle cause agenti singolarmente.

Da ciò scaturiscono una serie di risultati importanti, per primo la possibilità di studiare l'evoluzione  $y(t)$  del sistema come somma della risposta libera, dovuta allo stato iniziale  $x(0)$ , e di quella forzata, dovuta a  $u(t)$ , e dunque scriverla analiticamente in funzione di  $A, B, C, D$ .

Questo implica un evidente collegamento diretto di queste caratteristiche con diverse proprietà globali del sistema, prima fra tutte la stabilità. Inoltre la linearità delle (4) (5) e anche della (6) consente di fare uso della trasformata di Laplace passando a modelli nel dominio della variabile complessa  $s$ , come ad esempio la funzione di trasferimento ingresso-uscita del sistema, di grande efficacia interpretativa e di uso corrente nella teoria dei sistemi e del controllo. Il comune impiego dell'ipotesi lineare è dovuto alla possibilità di ottenere risposte esatte e complete ma anche ovviamente al fatto che molti processi in studio risultano ben descritti da tali modelli, sono cioè linearizzabili senza perdere aspetti fondamentali dei loro comportamenti.

Ci sono però altri processi la cui dinamica è intrinsecamente non lineare, cioè non riproducibile con qualsivoglia modello lineare, e quindi la loro rappresentazione è quella più generale nella forma delle equazioni (1) (2) oppure (3) dove  $f, g$  e  $F$  vanno intese ora come funzioni non lineari. Questi sistemi hanno così una definizione in negativo: si dice che non obbediscono al principio di sovrapposizione degli effetti senza dire niente su loro eventuali caratteristiche e proprietà. A questo proposito è stato osservato che porre lo studio dei sistemi non lineari è come chiedere (ad uno zoologo) di analizzare le abitudini degli animali non elefanti. Ne segue dunque una estrema vastità del settore, una grande difficoltà nel fornire strumenti sistematici per affrontarne i problemi e generalmente una impossibilità di ottenere risultati esatti esprimibili in forma analitica.

Questo ha spinto la matematica applicata a sviluppare i cosiddetti metodi qualitativi, volti ad ottenere in modo sintetico varie proprietà del sistema e dei suoi possibili modi di funzionare e originati fra la fine dell'Ottocento e l'inizio del Novecento dai lavori di Aleksandr Mikhailovich Lyapunov e soprattutto del grande Henri Poincaré.

Lo studio dei sistemi non lineari si fonda inoltre molto spesso sullo sviluppo di procedimenti approssimati, di volta in volta accordati sulle specifiche caratteristiche del problema in esame. Così come un ruolo ben più importante che nel caso lineare assumono le analisi numeriche che permettono di simulare fenomeni di dinamica anche complessa e di verificarne l'evoluzione al variare dei parametri del sistema.

Si considerano ora alcuni esempi di processi ben noti che richiedono necessariamente, in campi assai diversi, l'impiego di modelli non lineari.

Si consideri una specie isolata in presenza di risorse illimitate e si supponga di indicare con  $N(t) \geq 0$ , una variabile continua, il numero di individui al tempo  $t$ .

La legge di Malthus indica che l'incremento è semplicemente proporzionale a  $N$ , cioè l'evoluzione è regolata dalla legge  $\dot{N}(t) = \lambda N(t)$ , dove  $\lambda$  è il tasso di crescita della specie inteso come la differenza fra nascite e morti per individuo nell'unità di tempo, e risulta dunque di tipo esponenziale tendendo ad infinito per  $\lambda > 0$ . Se invece la stessa specie si trova in un ambiente con risorse limitate, questo modello lineare di crescita va modificato assumendo la forma

$$\dot{N}(t) = k[B - N(t)]N(t) \quad (7)$$

dove  $k$  è una costante positiva e  $B$  il numero di individui a cui tende l'evoluzione. L'equazione (7) è non lineare e dà luogo a comportamenti dinamici del tutto nuovi rispetto a quelli lineari: il sistema ha due equilibri, per  $N=0$  e per  $N=B$ , il primo instabile ed il secondo stabile e la soluzione tende a  $N=B$  secondo una curva che è detta logistica.

Si consideri poi il caso di due specie che interagiscono fra loro nel rapporto che esiste fra prede ( $N \geq 0$  individui) e predatori ( $M \geq 0$  individui), nell'ipotesi che in condizioni di separazione la prima specie abbia la crescita esponenziale indicata dalla legge di Malthus con un coefficiente  $\lambda > 0$  e la seconda tenda invece a scomparire esponenzialmente con un coefficiente  $\mu > 0$ . L'interazione di cui sopra è modellata assumendo che un certo numero di incontri fra individui delle due specie, proporzionale al prodotto  $N \times M$ , si traduca in riduzione delle prede ed incremento dei predatori.

Al di là di opportuni fattori di normalizzazione, le equazioni di questo sistema ecologico assumono la classica forma

$$\dot{N}(t) = \lambda N(t) - \alpha N(t)M(t) \quad (8)$$

$$\dot{M}(t) = \mu N(t) - \beta N(t)M(t) \quad (9)$$

nota come modello di Lotka-Volterra.

Tale sistema ha ancora due punti di equilibrio e per  $N(0) \neq 0$  e  $M(0) \neq 0$  tutte le soluzioni sono periodiche e dunque rappresentate da curve chiuse nello spazio degli stati. Esse indicano oscillazioni sfasate delle due specie che in pratica non raggiungono un equilibrio stazionario ma bensì dinamico: accade che quando i predatori riducono troppo il numero delle prede viene loro a mancare il cibo e dunque il loro numero diminuisce, e allora le prede crescono così che i predatori hanno nuovamente di che alimentarsi e aumentare, finché non si ritorna ad un consumo eccessivo delle prede, e così via.

Nell'ipotesi ulteriore che le prede abbiano un'evoluzione separata di tipo logistico, come quella indicata nell'equazione (7), il modello preda-predatore presenta un comportamento diverso. Si hanno tre punti di equilibrio di cui uno risulta abitualmente stabile e le traiettorie tendono ad esso qualora la condizione iniziale appartenga ad un definito dominio di attrazione.

Altre modifiche della legge di interazione preda-predatore cambiano ancora il quadro dinamico del modello. In alcuni casi molte evoluzioni tendono ad una soluzione periodica isolata che corrisponde nello spazio delle fasi ad una traiettoria chiusa detta ciclo limite, di fatto uno dei più importanti comportamenti propri dei sistemi non lineari.

### *Sistemi di controllo*

La classica struttura di un sistema di controllo è quella di un anello di retroazione, che comprende come elementi essenziali l'impianto e il controllore oltre a eventuali sensori e attuatori presenti. Anche nel caso frequente che l'impianto abbia un modello lineare, definito ad esempio dall'equazione (6), gli altri elementi possono presentare caratteristiche non lineari, semplicemente statiche come saturazioni, zone morte, relè con banda, ecc., oppure più complesse come isteresi. Si supponga ora che il controllore posto in cascata all'impianto, e in presenza di retroazione unitaria, sia modellabile con una non-linearità statica descritta dalla funzione  $\phi$ .

Il sistema, oltre che dalla (6), è descritto dalla relazione che definisce il segnale errore  $e(t) = r(t) - y(t)$ , dove  $r(t)$  è il comando esterno di riferimento e  $y(t)$  è l'uscita, e dalla legge del controllore e dunque sostituendo si ricava l'equazione che segue, dove si è ommesso per semplicità il tempo  $t$ :



$$y^{(n)} + a^{n-1}y^{(n-1)} + \dots + a^0y = b^m\varphi(r-y)^{(m)} + b^{m-1}\varphi(r-y)^{(m-1)} + \dots + b^0\varphi(r-y) \quad (10)$$

Questa espressione appartiene alla classe non lineare definita dalla (3) e può presentare una gamma sterminata di comportamenti al variare della funzione  $\varphi$ .

A conclusione di questi esempi, si vuole ribadire che i modelli introdotti esprimono una serie di dinamiche non replicabili con modelli lineari e neppure approssimabili con essi. È necessario dunque affrontare lo studio di certi processi con metodi di analisi non lineari: di essi si è citata la mancanza di sistematicità dovuta alla grande varietà di casi che possono presentarsi e anche l'opportunità di fare ricorso a procedimenti approssimati dei quali si possa di volta in volta giustificare l'applicazione.

Come esempio di questo modo di procedere, si presenta ora brevemente lo studio della dinamica di un semplice sistema meccanico non lineare, mostrando come una particolare tecnica di analisi permetta di descriverne gli aspetti essenziali. Il sistema in esame è costituito da una massa  $m$  che si muove su una superficie orizzontale essendo vincolata da una molla e sottoposta all'azione di una forza  $F$ .

Indicando con  $y$  la sua posizione, vale l'equazione dinamica

$$m\ddot{y} = F - F_a - F_m \quad (11)$$

dove  $F_a$  è la forza di attrito e  $F_m$  la forza elastica esercitata dalla molla. Le ipotesi usuali modellano linearmente ambedue questi termini, supponendo di operare per piccole velocità e con attrito viscoso, cioè  $F_a = f\dot{y}$ , e per piccoli spostamenti, per cui  $F_m = ky$ .

Quando si è invece in presenza di ampi spostamenti, quest'ultimo termine può richiedere un modello non lineare del tipo  $F_m = ky + \gamma y^3$ . In particolare, ( $\gamma > 0$ ) si riferisce al caso di una molla che si indurisce con l'estensione, mentre il caso ( $\gamma < 0$ ) corrisponde ad una molla che diventa più morbida con l'allungamento.

Assumendo inoltre di agire sulla massa con una forza di comando armonica  $F = A \cos \omega t$  e sostituendo i suddetti termini nella (11) si ottiene la forma

$$m\ddot{y} + f\dot{y} + ky + \gamma y^3 = A \cos \omega t \quad (12)$$

che è la ben nota equazione di Duffing. Si supponga ora di volere studiare la risposta in frequenza del sistema in funzione di  $A$  e  $\omega$ : si è cioè interessati a conoscere come varia l'ampiezza di  $y$  a regime permanente, essendo ragionevole supporre che tale segnale sia periodico con lo stesso periodo della forzante  $F$ .

Nel caso lineare ( $\gamma = 0$  nella (12)) la risposta è semplice: la curva dell'ampiezza di  $y$  in frequenza è data dal modulo della funzione di trasferimento fra  $F$  e  $y$  calcolata per  $s = j\omega$ , semplicemente moltiplicato per  $A$  in quanto vale la sovrapposizione degli effetti. Per valori piccoli di  $f$  si ha il classico andamento con un picco di risonanza vicino alla frequenza naturale di oscillazione  $\omega \sqrt{k/m}$ .

Per analizzare il caso non lineare si considera che  $y$ , oltre che periodico, sia anche simmetrico per la forma della non-linearità e quindi che abbia lo sviluppo in serie di Fourier

$$y(t) = Y_1 \cos(\omega t - \theta_1) + Y_3 \cos(3\omega t - \theta_2) + \dots \quad (13)$$

ma si suppone, ed è questa l'ipotesi fondamentale sulla quale si tornerà più avanti, che sia sufficiente per questo studio qualitativo tenere in conto la sola prima armonica, cioè  $y(t) \approx Y_1 \cos(\omega t - \theta_1)$ . Sostituendo nella (12) si ottiene allora:

$$-m\omega^2 Y_1 \cos(\omega t - \theta_1) - f\omega Y_1 \sin(\omega t - \theta_1) + k Y_1 \cos(\omega t - \theta_1) + (3/4)\gamma Y_1^3 \cos(\omega t - \theta_1) + (1/4)\gamma Y_1^3 \cos^3(\omega t - \theta_1) \approx A \cos \omega t \quad (14)$$

Poiché tale equazione non ha soluzione nelle incognite  $Y_1$  e  $\theta_1$ , a causa della componente di terza armonica generata dal termine lineare, si procede con la tecnica nota come 'bilanciamento armonico' che consiste nel trascurare nella (14) tale termine, avendo esso una frequenza superiore rispetto a quella con cui si è deciso di approssimare la soluzione. Si può dire che questo porta a considerare gli effetti della non-linearità in termini di ampiezza ma non di frequenza, effettuando così una sorta di linearizzazione armonica.

Con tale semplificazione la (14) può essere risolta eguagliando a zero i coefficienti in  $\sin \omega t$  e  $\cos \omega t$  e ricavando una equazione cubica in  $Y_1$  che è la variabile di interesse. Per un ampio e determinabile dominio dei parametri, tale equazione ha tre soluzioni reali e per  $\gamma > 0$  il diagramma della risposta in frequenza del sistema risulta quello riportato indicativamente nella figura riportata più avanti, evidenziando le frequenze che limitano l'intervallo suddetto.

Per chiarezza si tenga presente che tutte le soluzioni in  $Y_I$  corrispondono nel tempo a soluzioni periodiche e dunque a cicli limite nello spazio di fase  $(y, \dot{y})$  della (12).

La comune risposta in frequenza del caso lineare subisce dunque una distorsione del picco di risonanza verso frequenze più alte (la distorsione sarebbe invece verso frequenze più basse per  $\gamma < 0$ ). Per comprendere del tutto il comportamento del sistema è possibile linearizzare l'equazione in  $Y_I$  attorno alle soluzioni verificando, nel caso di tre radici, la stabilità di quelle estreme e l'instabilità di quella intermedia, mentre risulta sempre stabile la condizione di un'unica soluzione.

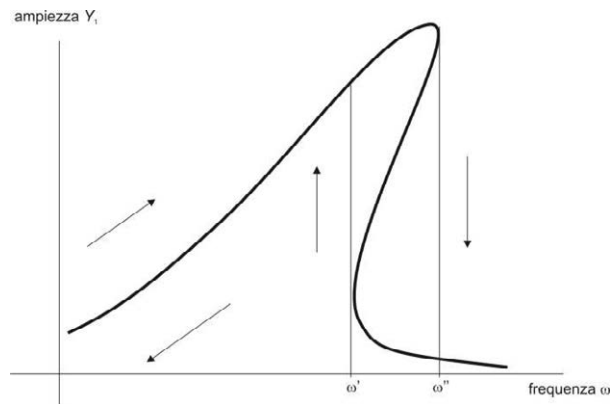
Di conseguenza risulta definito il comportamento del sistema al variare della frequenza, come indicato dalle frecce nella figura della pagina seguente e come può essere verificato con simulazioni numeriche o sperimentalmente.

Facendo crescere da zero la frequenza della forzante  $F$ , l'ampiezza dell'oscillazione  $y$  aumenta secondo l'unico ramo indicato fino alla frequenza  $\omega'$  e successivamente continua sul ramo superiore fino a  $\omega''$ . A questo punto un ulteriore aumento di  $\omega$  comporta un'improvvisa diminuzione (un 'salto') dell'ampiezza  $Y_I$  poiché si passa sull'unico ramo relativo alle alte frequenze. Percorrendo il cammino inverso con il decremento di  $\omega$  da valori alti, si procede con continuità attraverso  $\omega''$  fino a  $\omega'$  dove si verifica ancora un 'salto' di ampiezza, questa volta crescente. Il sistema presenta dunque un fenomeno di isteresi nella risposta in frequenza e i valori  $\omega'$  e  $\omega''$  corrispondono a quelle che vengono dette 'biforcazioni', cioè modificazioni qualitative della dinamica del sistema al variare dei suoi parametri.

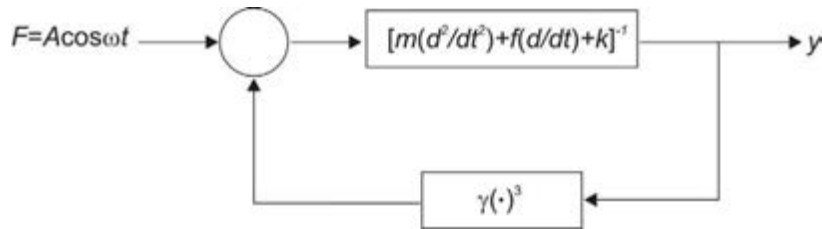
Si osservi anche che per  $\omega \in (\omega', \omega'')$  la soluzione  $Y_I$  intermedia, risultata instabile, non può essere raggiunta abitualmente con le variazioni della frequenza  $\omega$  appena descritte. Il corrispondente ciclo limite instabile potrebbe verificarsi, in linea di principio, con un'opportuna scelta delle condizioni iniziali.

Queste conclusioni sono state ottenute in modo relativamente semplice con una tecnica approssimata di tipo qualitativo, cioè mediante l'impiego del metodo di bilanciamento armonico fermato al primo ordine. Il procedimento seguito sarebbe proponibile anche rappresentando la soluzione con un numero maggiore di armoniche ma i risultati ottenibili con tale metodo diventerebbero allora esclusivamente numerici.

Resta ora da giustificare l'ipotesi fondamentale che sta alla base di questa applicazione, cioè quella di trascurare nella descrizione di  $y$  le armoniche superiori a quelle della forzante e quindi in questo caso (simmetrico) dalla terza armonica in poi. Per questo conviene rappresentare l'equazione (12) con lo schema a blocchi della figura di pagina seguente, che separa la parte lineare da quella non lineare evidenziandone la struttura in retroazione.



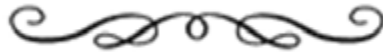
Risposta in frequenza del sistema massa-molla non lineare.



Schema a blocchi del sistema massa-molla non lineare.

Nella condizione periodica che si stabilisce a regime permanente, il segnale  $y(t)$  si autosostiene nell'anello indicato attraversando dunque i due sottosistemi indicati. Ebbene, quello lineare in particolare esercita un forte filtraggio di tipo passa-basso sui segnali di ingresso, tendendo quindi ad attenuare molto le armoniche superiori della soluzione. Pensando alla risposta in frequenza lineare già ricordata, si immagini ad esempio la riduzione che subisce la componente di frequenza  $3\omega$  quando  $\omega$  è vicino alla risonanza, laddove avvengono i fenomeni più significativi del sistema studiato. I risultati ottenuti, anche quantitativi, confermano in generale la validità dell'ipotesi in questione. La presenza di questo effetto filtrante è assai frequente nei sistemi non lineari in studio e può essere posta bene in evidenza, e anche quantificata per valutare l'opportunità di impiegare tecniche di bilanciamento armonico, quando essi siano rappresentabili nella forma di blocchi ingresso-uscita in retroazione e cioè quando essi ammettano il modello generale espresso dalla (3).

- D.W. Jordan, P. Smith, *Nonlinear Ordinary Differential Equations. An Introduction for Scientist and Engineers*, Oxford University Press, New York 2007 (4th edition).
- H.K. Khalil, *Nonlinear Systems*, Prentice Hall, Upper Saddle River (US-NJ), 2002 (3rd edition).
- J.J.E. Slotine, W. Li, *Applied Nonlinear Control*, Prentice-Hall, Upper Saddle River (US-NJ) 1991.
- S.H. Strogatz, *Nonlinear Dynamics and Chaos: with Applications to Physics, Biology, Chemistry, and Engineering*, Perseus Books, Cambridge 1994.



UNA LUNGA E APPASSIONATA STORIA IN INGEGNERIA FRA FLUIDODINAMICA E NUOVE FRONTIERE  
DELL'ENERGIA\*

*Francesco Martelli*

La Facoltà di Ingegneria di Firenze mi ha accolto in qualità di assistente ordinario, dopo una fruttuosa esperienza presso il Centro Progettazione Impianti Nucleari dell'ENEL ove avevo iniziato i primi approfondimenti sulla termoidraulica dei sistemi di sicurezza degli Impianti nucleari (Caorso). Quel contesto mi aveva avvicinato ad una realtà industriale molto importante in quegli anni, la Ansaldo Spa, con la quale ho mantenuto un costante rapporto di collaborazione scientifica allorché sono transitato all'Università. È con l'Ansaldo che ho pubblicato il mio primo lavoro scientifico sul 'Vapore Umido' nelle turbine di bassa pressione degli impianti di potenza (nucleari).

Questa esperienza mi ha in qualche modo segnato, facendomi interessare ed affrontare le tematiche legate alla fluidodinamica, agli impianti di conversione energetica e ai suoi componenti, le turbomacchine.

\* Contributo introdotto in questa seconda edizione.

La guida e lo stimolo del prof. Stecco, sotto la cui *leadership* sono approdato a Firenze, mi hanno consentito di approfondire queste tematiche anche attraverso un anno di studio presso una prestigiosa istituzione di Ricerca Europea, il von Karman Institute for Fluid Dynamics (VKI), istituzione che mi ha offerto un contesto internazionale di rapporti scientifici ed anche amicali e che, in qualche modo, ha stimolato una visione della ricerca allargata a livello mondiale. Negli anni si sono mantenuti proficui rapporti scientifici e di collaborazione col VKI, nel cui contesto si è avuta la possibilità di partecipare ad importanti progetti di Ricerca europei con molteplici realtà industriali.

Queste esperienze mi hanno consentito di inserirmi nella filosofia della nostra Facoltà che, fin dai propri esordi, ha costantemente cercato di sviluppare proficue collaborazioni con i soggetti industriali del territorio comunale e regionale. Questo atteggiamento è basato sulla profonda convinzione che il rapporto con il territorio interessato dalle funzioni accademiche non possa prescindere da una solida collaborazione, specie in un settore come quello dell'ingegneria meccanica ed industriale, fortemente legato alla realtà.

Questa collaborazione ha da sempre avuto un flusso bidirezionale dall'università verso il mondo industriale locale; la prima, con l'apporto di competenze e contributi scientifici sviluppati anche in contesti internazionali; la seconda, con la proposta di tematiche e problematiche industriali di alta valenza tecnologica.

Altro elemento di innovazione conseguente all'esperienza internazionale presso il VKI, è stato il portarmi ad introdurre e sviluppare le prime competenze nel campo della fluidodinamica computazionale, quella che oramai, con termine sintetico, si indica come CFD (Computational Fluid Dynamics). Erano tempi eroici nei quali tutto si svolgeva presso il Centro di Calcolo Universitario di via delle Gore, e noi giovani ricercatori portavamo grandi cassette piene di schede perforate, sulle quali erano codificate le istruzioni di calcolo. Una realtà, quella dei *tools* di calcolo elettronico, che poi si è sviluppato rapidamente coinvolgendo sempre più le giovani generazioni di ricercatori, arrivando oggi a rappresentare un'area di grande rilevanza nella modellazione numerica di una molteplicità di fenomeni fluidodinamici complessi; dallo studio delle turbomacchine, alla analisi dei processi di combustione nelle macchine e negli impianti, finanche allo studio dell'evoluzione delle sostanze inquinanti l'atmosfera in ambienti urbani ed industriali.

Anche queste competenze hanno stimolato e consentito di instaurare fruttuosi rapporti con enti regionali preposti a queste tematiche, dalla Regione stessa all'ARPAT e ad altri enti preposti.

Le esperienze e la visione internazionale hanno contribuito a rafforzare e stimolare questo legame con le realtà produttive industriali.

Fra le molteplici collaborazioni che nel tempo si sono sviluppate con una vasta rappresentazione di imprese ed enti, piace qui riportarne alcune di maggior impatto per la rilevanza industriale che esse rappresentano anche nel panorama nazionale, senza con questo voler minimizzare i risultati ottenuti anche con le realtà minori.

Fin dai propri esordi la Facoltà ha, come era nella sua naturale missione, continuamente intrecciato il suo percorso con quello della maggiore industria manifatturiera del Comune: il Nuovo Pignone (NP). Da un lato, infatti, la Facoltà si è presentata fin da subito come 'vivaio' di ingegneri. Va sottolineato infatti che le politiche di assunzione del personale di NP, almeno fino ai primi anni '90, ovvero prima dell'ingresso di Nuovo Pignone nell'universo General Electric, si basavano sull'inserimento quasi esclusivo di neo-laureati. Visto il forte radicamento di Nuovo Pignone nell'area fiorentina, i neo-ingegneri provenienti dalle aule dei corsi di laurea della Facoltà di Ingegneria fiorentina erano decisamente in maggioranza. Successivamente, e fino ai tempi attuali, è comunque rimasto sempre molto consistente il flusso di neo-ingegneri fiorentini assunti da NP nelle varie aree. Proprio di quegli anni sono stati numerosi i corsi di formazione organizzati dalla Facoltà su tematiche specifiche a supporto degli ingegneri e dei tecnici del Nuovo Pignone.

Questa pratica ha portato a stringere rapporti sempre più solidi nel settore della ricerca e del trasferimento tecnologico, nei quali la Facoltà di Ingegneria si è sempre mostrata un partner strategico di NP. Da più di 30 anni, infatti, NP collabora con numerosi gruppi di ricerca afferenti ai vari dipartimenti di Ingegneria. La collaborazione, ancor oggi estremamente vivace, ha interessato principalmente i settori dell'analisi fluidodinamica e dell'analisi di scambio termico e delle problematiche della combustione: la prima dedicata all'ottimizzazione delle prestazioni delle palettature di turbine a gas e a vapore, di stadi di compressori centrifughi e di parti statiche di compressori alternativi, la seconda dedicata alle parti 'calde' delle turbine a gas (camere di combustione e palettature dei primi stadi di turbina).

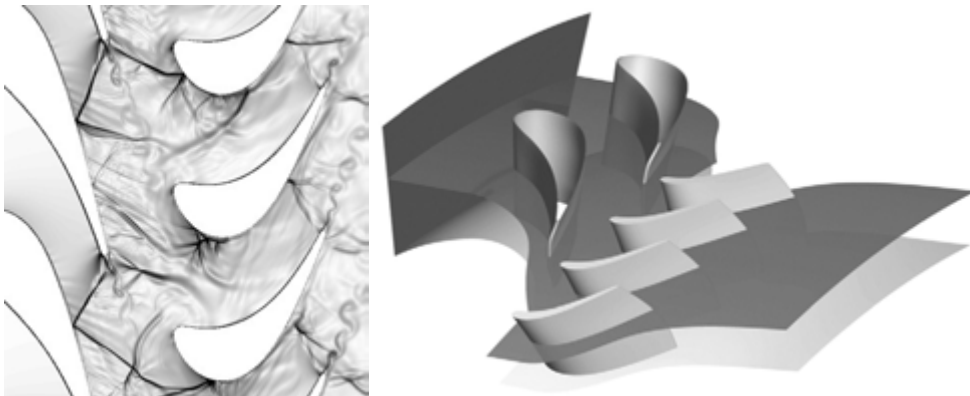
La collaborazione sinergica con NP ha spesso portato i gruppi di Ricerca della Facoltà di Ingegneria a maturare competenze nello sviluppo di tool per la simulazione numerica e di tecniche di analisi sperimentale

che hanno permesso non solo di sviluppare i prodotti di NP, ma anche di figurare come eccellenza nel panorama della ricerca internazionale.

L'elevato livello di cooperazione scientifica si è ancor più consolidato attraverso la collaborazione nei corsi di dottorato di ricerca, per il suo naturale contenuto di ricerca avanzata. Da un lato, la partecipazione attiva di NP mediante finanziamento di borse dedicate allo sviluppo di tematiche specifiche; dall'altro, la valorizzazione del percorso di studio dei dottori di ricerca attraverso l'inserimento dei dottori stessi ed anche dei post-doc, che hanno speso ulteriori periodi di *training* alla ricerca nelle strutture della Facoltà, in posizioni aziendali fortemente strategiche, ed anche di elevata responsabilità.

Mi piace anche ricordare che il nostro dipartimento, nato come 'Energetica' ha progettato il II Ciclo di dottorato in 'Energetica' con sede unica a Firenze e di cui mi onoro di essere stato il promotore e Coordinatore fino ai primi anni 2000. Va sottolineato che, proprio in questo contesto, numerosi Dottori di Ricerca ed anche professori cresciuti nell'ambito dei nostri laboratori, hanno poi preso il volo non solo verso il NP, ma anche verso settori più internazionali di General Electric, come anche della concorrenza quale Rolls Royce ed altre realtà accademiche internazionali fra le quali piace citare Imperial College, l'Università di Cambridge (UK), Notre Dame University (USA). Questa capacità di preparare valenti Ricercatori apprezzati da società leaders internazionali nel campo dell'energia e della propulsione è certamente un vanto della nostra Facoltà, ora Scuola di Ingegneria, e frutto del lavoro e dell'impegno che noi docenti/ricercatori vi abbiamo dedicato.

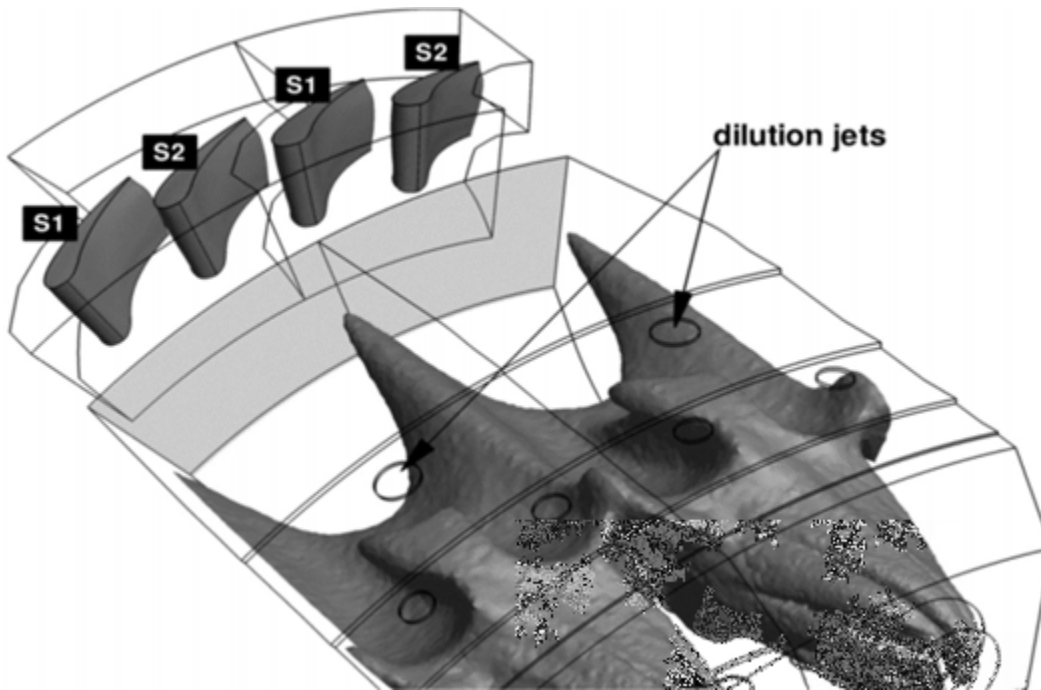
Nelle figure seguenti sono riportati alcuni esempi di simulazioni complesse sviluppate su componenti di turbina/compressore ed anche di aerodinamica esterna.



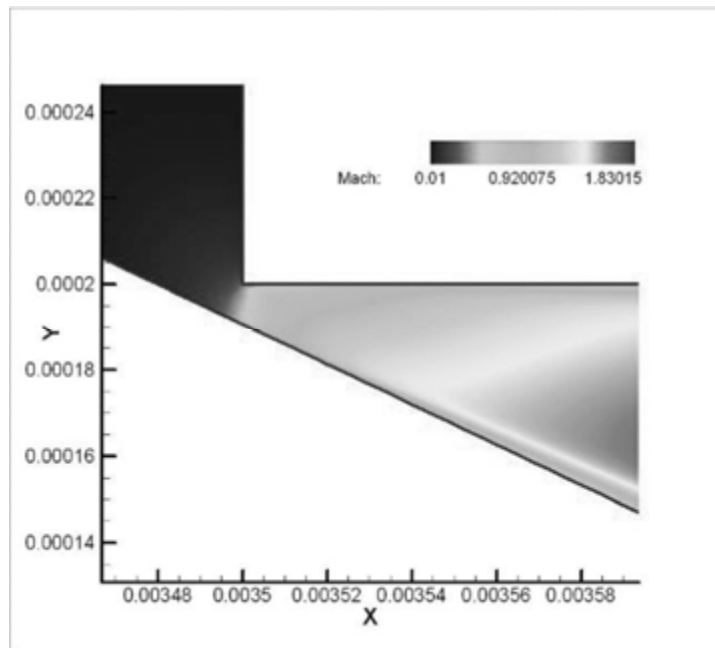
Simulazione del flusso non stazionario in stadio di turbina aeronautica: visualizzazione delle variazioni di densità (le così dette visualizzazioni di flusso) e dei campi di velocità (a Destra) .

Un discorso analogo al NP può essere fatto con il Centro di Ricerche dell'ENEL di Pisa, con cui alcuni dipartimenti della Facoltà hanno, da tempo immemorabile, stabilito forti rapporti di collaborazione che durano ancor oggi, nonostante il fatto che le strutture e le missioni di ENEL come anche dei suoi Centri di Ricerca abbiano subito significative mutazioni. La naturale collaborazione si è sviluppata nel campo degli impianti di potenza che rappresentano il cuore del sistema produttivo di ENEL. Negli anni iniziali della collaborazione, la presenza di una Direzione generale per la Ricerca e Sviluppo (DSR) ha rappresentato un naturale canale di interazione su tematiche di respiro strategico per la produzione di energia elettrica. Il miglioramento delle prestazioni dei suoi gruppi di produzione, turbine a gas ed a vapore, generatori di vapore, impianti combinati ad alta efficienza, sono state per i nostri ricercatori delle sfide importanti e stimolanti, i cui risultati hanno consentito sia ad Enel sia ai nostri giovani di raggiungere prestigiosi livelli scientifici in campo internazionale. Anche in questo caso, le problematiche fluidodinamiche delle turbomacchine e delle camere di combustione, sia nelle turbine a gas che nei generatori di vapore, sono state il cuore delle collaborazioni. Non soltanto sono stati affrontati gli aspetti modellistici, con la messa a punto di strumenti di indagine ed ottimizzazione, ma si è anche direttamente collaborato alla realizzazione, e poi utilizzazione, di importanti strutture sperimentali per la qualificazione del comportamento delle camere di combustione. Molte

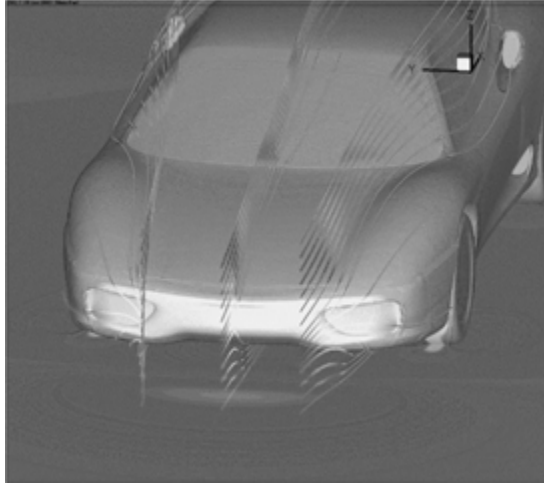
sono state le tesi di dottorato di ricerca sviluppate sulle tematiche di interesse e sulle importanti strutture sperimentali messe a punto nell'ambito dei progetti congiunti di ricerca.



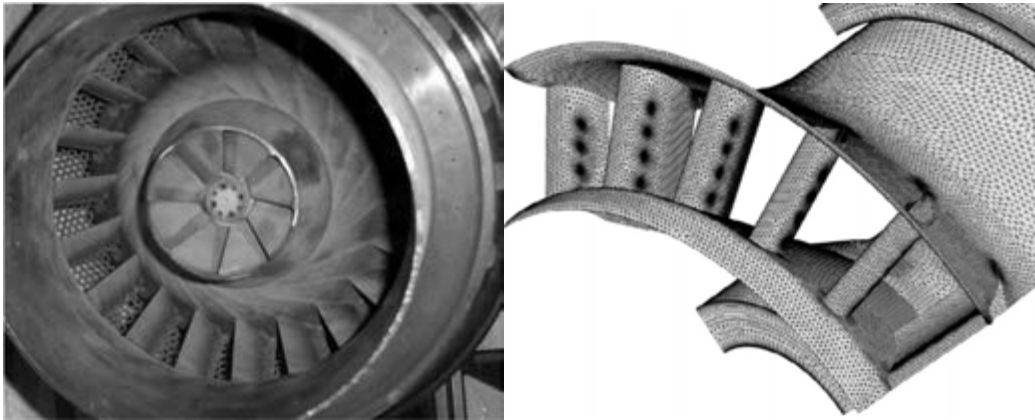
Simulazione del flusso in uscita da un combustore, in entrata nella turbina di alta pressione: rappresentazione del fronte fiamma e carichi termici sulle palettature.



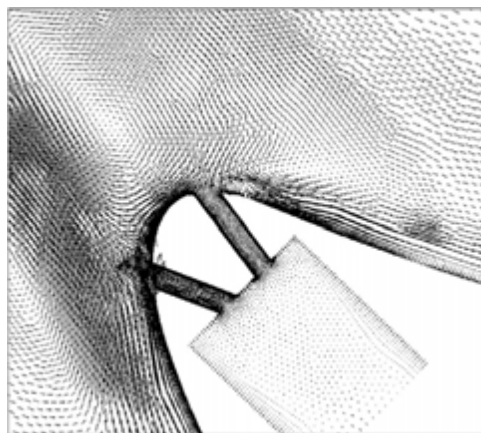
Campo di moto (numeri di mach) di un gas raro all'interno dell'attuatore applicazioni spaziali; si può notare grande variabilità del campo di moto da valori bassissimi di mach a flussi fortemente supersonici.



Esempio di campo aerodinamico intorno ad auto sportiva (Ferrari)



Aerodinamica di un bruciatore innovativo



Flusso non stazionario sul naso di una paletta refrigerata di turbina; simulazioni non stazionarie anche dei flussi di refrigerante.

Va ricordato che la Facoltà ha comunque avviato e sviluppato rapporti anche con realtà industriali di dimensioni più contenute, quali piccole e medie imprese dislocate sul territorio, sia con attività di supporto alle loro esigenze di sviluppo, sia con la partecipazione a progetti di ricerca congiunti; fra questi vale la pena di ricordare gli studi sull'ottimizzazione energetica dei processi produttivi della ditta Sammontana, famosa per i gelati, così come gli studi sulle metodologie di controllo delle emissioni con la ditta Rivoira, in una più ampia visione di sinergia con ENEL.

Altre attività hanno spaziato da problemi particolari quale lo studio delle sollecitazioni sulle parabole dei radar dovute alle azioni del vento, allo studio, degli attuatori a gas inerte per applicazioni spaziali con la Alenia Thales, mettendo in campo sofisticati strumenti di simulazione fluidodinamica sviluppati dai gruppi di ricerca della Facoltà.

Sono state sviluppate collaborazioni anche formative con le Associazioni degli Industriali all'interno di consorzi ad hoc, con interessanti ricadute; si è guardato allo sviluppo di canali di interfaccia con le industrie locali, nell'ottica di partecipazioni congiunte a bandi di progetti.

Se questo filo blu della fluidodinamica ha guidato e conseguito una serie di importanti risultati scientifici e ha tessuto importanti collaborazioni industriali nell'ambito della '*Power Generation and Propulsion*', affrontando anche l'impatto esterno della '*Macchina*' intesa come convertitore di Energia, ha anche in qualche modo focalizzato l'attenzione sulle conseguenze della conversione Energetica e del suo impatto sull'ambiente. Questo aspetto, che è oggi grandemente all'attenzione della società, è stato conseguenza di quelle elaborazioni e focalizzato grazie anche ad importanti Progetti Europei già alla fine del secolo scorso. Si è così aperto un nuovo fronte dedicato alle nuove sfide delle fonti energetiche rinnovabili con tutte le problematiche connesse che hanno mostrato un ancor maggior legame col territorio.

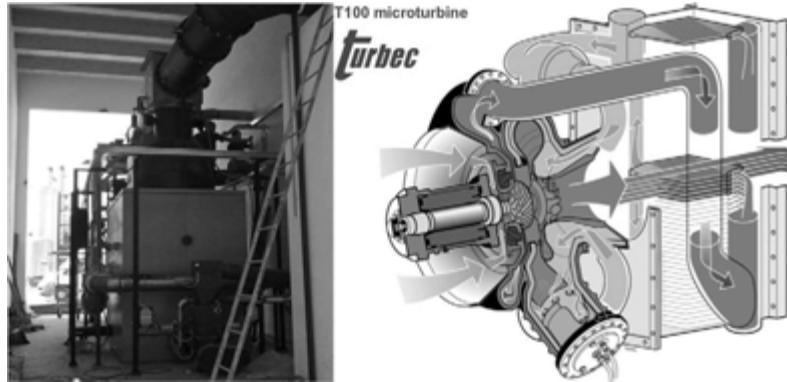
Correva infatti l'anno 2005 quando alcuni dipartimenti dei settori scientifici dell'ateneo fiorentino decisero di formalizzare in maniera concreta le collaborazioni che avevano in atto già da anni nel settore delle energie rinnovabili. Nacque così il CREAR (Centro di Ricerca Interdipartimentale per le Energie Alternative e Rinnovabili), fortemente radicato nella Facoltà, che, a fianco di un'intensa attività di ricerca svolta a livello internazionale attraverso la collaborazione con le più importanti università, enti ed aziende del settore, non ha mai dimenticato il proprio territorio di origine, portando i risultati delle proprie attività ad investire Firenze e la sua provincia di idee ed azioni innovative nell'ambito della cosiddetta *green economy*. Possiamo dire con un certo orgoglio che abbiamo contribuito significativamente a portare Firenze e la Toscana ad essere una regione di punta nell'ambito delle *rinnovabili*. Un Centro che ha raccolto e gestito, con grande profitto per la ricerca, numerosi progetti Europei, offrendo supporto a numerosi dottorandi e post-doc che hanno così potuto affinare le proprie competenze in un settore di grandi prospettive future.

Un esempio puntuale di queste attività è stato il progetto Biosit, finanziato dall'Unione Europea, che ha cercato di valutare le potenzialità energetiche delle biomasse nella regione toscana in base a particolari valutazioni di distretti di raccolta e valorizzazione. Nel settore delle bioenergie, ovvero l'utilizzo di biomasse a fini energetici, sono stati attivati brillanti progetti.

È stato così che le campagne dei dintorni della città che fu dei Medici, hanno sperimentato un modo diverso di vivere la filiera produttiva agricola proprio attraverso l'esperienza del progetto europeo VOICE, che ha sperimentato sul territorio l'idea una nuova azienda agricola in grado di dedicare una piccola parte del proprio terreno alla produzione di olio vegetale destinato a soddisfare non solo i propri bisogni termici ed elettrici, ma anche a mettere in moto gli strumenti che accompagnano il duro lavoro nei campi. E, per alcuni giorni, un trattore modificato è sceso dalle campagne in città per far bella mostra di sé e del giglio della provincia orgogliosamente in evidenza, ad ulteriore dimostrazione del fatto che un connubio tra moderna agricoltura e rispetto dell'ambiente non è solo possibile nei sogni, ma anche nella realtà di tutti i giorni, purché supportato da una attenta e meticolosa ricerca scientifica.

Dal 2009 l'impianto BIO\_MGT (bio-microturbina a gas), di produzione combinata di energia elettrica e termica alimentato con i residui delle potature locali, tiene in moto il processo produttivo della cooperativa agricola di Vicchio, Il Forteto, facendo arrivare così sulle tavole dei Fiorentini dei generi alimentari non solamente frutto della cura della genuina tradizione toscana, ma anche di un rispetto per l'ambiente e di una visione di lungo termine che vede, in un futuro senza combustibili inquinanti l'unica via per conciliare modernità e tradizione.

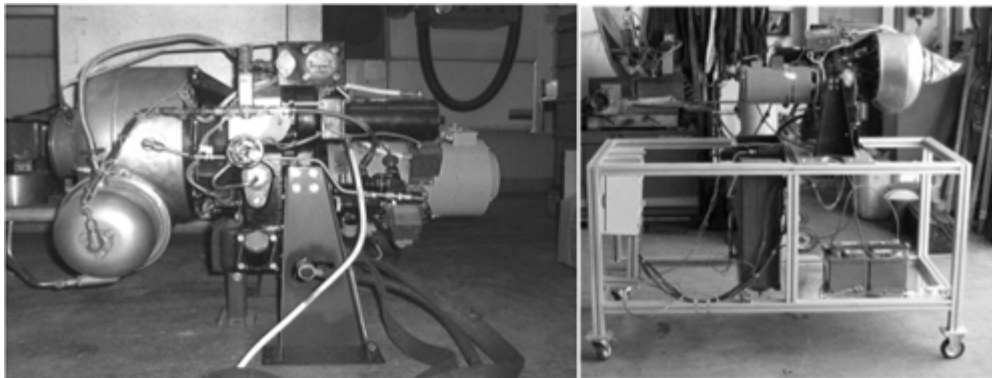




Dettaglio di Impianto 'BIO\_MGT', Turbina a gas alimentata a biomassa; progetto europeo guidato dal CREAR

In un territorio ricco di fonti di energia alternative, affinché le aziende presenti possano portare avanti con successo le loro idee ed iniziative nel campo dell'economia verde, c'è bisogno del supporto non solo teorico dei centri di ricerca, ma anche di uno più operativo e pratico. Per questo, grazie anche alla Regione Toscana, è stato possibile realizzare, nell'area industriale di Pianvallico nel Mugello, quale costola del CREAR, un laboratorio specificatamente dedicato alle analisi nel campo delle rinnovabili: il Consorzio Re CORD, in grado di fornire anche servizi. Il Consorzio è attrezzato con strumenti all'avanguardia ed è in grado di sviluppare la sperimentazione di nuove soluzioni impiantistiche; ad esso le aziende possono rivolgersi con la certezza di ricevere una risposta accurata e competente alle proprie problematiche.

Il Consorzio vive ormai con le proprie forze, grazie ad importanti collaborazioni e network internazionali sulle tematiche che oggi sono al centro della politica mondiale: la *'Green Economy'*. Grazie a queste collaborazioni internazionali all'interno di progetti europei come anche a collaborazioni con gli enti regionali, è stato possibile sviluppare innovative soluzioni di micro generazione con piccole turbine a gas alimentate da biocombustibili, studiate e messe a punto nelle nostre attrezzature sperimentali. Si sperimentano così nuovi combustibili rinnovabili basati sulle trasformazioni di materiale agroforestale; nella azienda agricola dell'Università sono state installate alcune attrezzature di turbina a gas. Nelle figure delle pagine seguenti son presentati vari apparati sviluppati e testati proprio in questo contesto di ricerca, che ha dato lustro e prestigio ai nostri ricercatori, anche a livello internazionale.



Biofuel-based MicroGasTurbines Platform: Impianto di micro gas turbina adattato a funzionare con diversi bio-combustibili e Banco Prova.

Sul territorio provinciale è stato installato e testato un innovativo gassificatore frutto della collaborazione internazionale con i paesi orientali (India). In figura è riportata una visione dello stesso con i nostri giovani ricercatori all'opera.



Realizzazione e test preliminari di un Gassificatore innovativo

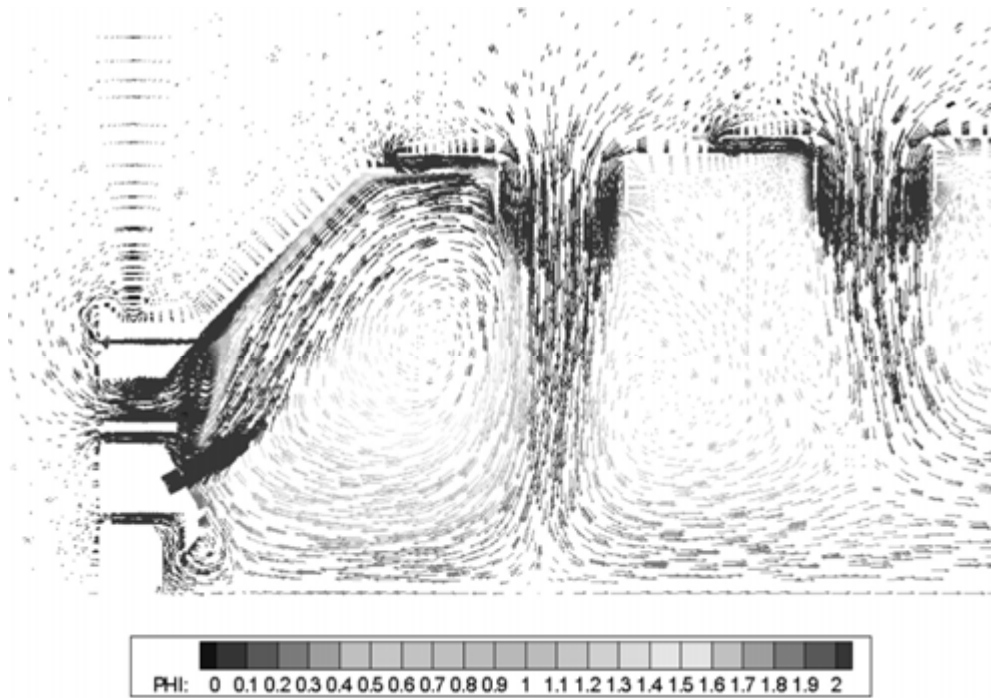


Il trattore alimentato ad Olio Vegetale puro; esperienza sviluppata in collaborazione con la Provincia di Firenze

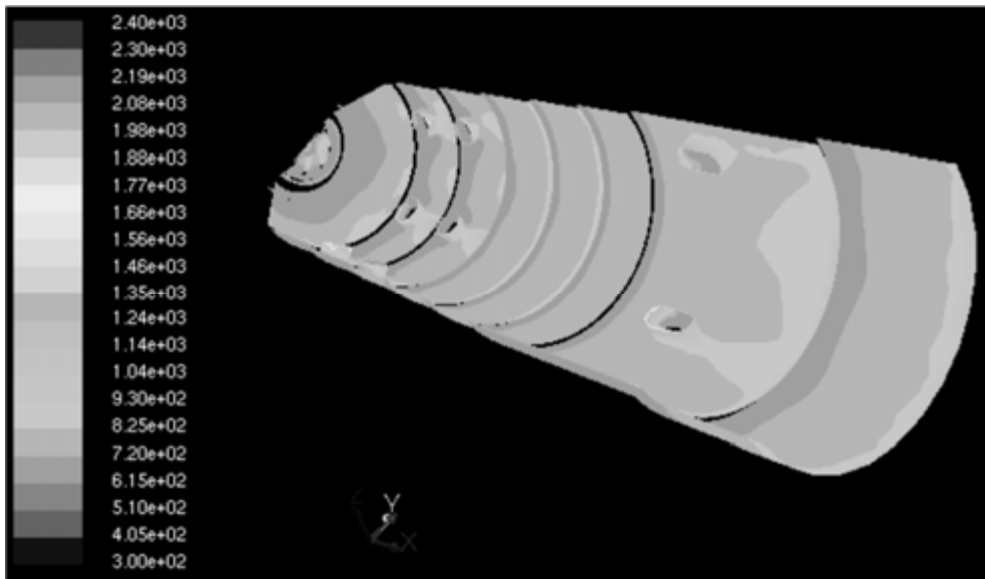
Anche le nuove esigenze della ‘produzione elettrica’ in ENEL, con l’avvento delle nuove regole del mercato, hanno portato a proseguire ed ampliare le collaborazioni su nuovi fronti, fra i quali primeggiano gli aspetti ambientali e delle risorse rinnovabili. L’attenzione di Enel al settore delle energie rinnovabili ha trovato un pronto riscontro nelle strutture del nostro Ateneo ed in particolare nel centro CREAR, già attivo su queste tematiche. Questa collaborazione ha così consentito di accedere a nuovi progetti di respiro nazionale ed internazionale, fra cui piace sottolineare quello dell’utilizzo dell’idrogeno puro in impianti di turbina a gas di potenza; i nostri ricercatori si sono impegnati nella revisione di un impianto (30 MW) al fine di renderlo compatibile dal punto di vista ambientale, consapevoli che l’uso dell’idrogeno come combustibile, se da un lato annulla l’inquinante globale CO<sub>2</sub>, dall’altro per le temperature di combustione, produce concentrazioni di inquinanti locali (NO<sub>x</sub>) assolutamente inaccettabili.

Possiamo dire che, entrati nel campo delle rinnovabili dalla porta della fluidodinamica delle ‘Macchine’, l’interesse si è inesorabilmente allargato anche ad altre realtà, dalle bioenergie sopra descritte all’eolico, di cui qui sotto è riportato un esempio di studio CFD. L’interazione fra le diverse competenze dei Dipartimenti coinvolti nel Centro ha consentito di affrontare anche tematiche multidisciplinari nel settore del

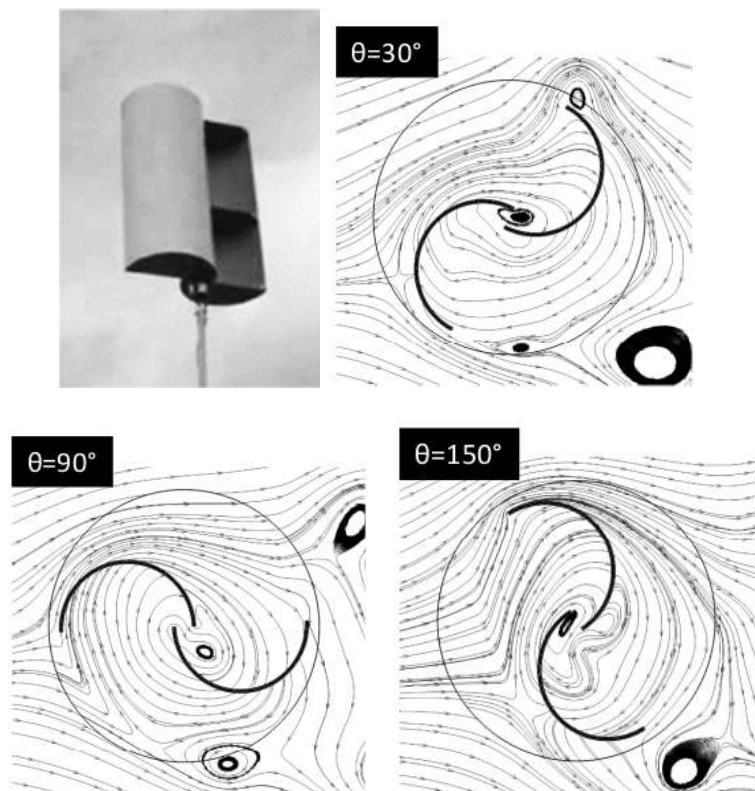
fotovoltaico con progetti innovativi di co-generazione, realizzando collaborazioni con realtà locali dedite al controllo e all'elettronica di sistema.



Esperienze con combustibili innovativi: Idrogeno. Simulazione dei campi di moto e concentrazione combustibile in combustore di TG



Valutazione delle Temperature di metallo. nel combustore ad idrogeno



Studio con CFD di un Rotore SAVONIOUS per l'ottimizzazione della geometria; Linee di corrente.

Infine l'attenzione al territorio non ha tralasciato le nuove generazioni, che vedono nelle opportunità della *green economy* uno sbocco per il loro futuro. In questi ultimi anni il master IMES in bioenergia ed ambiente ha accompagnato molti giovani studenti, fiorentini e non, nel mondo del lavoro, facendogli acquisire la professionalità necessaria ed indirizzandoli nella direzione più consona alle proprie aspirazioni professionali. Il *master*, decollato quasi 10 anni fa con il supporto comunitario, ha proseguito il suo cammino autonomamente, rafforzando sempre più l'interazione con il territorio attraverso l'inserimento nel corso di studi di *stage* e tirocini presso piccole industrie ed agenzie attive sul territorio.

La mia storia di decenni di dedizione attiva alla ricerca nel campo della Fluidodinamica e dell'Energia, lasciando il testimone a giovani brillanti e certamente più aggiornati sia in questa sede che in giro per l'Europa, mi ha portato alla promozione e all'istituzione di una Associazione non-profit: EUROTURBO (European Turbomachinery Society), che ho l'onore e l'onere di presiedere. Essa raccoglie oltre 50 ricercatori Europei sia dal mondo accademico che dalle principali industrie Europee, dedicandosi alla divulgazione e disseminazione scientifica di qualità, attraverso un congresso biennale, 'European Turbomachinery Conference', ormai alla XIV edizione. Per completare la sua missione, la 'Society' edita la rivista 'International Journal of Turbomachinery Propulsion and Power', oggi accreditata sia da 'Scopus' sia da 'Web of Science'. Nella speranza che questo impegno sia un contributo alla collaborazione Europea nel campo della ricerca, ci si augura che possa proseguire nel tempo con beneficio anche e specialmente per i nostri giovani.



## EVOLUZIONE DEL CONTROLLO ADATTATIVO NEL QUARANTENNIO 1970-2010: DALL'AUTO-SINTONIA NEL CONTINUO ALLA COMMUTAZIONE NEL DISCRETO

*Edoardo Mosca*

È noto come la disponibilità di descrizioni matematiche certe dei processi, naturali e/o artificiali, abbia costituito, e costituisca, uno dei principali fattori di successo dell'utilizzo delle scienze nel quantificare azioni o stimoli atti ad assicurarne una desiderata evoluzione temporale. Più incerto e problematico l'apporto in tal senso delle scienze nel caso di processi non deterministici e/o con descrizioni matematiche incerte o ignote al decisore: basti pensare alle difficoltà, al di là di un circoscritto valore qualitativo, dell'uso di modelli econometrici incerti ai fini di imporre un'evoluzione quantitativamente controllata a variabili economiche.

Ispirata e stimolata dall'apporto significativo della moderna (quantitativa) teoria del controllo automatico in retroazione nelle missioni aerospaziali degli anni cinquanta e sessanta del secolo scorso, successi questi facilitati dalla disponibilità sia di descrizioni matematiche certe oltreché della emergente tecnologia per l'elaborazione dei dati in tempo-reale, a partire dal 1970 circa, un'intensa attività di ricerca è andata sviluppandosi con l'obiettivo di estendere al caso di processi dinamici incerti l'efficacia della teoria del controllo in retroazione. In un tale ambito, gli approcci dominanti sono risultati essenzialmente due: quello del 'controllo robusto' e quello del 'controllo adattativo'.

Per controllo robusto si intende essenzialmente la progettazione di una singola unità di controllo in retroazione tale da poter conseguire prestazioni prescritte anche in presenza nel processo da controllare di parametri incerti i cui valori appartengano ad insiemi di incertezza i più ampi possibile. È concepibile che una maggiore incertezza possa essere gestita tollerando prestazioni mediamente più ridotte, e che magari tale risultato possa conseguirsi attraverso azioni di controllo appropriate per il caso peggiore tra quelli appartenenti all'insieme di incertezza.

Una delle limitazioni concettuali del controllo robusto risiede nel fatto che in esso i dati sperimentali generati dal processo controllato nel corso del suo normale funzionamento non vengono sfruttati – come in linea di principio risulterebbe possibile – per ridurre con l'avanzare del tempo l'incertezza iniziale (a priori) sui parametri incogniti del processo. Al contrario, il controllo adattativo incorpora, in forme più o meno esplicite, un meccanismo di apprendimento che, sulla base dei dati sperimentali acquisiti nel corso del normale funzionamento del processo controllato, ne riduce con l'avanzare del tempo l'incertezza a priori. È intuibile, da questa stessa sintetica descrizione, come un sistema di controllo adattativo possieda un'elevata intrinseca complessità, risultando complessivamente un sistema dinamico non-lineare e tempo-variante, anche nel caso in cui il processo controllato sia un sistema dinamico lineare tempo-invariante (LTI) e privo di disturbi. Lo stato dell'arte del controllo adattativo, alla fine degli anni settanta del secolo XX, restava ancora in uno stadio di pronunciata immaturità: in letteratura andava accumulandosi un'ampia molteplicità di proposte di algoritmi per il controllo adattativo assieme all'indicazione di qualche sua promettente applicazione pratica, ma, purtroppo, in assenza delle necessarie garanzie di stabilità. Mancava, infatti, una dimostrazione matematica rigorosa delle proprietà del controllo adattativo, quali la convergenza o, almeno, la limitatezza delle variabili del sistema di controllo risultante. Tale mancanza di dimostrazioni matematiche scoraggiava il diffondersi di un suo uso pratico. A ciò si accompagnava il fatto che la sua reputazione fosse ancora offuscata dai disastrosi esiti seguiti ad alcuni ingenui tentativi di applicazione in campo aeronautico, avvenuti agli albori della sua storia durante gli anni cinquanta, e terminati con la distruzione dell'aereo impiegato nei test di validazione sperimentale. Lo stato dell'arte dell'epoca suggeriva dunque prevalentemente un uso degli algoritmi di controllo adattativo allora disponibili come strumenti di auto-sintonia per la legge di controllo da assegnare a processi incerti e tempo-invarianti. Tipicamente, un'unità di 'controllo adattativo ad auto-sintonia' incorpora un algoritmo ricorsivo di identificazione, anche detto 'identificatore', di parametri incogniti del processo – parametri rilevanti ai fini del controllo – da dati acquisiti in tempo-reale durante il previsto modo di funzionamento del processo stesso. L'uscita fornita dall'identificatore viene quindi utilizzata per il calcolo della 'legge di controllo in sintonia' con la descrizione matematica del processo identificata fino a quell'istante. Grande popolarità riscosse all'epoca il controllore adattativo ad auto-sintonia, spesso individuato dall'acronimo RLS+MV (RLS: stimatore ricorsivo ai minimi quadrati, come identificatore; MV: controllo a minima varianza, come legge di controllo in sintonia): risposta questa della scuola svedese di

controlli automatici<sup>1</sup> ad una versione statunitense alternativa denominata MRAC (*Model Reference Adaptive Control*)<sup>2</sup> In quegli anni, iniziava peraltro consolidarsi il laboratorio di ricerca sui sistemi adattativi presso la Facoltà di Ingegneria, più precisamente Dipartimento di Sistemi e Informatica, dell'Università di Firenze, laboratorio ove avrebbero operato, oltre allo scrivente, Giovanni Zappa, Luigi Chisci, David Angeli e, più recentemente, Giorgio Battistelli e Pietro Tesi, e che avrebbe costituito, per circa un quarantennio, un fattore di stimolo e sviluppo per numerose tesi di laurea e dottorato di ricerca.

Nel 1982, dopo circa un decennio di attesa, la comunità scientifica del settore accolse con entusiasmo quella che venne e viene considerata la prima rigorosa dimostrazione della proprietà di convergenza di una versione puramente deterministica dell'RLS+MV<sup>3</sup>. Tale proprietà garantisce, per arbitrarie condizioni iniziali, che: le variabili del sistema adattativo ad auto-sintonia si mantengono limitate; la convergenza asintotica della legge di controllo; l'estinguersi asintoticamente dell'errore di inseguimento per riferimenti predicibili (e.g., costanti nel tempo, combinazioni di sinusoidi, etc.). Il punto critico della dimostrazione risiede nel fatto che la sua validità è subordinata ad ipotesi in pratica assai restrittive, quali quelle di: A1) un processo descritto esattamente da un sistema dinamico LTI, a fase minima, di ordine limitato superiormente da un intero noto a priori; A2) ritardo ingresso-uscita del processo noto a priori; A3) totale assenza di disturbi. Se era scontato che la condizione in A1) di fase minima dovesse essere presente, essendo essa richiesta necessariamente dalle proprietà di stabilizzazione della legge di controllo a MV, la condizione di un ordine inferiore ad un intero predeterminato, appariva restrittiva e concettualmente disturbante, dato il contesto. Tale ultima condizione implica, infatti, che l'identificatore RLS effettui una stima in un insieme di possibili sistemi dinamici incogniti contenente il sistema effettivo (ipotesi che viene riferita come 'assenza di dinamiche non modellate'), escludendo così la più frequente situazione riscontrabile in pratica, anche per motivi di contenimento di complessità computazionale, di processi incerti di complessità maggiore di quella adottata a priori dall'identificatore RLS.

Nonostante le limitazioni suddette, il fatto che si fosse finalmente pervenuti ad una tale rigorosa dimostrazione, generò l'aspettativa che presto risultati di convergenza simili sarebbero stati raggiunti con altrettanto rigore anche per processi incerti a fase non-minima, con dinamiche non modellate, ed in presenza di disturbi, rimuovendo in tal modo i principali ostacoli ad un impiego più generale del controllo adattativo. Nell'attesa, il controllo adattativo ad auto-sintonia trovò comunque utili applicazioni pratiche, e.g., nel processo di produzione della carta, e nella taratura automatica delle macchine per emodialisi, quest'ultimo forse il caso di maggior successo in termini quantitativi e di riduzione dei costi operativi.

Nei riguardi dell'aspettativa di un avanzamento della teoria, i progressi, viceversa, subirono un rallentamento inatteso, anche a causa della complessità dell'analisi sia dell'identificazione RLS, potenzialmente mal-condizionata in presenza di dati rumorosi, che di leggi di controllo più robuste della MV nei riguardi di dinamiche non modellate, ma non tolleranti descrizioni identificate potenzialmente non-stabilizzabili.

La ricerca sul controllo adattativo procedette per tutti gli anni ottanta e primi novanta verso forme precedentemente poco esplorate, anche se di effettivo interesse pratico, quali algoritmi iterativi in grado di convergere a leggi di controllo di complessità ridotta, e.g., PID (Proporzionale, Integrale, Derivativo), minimizzanti, almeno localmente, un indice di prestazione, tipicamente quadratico, per il sistema di controllo finale. Qui il termine 'legge di controllo di complessità ridotta' equivale a quanto precedentemente espresso come 'in presenza di dinamiche non modellate', dinamiche non modellate escluse – come già detto – dalle ipotesi di validità per la convergenza dell'RLS+MV. Inoltre, tali algoritmi iterativi sono in grado di fornire i risultati suddetti anche per processi descrivibili come sistemi dinamici LTI a fase non-minima, quest'ultimi pure non stabilizzabili con l'RLS+MV. Due ben noti esempi di algoritmi iterativi sono quello noto in letteratura come MUSMAR (*MULTI Step Multivariable Adaptive Regulator*)<sup>4</sup>, e quello detto 'Controllo LQG ad Auto-Sintonia con Identificatore a Dati Filtrati'<sup>5</sup>.

<sup>1</sup> K. J. Astrom, B. Wittenmark, *On self-tuning regulators*, «Automatica», vol. 9, 1973, pp. 185-189.

<sup>2</sup> R. V. Monopoli, *Model reference adaptive control with an augmented error signal*, «IEEE Trans. Automat. Control», vol. 19, 1974, pp. 474-489.

<sup>3</sup> G. C. Goodwin, P. J. Ramadge, P. E. Caines, *Discrete-time multivariable control*, «IEEE Trans. Automat. Control», vol. 25, 1980, pp. 449-456.

<sup>4</sup> C. Greco, G. Menga, E. Mosca, G. Zappa, *Performance improvements of self-tuning controllers by multistep horizons: the MUSMAR approach*, «Automatica», vol. 20, 1984, pp. 681-699.

<sup>5</sup> M. Gevers, *Towards a joint design of identification and control*, in *Essays on Control: Perspectives in the Theory and its Applications*, Birkhauser, Basilea, CH, 1993.

L'algoritmo MUSMAR provvede ad effettuare una variante a tempo-discreto delle iterazioni alla Kleinman<sup>1</sup> per calcolare il guadagno di retroazione LQG su orizzonte semi-infinito. Le iterazioni sono distribuite nel tempo e fanno uso di una molteplicità di modelli di predizione a più passi del processo incerto. Tutti i modelli di predizione su cui lavora il MUSMAR sono identificati separatamente l'uno dall'altro tramite un banco di identificatori RLS alimentati da dati acquisiti dal processo controllato. L'uso di modelli di predizione a più passi, provenienti da identificatori separati, costituisce la principale caratteristica innovativa del MUSMAR. Mentre per un sistema dinamico LTI a tempo-discreto una descrizione matematica completa per ciò che attiene la sua evoluzione temporale è fornita dal suo predittore ad un passo di ordine pieno, da quest'ultimo essendo ottenibili per via analitica tutte le predizioni a più passi, la situazione si complica nel caso in cui, per effetto della presenza di dinamiche non-modellate, il predittore ad un passo sia di ordine ridotto rispetto all'ordine del processo incerto. In questo secondo caso, il predittore ad un singolo passo, essendo di ordine ridotto, è solo un'approssimazione di quello di ordine pieno, e, se usato, ignorandone l'approssimazione, per calcolare per via analitica i predittori a passi successivi, causa tipicamente una propagazione degli errori d'approssimazione sull'evoluzione a più passi del processo incerto. Ne segue che, in presenza di dinamiche non modellate, il calcolo del guadagno di retroazione LQG sulla base della conoscenza di un predittore ad un singolo passo ed identificato da dati sperimentali, può portare a destabilizzare il sistema controllato ad anello chiuso. Nell'algoritmo MUSMAR la difficoltà è aggirata, evitando di estrapolare per via analitica l'evoluzione a partire da singolo predittore identificato, ma, al contrario, la si calcola facendo uso di predittori a più passi, ciascun predittore venendo identificato separatamente dai rimanenti.

Tale modalità di funzionamento consente di dimostrare che, se per il processo LTI esiste un guadagno di retroazione stabilizzante dell'ordine ridotto desiderato (e per il quale il MUSMAR è predisposto dall'operatore), allora i possibili guadagni di retroazione di convergenza sono quelli che forniscono un minimo locale dell'indice di prestazione LQG. Questo risultato, sebbene non assicuri la convergenza, ma, al contrario, la presuma, ha comunque il merito di indicare costruttivamente come assicurare desiderabili proprietà di robustezza mediante l'adozione nell'identificazione del processo incerto di una molteplicità di modelli dinamici appropriati, quali i multi-predittori.

Nel 'Controllo LQG ad Auto-Sintonia con Identificatore a Dati Filtrati', l'obiettivo è simile a quello del MUSMAR, sebbene tra i due algoritmi si riscontrino significative differenze. La principale è che nel primo di essi la 'robustificazione' rispetto a dinamiche non modellate è ottenuta, non con l'uso di multi-predittori come nel MUSMAR, ma, al contrario, attraverso la stima iterativa di un filtro in frequenza attraverso cui i dati sperimentali dal processo incerto vanno fatti transitare prima di essere inviati all'identificatore del modello di ordine ridotto. L'azione del filtro tende a conferire quantitativamente maggiore importanza agli errori di predizione, tra processo incerto controllato e modello identificato a complessità ridotta, alle frequenze più critiche per la stabilità del sistema ad anello chiuso. Pur essendo stati riportati promettenti risultati applicativi, sembrano tuttora mancare per questo algoritmo, ed altri similari, risultati analitici di convergenza.

Al termine degli anni ottanta, inizio novanta, un'ulteriore tipologia di algoritmi di controllo adattativo venne aggiunta alle preesistenti: quella del 'Controllo Adattativo a Commutazione con Supervisor' (CACS)<sup>2</sup>, un approccio questo che avrebbe poi attratto un interesse crescente nell'accademia e costituito la cornice per fecondi sviluppi successivi. L'approccio al controllo adattativo adottato tradizionalmente aveva considerato un insieme di incertezza di natura continua, e.g., processi LTI con parametri incogniti appartenenti a sottoinsiemi continui di spazi vettoriali, ed incorporato identificatori che stimano da dati sperimentali l'elemento in tale insieme che descrive al meglio il processo incognito. La prima versione trattata in letteratura del CACS ipotizza, al contrario, che il processo incognito coincida con un elemento di una famiglia  $M$  finita di  $N$  elementi  $m_i$ ,  $i = 1, 2, \dots, N$ , chiamati modelli di sistemi dinamici LTI. Ad ogni elemento  $m_i$  è associata un'unità di controllo  $c_i$ , chiamata unità di controllo in sintonia con  $m_i$ . La costruzione di ciascun  $c_i$  avviene facendo sì che  $m_i$ , controllato in retroazione da  $c_i$ , abbia un comportamento desiderabile. In contrasto con quanto avviene nel controllo adattativo tradizionale ove la legge di controllo da applicare è calcolata in-linea, nel controllo adattativo a commutazione, ogni  $c_i$  è pre-calcolato, dipendendo soltanto da  $m_i$  che è pure selezionato in base all'informazione a priori sul processo incerto a disposizione del progettista. Ad un'unità,

<sup>1</sup> E. Mosca, *Optimal, Predictive, and Adaptive Control*, Prentice Hall, Hoboken, NJ, 1995.

<sup>2</sup> A. S. Morse, *Supervisory control of families of linear set-point controllers, Part 2: robustness*, «IEEE Trans. Automat. Control», vol. 42, 1997, pp. 1500-1515.

chiamata ‘supervisore’, è affidato poi il compito di selezionare ad ogni istante  $t$  il modello  $m_{i(t)}$  meglio approssimante il comportamento del processo registrato fino a  $t$ , e commutare istantaneamente nell’anello di retroazione il corrispondente controllore in sintonia  $c_{i(t)}$ . L’insieme di incertezza a priori è qui dunque un insieme finito, in contrasto con quanto considerato precedentemente. Il fatto che il processo incognito coincida con uno dei modelli in  $M$ , equivale in sostanza ad una condizione di assenza di dinamiche non modellate, condizione che, come già commentato precedentemente, rende meno complicata un’analisi di convergenza. Nessuna sorpresa, dunque, se, subordinatamente a tale condizione, si possa dimostrare che questa prima versione del CACS converga con errore di inseguimento nullo per riferimenti di tipo predicibile. Tuttavia, tale proprietà si estende al caso di dinamiche non modellate solo se esse risultano di piccola entità. Ne consegue, pertanto, che, qualora l’insieme  $M$  non contenga un elemento che descriva esattamente il processo incognito (come nel caso di modelli  $m_i$  solo approssimanti il processo), l’uso della prima versione del CACS possa divenire un azzardo, non potendo escludersi fenomeni di instabilità del sistema di controllo ad anello chiuso. A causa di tale situazione, i vantaggi della prima versione del CACS, rivendicati dai suoi estimatori, consistettero essenzialmente in una sua presunta più pronta risposta e più contenuti transitori nella fase di avvio rispetto agli algoritmi di controllo adattativo tradizionale, subordinatamente al verificarsi della convergenza.

Un rilassamento significativo delle condizioni che assicurano la validità della proprietà di convergenza venne a realizzarsi con un innovativo approccio al CACS, denominato ‘Controllo Adattativo a Commutazione Non-Falsificato’ (CACS-NF), introdotto e sviluppato alla fine degli anni novanta – inizio secolo XXI da Michael Safonov<sup>1</sup>. Nel CACS-NF non sono presenti i modelli  $m_i$ , ma solo un numero finito  $N$  di unità di controllo candidate  $c_i$ ,  $i = 1, 2, \dots, N$ . Il supervisore è, come nel CACS prima versione, responsabile della selezione ad ogni istante di tempo  $t$  dell’unità di controllo  $c_{i(t)}$  da commutare in retroazione al processo incognito. L’innovazione principale dell’approccio CACS-NF risiede nel criterio in base al quale avviene la selezione. Al fine di facilitarne la descrizione, si suppongano di qui in poi tutti i dati campionati nel tempo, e si indichi con  $(P/c_i)$  il sistema di controllo costituito dal processo  $P$  controllato in retroazione da  $c_i$ . Per ciascun indice  $i$ ,  $i = 1, 2, \dots, N$ , è introdotta una variabile fittizia, indicata qui di seguito come  $r_i$  e denominata  $i$ -esimo ‘riferimento virtuale’. Tale variabile è definita come quel segnale di riferimento ipotetico che, se applicato all’anello di retroazione  $(P/c_i)$ , riprodurrebbe le medesime variabili di ingresso  $u$  e di uscita  $y$  del processo, ottenute nel corso del suo effettivo funzionamento, qualunque sia stata la successione delle commutazioni passate. È quindi calcolata la somma dell’energia dell’ipotetico errore di inseguimento  $(y - r_i)$  per l’anello  $(P/c_i)$  pilotato dal riferimento virtuale  $r_i$ , e dell’energia dell’ingresso  $u$ , divisa per l’energia di  $r_i$ ,

$$(J_i)(q) = [||y - r_i||^q + ||u^q||^2] / ||r_i^q||^2$$

energie tutte valutate fino all’istante di tempo corrente  $q$ . Qui,  $||\cdot||$  denota la norma  $L^2$ , e l’apice  $q$  il troncamento di una successione temporale all’istante di tempo  $q$ . Il massimo del funzionale  $J_i$  rispetto a tutti gli  $r_i$  di energia finita, fornirebbe un indice di prestazione o, più precisamente il guadagno in norma  $||H||_{inf}$  dell’anello di retroazione  $(P/c_i)$ : minore il suo valore, maggiore la prestazione conseguita dal controllore candidato  $c_i$ . Il CACS-NF non disponendo del suddetto massimo perché le  $r_i$  a sua disposizione sono solo quelle fornite dai dati sperimentali, adotta, come indice  $i$ -esimo di prestazione all’istante di tempo  $t$ , il valore massimo  $(L_i)(t)$  assunto da  $J_i$  fino all’istante di tempo  $t-1$

$$(L_i)(t) = \max [(J_i)(q) \mid q = 1, 2, \dots, t-1]$$

dove si è indicato con  $q = 1$  l’istante di tempo iniziale. Detto  $s(t)$  l’indice del controllore connesso in retroazione al processo al generico istante di tempo  $t$ , il CACS-NF, seleziona l’indice del controllore da inserire in retroazione al processo  $P$  in accordo al criterio

$$s(t-1), \text{ se } (L_{s(t-1)})(t), \text{ se } h \text{ è inferiore a } s^{\wedge}(t)$$

$$s(t) = s^{\wedge}(t) = \arg \min [(L_i)(t) \mid i = 1, 2, \dots, N], \text{ altrimenti}$$

Il reale positivo  $h$ , piccolo a piacere, è detto costante di isteresi, ed il criterio illustrato logica di commutazione con isteresi. Il fatto che i funzionali  $(L_i)(\cdot)$ , per effetto dell’operatore di massimo rispetto al tempo, siano tutti

<sup>1</sup> G. Safonov, T. C. Tsao, *The unfalsified control concept and learning*, «IEEE Trans. Automat. Control», vol. 42, 1997, pp. 843-847.



monotoni non decrescenti, e qualora tra gli  $N$  controllori candidati ce ne sia almeno uno stabilizzante il processo incerto  $P$  (e conseguentemente almeno uno dei suddetti funzionali sia limitato), porta a concludere che il CACS-NF termina le commutazioni in tempo finito (su un controllore che dicesi non-falsificato) e che il sistema controllato adattativamente risulta stabile, subordinatamente all'ipotesi di risolubilità del problema (esistenza di almeno un controllore candidato stabilizzante il processo). La dimostrazione di tale asserzione risulta essere diretta ed agevole. Comunque, assai meno onerosa di dimostrazioni di convergenza più limitative, proprie del controllo adattativo classico di tipo continuo. Ma di maggiore rilevanza è il fatto che con il CACS-NF le proprietà dimostrate abbiano colmato finalmente il divario di durata almeno quarantennale tra le irrinunciabili aspettative di affidabilità che erano attese dal controllo adattativo, e la frustrazione dovuta ai condizionamenti restrittivi derivanti da ipotesi troppo limitative per consentirne un impiego sicuro nelle applicazioni pratiche.

Una duplice critica può tuttavia ancora essere mossa al CACS-NF: 1) la sua tendenza ad esibire transitori alquanto pronunciati prima di pervenire a commutare in retroazione al processo l'unità di controllo finale, e: 2) inabilità a gestire processi tempo-varianti, inabilità questa causata dalle richieste condizioni di stazionarietà implicate dall'ipotesi di convergenza dei funzionali di test per la commutazione.

Il caso volle che nella tarda primavera del 2005 chi scrive si trovasse, assieme ad altri colleghi, a tenere alcuni seminari sui recenti sviluppi del controllo automatico, seminari che vennero ripetuti in tre diversi centri di ricerca europei. Tra i suddetti colleghi era presente anche Safonov cui era stato chiesto di presentare il CACS-NF, essendone egli stato il principale proponente ed autore dei lavori scientifici che erano andati diffondendolo tra la comunità dei ricercatori del controllo automatico. L'esposizione di Safonov consentì, a chi l'ascoltava, un agevole accesso alla teoria fino ad allora elaborata, ed a chi scrive anche un naturale collegamento con alcune sue ricerche, da poco terminate, su problematiche similari, particolarmente focalizzate sul necessario pre-filtraggio in frequenza dei dati in schemi di controllo a commutazione in presenza di dinamiche non modellate e basati sull'uso del riferimento virtuale<sup>1</sup>. Ciò stimolò l'avvio di un'attività di ricerca che culminò infine nel superamento delle difficoltà ai punti 1)<sup>2</sup> e 2)<sup>3</sup> sopra indicati. È utile sottolineare come il superamento, cui qui si accenna, avvenga attraverso l'elaborazione di un nuovo approccio al controllo adattativo a commutazione non-falsificato, denominato MUASC (*Multimodel Adaptive Switching Control*), consistente essenzialmente: nel reintrodurre, come nella prima versione del CACS, un insieme di modelli con i quali i controllori candidati risultino in sintonia; nell'avvalersi dei risultati per il pre-filtraggio in frequenza dei dati sopracitato; e nell'usare come funzionali di test per la commutazione estensioni di quelli sopra descritti per il CACS-NF, sempre in forma di rapporti tra appropriate energie di segnali. Questo ed altri recenti risultati, realizzatisi spesso grazie ad un avanzamento della teoria reso possibile anche in virtù dei contributi diversificati originati da più gruppi di ricerca distinti, consente di giudicare positivamente l'attività di ricerca svolta nell'ultimo quarantennio sul tema del controllo adattativo, e guardare con fiducia al consolidarsi di un uso della teoria in quelle applicazioni pratiche ove i processi da controllare risultano tipicamente incerti e tempo-varianti.

Chi scrive vuole infine esprimere la sua gratitudine ai tanti che, con il loro lavoro scientifico, lo hanno indotto ad indirizzare il proprio interesse su un tema così rilevante dell'ingegneria dell'automazione quale quello del controllo adattativo: gratitudine che parimenti avverte di dover estendere ai numerosi allievi con i quali ha condiviso il piacere di intense e fruttuose ricerche, in tempi in cui un diffuso convincimento che ciò realizzasse genuinamente la formazione universitaria, stimolava il conseguente reciproco necessario impegno accademico.

<sup>1</sup> E. Mosca, T. Agnoloni, *Inference of candidate loop performance and data filtering for switching supervisory control*, «Automatica», vol. 37, 2001, pp. 527-534.

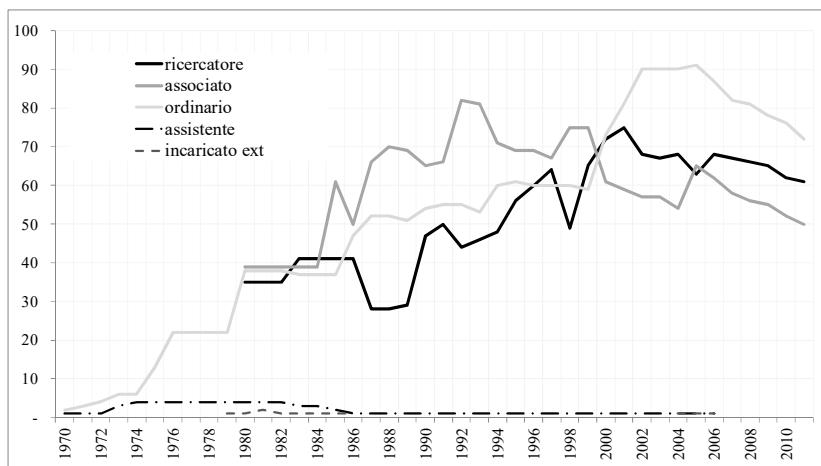
<sup>2</sup> S. Baldi, G. Battistelli, E. Mosca, P. Tesi, *Multi-model unfalsified adaptive switching supervisory control*, «Automatica», vol. 46, 2010, pp. 249-259.

<sup>3</sup> G. Battistelli, J. Hespanha, E. Mosca, P. Tesi, *Model-free adaptive switching control of time-varying plants*, «IEEE Trans. Automat. Control», vol. 58, 2013, pp. 1208-1220.

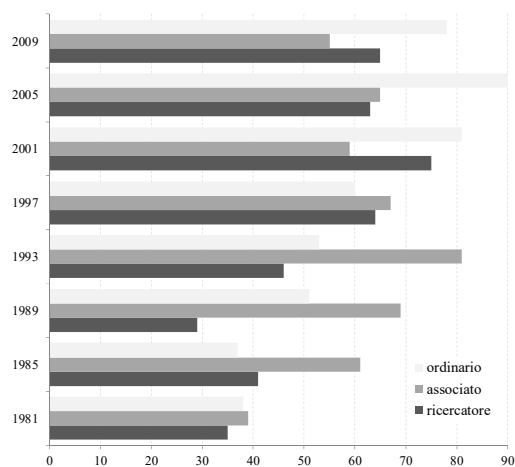
## I DOCENTI DELLA FACOLTÀ

In questa sezione si riportano alcuni dati relativi al corpo docente della Facoltà di Ingegneria dell'Università di Firenze. In particolare, per il periodo che va dalla nascita della Facoltà ad oggi, sono stati raccolti i dati sull'andamento temporale della consistenza del corpo docente e sulla sua distribuzione per alcuni anni di *benchmark*, distinguendo fra ricercatori, professori associati, e professori ordinari.

Nella Tabella I è infine riportato, in ordine alfabetico, l'elenco di tutti i docenti di prima fascia che hanno insegnato presso la Facoltà, specificandone, con riferimento all'attuale denominazione, il relativo settore scientifico disciplinare (SSD) di appartenenza.



Andamento temporale della consistenza del corpo docente della Facoltà di Ingegneria dell'Università di Firenze dalla nascita della Facoltà ad oggi.



Distribuzione del corpo docente della Facoltà di Ingegneria per alcuni anni *benchmark*.

*Tabella I – I docenti di prima fascia della Facoltà di Ingegneria dell'Università di Firenze, con relativo settore scientifico disciplinare (SSD) di appartenenza (riferimento all'attuale denominazione).*

<b>Cognome</b>	<b>Nome</b>	<b>SSD – Settore Scientifico Disciplinare</b>
Allotta	Benedetto	Meccanica Applicata alle Macchine
Aminti	Pier Luigi	Costruzioni Idrauliche e Marittime e Idrologia
Angotti	Franco	Scienza delle Costruzioni
Anichini	Giuseppe	Analisi Matematica
Arnone	Andrea	Sistemi per l'Energia e l'Ambiente
Atzeni	Carlo	Elettronica
Augusti	Giuliano	Scienza delle Costruzioni
Bacci	Tiberio	Scienza e Tecnologia dei Materiali
Bandelloni	Martino	Ingegneria Economico-Gestionale
Barbuti	Ugo	Analisi Matematica
Bartoli	Lando	Architettura Tecnica
Becchi	Ignazio	Costruzioni Idrauliche e Marittime e Idrologia
Belleni Morante	Aldo	Meccanica Razionale
Benelli	Cristiano	Fondamenti Chimici delle Tecnologie
Bianchini	Roberto	Chimica Organica
Biffi Gentili	Guido	Campi Elettromagnetici
Borchi	Emilio	Fisica Generale
Borri	Claudio	Scienza delle Costruzioni
Bucci	Giacomo	Sistemi di Elaborazione delle Informazioni
Calamia	Mario	Campi Elettromagnetici
Caparrini	Pietro	Tecnologie Meccaniche
Capitani	Renzo	Progettazione Meccanica e Costruzione di Macchine
Cappellini	Vito	Telecomunicazioni
Carfagni	Monica	Disegno e Metodi dell'Ingegneria Industriale
Carnevale	Ennio Antonio	Sistemi per l'Energia e l'Ambiente
Castelli	Fabio	Costruzioni Idrauliche e Marittime e Idrologia
Catelani	Marcantonio	Misure Elettriche e Elettroniche
Cecchi	Mariella	Analisi Matematica
Chiarugi	Andrea	Tecnica delle Costruzioni
Chisci	Luigi	Automatica
Citti	Paolo	Costruzioni di Macchine
Ciuffi	Renzo	Costruzioni di Materiale Ferroviario
Colombo	Giuseppe	Ingegneria Economico-Gestionale
Corvi	Andrea	Bioingegneria Industriale

Tabella – (continuazione).

<b>Cognome</b>	<b>Nome</b>	<b>SSD – Settore Scientifico Disciplinare</b>
Dapporto	Paolo	Chimica
De Bartolomeis	Paolo	Geometria
De Lucia	Maurizio	Sistemi per l’Energia e l’Ambiente
De Plaisant	Uga	Disegno
Del Bimbo	Alberto	Sistemi di Elaborazione delle Informazioni
Del Puglia	Aldo	Costruzioni di Macchine
Del Re	Enrico	Telecomunicazioni
Del Taglia	Andrea	Tecnologie Meccaniche
Domenichini	Lorenzo	Costruzioni di Strade, Ferrovie ed Aeroporti
Fantacci	Romano	Telecomunicazioni
Fantechi	Alessandro	Sistemi di Elaborazione delle Informazioni
Federici	Giorgio Valentino	Costruzioni Idrauliche e Marittime e Idrologia
Finzi Contini	Giovanni	Geofisica Applicata
Fondelli	Mario	Topografia e Cartografia
Fontanella	Ferruccio	Calcolo Numerico
Franchetti	Simone	Analisi Matematica
Francini	Giuseppe	Elettronica Applicata
Frasconi	Paolo	Sistemi di Elaborazione delle Informazioni
Frosali	Giovanni	Fisica Matematica
Furi	Massimo	Analisi Matematica
Genesio	Roberto	Automatica
Giaquinta	Mariano	Analisi Matematica
Giovannetti	Giorgia	Economia Politica
Giuli	Dino	Telecomunicazioni
Grazzini	Giuseppe	Fisica Tecnica Industriale
Iuculano	Gaetano	Misure Elettriche e Eletttroniche
Johnson	Russell Allan	Analisi Matematica
Lancieri	Fausto	Costruzioni di Strade, Ferrovie ed Aeroporti
Landucci	Mario	Geometria
Liberatore	Antonino	Elettrotecnica
Lisini	GiovanguAlberto	Meccanica Applicata alle Macchine

Tabella – (continuazione).

<b>Cognome</b>	<b>Nome</b>	<b>SSD – Settore Scientifico Disciplinare</b>
Macconi	Maria	Analisi Numerica
Manes	Gianfranco	Elettronica
Manetti	Stefano	Elettrotecnica
Manfrida	Giampaolo	Macchine a Fluido
Mani	Fabrizio	Chimica
Marchesi	Carlo	Tecnologie Meccaniche
Marini	Mauro	Analisi Matematica
Marsili Libelli	Stefano	Automatica
Martelli	Francesco	Macchine a Fluido
Masotti	Leonardo	Elettronica
Modica	Giuseppe	Analisi Matematica
Modugno	Marco	Fisica Matematica
Montefusco	Luigi	Idraulica
Morandi	Rossana	Analisi Numerica
Mosca	Edoardo	Automatica
Nerli	Giovanni	Progettazione Meccanica e Costruzione di Macchine
Nesi	Paolo	Sistemi di Elaborazione delle Informazioni
Nuti	Franco	Architettura Tecnica
Paris	Enio	Idraulica
Pelosi	Giuseppe	Campi Elettromagnetici
Pera	Maria Patrizia	Analisi Matematica
Perdichizzi	Antonio	Sistemi Energetici
Pradelli	Giorgio	Chimica Applicata
Quilghini	Demore	Meccanica Razionale
Raspolini	Rodolfo	Composizione Architettonica e Urbana
Reale	Sergio	Progettazione Meccanica e Costruzione di Macchine
Righini	Roberto	Chimica Fisica
Rissone	Paolo	Disegno e Metodi Dell'ingegneria Industriale
Ruffo	Stefano	Fisica della Materia
Ruggiero	Marco	Biologia Molecolare

Tabella I – (continuazione).

<b>Cognome</b>	<b>Nome</b>	<b>SSD – Settore Scientifico Disciplinare</b>
Sacerdote	Fausto	Topografia e Cartografia
Sampoli	Marco	Fisica Sperimentale
Santoro	Paolo	Matematica Applicata
Schoen	Fabio	Ricerca Operativa
Selleri	Fabio	Scienza delle Costruzioni
Sirini	Piero	Ingegneria Sanitaria-Ambientale
Soda	Giovanni	Informatica
Spinelli	Paolo	Tecnica delle Costruzioni
Stecco	Sergio	Macchine
Stefani	Gianna	Analisi Matematica
Tesi	Alberto	Automatica
Tiberlo	Roberto	Campi Elettromagnetici
Toni	Paolo	Meccanica Applicata alle Macchine
Tortoli	Piero	Elettronica
Toth	Paolo	Ricerca Operativa
Tucci	Mario	Impianti Industriali Meccanici
Valli	Guido	Bioingegneria Elettronica e Informatica
Vannucchi	Giovanni	Geotecnica
Vezzosi	Gabriele	Geometria
Vicario	Enrico	Sistemi di Elaborazione delle Informazioni
Vignoli	Andrea	Scienza delle Costruzioni
Villari	Gaetano	Analisi Matematica
Viviani	Alessandro	Statistica Economica
Zanini	Antonio	Misure Elettriche ed Elettroniche
Zappa	Giovanni	Ricerca Operativa
Zecca	Pietro	Analisi Matematica
Zoccoli	Filippo	Costruzioni Idrauliche
Zoeggeler	Oswald	Composizione Architettonica e Urbana
Zompì	Antonio	Tecnologie Meccaniche



## TRA GLI EX-STUDENTI

Come già illustrato nella sezione di questo libro *L'offerta didattica della Facoltà di Ingegneria*, nel 1970 l'articolazione della didattica prevedeva un biennio propedeutico con insegnamenti di base, a cui si aggiunse un triennio di applicazione distinto per i diversi corsi di laurea.

In particolare, nell'anno accademico 1970-71 vennero attivati il triennio di Ingegneria Elettronica, con indirizzi in telecomunicazioni, elaborazione dell'informazione e radio localizzazione, ed il triennio di Ingegneria Meccanica, con indirizzi in meccanica di precisione e meccanica tessile. Nell'anno accademico 1971-72 venne attivato il corso di laurea in Ingegneria civile, con insegnamenti diversificati per le tre sezioni edile, idraulica e trasporti.

Nelle due figure che seguono sono riprodotte parzialmente le prime pagine dei registri di presidenza della Facoltà relative all'elenco dei primi quindici laureati della Facoltà di ingegneria di Firenze. In particolare i primi laureati rispettivamente in Ingegneria meccanica, elettronica e civile sono stati:

- Elio Papini, laurea in Ingegneria meccanica conseguita il 10 giugno 1974, argomento della tesi *Studio sui moti di brutage di una locomotiva a tre assi* [relatore prof. ing. Vinicio Brandani]
- Tonino Turchetti, laurea in Ingegneria meccanica conseguita il 10 giugno 1974, argomento della tesi *Progetto di carro ferroviario a 40 assi per trasporti speciali autoportanti* [relatore prof. ing. Franco Fedele]
- Stefano Moscarelli, laurea in Ingegneria elettronica conseguita il 12 aprile 1975, argomento della tesi *Programmazione ed uso dell'elaboratore elettronico per acquisizione, elaborazione ed emissione di segnali vocali* [relatore: prof. Giuseppe Francini]
- Paolo Spinelli, laurea in Ingegneria civile (sezione edile) conseguita il 12 aprile 1975, argomento della tesi *Tensostrutture: indagine teorica e progetto per la copertura di una piscina olimpionica* [relatore: prof. Giuliano Augusti]

La prima donna laureata presso la Facoltà di Ingegneria di Firenze è Concetta Lombardi, laureata il 28/07/1975 in Ingegneria Elettronica con il prof. Leonardo Masotti. Soltanto due anni più tardi si laurea la seconda donna, Patrizia Failli, laureata il 14/03/1977 in Ingegneria Elettronica con il prof. Giorgio Sacerdoti. Infine tra tutti i laureati presso la Facoltà di Ingegneria dell'Ateneo Fiorentino che hanno avuto successo sia in campo professionale che accademico vogliamo poi ricordare in particolare Alberto Tesi (laurea in Ingegneria Elettronica, 1984) che è stato Rettore dell'Università di Firenze dal 2009-10 al 2014-15 e Alessandra Petrucci (laurea in Ingegneria Civile, sezione Idraulica, 1988) eletta alla carica di Rettore del nostro Ateneo. 2021-22 fino al 2027-28.



N. DEL DIPLOMA E DATA DEL RILASCIO	COGNOME E NOME	LAUREA O DIPLOMA E DATA DI CONSEGUIMENTO	ARGOMENTO DELLA TESI	RELATORE
1 12 GIU. 1974	73-74 PAPINI ELIO	ING. MECCANICA 10.1.74	Studio sui moti di 'brutage' di una locomotiva a tre assi.	Prof. Ing. Vinicio Brandani
2 12 GIU. 1974	TURCHETTI TONINO	ING. MECCANICA 10.1.74	Progetto di carro ferroviario a 40 assi per trasporti speciali autoportanti	Prof. Ing. Franco Fedele
3 23 LUG. 1974	BATI PIER LUIGI	ING. MECCANICA 27.6.74	Progetto di un carro ferroviario per trasporto autoportanti da effettuarsi con treno a consistenza bloccata	Prof. Ing. Franco Fedele
4 23 LUG. 1974	DORIN MARIO	ING. MECCANICA 27.6.74	Progetto di un carro ferroviario frigorifero a conelli	Prof. Ing. Eusebio Guisti
5 23 LUG. 1974	FIGIORESE RENATO	ING. MECCANICA 27.6.74	Unione dell'usina dell'utensile in tornitura con calcolatore di processo	Prof. Ing. Raffaele Bedini

I primi laureati della Facoltà di Ingegneria di Firenze, riportato nella prima pagina del registro di presidenza relativo all'elenco dei laureati, sono Elio Papini, con argomento della tesi *Studio sui moti di brutage di una locomotiva a tre assi* (relatore prof. ing. Vinicio Brandani), e Tonino Turchetti, con una tesi dal titolo *Progetto di carro ferroviario a 40 assi per trasporti speciali autoportanti* (relatore prof. ing. Franco Fedele). Ambedue laureati in ingegneria meccanica il 10 giugno 1974.

N. DEL DIPLOMA E DATA DEL RILASCIO	COGNOME E NOME	LAUREA O DIPLOMA E DATA DI CONSEGUIMENTO	ARGOMENTO DELLA TESI	RELATORE
14 MAG 1975	PIANIGIANI ADRIO	ING. MECCANICA 19-12-74	Prove di fatica ector su strutture tubolari: progetto torsionale, montaggio e lavoro a punto delle relative attrezzature	Prof. Ing. G. Corli
14 MAG 1975	MOSCARELLI STEFANO	ING. ELETTRONICA 12-4-75	Programmazione ed uso dell'elaboratore elettronico per acquisizione, elaborazione ed emissione di segnali vocali -	Prof. Francini Giuseppe
14 MAG 1975	SPINELLI PAOLO	ING. CIVILE SEZ. EDILE 12-4-75	Tensostrutture: Indagine teorica e progetto per la copertura di una piscina olimpionica -	Prof. Giuliano Augusti
14 MAG 1975	VIGNOLI ANDREA	ING. CIVILE SEZ. EDILE 12-4-75	Studio per un ponte stellato autotestabile -	Prof. Giuliano Augusti
14 MAG 1975	DE RENZIS GIANCARLO	ING. CIVILE (SEZ. EDILE) 12-4-75	Viadotto in cemento armato precompresso	Prof. Ing. A. Chiarugi

Il primo laureato in Ingegneria Elettronica, riportato nella terza pagina del registro di presidenza relativo all'elenco dei laureati, è Stefano Moscarelli, laureato il 12 aprile 1975 con argomento di tesi *Programmazione ed uso dell'elaboratore elettronico per acquisizione, elaborazione ed emissione di segnali vocali* (relatore: prof. Giuseppe Francini). Nella stessa pagina del registro compare anche il primo laureato in Ingegneria Civile (sezione edile), Paolo Spinelli, laureato il 12 aprile 1975 con argomento di tesi *Tensostrutture: indagine teorica e progetto per la copertura di una piscina olimpionica* (relatore: prof. Giuliano Augusti).

## I primi due ingegneri

La giovane facoltà di ingegneria dell'università di Firenze ha concesso ieri le prime due lauree della sua storia. I primi ingegneri « fiorentini » sono Elio Papini (a sinistra nella foto), di Figline Valdarno, e Tonino Turchetti, nato a Frosinone ma residente a Firenze. Ambedue ventiquattrenni, ambedue giunti al termine dei corsi di ingegneria meccanica. La commissione di laurea era presieduta dal preside professor Giuseppe Francini, ma relatore del Papini è stato il professor Vinicio Brandani, mentre il tema di laurea del Turchetti era curato dal professor Fedele Franco.

I problemi, attualissimi, dei trasporti ferroviari, sono stati al centro degli studi di laurea di ambedue i neo-ingegneri. Il giovane Elio Papini ha compiuto una ricerca su una locomotiva diesel idraulica, mentre il signor Turchetti ha ipotizzato la costruzione di un carro ferroviario a quaranta assi per trasporti eccezionali. Tutti e due devono ancora affrontare il servizio di leva, e il Turchetti, che è già sposato, parte già oggi per affrontare a Bologna il concorso per allievi ufficiali. Della facoltà che hanno frequentato i due giovani ingegneri si dichiarano molto soddisfatti, giacché è stato



loro assai utile la presenza del nuovo impianto scientifico nell'ambiente culturale fiorentino: continueranno ambedue a frequentare, esercito permettendolo, per arrivare al più presto all'abilitazione professionale.

Articolo dal titolo *I primi due ingegneri*, apparso sul giornale «La Nazione» dell'11 gennaio 1974.

29lug1975	LOMBARDI CONCETTA	ING. ELETTRONICA 28.7.75	Constituzione del canale biologico nell'epifisiq divisa ad ultrasuoni	Prof. Leo Masotti secondo
14 MAR 1977	169 FAILLI Patrizia	ING. ELETTRONICA 15. 12. 1976	Qualità di una divisione ottica linea di degense. Criteri di valu torica delle qualità del suono - diagnostico e terapeutico in una applicato -	Prof. G. Sacerdoti

Le prime due donne laureate presso la Facoltà di Ingegneria di Firenze sono Concetta Lombardi, laureata il 28/07/1975 in Ingegneria Elettronica con il prof. Leonardo Masotti, e Patrizia Failli, laureata il 14/03/1977 in Ingegneria Elettronica con il prof. Giorgio Sacerdoti.

# ASSOCIAZIONE DEGLI ALUMNI DELLA SCUOLA DI INGEGNERIA IN SANTA MARTA\*

*Franco Angotti*

Dopo 50 anni dall'apertura a Firenze di una Facoltà di Ingegneria rimane sempre viva l'idea di dare finalmente una veste più attraente all'Associazione degli Alumni di ingegneria in Santa Marta che è stata fondata 10 anni fa e cioè in occasione dei 40 anni della Facoltà.

Come è ben noto le Associazioni degli Alumni sono nate e si sono affermate negli anni soprattutto nel mondo anglosassone dove una lunga esperienza, nel campo dell'ingegneria, ha evidenziato la loro importanza sia per le opportunità di lavoro che si offrono ai laureati sia per una indiretta valutazione della adeguatezza del percorso di laurea offerto dalla Scuola, sia per le fruttuose relazioni che si vengono a stabilire tra ricerca e industria.

Gli *alumni* delle Università e College anglosassoni, istituzioni elitarie, tendevano a restare in contatto dopo la laurea, e quindi, nel tempo, nacque l'idea di costituirsi in associazione. Questo soprattutto per le scuole, i college e le Università private, quindi più esclusive. Le più antiche sembrano essere

- *Williams Alumni* – la più antica degli Stati Uniti, forse del mondo, raccoglie gli ex-alumni del Williams College, Università privata di Williamstown nel Massachusetts, fondata nel 1793.
- *La Franklin & Marshall College Alumni Association* – fondata dagli studenti dell'omonimo College a Lancaster, in Pennsylvania nel 1840.
- *Harvard Alumni Association* dell'Università di Harvard, Pennsylvania, sempre del 1840
- *The Watt Club* – la più antica del Regno Unito, fondata nel 1854, legata alla Herriot-Watt University di Edimburgo, Scozia.
- *Société des Ingénieurs Arts et Métiers* – la più antica di Francia, fondata nel 1846, che raccoglie gli allievi dell'École nationale supérieure d'arts et métiers, oggi École Arts et Métiers. Parigi, Francia.

In Italia associazioni simili sono molto più recenti. Il Politecnico di Torino vanta un'associazione Alumni fondata nel 1908. L'Associazione Villa Favard della Scuola di Economia dell'Università di Firenze nasce dal desiderio di riunirsi di alcuni studenti che hanno frequentato l'università e si sono laureati nel 1952. L'Associazione ex Allievi del Sant'Anna della Scuola Superiore Sant'Anna di Pisa nata nel 1987, fondendo le associazioni dell'ex Collegio Medico-Giuridico e dell'ex Collegio Pacinotti. Le altre sono tutte molto più recenti, ad esempio la Scuola Normale di Pisa ne ha una solo dal 1995, l'Università di Padova dal 2015, tantissime non riportano sui propri siti la data di fondazione.

Esiste pertanto una ampia possibilità di ispirazione anche per la nostra Associazione. Occorre tuttavia riconoscere che in questi 10 anni di vita l'Associazione non ha avuto l'attrattiva attesa sia da parte dei laureati da molti anni sia dai neo laureati verso i quali si era principalmente puntato e ciò per diversi motivi.

L'Associazione avrebbe dovuto stimolare i nostri laureati, antichi e recenti, a ristabilire un contatto con il corpo docente con l'obiettivo prioritario di mantenere aperto un canale di aggiornamento professionale sempre più necessario oggi vista della velocità con cui le conoscenze nei campi professionali specifici divengono presto obsolete.

Ci è sembrato che per questo aspetto sarebbe stato evidentemente necessario favorire un luogo di incontro fra professionisti affermati, leader negli specifici ambiti, professionisti più giovani che avvertono l'esigenza di un aggiornamento e docenti della Scuola. Si trattava quindi di organizzare essenzialmente, ma non solo, seminari di aggiornamento professionale con il rilascio di crediti professionali come richiesto dall'Ordine degli Ingegneri.

L'Associazione degli Alumni avrebbe dovuto quindi svolgere questo importante ruolo.

---

\* Contributo introdotto in questa seconda edizione.

Oltre a ciò l'Associazione avrebbe dovuto attrarre nostri laureati che ricoprono importanti ruoli in settori industriali di importanza strategica per favorire un incontro tra docenti, dottori di ricerca, neo ricercatori e studenti prossimi alla laurea per orientare le scelte degli argomenti delle tesi di laurea e di dottorato. Insomma l'Associazione avrebbe dovuto creare un ponte di collegamento tra formazione universitaria, mondo dell'industria ed Enti territoriali per fornire così anche un valido contributo all'orientamento nel mercato del lavoro.

Infine gli Alumni avrebbero dovuto partecipare agli eventi più importanti organizzati dalla Scuola e dai Dipartimenti.

Devo tuttavia riconoscere che non siamo stati in grado di far comprendere bene l'importanza di questo nuovo ruolo della Scuola, già Facoltà di Ingegneria, ai colleghi, specie a quelli che sono più impegnati come relatori di tesi di laurea e di dottorato e a quelli comunque più vicini al mondo professionale.

L'occasione delle celebrazioni dei 50 anni può essere utile per rilanciare la proposta dell'Associazione degli Alumni partita 10 anni fa con un programma che andrà attentamente elaborato, ispirandoci ai precedenti storici su elencati e partendo dal coinvolgimento dei docenti della Scuola, accogliendo suggerimenti, idee e soprattutto verificando un loro reale riconoscimento ed interesse alla utilità dell'Associazione.

Tutto ciò del resto è ben descritto nello Statuto della Associazione dove si ribadisce l'importanza di stabilire e mantenere relazioni fra gli studenti, i laureati e i docenti della Scuola.

La strada da percorrere per rilanciare lo sviluppo dell'associazione è stata brevemente indicata. Sta ora a noi tutti, Scuola, Dipartimenti e tutto il corpo docente crederci e quindi adoperarsi per raggiungere gli ambiziosi obiettivi indicati. È questo l'augurio che faccio.



Uno scorcio della Biblioteca della Scuola di Ingegneria dell'Università di Firenze. La sede dell'Associazione Alumni è all'interno del complesso di Santa Marta



Palazzo Favard, già sede della Facoltà di Economia dell'Università di Firenze e sede storica dell'Associazione Villa Favard, associazione dei laureati ('alumni') della Scuola di Economia dell'Università di Firenze.



Il logo dell'Associazione Alumni della Scuola di Ingegneria in Santa Marta



## POSTFAZIONE DELLA PRIMA EDIZIONE

*Stefano Manetti*

Preside della Facoltà di Ingegneria dell'Università di Firenze (dal 2008-09 al 2011-12)

Nei primi mesi dell'anno 2013 la Facoltà di Ingegneria cessa la sua attività. La legge 240 del 30 dicembre 2010, la cosiddetta 'riforma Gelmini', prevede, infatti, la scomparsa delle Facoltà, perlomeno nella forma in cui questo tipo di istituzione ha operato negli ultimi decenni.

In alcuni Atenei, in realtà, ci saranno ancora delle strutture denominate Facoltà ma che solo nominalmente richiameranno le precedenti istituzioni. La legge 240 prevede, all'articolo 2, comma 2, la possibilità di

[...] istituire tra più dipartimenti, raggruppati in relazione a criteri di affinità disciplinare, strutture di raccordo, comunque denominate, con funzioni di coordinamento e razionalizzazione delle attività didattiche, compresa la proposta di attivazione o soppressione di corsi di studio, e di gestione dei servizi comuni.

Alcuni Atenei hanno deciso di chiamare queste 'strutture di raccordo' Facoltà, molti altri Atenei hanno deciso di denominarle Scuole, altri ancora, in genere gli Atenei di più piccole dimensioni, di non istituirle affatto.

L'Università di Firenze, nel suo nuovo Statuto, redatto ai sensi della legge 240, è tra gli Atenei che hanno scelto di istituire le nuove strutture di raccordo e di denominarle Scuole, tenendo conto della profonda differenza che ci sarà tra queste e le precedenti Facoltà.

Nell'organizzazione universitaria precedente all'applicazione della legge 240, le Facoltà hanno ricoperto un ruolo di fondamentale importanza. In particolare i docenti universitari erano incardinati nelle Facoltà, nel senso che i professori, ordinari e associati, e i ricercatori iniziavano il loro lavoro presso un Ateneo a seguito di una 'chiamata' da parte di una Facoltà, prendevano servizio presso la Facoltà, che regolava ed organizzava la loro attività didattica e, in sostanza, gestiva la loro carriera accademica.

Per quanto riguarda la ricerca, i docenti e ricercatori afferivano, su loro richiesta, ad un dipartimento che ne organizzava e coordinava l'attività di ricerca scientifica. La legge di riforma attribuisce, invece, ai nuovi dipartimenti la responsabilità sia delle attività di ricerca che delle attività didattiche.

Con la chiusura delle Facoltà spariscono anche la figura del Preside e il Consiglio di Facoltà, due istituzioni che hanno profondamente caratterizzato la vita del sistema universitario negli ultimi decenni.

Pur nei limiti previsti dalla legge 240, nell'applicazione della riforma il nostro Ateneo ha, comunque, scelto di assegnare alle nuove Scuole un ruolo rilevante. In particolare, il nuovo Statuto, all'art. 30, dispone che «il coordinamento delle attività didattiche esercitate nei corsi di laurea, nei corsi di laurea magistrale, nelle scuole di specializzazione, nonché la gestione dei relativi servizi avviene attraverso Scuole». Si prevede inoltre l'obbligo di ogni Dipartimento di aderire ad almeno una Scuola. Il Regolamento di Ateneo delle Scuole, approvato da Senato Accademico e Consiglio di Amministrazione nell'ottobre 2012, affida alle Scuole compiti di coordinamento e di supporto all'attività didattica di fondamentale importanza per l'erogazione dell'offerta formativa dell'Ateneo.

Nella riorganizzazione conseguente all'applicazione del nuovo Statuto si è poi deciso di costituire Scuole sostanzialmente in continuità con le precedenti Facoltà. Di conseguenza, nell'area dell'Ingegneria, nasce la Scuola di Ingegneria che, perlomeno in termini di visibilità esterna, si può considerare come 'erede' della Facoltà. La Scuola di Ingegneria è costituita dai tre nuovi Dipartimenti di Ingegneria (Ingegneria dell'Informazione, Ingegneria Industriale e Ingegneria Civile e Ambientale), dal Dipartimento di Architettura e dal Dipartimento di Matematica e Informatica.

Nell'area dell'Ingegneria, la presenza di una efficiente struttura di coordinamento dell'attività didattica è senza dubbio di fondamentale importanza, basti considerare la profonda ed essenziale interdisciplinarietà



di tutti i corsi di studio in Ingegneria che richiedono l'apporto di competenze provenienti da vari Dipartimenti.

D'altra parte, la nuova Scuola di Ingegneria è chiamata a svolgere anche un ruolo molto importante in termini di visibilità e rappresentanza degli studi di Ingegneria verso l'esterno e cioè verso gli studenti, le loro famiglie e il mondo del lavoro, che erano abituati ad avere come riferimento principale la Facoltà di Ingegneria.

Sono certo che la futura Scuola di Ingegneria di Firenze saprà ricoprire questo ruolo con l'autorevolezza e l'efficienza che ha sempre caratterizzato la nostra Facoltà.

L'applicazione della legge 240, con la conseguente chiusura delle Facoltà, viene a coincidere proprio col il quarantesimo compleanno della Facoltà di Ingegneria di Firenze, e questo volume ha lo scopo di celebrare questa ricorrenza e di raccontare questi primi quaranta anni di attività.

*Firenze, 20 dicembre 2012*

# POSTFAZIONE DEL PRESIDENTE DELLA SCUOLA DI INGEGNERIA

*Alessandro Fantechi*

Presidente della Scuola di Ingegneria dell'Università di Firenze

La Scuola di Ingegneria dell'Università di Firenze nasce poco meno di 10 anni fa con la 'riforma Gelmini', che cancellando le 'Facoltà', ha affidato l'organizzazione della ricerca e della didattica ai Dipartimenti, che raggruppano tematiche di ricerca e settori scientifico disciplinari affini tra loro, e ha strutturato l'afferenza dei docenti ai Dipartimenti stessi. L'Ateneo fiorentino ha comunque ritenuto di mantenere con il nome di Scuole quelle strutture di raccordo tra Dipartimenti, con funzioni di coordinamento didattico, previste dalla stessa riforma. Le Scuole hanno in effetti ereditato dalle Facoltà le funzioni di coordinamento didattico e, per lo più, il nome. Dopo poco più di 40 anni di storia della Facoltà di Ingegneria, la Scuola di Ingegneria che ne ha preso il posto nello storico edificio di Santa Marta si avvia rapidamente verso il suo decimo anno di attività.

In questi anni la Scuola, dopo un periodo iniziale di assestamento nella nuova strutturazione, e di rafforzamento del rapporto con i Dipartimenti, ha affrontato, e sta affrontando, la riorganizzazione dei Corsi di Studio nel segno dell'innovazione didattica. I frutti più evidenti sono stati i due corsi di Laurea triennali di recente nuova istituzione, Ingegneria Gestionale e Ingegneria Biomedica, che hanno suscitato un notevole interesse, senza che gli altri Corsi di Laurea ne fossero danneggiati, facendo crescere il numero di matricole complessivo con un tasso di incremento che negli ultimi due anni ha toccato il 20% annuo. Nell'anno accademico 2021-22 vedrà poi la luce il Corso di Laurea Magistrale in Intelligenza Artificiale, in una disciplina quindi naturalmente carica di innovazione, anche se le competenze in questa disciplina erano già da tempo fortemente sviluppate tra i docenti della Scuola. Nei prossimi anni, l'innovazione riguarderà una revisione generale degli ordinamenti dei Corsi di Studio, oltre alla possibile proposta di nuovi Corsi di Studio in risposta alle emergenti esigenze della società e del mondo del lavoro.

Non possiamo poi sottacere che la Scuola di Ingegneria ha dovuto far fronte, nell'ultimo anno e mezzo, all'organizzazione della didattica a distanza imposta dalla pandemia, con un notevole sforzo organizzativo del personale docente, tecnico ed amministrativo, riuscendo a mantenere la capacità di formare gli ingegneri del futuro anche in questa epica evenienza.

La prossima sfida è, paradossalmente, proprio il ritorno alla normalità: la crescita delle matricole e il loro ritorno in presenza rischia di acuire i problemi preesistenti di disponibilità di aule in primis, ma anche di docenti e personale tecnico e amministrativo di supporto. E occorrerà rispondere alle aspettative di segno opposto ingenerate dal perdurare della didattica a distanza, tra chi, studenti e docenti, ha visto un giovamento nell'uso delle moderne tecnologie impiegate, da non abbandonare, e chi invece, ha sofferto maggiormente di una prolungata assenza dell'interazione diretta tra docente e studente, interazione fortemente formativa per la trasmissione di saperi e valori.

In effetti al momento di scrivere queste note non sappiamo ancora con quali modalità si strutturerà la didattica del futuro, ma la Scuola con i suoi docenti e il personale tecnico ed amministrativo è pronta ad affrontare questa sfida, che non è peraltro l'unica portata dalla pandemia. Infatti si percepisce nel Piano Nazionale di Ripresa e Resilienza (PNRR) una nuova centralità dell'Università e della Ricerca, e in particolar modo che le competenze ingegneristiche dovranno fornire la base per centrare gli ambiziosi obiettivi che il piano propone, soprattutto riguardo a digitalizzazione, innovazione, transizione ecologica, mobilità sostenibile. I giovani ingegneri che stiamo formando si troveranno ad essere protagonisti di questo immenso cantiere che nei prossimi anni, come il Presidente del Consiglio dei Ministri Draghi ricorda, dovrà 'consegnare alle prossime generazioni un Paese più moderno, all'interno di un'Europa più forte e solidale.' Se questo accadrà, potremo dire che anche la Scuola di Ingegneria dell'Università di Firenze avrà dato il suo contributo.

*Firenze, 3 Giugno 2021*



# POSTFAZIONE DELLA RETTRICE DELL'UNIVERSITÀ DI FIRENZE

*Alessandra Petrucci*

Rettrice dell'Università di Firenze

Salutare la pubblicazione di questo volume, dedicato ai 50 anni degli studi di Ingegneria a Firenze, è per me un'occasione particolarmente gradita e non priva di emozione, in quanto mi sento parte di questa tradizione, essendomi laureata in Ingegneria Civile-sezione Idraulica nel 1988, nemmeno 20 anni dopo la fondazione della Facoltà, che entra a pieno titolo nell'Ateneo fiorentino solo 50 anni dopo la sua nascita.

In realtà, per quanto Firenze avesse uno *Studium* già nel 1321, l'Università fiorentina nacque nel 1924, con quattro Facoltà - Filosofia e Filologia, Medicina e Chirurgia, Scienze e Giurisprudenza - che, dopo 15 anni, sarebbero diventate 10 (Farmacia, Magistero, Agraria, Economia e Commercio, Architettura e Scienze Politiche), ma, ancora per buona parte dell'Ottocento, Firenze non avvertì il bisogno di un Ateneo, perché possedeva una vivacissima rete di istituzioni culturali di natura accademica, che affondavano le loro radici nel passato lorenese della città e che sofferivano alle funzioni di una istituzione universitaria.

Se l'esperienza napoleonica introdusse l'idea di una Università di Stato, durante la Restaurazione le accademie fiorentine mantennero il loro prestigio e riuscirono a conquistare spazi crescenti di autonomia, insieme a biblioteche, società, istituti, che erano impostati, spesso, in una prospettiva eminentemente pratica.

Dal punto di vista degli studi di Ingegneria, infatti, come scrivono i Curatori di questo volume, 'alla vigilia dell'Unità d'Italia Firenze è un promettente polo di studi politecnici, grazie all'esperienza del Corpo di Ingegneri di Acque e Strade, alla precocità delle costruzioni ferroviarie, all'importanza del settore minerario, alla solidità d'impianto dell'Istituto Tecnico Toscano.'

Sono queste le circostanze che rallentano l'istituzione della Facoltà di Ingegneria: per quanto fosse già attivato, dal 1928, un biennio propedeutico nell'ambito della Facoltà di Scienze, solo agli inizi degli anni '70, infatti, l'Università degli Studi di Firenze ha potuto indirizzare in maniera energica la ricerca e l'offerta didattica sul versante tecnologico, grazie alla nascita della Facoltà.

In realtà, già nel 1850, Leopoldo II, studioso di scienze naturali e meccaniche, aveva disposto la separazione delle scuole tecniche e di arti e mestieri, fino ad allora gestite dalla cosiddetta 'terza classe' dell'Accademia di Belle Arti fiorentina, rese autonome, rinominate 'Regie Scuole tecniche' e affidate a Filippo Corridi, docente di matematica all'Università di Pisa.

La fondazione dell'Istituto Tecnico Toscano aveva, quindi, l'obiettivo di formare persone capaci di raccogliere la sfida della manifattura e della nascente industria, che richiedeva massicci interventi sul territorio: strade e canali, ponti e reti ferroviarie, porti e infrastrutture, per garantire lo sviluppo socio-economico di città e territori.

Il mercato del lavoro aveva un grandissimo bisogno di ingegneri.

In questa prospettiva, infatti, insegnamenti, laboratori e officine dell'Istituto avrebbero dovuto essere utili alla formazione 'professionale dell'industriale, dell'ingegnere meccanico, dell'ingegnere civile, del perito agrimensore, del farmacista'.

Con l'avvento del Regno d'Italia e la fondazione dell'Istituto di Studi Superiori Pratici e di Perfezionamento, ministri e funzionari si sarebbero confrontati a lungo in merito al destino di questo Istituto, non sapendo se trasformarlo in un politecnico, considerarlo un biennio finale di 'studi pratici' (come per Medicina) o legittimarlo come una scuola in cui ottenere il titolo di ingegnere senza frequentare l'Università, eludendo quanto disposto dalla legge Casati.

A fronte del potenziamento di questo organismo formativo, che vide aumentate le dotazioni e beneficiò di sostanziosi finanziamenti, l'Università di Pisa, l'Accademia di Belle Arti e i più importanti Collegi degli ingegneri e degli architetti italiani reagirono con decisione, opponendosi in vario modo all'abuso del titolo di ingegnere, ad opera dei diplomati dell'Istituto Tecnico Toscano.

Iniziò, così, la decadenza dell'Istituto, coinvolto dalla riforma delle scuole tecniche di primo Novecento, dalla Grande guerra, dalla legge Gentile e dal recupero della tradizione degli studi umanistico-letterari, mentre si spegnevano i sogni industrialisti della scienza e del progresso per i quali era stato fondato.

Per gli studi di Ingegneria, si aprirono, quindi, altri percorsi e altre vie, che necessariamente dovevano concludersi lontano da Firenze.

Nonostante questo, però, Firenze ha continuato, nel tempo, a costituire un fondamentale polo tecnologico, soprattutto per quanto riguarda le infrastrutture ferroviarie, le opere pubbliche, le industrie metalmeccaniche: basti pensare alle Fonderie del Pignone o ricordare le Officine Galileo, che ebbero origine proprio nell'Officina meccanica interna dell'Istituto Tecnico Toscano.

Questo *fil rouge* giunge fino al 1971, quando anche Firenze poté avere la Facoltà di Ingegneria, i cui Padri fondatori vollero giustamente insistere, sin dall'inizio, sul nesso con il tessuto economico e sociale caratterizzante il territorio, in un colloquio diretto e responsabile anche con le Associazioni di categoria.

Ripercorrere le tappe di questo percorso è illuminante, in quanto si percepisce in maniera tangibile l'impegno programmatico, l'ampiezza della visione, il rispetto per le relazioni e le competenze, lo sforzo formativo che ha aperto la strada ad una progressiva diversificazione dei percorsi didattici, dando spazio anche all'aspetto manageriale nella formazione professionale.

Lo studio di questi dati e l'analisi delle varie componenti degli iscritti e delle iscritte (nel 1970-71 su 920 iscrizioni, la componente femminile è di 6...) offrono una chiave di lettura di estremo interesse per quella che è la 'nostra' storia, nella quale mi sono riconosciuta con orgoglio e con forte spirito di appartenenza.

Ringrazio, quindi, i Curatori dell'opera e tutti i Colleghi e le Colleghe che hanno contribuito a questa pubblicazione: un ulteriore elemento di soddisfazione sta nel fatto che è la Firenze University Press a dar voce a questa storia, che, pur collocandosi in un contesto nazionale, è pienamente fiorentina.

*Firenze, 1 ottobre 2021*

## RINGRAZIAMENTI

I curatori desiderano ringraziare<sup>1</sup>:

*Prima edizione:*

Angotti Cesare – Dirigente Scolastico Regionale, Firenze  
Angotti Franco – Professore emerito di ‘Scienza delle Costruzioni’ dell’Università di Firenze  
Archivi Alinari – Firenze  
Archivio Arcivescovile dell’Arcidiocesi di Firenze

Arnone Andrea – Direttore del Dipartimento di Ingegneria Industriale (dal 2003-04 al 2009-10)  
Baglioni Piero – Dipartimento di Chimica ‘Ugo Schiff’  
Bartaloni Maria Giulia – Responsabile della Segreteria del Rettore dell’Università di Firenze  
Bicchielli Anita – Fotografo  
Bicchielli Anna – Biblioteca di Scienze Tecnologiche  
Blasi Paolo – Professore emerito di ‘Fisica’ dell’Università di Firenze

Borri Claudio – Direttore del Dipartimento di Ingegneria Civile e Ambientale (dal 2012-2013 al 2015-16)  
Bracciali Andrea – Dipartimento di Ingegneria Industriale  
British Museum – Londra  
Camera di Commercio di Firenze  
Canarutto Daniel – Dipartimento di Matematica e Informatica ‘Ulisse Dini’

Capecchi Silvia – Dipartimento di Ingegneria dell’Informazione  
Capitani Renzo – Dipartimento di Ingegneria Industriale  
Carrara Eugenio – Antella (Firenze)  
Chiesa Evangelica Riformata Svizzera  
Comunità Ebraica di Firenze

Del Re Enrico – Direttore del Dipartimento di Ingegneria dell’Informazione (dal 2012-13 al 2015-16)  
Desideri Laura – Gabinetto Scientifico-Letterario G.P. Vieusseux  
Fallai Fabio – Ufficio Tecnico dell’Università di Firenze  
Falugiani Carla – Segreteria Scuola di Ingegneria  
Fanciulli Monica – Archivio Storico del Comune di Firenze

Fondazione Giovanni Michelucci – Fiesole (Firenze)  
Furi Massimo – Dipartimento di Matematica e Informatica ‘Ulisse Dini’  
Gaggini Francesca – Archivio Storico del Comune di Firenze  
Giannini Franco – Università di Roma Tor Vergata  
Grazzini Barbara – Archivio Storico del Comune di Firenze

---

<sup>1</sup> Onde mantenere le corrette affiliazioni dell’epoca della prima e seconda edizione, i curatori hanno scelto di riportare in due liste separate sia i ringraziamenti sia gli autori dei vari contributi. Per la prima edizione il riferimento è alle due parti riedite in questo volume.

Guatelli Fulvio – Firenze University Press  
Lucci Leonardo – Dipartimento di Ingegneria dell'Informazione  
Manetti Giulio – Archivio Storico del Comune di Firenze  
Maraviglia Antonella – Responsabile dell'Ufficio Stampa dell'Università di Firenze  
Mariano Paolo Maria – Dipartimento di Ingegneria Civile e Ambientale

Marinai Simone – Dipartimento di Ingegneria dell'Informazione  
Marini Mauro – Dipartimento di Matematica e Informatica 'Ulisse Dini'  
Martarelli Giancarlo – Dipartimento di Ingegneria dell'Informazione  
Migliore Gabriella – Coordinamento Centrale Biblioteche dell'Università di Firenze  
Ordine degli Ingegneri Provincia di Firenze

Papini Elio – Ingegnere meccanico  
Pera Patrizia – Dipartimento di Matematica e Informatica 'Ulisse Dini'  
Pieraccini Massimiliano – Dipartimento di Ingegneria dell'Informazione  
Questa Marta – Archivio Storico del Comune di Firenze  
Quilghini Pietro – AOU Careggi

Selleri Stefano – Dipartimento di Ingegneria dell'Informazione  
Valdiserri Juna – Segretaria Scuola di Ingegneria  
Villari Gabriele – Dipartimento di Matematica e Informatica 'Ulisse Dini'  
Zago Giuseppina – Segretaria Scuola di Ingegneria

### *Seconda edizione*

Archivio Istituto Storico Toscano della Resistenza e dell'Età contemporanea – Firenze  
Chiarini Giada – Università di Firenze  
Donato Calcedonio – ex-insegnante di Storia e Filosofia nei licei  
Giannelli Camilla – Fotografa  
Maddio Stefano – Dipartimento di Ingegneria dell'Informazione

Mazzinghi Piero, Istituto Nazionale di Ottica  
Monroy Barbara – Scrittrice  
Righini Monica – Dipartimento di Ingegneria dell'Informazione  
Tortoli Piero – Dipartimento di Ingegneria dell'Informazione  
Valdo Spini – Presidente della Fondazione Circolo Rosselli

Vanni Claudio – Direttore *Informatore*, Unicoop-Firenze

## GLI AUTORI

Di seguito sono riportate le afferenze degli autori che hanno contribuito a vario titolo alla presente pubblicazione. I Dipartimenti citati sono tutti afferenti all'Università di Firenze<sup>1</sup>.

### *Prima edizione*

Angotti Franco – Professore emerito di ‘Scienza delle Costruzioni’ dell’Università di Firenze  
Atzeni Carlo – Professore emerito di ‘Elettronica’ dell’Università di Firenze  
Brogioni Luca – Archivio Storico del Comune di Firenze  
Cappellini Vito – Professore emerito di ‘Comunicazioni Elettriche’ dell’Università di Firenze  
Corvi Andrea – Dipartimento di Ingegneria Industriale

Francini Giuseppe – Preside della Facoltà di Ingegneria (dal 1972-73 al 1974-75)  
Frosali Giovanni – Dipartimento di Matematica e Informatica ‘Ulisse Dini’  
Genesio Roberto – Professore emerito di ‘Controlli Automatici’ dell’Università di Firenze  
Giannetti Renato – Dipartimento di Scienze per l’Economia e l’Impresa  
Lucci Leonardo – Dipartimento di Ingegneria dell’Informazione

Manes Gianfranco – Dipartimento di Ingegneria dell’Informazione  
Manetti Stefano – Preside della Facoltà di Ingegneria (dal 2008-09 al 2011-12)  
Masetti Maria Luisa – Biblioteca di Scienze Tecnologiche  
Mosca Edoardo – Professore emerito di ‘Controlli Automatici’ dell’Università di Firenze  
Paris Enio – Dipartimento di Ingegneria Civile e Ambientale

Pelosi Giuseppe – Dipartimento di Ingegneria dell’Informazione  
Pieraccini Massimiliano – Dipartimento di Ingegneria dell’Informazione  
Rossi Ferdinando – Presidente del Collegio degli Ingegneri della Toscana  
Salvadori Fioranna – Archivio Storico dell’Università di Firenze  
Selleri Stefano – Dipartimento di Ingegneria dell’Informazione

Tesi Alberto – Rettore dell’Università di Firenze (dal 2009-10 al 2014-15)  
Villari Gaetano – Professore emerito di ‘Applicazioni di Matematica per l’Elettronica’ dell’Università di Firenze  
Viviani Alessandro – Dipartimento di Statistica, Informatica, Applicazioni ‘G. Parenti’

### *Seconda edizione*

Acciai Serena – Architetto  
Becchi Ignazio – Professore emerito di ‘Costruzioni Idrauliche e Marittime e Idrologia’ dell’Università di Firenze

---

<sup>1</sup> Onde mantenere le corrette affiliazioni dell’epoca della prima e seconda edizione, i curatori hanno scelto di riportare in due liste separate sia i ringraziamenti sia gli autori dei vari contributi. Per la prima edizione il riferimento è alle due parti riedite in questo volume.



Becherini Alberto – Architetto

Bucci Giacomo – Professore emerito di ‘Calcolatori Elettronici’ dell’Università di Firenze

Carnevale Ennio – Professore emerito di ‘Sistemi per l’Energia e l’Ambiente’ dell’Università di Firenze

Dei Luigi – Rettore dell’Università di Firenze (dal 2015-16 al 2020-21)

Del Re Enrico – Direttore del Dipartimento di Ingegneria dell’Informazione (dal 2012-13 al 2015-16)

Dominici Daniele – Dipartimento di Fisica e Astronomia

Fanciulli Monica – Archivio Storico del Comune di Firenze

Fantechi Alessandro – Presidente della Scuola di Ingegneria dell’Università di Firenze

Federici Giorgio – Professore emerito di ‘Costruzioni Idrauliche e Marittime e Idrologia’ dell’Università di Firenze

Ferroni Enzo – Rettore dell’Università di Firenze (dal 1976-77 al 1978-79)

Martelli Francesco – Professore emerito di ‘Macchine a Fluido’ dell’Università di Firenze

Napolitano Francesco – Dirigente Area Edilizia, Università di Firenze

Pierini Marco – Dipartimento di Ingegneria Industriale

## I CURATORI

**Franco Angotti** è professore emerito di Scienza delle Costruzioni della Facoltà di Ingegneria dell'Università di Firenze dove ha ricoperto numerosi ruoli accademici: Prorettore, Preside della Facoltà di Ingegneria, Direttore del Dipartimento di Ingegneria Civile e Coordinatore del Dottorato di ricerca in Ingegneria delle Strutture. Per molti anni è stato consulente del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici per lo studio delle Norme Tecniche nazionali e per l'applicazione in Italia degli Eurocodici Strutturali. È tutt'ora membro della Commissione di studio per le Norme Tecniche relative alle costruzioni del Consiglio Nazionale delle Ricerche e Presidente della Commissione Nazionale 'Strutture in cemento armato normale e precompresso' dell'Ente Normatore Nazionale UNI.

**Giovanni Frosali** è stato professore ordinario di Fisica Matematica ed ha insegnato Meccanica Razionale presso le Scuole di Ingegneria dell'Università di Ancona e di Firenze, fino al suo pensionamento nel 2018. Ha visitato il *Center for Transport Theory and Mathematical Physics*, a *Virginia Tech*, Blacksburg e la *University of Delaware* nel Luglio 1987 - Giugno 1988. È stato Direttore del Dipartimento di Matematica 'V. Volterra' dell'Università di Ancona, dal 1989 al 1994 e Direttore del Dipartimento di Matematica Applicata 'G. Sansone' dell'Università di Firenze, per il quadriennio 2008-2012. Il suo interesse scientifico è stato rivolto alle teorie cinetiche, con particolare riguardo alla modellistica di semiconduttori ed alla meccanica anolonomia.

**Giuseppe Pelosi** è professore ordinario di Campi Elettromagnetici presso il Dipartimento di Ingegneria dell'Informazione, Scuola di Ingegneria, Università di Firenze. È *Life Fellow* dell'IEEE 'for contributions to computational electromagnetics'. Tra le varie Istituzioni che lo hanno avuto come collaboratore: la *McGill University*, Montreal (QC, Canada), la *University of California at Los Angeles* (CA, USA), l'*Université de Nice Sophie-Antipolis* (F) e il *Center for History of Science* della *Royal Swedish Academy of Sciences* (S).

**Marco Pierini** laureato in Ingegneria Meccanica (Università di Firenze), Dottorato di Ricerca in Costruzione di Macchine (Università di Pisa) ha lavorato presso la *Danish Technical University*, la *University of Manchester* e la *KU Leuven* prima di far rientro all'Università di Firenze dove ricopre il ruolo di professore ordinario di Costruzione di Macchine presso il Dipartimento di Ingegneria Industriale (Scuola di Ingegneria, Università di Firenze). Attualmente Presidente dei corsi di laurea di area Industriale (Ingegneria Meccanica, Gestionale ed Energetica) e, dal primo settembre 2021, Prorettore al Trasferimento Tecnologico.. In precedenza coordinatore del dottorato di ricerca in Progetto e Costruzione di Macchine e in Progetto e Sviluppo di Prodotti e Processi industriali. Da oltre 20 anni svolge la sua ricerca nell'ambito della mobilità sicura e sostenibile. Ha preso parte a numerosi progetti di ricerca tra cui oltre 25 progetti finanziati dalle EC, di 4 dei quali è stato il coordinatore.



## DIALOGHI CON LA SOCIETÀ

### TITOLI PUBBLICATI

1. Elena Pecchioni, Alba Patrizia Santo, *Florence RockinArt*
2. Orazio Lovino, Sara Migaleddu, Giovanni Pescarmona (a cura di), *Per un'altra Firenze. Voci sul futuro del nostro patrimonio*
3. Franco Angotti, Giovanni Frosali, Giuseppe Pelosi, Marco (a cura di), *Ingegneri & Ingegneria a Firenze. In occasione dei 50 anni (dal 1970-71 al 2020-21) degli studi di Ingegneria presso l'Ateneo fiorentino*



# Ingegneri & Ingegneria a Firenze

In occasione dei 50 anni (dal 1970-71 al 2020-21)  
degli studi di Ingegneria presso l'Ateneo fiorentino

Questo volume riprende in parte il contenuto di quello dato alle stampe in occasione dei 40 anni della nascita della Facoltà di Ingegneria dell'Università di Firenze e ne costituisce, a distanza di dieci anni, per le sole prima e seconda parte la naturale prosecuzione con tutti gli aggiornamenti del caso, mentre la terza parte sarà ripresa in un nuovo volume. Questi dieci anni sono stati caratterizzati da una riforma dell'Università che ne ha cambiato significativamente la struttura con l'abolizione delle Facoltà ed il trasferimento della organizzazione della didattica ai Dipartimenti che, come è noto, sono nati come organi di sola ricerca. Di questa evoluzione se ne parlerà nel nuovo volume.

**FRANCO ANGOTTI** è professore emerito di Scienza delle Costruzioni della Facoltà di Ingegneria dell'Università di Firenze, ha ricoperto numerosi ruoli: prorettore, preside della Facoltà di Ingegneria, direttore del Dipartimento di Ingegneria Civile e coordinatore del Dottorato di ricerca in Ingegneria delle Strutture.

**GIOVANNI FROSALI** è stato professore ordinario di Fisica Matematica presso le Scuole di Ingegneria delle Università di Ancona e di Firenze. Ha visitato il Virginia Tech e la University of Delaware, è stato direttore di Dipartimento sia presso l'Università di Ancona che presso l'Università di Firenze.

**GIUSEPPE PELOSI** è professore ordinario di Campi Elettromagnetici presso la Scuola di Ingegneria dell'Università di Firenze. È IEEE Fellow "for contributions to computational electromagnetics". È stato, tra le alte istituzioni, presso la McGill University di Montreal e l'Université de Nice Sophie-Antipolis.

**MARCO PIERINI** è Professore ordinario di Costruzione di Macchine presso la Scuola di Ingegneria, Università di Firenze. Attualmente presidente dei corsi di laurea di area Industriale (Ingegneria meccanica, gestionale ed energetica) e, dal primo settembre 2021, prorettore al Trasferimento Tecnologico.

ISBN 978-88-5518-432-8 (Print)  
ISBN 978-88-5518-433-5 (PDF)  
ISBN 978-88-5518-434-2 (XML)  
DOI 10.36253/978-88-5518-433-5

[www.fupress.com](http://www.fupress.com)

