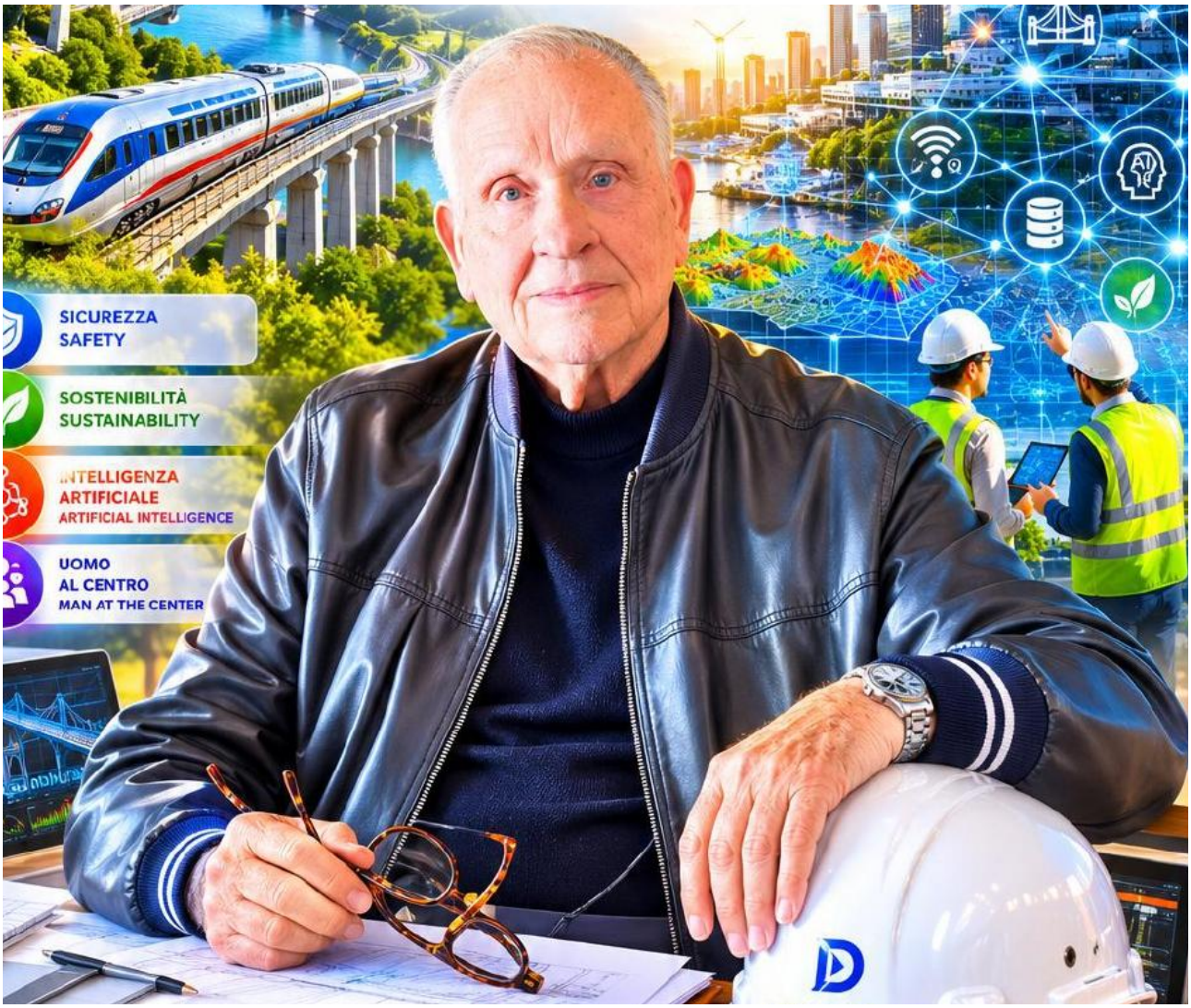
ING. DIEGO DELL'ERBA

Costruire per durare

Dai grandi cantieri alla Cyber Physical Engineering per la sicurezza delle opere



2026

Apri l'indice >

Indice

Seleziona un titolo per aprire la sezione.

Parte seconda >

Prima dei capitoli

Prefazione - Aurora e Camilla 4

Introduzione - Perché nasce la Nuova Ingegneria 6

Abstract in italiano 10

Abstract in inglese 10

Parte prima · La Nuova Ingegneria

01 La nascita della Nuova Ingegneria 11

02 Le radici della Nuova Ingegneria 18

03 Il cuore della Nuova Ingegneria 25

04 La Cyber Physical Engineering 33

05 Il Digital Twin 41

06 La manutenzione predittiva 48

07 L'intelligenza artificiale al servizio dell'ingegnere 55

08 Le Smart Infrastructures e le Smart Cities 62

09 L'uomo al centro della Nuova Ingegneria 70

Approfondimenti nel testo

Monitoraggio strutturale (SHM) 28

Fibre ottiche e sensori FBG 28

Giuramento della Nuova Ingegneria 151

Indice (continua)

Seleziona un titolo per aprire la sezione.

< Prima pagina dell'indice

Parte seconda · L'ingegneria vissuta

Apertura della parte seconda 78

10 Vianini S.p.A. 80

11 I.CO.RI. S.p.A. 86

12 La Metropolitana di Caracas 93

13 Dal cemento al dato - Nasce la Cyber Physical Engineering 103

14 Orvinio - Il Castello che dialoga con il futuro 112

15 Colleposta - Accumoli - Il cantiere laboratorio 119

16 Roccadarce - La frana intelligente 126

17 Le Smart Cities 136

18 Il Manifesto della Nuova Ingegneria 144

19 Il futuro è già iniziato 152

Sezioni finali

Epilogo - Una vita da ingegnere 161

Lettera ai giovani ingegneri del 2050 170

Postfazione - Perché ho scritto questo libro 176

Biografia dell'autore 181

Appendice - Studi, progetti e direzioni dei lavori 183

PREFAZIONE

Aurora e Camilla
il nonno ci ha insegnato a guardare il futuro

Questo libro
è dedicato ad Aurora e Camilla.

Non soltanto perché sono le mie nipoti.

Ma perché rappresentano il futuro.

Quando le guardo crescere vedo nei loro occhi la stessa curiosità che avevo quando, tanti anni fa, entrai per la prima volta in un grande cantiere con un casco nuovo sulla testa, un regolo calcolatore in tasca e una straordinaria voglia di imparare.

In oltre cinquant'anni di professione ho costruito ponti, gallerie, acquedotti, opere industriali, infrastrutture complesse.

Ho diretto grandi cantieri in Italia e all'estero.

Ho lavorato accanto a operai straordinari, tecnici competenti, grandi ingegneri che mi hanno insegnato che ogni opera nasce prima di tutto dal rispetto per le persone.

Oggi il mondo è cambiato.

Le infrastrutture sono diventate intelligenti.

Le fibre ottiche ascoltano le deformazioni delle strutture.

I satelliti osservano il territorio.

I droni raggiungono luoghi difficili.

Il Digital Twin costruisce il gemello digitale delle opere.

L'Intelligenza Artificiale analizza milioni di dati.

Potrebbe sembrare un mondo completamente diverso da quello che ho conosciuto da giovane.

In realtà non lo è.

Sono cambiati gli strumenti.

Non sono cambiati i valori.

La sicurezza continua a essere il primo obiettivo.

La responsabilità continua ad appartenere all'ingegnere.

L'etica continua a guidare ogni decisione.

Vorrei che Aurora e Camilla,
leggendo queste pagine un giorno, comprendessero una cosa molto semplice.

Il progresso
non consiste nel sostituire l'uomo con la macchina.

Consiste nel rendere l'uomo capace di fare meglio ciò che ha sempre cercato di fare.

Proteggere.

Costruire.

Prevedere.

Migliorare la vita delle persone.

Questo libro nasce anche per loro.

Perché possano capire che il futuro non appartiene a chi possiede la tecnologia più potente.

Appartiene a chi saprà usarla con intelligenza, umiltà e senso di responsabilità.

Se un giorno penseranno al loro nonno, mi piacerebbe che non ricordassero soltanto un ingegnere.

Vorrei ricordassero un uomo che ha cercato, ogni giorno della propria vita, di lasciare il mondo un po' più sicuro di come lo aveva trovato.

Ing. Diego Dell'Erba
Ingegnere Nucleare – Multidisciplinare
Fondatore della Cyber Physical Engineering

INTRODUZIONE

Perché nasce la Nuova Ingegneria

Ogni epoca
costruisce la propria idea di ingegneria.

L'Ottocento ha costruito ferrovie.

Il Novecento
ha costruito autostrade, dighe, aeroporti, centrali, porti e grandi infrastrutture.

Il XXI secolo deve costruire qualcosa di ancora più ambizioso.

Infrastrutture capaci di conoscere sé stesse.

Capaci di dialogare con chi le gestisce.

Capaci di prevenire il degrado prima che diventi emergenza.

Per tutta la mia vita professionale ho osservato l'evoluzione dell'ingegneria.

Sono partito dai tavoli da disegno.

Dal tecnigrafo.

Dal regolo calcolatore.

Dalle grandi imprese italiane che hanno costruito opere straordinarie in tutto il mondo.

Ho visto nascere il CAD.

Poi il BIM.

Successivamente il GPS.

I droni.

Il laser scanner.

Le fibre ottiche.

Il Digital Twin.

L'Intelligenza Artificiale.

Ogni innovazione ha aggiunto qualcosa.

Ma nessuna, da sola, era sufficiente a cambiare il modo di pensare.

A un certo punto ho compreso che non stavamo semplicemente assistendo all'arrivo di nuove tecnologie.

Stava nascendo una nuova cultura dell'ingegneria.

Una cultura nella quale il dato diventa conoscenza.

La conoscenza diventa previsione.

La previsione diventa sicurezza.

È da questa consapevolezza che nasce la **Cyber Physical Engineering**, una metodologia che integra il mondo fisico delle infrastrutture con quello digitale delle informazioni.

Sensori.

Monitoraggio strutturale.

Digital Twin.

Intelligenza Artificiale.

Internet delle Cose.

Manutenzione predittiva.

Decision Support System.

Tutti questi strumenti hanno un solo obiettivo.

Aiutare l'ingegnere a prendere decisioni migliori.

Questo libro non vuole essere soltanto un testo tecnico.

È il racconto di un lungo viaggio.

Il viaggio di un giovane ingegnere che ha avuto il privilegio di vivere l'epoca delle grandi opere italiane e che oggi continua, con lo stesso entusiasmo, a esplorare il futuro.

È un libro rivolto agli ingegneri.

Agli studenti.

Agli amministratori pubblici.

Ai ricercatori.

Ma anche a tutti coloro che desiderano comprendere come cambierà il nostro modo di progettare, costruire e proteggere il territorio.

*La **Nuova Ingegneria** non cancella il passato.*

Lo valorizza.

Non sostituisce l'esperienza.

La rende ancora più importante.

Non mette la tecnologia al centro.

Mette al centro l'uomo.

Perché le macchine possono raccogliere dati.

Possono elaborarli.

Possono simulare scenari.

Ma soltanto l'uomo può assumersi la responsabilità di una decisione.

Ed è proprio questa responsabilità che rende l'ingegneria una delle professioni più belle e più importanti del mondo.

Questo è il messaggio che desidero affidare alle nuove generazioni.

Guardate il futuro con entusiasmo.

Accogliete l'innovazione.

Studiate le nuove tecnologie.

Ma
non dimenticate mai
che il più potente strumento dell'ingegnere
continuerà a essere la sua coscienza.

È da qui
che nasce la ***Nuova Ingegneria****.*

Non da una macchina.

Ma da un'idea.

E ogni grande opera
dell'umanità è sempre cominciata da un'idea.

ABSTRACT (Italiano)

Costruire per durare racconta il percorso
umano e professionale dell'Ing. Diego Dell'Erba, Ingegnere Nucleare e Multidisciplinare, attraverso oltre cinquant'anni di attività nella progettazione, direzione dei lavori e gestione di grandi infrastrutture in Italia e all'estero.

Il volume accompagna il lettore dall'ingegneria tradizionale alla nuova frontiera della **Cyber Physical Engineering**, una metodologia che integra monitoraggio strutturale (SHM), sensori in fibra ottica FBG, Digital Twin, Intelligenza Artificiale, Internet of Things e manutenzione predittiva per migliorare la sicurezza, la resilienza e la gestione delle infrastrutture.

Attraverso casi reali — dalla Vianini alla I.CO.RI., dalla Metropolitana di Caracas ai progetti di Orvinio, Colleposta e Roccadarce — il libro dimostra come innovazione, esperienza ed etica possano convergere in una nuova visione dell'ingegneria.

L'opera si conclude con il **Manifesto della Nuova Ingegneria**, una riflessione sul ruolo dell'ingegnere nel XXI secolo e un messaggio rivolto alle nuove generazioni: la tecnologia evolve continuamente, ma la responsabilità verso la sicurezza delle persone rimane il fondamento della professione.

ABSTRACT (English)

Built to Last
presents the professional and human journey of **Ing. Diego Dell'Erba**, Nuclear and Multidisciplinary Engineer, through more than fifty years of experience in the design, construction management and delivery of major civil infrastructures in Italy and abroad.

The book guides the reader from traditional engineering to the emerging discipline of **Cyber Physical Engineering**, an integrated methodology combining Structural Health Monitoring (SHM), Fiber Bragg Grating (FBG) optical sensors, Digital Twins, Artificial Intelligence, the Internet of Things and Predictive Maintenance to improve infrastructure safety, resilience and lifecycle management.

Through real-world case studies—including Vianini, I.CO.RI., the Caracas Metro, Orvinio Castle, Colleposta and the Roccadarce landslide—the author demonstrates how engineering experience, technological innovation and professional ethics can be combined to create a new vision for infrastructure engineering.

The book concludes with **The Manifesto of the New Engineering**, offering a forward-looking perspective on the future role of engineers and emphasizing a central principle: while technology continuously evolves, the engineer's responsibility to protect people and society remains unchanged.



CAPITOLO 1

LA NASCITA DELLA NUOVA INGEGNERIA

Dall'esperienza
dei grandi cantieri alla Cyber Physical Engineering

"Ogni epoca ha avuto la propria ingegneria.
La nostra ha il compito di unire esperienza,
conoscenza e innovazione per costruire infrastrutture
sempre più sicure."

Il viaggio di un ingegnere

Ogni professionista porta con sé una storia.

La mia inizia oltre cinquant'anni fa, quando, giovane ingegnere, entrai per la prima volta in un grande cantiere.

Ricordo ancora l'emozione di quel giorno.

Il casco appena indossato.

Il regolo calcolatore nella tasca della giacca.

I grandi elaborati tecnici stesi sui tavoli da disegno.

L'odore del cemento appena gettato.

Il rumore delle gru.

Le voci degli operai.

L'organizzazione di un cantiere che sembrava una piccola città.

In quel momento non immaginavo che quel mondo avrebbe accompagnato tutta la mia vita professionale.

Pensavo soltanto a imparare.

Ogni giornata rappresentava una lezione.

Ogni collega più esperto era un maestro.

Ogni problema diventava un'occasione per crescere.

Fu proprio allora che compresi una verità che non mi ha mai abbandonato.

L'ingegneria non consiste soltanto nel costruire opere.

Consiste nel costruire fiducia.

Ogni ponte progettato.

Ogni galleria scavata.

Ogni acquedotto realizzato.

Ogni edificio costruito.

Sono opere che milioni di persone utilizzeranno senza conoscere il nome di chi le ha progettate.

Ed è giusto così.

La più grande soddisfazione di un ingegnere non è essere ricordato.

È sapere che le persone attraversano quelle opere con serenità, senza doversi chiedere se siano sicure.

Quella tranquillità nasce da migliaia di decisioni prese con rigore, competenza e responsabilità.

Questa è la vera essenza della nostra professione.

L'ingegneria cambia continuamente

In oltre mezzo secolo di attività ho assistito a trasformazioni che, all'inizio della mia carriera, sarebbero sembrate impensabili.

Ho iniziato lavorando con il tecnigrafo.

Ogni linea veniva tracciata a mano.

Ogni modifica richiedeva tempo, precisione e pazienza.

I calcoli si eseguivano con il regolo calcolatore e con le prime calcolatrici elettroniche.

Le verifiche erano interamente affidate all'esperienza dell'ingegnere.

Successivamente arrivarono i computer.

Il CAD cambiò il modo di progettare.

Il BIM modificò il modo di organizzare le informazioni.

Poi comparvero i satelliti.

I sistemi GPS.

I droni.

Il laser scanner.

Le fibre ottiche.

Il Digital Twin.

L'Intelligenza Artificiale.

Ogni innovazione ha reso il nostro lavoro più preciso.

Più veloce.

Più completo.

Ma nessuna ha modificato il significato più profondo dell'ingegneria.

La responsabilità delle decisioni è rimasta sempre nelle mani dell'uomo.

La sicurezza prima di tutto

Se dovessi riassumere tutta la mia esperienza professionale in una sola frase direi semplicemente questa:

La sicurezza viene sempre prima di tutto.

Prima dell'economia.

Prima della velocità.

Prima della spettacolarità di un'opera.

Una grande infrastruttura non è quella che colpisce per le sue dimensioni.

È quella che continua a proteggere le persone dopo decenni di servizio.

Questa convinzione ha guidato ogni mia scelta.

Quando progettavo.

Quando dirigevo un cantiere.

Quando affrontavo un problema imprevisto.

Quando dovevo prendere decisioni difficili.

La sicurezza non è mai stata un vincolo.

È sempre stata l'obiettivo principale.

Ed è proprio questa idea che oggi ritrovo nella Nuova Ingegneria.

Il mondo è cambiato

Negli ultimi anni abbiamo assistito a una trasformazione straordinaria.

Le infrastrutture hanno iniziato a produrre dati.

I sensori sono diventati sempre più precisi.

Le fibre ottiche sono entrate nelle opere civili.

I droni osservano territori difficilmente accessibili.

I satelliti rilevano movimenti di pochi millimetri.

Il Digital Twin costruisce il gemello digitale di un'opera.

L'Intelligenza Artificiale analizza milioni di informazioni in pochi secondi.

Per la prima volta nella storia dell'ingegneria un'infrastruttura non è più soltanto costruita.

È anche capace di raccontare il proprio stato di salute.

Può comunicare.

Può essere ascoltata.

Può contribuire alla propria sicurezza.

È una rivoluzione che cambia completamente il nostro modo di progettare.

Nasce la Nuova Ingegneria

Osservando questa evoluzione ho maturato una convinzione.

L'ingegneria del XXI secolo non può limitarsi a progettare opere.

Deve progettare opere intelligenti.

Opere capaci di essere monitorate.

Di dialogare con chi le gestisce.

Di segnalare i primi sintomi del degrado.

Di aiutare gli ingegneri a prevenire i problemi prima che diventino emergenze.

Da questa riflessione nasce ciò che definisco **Nuova Ingegneria**.

Una visione che integra il patrimonio della grande tradizione ingegneristica italiana con le opportunità offerte dalle tecnologie digitali.

Non sostituisce il passato.

Lo valorizza.

Non cancella l'esperienza.

La rende ancora più preziosa.

Perché oggi possiamo osservare meglio un'infrastruttura.

Ma continuiamo ad avere bisogno dell'intelligenza dell'ingegnere per comprenderla.

L'uomo resta al centro

Molti immaginano che il futuro sarà dominato dalle macchine.

Io penso esattamente il contrario.

Più la tecnologia diventa potente, maggiore diventa la responsabilità dell'uomo.

Le macchine possono raccogliere dati.

Possono elaborarli.

Possono confrontarli.

Possono simulare scenari.

Ma non possono assumersi la responsabilità di una decisione.

Quella continuerà a spettare all'ingegnere.

Perché ogni decisione coinvolge persone.

E quando si parla di persone entrano in gioco valori che nessun algoritmo può sostituire.

Esperienza.

Etica.

Prudenza.

Responsabilità.

Sono questi gli elementi che rendono l'ingegneria una professione e non un semplice esercizio tecnologico.

Uno sguardo al futuro

Questo libro nasce con un obiettivo preciso.

Accompagnare il lettore lungo il percorso che porta dall'ingegneria tradizionale alla **Cyber Physical Engineering**.

Nei prossimi capitoli parleremo di Digital Twin.

Di fibre ottiche FBG.

Di monitoraggio strutturale.

Di Intelligenza Artificiale.

Di manutenzione predittiva.

Di Smart Cities.

Ma parleremo soprattutto di una nuova cultura dell'ingegneria.

Una cultura nella quale innovazione e tradizione non sono in contrasto.

Si sostengono reciprocamente.

L'una rende più forte l'altra.

Ed è proprio da questo incontro che nasce la **Nuova Ingegneria**.

Non un semplice insieme di tecnologie.

Ma un modo nuovo di osservare il territorio.

Di progettare.

Di prevenire.

Di proteggere.

Di costruire il futuro.

Conclusione del Capitolo

Quando iniziai la mia professione avevo in tasca un regolo calcolatore.

Oggi utilizzo il Digital Twin e l'Intelligenza Artificiale.

Gli strumenti sono cambiati.

La missione è rimasta la stessa.

Progettare opere sicure per migliorare la vita delle persone.

È questa la vera essenza della ***Nuova Ingegneria****.*



CAPITOLO 2

LE RADICI DELLA NUOVA INGEGNERIA

Dai grandi cantieri italiani alla rivoluzione digitale

"Il futuro non nasce mai per caso.
È il risultato della conoscenza costruita giorno dopo giorno, cantiere dopo cantiere, esperienza dopo esperienza."

Dove nasce un ingegnere

Ogni professione possiede una propria scuola.

Per il medico è l'ospedale.

Per il magistrato è il tribunale.

Per il musicista è il conservatorio.

Per un ingegnere, invece, la vera scuola è il cantiere.

È lì che i disegni prendono forma.

È lì che la teoria incontra la realtà.

È lì che ogni progetto viene sottoposto al giudizio più severo: quello della costruzione.

Quando iniziai la mia attività professionale ebbi la fortuna di entrare in grandi imprese che rappresentavano l'eccellenza dell'ingegneria italiana.

Erano anni straordinari.

L'Italia costruiva autostrade, dighe, gallerie, porti, acquedotti, centrali, ponti e grandi complessi industriali.

L'ingegneria italiana era apprezzata e ricercata in tutto il mondo.

Entrare in quel sistema significava imparare ogni giorno qualcosa di nuovo.

Il cantiere come università

Nessuna Università può insegnare ciò che insegna un cantiere.

All'università si studiano i principi.

Nel cantiere si impara ad applicarli.

Ogni mattina iniziava con la programmazione delle attività.

Ogni squadra aveva compiti precisi.

Ogni lavorazione seguiva procedure rigorose.

Nulla era lasciato al caso.

Compresi molto presto che un'opera non nasce soltanto dai calcoli.

Nasce soprattutto dall'organizzazione.

Una buona organizzazione significa sicurezza.

Qualità.

Rispetto dei tempi.

Rispetto delle persone.

Questa lezione mi accompagnerà per tutta la vit

I grandi maestri

Ogni giovane professionista incontra persone che ne segnano il percorso.

Anch'io ho avuto questa fortuna.

Ho lavorato accanto a ingegneri di grande esperienza.

Uomini severi.

Esigenti.

Poco inclini ai complimenti.

Ma straordinariamente generosi nel trasmettere ciò che avevano imparato.

Non insegnavano soltanto a progettare.

Insegnavano a ragionare.

A osservare.

A dubitare.

A verificare ogni dettaglio.

Ricordo ancora una frase che sentivo ripetere spesso.

"I disegni si fanno in ufficio. Le opere si costruiscono in cantiere."

Allora mi sembrava una semplice osservazione.

Oggi ne comprendo il significato più profondo.

L'ingegnere deve conoscere entrambe le realtà.

Chi progetta senza conoscere il cantiere rischia di immaginare opere difficili da costruire.

Chi costruisce senza comprendere il progetto rischia di perdere il significato dell'opera.

La vera competenza nasce dall'unione di queste due esperienze.

La disciplina

Negli anni Settanta la disciplina di cantiere era un valore assoluto.

Ogni attività seguiva procedure precise.

Ogni controllo veniva registrato.

Ogni responsabilità era chiaramente definita.

Non esistevano computer.

Non esistevano software gestionali.

Non esistevano telefoni cellulari.

Eppure grandi cantieri con migliaia di persone funzionavano con una precisione sorprendente.

Perché?

Perché esistevano metodo.

Organizzazione.

Rispetto dei ruoli.

Capacità di programmare.

Oggi la tecnologia rende tutto più semplice.

Ma nessun software potrà mai sostituire una buona organizzazione.

Imparare dagli operai

Uno dei più grandi insegnamenti della mia vita professionale non l'ho ricevuto soltanto dagli ingegneri.

L'ho ricevuto anche dagli operai.

Molti possedevano una conoscenza pratica straordinaria.

Conoscevano il comportamento del calcestruzzo.

Sapevano leggere il terreno.

Riconoscevano una difficoltà prima ancora che diventasse evidente.

Mi hanno insegnato una lezione che considero ancora oggi fondamentale.

L'ingegneria è una professione che richiede ascolto.

Chi pensa di sapere tutto smette di imparare.

Ogni persona presente in cantiere può contribuire a migliorare il progetto.

La competenza cresce quando viene condivisa.

L'errore come maestro

Nessun ingegnere attraversa una carriera senza incontrare difficoltà.

Anch'io ho commesso errori.

Ho affrontato imprevisti.

Ho dovuto modificare soluzioni.

Ho imparato che l'errore, quando viene affrontato con onestà intellettuale, diventa il più grande insegnante.

L'importante non è evitare ogni errore.

È comprenderne le cause.

È non ripeterlo.

È trasformarlo in esperienza.

Da allora ho sempre considerato ogni problema come un'occasione di crescita professionale.

L'ingegneria italiana nel mondo

Negli anni successivi la mia attività mi portò anche all'estero.

Compresi quanto l'ingegneria italiana fosse stimata.

Le nostre imprese esportavano non soltanto tecnologie.

Esportavano capacità organizzativa.

Professionalità.

Creatività.

Capacità di affrontare problemi complessi.

Era un patrimonio costruito in decenni di lavoro.

Un patrimonio che oggi non dobbiamo disperdere.

La prima rivoluzione digitale

Alla fine degli anni Ottanta comparvero i primi computer.

Molti li osservavano con diffidenza.

Qualcuno pensava che avrebbero complicato il lavoro.

Altri ritenevano che fossero una moda passeggera.

La storia dimostrò il contrario.

I computer cambiarono profondamente il modo di progettare.

Il CAD sostituì progressivamente il tecnigrafo.

Le elaborazioni diventarono più rapide.

Le modifiche più semplici.

La documentazione più ordinata.

Ma, ancora una volta, compresi una cosa importante.

Gli strumenti cambiano.

I principi dell'ingegneria restano.

Le radici della Nuova Ingegneria

Ripensando oggi a quegli anni mi accorgo che la Nuova Ingegneria non nasce con il Digital Twin.

Non nasce con l'Intelligenza Artificiale.

Nasce molto prima.

Nasce nei grandi cantieri.

Nasce nella disciplina.

Nasce nell'organizzazione.

Nasce nel rispetto della sicurezza.

Nasce nell'umiltà di imparare ogni giorno.

Le tecnologie hanno semplicemente dato nuovi strumenti a valori che esistevano già.

Per questo motivo considero la Cyber Physical Engineering non una rottura con il passato.

Ma la naturale evoluzione dell'ingegneria che ho avuto la fortuna di vivere.

Conclusione

Oggi un giovane ingegnere può osservare un ponte attraverso un Digital Twin.

Può ricevere dati da sensori distribuiti.

Può utilizzare l'Intelligenza Artificiale per analizzare milioni di informazioni.

È una straordinaria opportunità.

Ma non dovrebbe mai dimenticare una semplice verità.

Prima del Digital Twin è esistito il cantiere.

Prima dell'algoritmo è esistita l'esperienza.

Prima dei dati è esistita la responsabilità.

È proprio su queste solide fondamenta che continua a costruirsi la **Nuova Ingegneria**.



CAPITOLO 3

IL CUORE DELLA NUOVA INGEGNERIA

Dall'opera costruita all'opera intelligente

"Per secoli abbiamo costruito infrastrutture. Oggi possiamo costruire infrastrutture che osservano, comprendono e raccontano il proprio stato di salute. È questa la vera rivoluzione della Nuova Ingegneria."

Una rivoluzione silenziosa

Le grandi rivoluzioni non sempre fanno rumore.

Alcune cambiano il mondo quasi senza che ce ne accorgiamo.

L'ingegneria sta vivendo proprio una di queste trasformazioni.

Per oltre cento anni il nostro compito è stato progettare un'opera, costruirla, collaudarla e consegnarla al committente.

Da quel momento iniziava la sua vita.

L'ingegnere ritornava soltanto per le ispezioni, per le manutenzioni o, purtroppo, quando comparivano problemi.

Era un metodo corretto.

Era il migliore possibile con le tecnologie disponibili.

Ma aveva un limite.

L'opera rimaneva silenziosa.

Tra una visita e l'altra nessuno conosceva realmente ciò che stava accadendo al suo interno.

Oggi tutto questo sta cambiando.

Le infrastrutture hanno iniziato a parlare.

Quando un ponte racconta la propria storia

Può sembrare un'immagine poetica.

In realtà è un fatto tecnologico.

Immaginiamo un grande ponte.

Ogni giorno migliaia di automobili e mezzi pesanti lo attraversano.

Le temperature cambiano.

Il vento esercita nuove azioni.

I materiali invecchiano lentamente.

Le deformazioni aumentano o diminuiscono.

Per decenni tutto questo rimaneva invisibile.

Oggi non più.

Attraverso reti di sensori possiamo osservare continuamente il comportamento della struttura.

È come se il ponte raccontasse ogni giorno ciò che sta vivendo.

Non parla con parole.

Parla attraverso i dati.

Ed è proprio qui che nasce la Nuova Ingegneria.

Dal controllo alla conoscenza

Per molti anni abbiamo controllato le opere.

Oggi possiamo conoscerle.

La differenza è enorme.

Controllare significa verificare periodicamente.

Conoscere significa osservare continuamente.

Ogni misura raccolta contribuisce a costruire una memoria.

Una memoria che cresce giorno dopo giorno.

Anno dopo anno.

L'infrastruttura acquista così una vera identità digitale.

Non è più soltanto ciò che vediamo.

È anche tutto ciò che ci raccontano i suoi dati.

Il Digital Twin

Tra tutte le innovazioni degli ultimi anni, quella che considero più rivoluzionaria è certamente il Digital Twin.

Molti lo descrivono come un modello tridimensionale.

È una definizione corretta.

Ma incompleta.

Il Digital Twin non è un semplice disegno.

È il gemello digitale dell'opera.

Riproduce continuamente il comportamento reale della struttura.

Ogni informazione proveniente dai sensori aggiorna automaticamente il modello.

Il risultato è straordinario.

L'ingegnere può osservare il ponte senza essere fisicamente sul ponte.

Può analizzare una galleria senza entrare nella galleria.

Può seguire l'evoluzione di una frana senza attendere nuovi sopralluoghi.

Il Digital Twin diventa una finestra sempre aperta sull'infrastruttura.

Le fibre ottiche: il sistema nervoso delle opere

Ogni organismo vivente possiede un sistema nervoso.

Attraverso di esso il cervello riceve continuamente informazioni.

La Nuova Ingegneria realizza qualcosa di molto simile.

Le fibre ottiche con sensori FBG costituiscono il sistema nervoso delle infrastrutture intelligenti.

Possono essere inserite all'interno del calcestruzzo.

Applicate all'acciaio.

Installate sulle strutture esistenti.

Misurano deformazioni quasi impercettibili.

Registrano variazioni di temperatura.

Controllano vibrazioni.

Osservano tensioni.

Seguono l'evoluzione delle fessure.

Tutto questo con una precisione impensabile fino a pochi anni fa.

L'opera diventa sensibile.

Come un organismo vivente.

Il monitoraggio continuo

Uno degli errori più frequenti consiste nel pensare che il monitoraggio significhi semplicemente raccogliere dati.

Non è così.

Monitorare significa comprendere.

Ogni misura ha valore soltanto se viene interpretata.

Per questo motivo il monitoraggio continuo rappresenta molto più di una tecnologia.

È una nuova cultura della gestione delle infrastrutture.

L'opera viene osservata ventiquattro ore su ventiquattro.

Ogni variazione viene confrontata con il comportamento precedente.

Ogni anomalia viene valutata.

Ogni cambiamento contribuisce ad aumentare la conoscenza dell'opera.

L'ingegnere non osserva più soltanto il presente.

Inizia a comprendere il futuro.

L'Intelligenza Artificiale

A questo punto entra in scena uno degli strumenti più discussi degli ultimi anni.

L'Intelligenza Artificiale.

Molti la immaginano come una macchina che sostituirà gli ingegneri.

La mia esperienza mi porta a una conclusione completamente diversa.

L'Intelligenza Artificiale non sostituisce il professionista.

Lo affianca.

Ogni giorno una grande infrastruttura produce milioni di informazioni.

Nessun essere umano potrebbe analizzarle tutte.

L'IA svolge proprio questo compito.

Ordina.

Confronta.

Riconosce anomalie.

Costruisce scenari.

Evidenzia criticità.

Suggerisce priorità.

Ma si ferma qui.

La decisione rimane dell'ingegnere.

Perché ogni decisione coinvolge sicurezza, economia, ambiente e persone.

E la responsabilità non può essere delegata.

Una nuova idea di manutenzione

Per molti decenni abbiamo riparato le opere quando comparivano i danni.

Successivamente abbiamo imparato a programmare le manutenzioni.

Oggi possiamo fare qualcosa di ancora più importante.

Possiamo prevedere.

La manutenzione predittiva rappresenta una delle conquiste più significative della Nuova Ingegneria.

Non aspetta il guasto.

Lo anticipa.

Non aspetta il degrado.

Lo misura.

Non aspetta l'emergenza.

La previene.

È una rivoluzione culturale ancora prima che tecnologica.

La nascita della Cyber Physical Engineering

Tutte queste tecnologie, considerate separatamente, rappresentano innovazioni importanti.

Il loro vero valore emerge quando lavorano insieme.

È da questa integrazione che nasce la **Cyber Physical Engineering**.

Una metodologia che mette in relazione il mondo fisico delle infrastrutture con il mondo digitale delle informazioni.

L'opera produce dati.

I sensori li raccolgono.

Il Digital Twin li organizza.

L'Intelligenza Artificiale li analizza.

L'ingegnere li interpreta.

Nasce così un ciclo continuo di conoscenza.

Un ciclo che rende l'infrastruttura sempre più sicura.

Sempre più efficiente.

Sempre più resiliente.

Il vero protagonista

Arrivati a questo punto qualcuno potrebbe pensare che il protagonista della Nuova Ingegneria sia la tecnologia.

Io continuo a pensare il contrario.

Il protagonista rimane l'uomo.

L'ingegnere.

Perché le tecnologie possono osservare.

Ma non possono assumersi responsabilità.

Possono elaborare.

Ma non possono decidere.

Possono suggerire.

Ma non possono sostituire il giudizio maturato in una vita professionale.

È questa la vera forza della Nuova Ingegneria.

Non sostituire l'uomo.

Renderlo più capace.

Conclusione

Il futuro dell'ingegneria non appartiene alle macchine.

Appartiene agli uomini e alle donne che sapranno utilizzare le nuove tecnologie senza dimenticare ciò che hanno imparato nei cantieri.

Perché il Digital Twin può osservare una struttura.

L'Intelligenza Artificiale può analizzare milioni di dati.

Le fibre ottiche possono misurare deformazioni infinitesimali.

Ma soltanto un ingegnere può trasformare tutte queste informazioni in una decisione responsabile.

È proprio in questo equilibrio tra innovazione e responsabilità che nasce il cuore
*della **Nuova Ingegneria**.*



CAPITOLO 4

LA CYBER PHYSICAL ENGINEERING

La nuova frontiera dell'ingegneria

"Ogni rivoluzione tecnologica cambia gli strumenti. Solo le grandi rivoluzioni culturali cambiano il modo di pensare. La Cyber Physical Engineering nasce proprio da un nuovo modo di pensare l'ingegneria."

Quando nasce una nuova idea

Ogni innovazione importante nasce quasi sempre da una domanda.

Nel mio caso la domanda era semplice.

Perché continuiamo a progettare infrastrutture come se fossero immobili e silenziose, quando oggi la tecnologia permette loro di raccontarci continuamente ciò che sta accadendo?

Per molti anni questa domanda è rimasta nella mia mente.

Ogni nuovo cantiere aggiungeva un tassello.

Ogni esperienza confermava una convinzione sempre più forte.

L'ingegneria del futuro non avrebbe dovuto limitarsi a costruire opere.

Avrebbe dovuto imparare ad ascoltarle.

Fu allora che iniziai a immaginare un nuovo modello.

Non una semplice innovazione tecnologica.

Ma una nuova metodologia capace di mettere in relazione il mondo fisico delle infrastrutture con quello digitale delle informazioni.

Da questa riflessione nasce ciò che definisco **Cyber Physical Engineering**.

Oltre l'ingegneria tradizionale

L'ingegneria tradizionale ha costruito opere straordinarie.

Ponti che attraversano vallate.

Gallerie che superano montagne.

Acquedotti che portano acqua a milioni di persone.

Porti.

Ferrovie.

Aeroporti.

Dighe.

Centrali.

Queste opere rappresentano il patrimonio costruito del nostro Paese.

La Cyber Physical Engineering non sostituisce questa tradizione.

La completa.

La rafforza.

La rende capace di affrontare le sfide del XXI secolo.

Due mondi che diventano uno

Per comprendere la Cyber Physical Engineering dobbiamo immaginare due mondi.

Da una parte esiste il mondo fisico.

Il calcestruzzo.

L'acciaio.

Le fondazioni.

Le travi.

Le gallerie.

I ponti.

Le frane.

Le reti idriche.

Dall'altra parte esiste il mondo digitale.

I sensori.

Le fibre ottiche.

I satelliti.

Il Digital Twin.

I database.

Il cloud.

L'Intelligenza Artificiale.

Per molti anni questi due mondi sono rimasti separati.

Oggi iniziano finalmente a dialogare.

Ed è proprio da questo dialogo che nasce la Cyber Physical Engineering.

L'opera non è più muta

Per secoli le infrastrutture sono rimaste silenziose.

Il progettista costruiva.

Il Direttore dei Lavori controllava.

Il collaudatore verificava.

Poi iniziava la vita dell'opera.

Da quel momento ogni controllo avveniva attraverso sopralluoghi periodici.

Era l'uomo che osservava la struttura.

Oggi accade qualcosa di completamente diverso.

È la struttura che informa l'uomo.

I sensori registrano continuamente ciò che accade.

Le informazioni vengono trasmesse ai sistemi di monitoraggio.

Il Digital Twin aggiorna il modello.

L'Intelligenza Artificiale interpreta i dati.

L'ingegnere riceve una conoscenza che fino a pochi anni fa era semplicemente impossibile ottenere.

L'opera non è più silenziosa.

Dialoga.

Una nuova cultura della prevenzione

Per molti decenni abbiamo vissuto nella cultura dell'emergenza.

Si interveniva quando compariva il problema.

Quando una strada si deformava.

Quando un ponte mostrava segni di degrado.

Quando una frana diventava evidente.

Quando una condotta si rompeva.

La Cyber Physical Engineering propone un cambiamento radicale.

Osservare continuamente.

Comprendere.

Prevedere.

Intervenire prima.

È una filosofia che trasforma completamente il modo di gestire il territorio.

La manutenzione non diventa soltanto più efficiente.

Diventa più intelligente.

La conoscenza cresce ogni giorno

Ogni sensore installato rappresenta un punto di osservazione.

Ogni misura raccolta diventa un'informazione.

Ogni informazione aumenta la conoscenza dell'opera.

Questa conoscenza non rimane statica.

Cresce.

Si aggiorna.

Si arricchisce.

L'infrastruttura costruisce progressivamente una propria memoria digitale.

È come un diario.

Ogni giorno aggiunge una nuova pagina.

Ogni anno aumenta la propria storia.

Più lunga diventa questa storia, maggiore sarà la capacità di prevedere il futuro.

Il ruolo dell'Intelligenza Artificiale

Spesso l'Intelligenza Artificiale viene descritta come la protagonista della trasformazione digitale.

Io preferisco considerarla un collaboratore.

Un collaboratore straordinariamente efficiente.

Può analizzare milioni di dati.

Può individuare correlazioni invisibili all'occhio umano.

Può simulare migliaia di scenari.

Può suggerire priorità.

Ma non decide.

La responsabilità rimane dell'ingegnere.

Ed è giusto che sia così.

Perché nessun algoritmo possiede il senso della responsabilità.

La centralità dell'ingegnere

Paradossalmente, proprio mentre la tecnologia diventa sempre più evoluta, il ruolo dell'ingegnere acquista ancora maggiore importanza.

Non basta conoscere i software.

Occorre comprendere il comportamento delle opere.

Non basta leggere un grafico.

Occorre interpretarlo.

Non basta ricevere un'allerta.

Occorre decidere come intervenire.

La Cyber Physical Engineering non riduce il ruolo del professionista.

Lo amplia.

Lo rende ancora più strategico.

Una nuova figura professionale

L'ingegnere del futuro dovrà possedere competenze diverse rispetto al passato.

Dovrà conoscere la meccanica delle strutture.

La geotecnica.

L'idraulica.

Ma dovrà anche comprendere il funzionamento dei sensori.

Del Digital Twin.

Dell'Intelligenza Artificiale.

Dell'elaborazione dei dati.

Sarà una figura multidisciplinare.

Capace di integrare conoscenze diverse.

Capace di dialogare con informatici, geologi, architetti, amministratori e ricercatori.

La complessità del territorio richiede infatti competenze sempre più integrate.

Una nuova responsabilità

Ogni innovazione porta con sé nuove opportunità.

Ma anche nuove responsabilità.

Le informazioni devono essere corrette.

I dati devono essere affidabili.

I modelli devono essere verificabili.

Gli algoritmi devono essere trasparenti.

L'etica diventa parte integrante della progettazione.

Per questo motivo considero la Cyber Physical Engineering anche una disciplina culturale.

Non riguarda soltanto la tecnologia.

Riguarda il modo in cui scegliamo di utilizzarla.

Una visione per il futuro

Sono convinto che nei prossimi decenni ogni infrastruttura importante disporrà del proprio Digital Twin.

Ogni ponte.

Ogni viadotto.

Ogni galleria.

Ogni diga.

Ogni porto.

Ogni rete idrica.

Ogni edificio strategico.

Le città diventeranno grandi ecosistemi digitali.

Le informazioni circoleranno continuamente.

Le decisioni saranno sempre più rapide.

La prevenzione sostituirà progressivamente l'emergenza.

E l'ingegnere diventerà il regista di questo nuovo sistema.

Conclusione

La Cyber Physical Engineering
non nasce per sostituire l'ingegneria che abbiamo conosciuto.

Nasce per darle nuovi strumenti.

Nuove possibilità.

Nuove responsabilità.

È il naturale punto di incontro tra oltre un secolo di esperienza costruttiva e le tecnologie del futuro.

Per questo motivo non considero la Cyber Physical Engineering un semplice progresso tecnologico.

La considero una nuova cultura dell'ingegneria.

Una cultura nella quale il dato diventa conoscenza.

La conoscenza diventa prevenzione.

La prevenzione diventa sicurezza.

E la sicurezza continua a essere il più grande servizio che l'ingegneria possa offrire alla società.



CAPITOLO 5

IL DIGITAL TWIN

Il gemello digitale delle infrastrutture

"Ogni grande opera
racconta una storia.
Il Digital Twin permette, per la prima volta, di ascoltarla
ogni giorno."

Un nuovo modo di osservare il mondo

Ogni epoca ha avuto i propri strumenti.

Per secoli gli ingegneri hanno osservato le opere con i propri occhi.

Successivamente arrivarono gli strumenti topografici.

Poi le fotografie aeree.

I satelliti.

I droni.

Oggi siamo entrati in una nuova fase.

Non osserviamo più soltanto le infrastrutture.

Le ricostruiamo digitalmente.

Nasce così il **Digital Twin**, il gemello digitale dell'opera.

Non si tratta di una semplice rappresentazione tridimensionale.

È molto di più.

È una copia virtuale continuamente aggiornata dalla realtà.

Un organismo vivo

Molti immaginano il Digital Twin come un sofisticato modello grafico.

È vero.

Ma è soltanto una piccola parte della sua potenzialità.

Io preferisco immaginarlo come un organismo vivente.

Ogni sensore rappresenta un organo di percezione.

Ogni misura costituisce un'informazione.

Ogni aggiornamento modifica la conoscenza dell'opera.

Il modello cresce.

Impara.

Si aggiorna.

E accompagna l'intera vita dell'infrastruttura.

Non fotografa il passato.

Descrive il presente.

Aiuta a prevedere il futuro.

Dal progetto alla gestione

Tradizionalmente il progetto terminava con la costruzione dell'opera.

Da quel momento iniziava la fase di esercizio.

Le due attività rimanevano spesso separate.

Con il Digital Twin questa separazione scompare.

Il progetto continua durante tutta la vita dell'infrastruttura.

Ogni dato raccolto aggiorna il modello.

Ogni intervento viene registrato.

Ogni manutenzione diventa parte integrante della storia dell'opera.

Il progetto non termina più.

Si evolve.

Una memoria che non dimentica

Ogni infrastruttura accumula esperienza.

Un ponte attraversato ogni giorno da migliaia di veicoli modifica lentamente il proprio comportamento.

Una galleria reagisce alle variazioni della temperatura.

Una diga risponde alle oscillazioni del livello dell'acqua.

Una frana evolve nel tempo.

Un edificio storico manifesta lentamente gli effetti dell'invecchiamento.

Tutti questi fenomeni possono essere registrati.

Il Digital Twin conserva questa memoria.

Nessuna informazione viene perduta.

Ogni dato contribuisce a comprendere meglio il comportamento futuro.

Il valore del tempo

Uno degli aspetti più importanti del Digital Twin riguarda il tempo.

Le fotografie mostrano un solo istante.

Le ispezioni descrivono una situazione.

Il Digital Twin racconta un'intera storia.

Permette di osservare come cambia una struttura.

Come evolve una deformazione.

Come cresce una lesione.

Come si modificano le vibrazioni.

L'ingegnere non osserva più immagini isolate.

Osserva un film.

E comprendere un fenomeno nel tempo significa comprenderlo molto meglio.

Il supporto alle decisioni

Ogni giorno chi gestisce infrastrutture deve prendere decisioni.

Programmare una manutenzione.

Limitare un traffico.

Controllare un ponte.

Monitorare una frana.

Intervenire su una rete idrica.

In passato molte decisioni erano basate prevalentemente sull'esperienza.

Oggi l'esperienza continua a essere fondamentale.

Ma può essere supportata da una quantità di informazioni mai disponibile prima.

Il Digital Twin diventa così uno straordinario strumento di supporto alle decisioni.

Non decide.

Fornisce conoscenza.

E una decisione fondata sulla conoscenza è quasi sempre una decisione migliore.

La simulazione del futuro

Una delle caratteristiche più affascinanti del Digital Twin consiste nella possibilità di simulare scenari.

Che cosa accade se aumenta il traffico?

Come reagisce un ponte durante un terremoto?

Quali effetti produce una piena?

Come evolve una frana dopo un periodo di piogge intense?

Come varia una struttura dopo molti anni di esercizio?

Domande che un tempo trovavano risposta soltanto dopo che gli eventi si erano verificati.

Oggi possiamo studiarle prima.

Possiamo prepararci.

Possiamo prevenire.

È questo il vero valore della simulazione.

Dal singolo ponte all'intero territorio

Le prime applicazioni del Digital Twin hanno riguardato singole opere.

Ponti.

Viadotti.

Edifici.

Gallerie.

Oggi la prospettiva è completamente diversa.

Interi territori possono essere rappresentati attraverso modelli digitali.

Una città.

Un sistema idrico.

Una rete ferroviaria.

Un porto.

Un aeroporto.

Ogni elemento dialoga con gli altri.

Nasce così il Digital Twin territoriale.

Una delle basi fondamentali delle future Smart Cities.

L'ingegnere davanti al Digital Twin

Molti immaginano che il Digital Twin riduca il ruolo dell'ingegnere.

La mia esperienza dice esattamente il contrario.

Più aumenta la quantità di informazioni disponibili, maggiore diventa il bisogno di professionisti capaci di interpretarle.

Il modello digitale mostra.

L'ingegnere comprende.

Il modello segnala.

L'ingegnere valuta.

Il modello simula.

L'ingegnere decide.

È questo equilibrio che rende davvero potente la Nuova Ingegneria.

Il futuro è già presente

In molti cantieri il Digital Twin viene ancora considerato una tecnologia del futuro.

Io credo che sia già una realtà.

Le infrastrutture più importanti iniziano a dotarsi del proprio gemello digitale.

Le reti di sensori aumentano.

Le banche dati crescono.

L'Intelligenza Artificiale diventa sempre più efficace.

Nei prossimi anni il Digital Twin diventerà uno strumento ordinario della professione.

Come oggi lo sono il CAD o il BIM.

La vera domanda non è se questa trasformazione avverrà.

La vera domanda è quanto saremo preparati ad accompagnarla.

Conclusione

Il Digital Twin rappresenta uno dei pilastri della Nuova Ingegneria.

Non sostituisce l'esperienza.

La valorizza.

Non elimina il sopralluogo.

Lo rende più efficace.

Non sostituisce l'ingegnere.

Gli offre una conoscenza più ampia e più profonda.

Per questo motivo considero il Digital Twin non soltanto un modello digitale.

Lo considero il nuovo linguaggio attraverso
il quale le infrastrutture dialogano con chi ha il compito di proteggerle.

E quando un'infrastruttura inizia a dialogare, l'ingegneria compie un passo decisivo verso il futuro.



CAPITOLO 6

LA MANUTENZIONE PREDITTIVA

Dalla cultura della riparazione alla cultura della prevenzione

"L'opera migliore non è quella che ripariamo bene.
È quella che non arriverà mai a rompersi perché abbiamo saputo prevederne il comportamento."

Un cambiamento cultura

Nel corso della mia vita professionale ho visto cambiare profondamente il modo di affrontare la manutenzione delle opere.

Per molti anni la manutenzione è stata considerata una conseguenza inevitabile del tempo.

Si interveniva quando comparivano i primi segni del degrado.

Una fessura.

Una perdita.

Una deformazione.

Una corrosione.

Una frana.

Il problema diventava visibile.

Solo allora iniziava la ricerca della soluzione.

Era una logica comprensibile.

Le tecnologie disponibili non consentivano di fare altro.

Oggi, invece, possiamo cambiare completamente prospettiva.

Dal guasto alla previsione

Immaginiamo di guidare un'automobile.

Se attendiamo che il motore si rompa prima di intervenire, il costo sarà elevato e il disagio ancora maggiore.

Se, invece, controlliamo periodicamente il motore, sostituiamo l'olio e monitoriamo i principali parametri di funzionamento, riduciamo drasticamente il rischio di guasti.

Lo stesso principio vale per un ponte.

Per una galleria.

Per una diga.

Per una rete idrica.

Per una frana.

La manutenzione predittiva nasce proprio da questa semplice idea.

Intervenire prima.

Il tempo diventa un alleato

Per secoli il tempo è stato considerato il principale nemico delle infrastrutture.

Il calcestruzzo invecchia.

L'acciaio si corrode.

I terreni si modificano.

Le strutture si deformano.

Ma il tempo può diventare anche un prezioso alleato.

Se osserviamo continuamente l'evoluzione di un'opera possiamo comprenderne il comportamento.

Possiamo riconoscere le prime variazioni.

Possiamo capire quando un fenomeno sta accelerando.

Possiamo decidere il momento migliore per intervenire.

Il tempo non rappresenta più soltanto il fattore che produce il degrado.

Diventa lo strumento che ci permette di comprenderlo.

Ogni infrastruttura racconta il proprio futuro

Le infrastrutture non si deteriorano improvvisamente.

Quasi sempre inviano segnali.

Piccole deformazioni.

Lievi abbassamenti.

Modeste variazioni di temperatura.

Microscopiche fessure.

Oscillazioni anomale.

Sono segnali spesso invisibili all'occhio umano.

Ma non ai sensori.

La Nuova Ingegneria insegna ad ascoltare questi segnali.

Ed è proprio questa capacità di ascolto che rende possibile la manutenzione predittiva.

I dati diventano conoscenza

Ogni giorno migliaia di sensori raccolgono informazioni.

Da soli questi dati hanno un valore limitato.

È l'interpretazione che li trasforma in conoscenza.

Una misura isolata dice poco.

Migliaia di misure raccolte nel tempo raccontano una storia.

Permettono di comprendere come evolve una struttura.

Quali fenomeni sono normali.

Quali meritano attenzione.

Quali richiedono un intervento immediato.

La conoscenza nasce dalla continuità dell'osservazione.

Il ruolo dell'Intelligenza Artificiale

Nella manutenzione predittiva l'Intelligenza Artificiale svolge un ruolo fondamentale.

Ogni giorno confronta milioni di dati.

Individua comportamenti anomali.

Ricerca correlazioni.

Costruisce scenari.

Calcola probabilità.

Suggerisce priorità.

Ma non decide.

Il giudizio finale appartiene sempre all'ingegnere.

Perché ogni decisione coinvolge sicurezza, economia, ambiente e persone.

Ed è proprio questo equilibrio tra tecnologia e responsabilità che caratterizza la Nuova Ingegneria.

La manutenzione non è un costo

Per troppo tempo la manutenzione è stata considerata una spesa.

Un'attività da rinviare.

Un costo da contenere.

È una visione che dobbiamo superare.

La manutenzione rappresenta un investimento.

Ogni euro speso nella prevenzione evita costi molto maggiori in futuro.

Ma soprattutto evita rischi.

Protegge le persone.

Conserva il patrimonio costruito.

Garantisce la continuità dei servizi.

Una società moderna non può permettersi di intervenire soltanto quando compare l'emergenza.

L'esempio delle reti idriche

Uno degli esempi più evidenti riguarda le reti acquedottistiche.

Ogni anno milioni di metri cubi d'acqua vengono dispersi a causa di perdite spesso invisibili.

Con la manutenzione tradizionale si interviene quando la perdita emerge.

Con la manutenzione predittiva la perdita viene individuata molto prima.

Sensori distribuiti.

Misure di pressione.

Analisi delle portate.

Digital Twin.

Intelligenza Artificiale.

L'intero sistema collabora per individuare l'anomalia.

Il risultato è duplice.

Minori costi.

Maggiore sostenibilità.

La sicurezza prima dell'emergenza

L'obiettivo finale della manutenzione predittiva non è la riduzione dei costi.

È la sicurezza.

Ogni intervento anticipato significa un rischio evitato.

Ogni problema individuato in tempo rappresenta una possibile emergenza scongiurata.

Per questo considero la manutenzione predittiva una delle più importanti conquiste dell'ingegneria contemporanea.

Non perché utilizzi tecnologie avanzate.

Ma perché mette la prevenzione al centro delle decisioni.

Una nuova cultura amministrativa

Anche le amministrazioni pubbliche dovranno cambiare approccio.

Programmare.

Monitorare.

Prevedere.

Investire nella conoscenza.

La gestione delle infrastrutture non potrà più basarsi esclusivamente sulle emergenze.

Occorrerà costruire una vera cultura della prevenzione.

Una cultura nella quale l'ingegnere diventa il consulente permanente del territorio.

Il futuro della manutenzione

Sono convinto che nei prossimi decenni ogni infrastruttura importante disporrà del proprio programma di manutenzione predittiva.

Ogni ponte.

Ogni viadotto.

Ogni galleria.

Ogni diga.

Ogni rete idrica.

Ogni edificio strategico.

Le informazioni raccolte saranno sempre più precise.

I modelli previsionali sempre più affidabili.

L'Intelligenza Artificiale sempre più efficace.

Ma il principio rimarrà immutato…. **Prevenire è meglio che riparare.**

Conclusione

La manutenzione predittiva rappresenta uno dei pilastri della Nuova Ingegneria.

Non nasce per sostituire la manutenzione tradizionale.

Nasce per renderla più intelligente.

Più tempestiva.

Più efficace.

Più sicura.

Perché il vero successo di un'opera non consiste nella sua imponenza.

Consiste nella capacità di continuare a svolgere il proprio servizio, proteggendo le persone giorno dopo giorno, anno dopo anno.

Ed è proprio questo il compito della manutenzione predittiva.

Trasformare la conoscenza in sicurezza.



CAPITOLO 7

L'INTELLIGENZA ARTIFICIALE AL SERVIZIO DELL'INGEGNERE

La tecnologia che affianca, non sostituisce

"L'Intelligenza Artificiale rappresenta uno degli strumenti più potenti mai messi a disposizione dell'ingegneria. Ma, come ogni strumento, il suo valore dipende dall'intelligenza di chi lo utilizza."

Una rivoluzione che suscita domande

Poche innovazioni hanno generato tanto entusiasmo e, nello stesso tempo, tante preoccupazioni quanto l'Intelligenza Artificiale.

Ogni giorno giornali, televisioni e mezzi di comunicazione raccontano nuove applicazioni.

Si parla di macchine capaci di scrivere.

Di progettare.

Di guidare automobili.

Di elaborare immagini.

Di dialogare con le persone.

Qualcuno immagina un futuro nel quale le professioni tecniche saranno progressivamente sostituite dagli algoritmi.

Altri vedono nell'Intelligenza Artificiale una straordinaria opportunità.

Come spesso accade, la realtà è molto più equilibrata.

Ed è proprio da questa realtà che desidero partire.

L'Intelligenza Artificiale vista da un ingegnere

Ho iniziato la mia professione quando i computer occupavano intere stanze.

Le elaborazioni richiedevano tempi lunghissimi.

Molti calcoli venivano eseguiti manualmente.

Ho visto nascere l'informatica.

Ho visto arrivare Internet.

Ho assistito allo sviluppo del CAD, del BIM e del Digital Twin.

Oggi osservo con lo stesso interesse l'evoluzione dell'Intelligenza Artificiale.

La considero una straordinaria opportunità.

Ma non la considero una scorciatoia.

Un collaboratore straordinario

L'errore più grande consiste nel pensare che l'Intelligenza Artificiale debba sostituire il lavoro dell'ingegnere.

Io la considero un collaboratore.

Un collaboratore instancabile.

Rapido.

Capace di elaborare enormi quantità di dati.

Ma pur sempre un collaboratore.

Ogni giorno una grande infrastruttura produce milioni di informazioni.

Sensori.

Satelliti.

Fibre ottiche.

Droni.

Laser scanner.

Reti meteorologiche.

Monitoraggi geotecnici.

Nessun essere umano potrebbe analizzare tutto questo materiale in tempi brevi.

L'Intelligenza Artificiale svolge proprio questo compito.

Ordina.

Confronta.

Riconosce anomalie.

Costruisce scenari.

Evidenzia criticità.

Ma il significato finale appartiene sempre all'ingegnere.

L'esperienza non si programma

Esiste un patrimonio che nessun algoritmo possiede.

L'esperienza.

L'esperienza nasce dopo anni trascorsi nei cantieri.

Nasce osservando il comportamento dei materiali.

Nasce affrontando gli imprevisti.

Nasce dalle decisioni difficili.

Nasce dagli errori corretti.

Nasce dalle responsabilità assunte.

L'Intelligenza Artificiale può leggere milioni di documenti.

Può conoscere migliaia di progetti.

Ma non può vivere un cantiere.

Non può provare la tensione di una decisione che riguarda la sicurezza delle persone.

Questa rimane una responsabilità profondamente umana.

Il valore del dubbio

Durante tutta la mia attività professionale ho imparato una lezione fondamentale.

L'ingegnere deve dubitare.

Ogni progetto deve essere verificato.

Ogni calcolo deve essere controllato.

Ogni ipotesi deve essere confermata.

Il dubbio rappresenta uno dei più importanti strumenti della nostra professione.

L'Intelligenza Artificiale tende naturalmente a fornire risposte.

L'ingegnere deve continuare a porsi domande.

È proprio da questo dialogo tra risposta e dubbio che nasce la qualità del progetto.

L'Intelligenza Artificiale nei cantieri

Nei prossimi anni assisteremo a una trasformazione profonda dei cantieri.

L'Intelligenza Artificiale elaborerà continuamente i dati provenienti dalle infrastrutture.

Segnalerà anomalie.

Programmerà controlli.

Ottimizzerà la logistica.

Aiuterà nella gestione delle risorse.

Ridurrà gli sprechi.

Migliorerà la sicurezza.

Ma il cantiere continuerà ad avere bisogno della presenza dell'ingegnere.

Perché nessun algoritmo può sostituire l'osservazione diretta.

Il dialogo con gli operai.

La capacità di comprendere situazioni impreviste.

La sensibilità maturata in anni di esperienza.

L'etica della tecnologia

Ogni grande innovazione impone nuove responsabilità.

L'Intelligenza Artificiale non fa eccezione.

Gli algoritmi devono essere trasparenti.

I dati devono essere affidabili.

Le elaborazioni devono essere verificabili.

Le decisioni devono poter essere spiegate.

La tecnologia non può diventare una scatola chiusa.

L'ingegnere deve comprenderne il funzionamento.

Solo così potrà utilizzarla con responsabilità.

Il dialogo tra generazioni

Negli ultimi anni ho avuto la fortuna di lavorare insieme a giovani ingegneri.

Ogni volta ho imparato qualcosa.

Le nuove generazioni possiedono competenze digitali straordinarie.

Le generazioni più esperte portano con sé il patrimonio dei grandi cantieri.

Sono due ricchezze complementari.

La vera innovazione nasce quando queste esperienze si incontrano.

Non esiste una generazione migliore dell'altra.

Esiste una comunità di professionisti che cresce condividendo conoscenze.

Una nuova alleanza

Credo profondamente che il futuro appartenga alla collaborazione.

Non tra uomo e macchina.

Ma tra intelligenza umana e intelligenza artificiale.

L'una completa l'altra.

L'una rafforza l'altra.

L'Intelligenza Artificiale rende disponibili informazioni sempre più ricche.

L'ingegnere le trasforma in decisioni responsabili.

Questa alleanza rappresenta una delle più grandi opportunità per la sicurezza delle infrastrutture.

Il futuro della professione

Molti giovani mi chiedono se valga ancora la pena scegliere la professione dell'ingegnere.

La mia risposta è sempre la stessa.

Oggi più che mai.

Perché il mondo avrà sempre bisogno di persone capaci di assumersi responsabilità.

Di progettare.

Di interpretare.

Di decidere.

Le tecnologie continueranno a cambiare.

Gli strumenti diventeranno sempre più sofisticati.

Ma la qualità delle decisioni continuerà a dipendere dalla preparazione, dall'etica e dall'esperienza delle persone.

Conclusione

L'Intelligenza Artificiale rappresenta uno dei pilastri della Nuova Ingegneria.

Non perché sostituisce l'ingegnere.

Ma perché lo rende più forte.

Più informato.

Più consapevole.

Più capace di prevenire.

Più capace di proteggere.

Il futuro non appartiene alle macchine.

Appartiene agli uomini e alle donne che sapranno utilizzare la tecnologia senza rinunciare alla propria responsabilità.

Perché la vera intelligenza continuerà sempre ad avere un volto umano.



CAPITOLO 8

LE SMART INFRASTRUCTURES E LE SMART CITIES

Dall'opera intelligente al territorio intelligente

"Per oltre un secolo abbiamo progettato infrastrutture. Oggi dobbiamo imparare a progettare sistemi che dialogano tra loro. È questa la vera rivoluzione delle Smart Cities."

Una nuova visione del territorio

Per molti anni abbiamo progettato le infrastrutture come opere indipendenti.

Un ponte era un ponte.

Una strada era una strada.

Un acquedotto era un acquedotto.

Una linea ferroviaria era una linea ferroviaria.

Ogni opera nasceva, cresceva e veniva gestita quasi esclusivamente come un sistema autonomo.

Era un'impostazione corretta.

Le conoscenze disponibili e gli strumenti dell'epoca non consentivano altro.

Oggi quella visione non è più sufficiente.

Viviamo in un mondo nel quale tutto è collegato.

L'acqua dipende dall'energia.

L'energia dipende dalle reti.

Le reti dipendono dalle telecomunicazioni.

La mobilità dipende dalle informazioni.

La Protezione Civile dipende dalla rapidità con cui i dati vengono raccolti, elaborati e condivisi.

Le infrastrutture non vivono più isolate.

Vivono insieme.

Formano un organismo complesso.

Comprendere questa trasformazione significa comprendere il significato più profondo della Smart City.

La città come organismo vivente

Quando osservo una città moderna mi piace immaginarla come un organismo umano.

Le strade rappresentano il sistema circolatorio.

Le reti idriche distribuiscono la risorsa più preziosa, proprio come il sangue distribuisce l'ossigeno.

Le reti elettriche alimentano ogni attività, come il sistema energetico del nostro corpo.

Le telecomunicazioni costituiscono il sistema nervoso.

I sensori rappresentano gli organi di percezione.

L'Intelligenza Artificiale svolge il ruolo della capacità di elaborazione.

Ma il cervello continua a essere rappresentato dalle persone.

Dagli amministratori.

Dai tecnici.

Dagli ingegneri.

La città intelligente non nasce dalla tecnologia.

Nasce dalla capacità di mettere in relazione tutte queste componenti.

Come nel corpo umano, il benessere dell'insieme dipende dall'equilibrio di ogni singolo elemento.

Dal controllo alla conoscenza

Per molti anni le amministrazioni hanno gestito il territorio intervenendo quando compariva un problema.

Una strada si deformava.

Una condotta si rompeva.

Una frana minacciava un centro abitato.

Un ponte mostrava segni di degrado.

Era il problema a richiamare l'attenzione.

La Nuova Ingegneria propone una logica completamente diversa.

Il territorio viene osservato continuamente.

Le anomalie vengono individuate prima.

Le priorità vengono definite sulla base dei dati.

Le decisioni diventano preventive.

L'emergenza lascia progressivamente spazio alla pianificazione.

Non è soltanto un miglioramento tecnologico.

È un cambiamento culturale.

Il Digital Twin della città

Così come oggi un ponte può avere il proprio Digital Twin, domani ogni città disporrà del proprio gemello digitale.

Immaginiamo un unico modello capace di rappresentare contemporaneamente:

le infrastrutture,

gli edifici pubblici,

le reti idriche,

le reti elettriche,

la mobilità,

l'ambiente,

la qualità dell'aria,

i consumi energetici,

i rischi idrogeologici,

i rischi sismici,

i dati meteorologici,

la Protezione Civile.

Tutto sarà integrato.

Tutto dialogherà.

L'amministratore non vedrà più soltanto una mappa.

Vedrà una città viva.

Una città che racconta continuamente il proprio stato di salute.

Simulare il futuro

Uno dei più grandi vantaggi del Digital Twin urbano consiste nella possibilità di simulare scenari.

Che cosa accade durante un terremoto?

Come evolve una piena?

Quali quartieri risultano maggiormente vulnerabili?

Quali strade devono rimanere libere per i mezzi di soccorso?

Come varia il traffico durante un'emergenza?

Quali infrastrutture richiedono interventi prioritari?

Fino a pochi anni fa queste domande trovavano risposta soltanto dopo l'evento.

Oggi possiamo analizzarle prima.

Prepararci.

Programmare.

Prevenire.

Questa è la vera forza della conoscenza.

Le infrastrutture dialogano

Ogni infrastruttura diventa una sorgente di informazioni.

Ponti.

Viadotti.

Gallerie.

Scuole.

Ospedali.

Porti.

Ferrovie.

Aeroporti.

Reti idriche.

Impianti energetici.

Ogni opera produce dati.

Ogni dato contribuisce a costruire la memoria digitale della città.

L'insieme di queste informazioni costituisce un patrimonio di valore immenso.

Per la prima volta nella storia possiamo conoscere il comportamento complessivo del territorio.

L'acqua diventa intelligente

Tra tutte le reti urbane, quella idrica rappresenta probabilmente uno degli esempi più significativi.

Ogni anno enormi quantità d'acqua vengono disperse.

Spesso le perdite rimangono invisibili per mesi.

Con la Nuova Ingegneria la rete idrica diventa intelligente.

Sensori distribuiti.

Misuratori digitali.

Digital Twin.

Analisi predittiva.

Ogni anomalia viene individuata rapidamente.

Ogni intervento diventa più tempestivo.

L'acqua non viene più gestita soltanto come una risorsa naturale.

Diventa un patrimonio da proteggere con la stessa attenzione con cui proteggiamo una grande infrastruttura.

Energia e resilienza

Lo stesso principio riguarda l'energia.

Una Smart City integra produzione, distribuzione, accumulo e consumi.

Le fonti rinnovabili dialogano con la rete.

La mobilità elettrica entra a far parte del sistema urbano.

L'illuminazione pubblica diventa intelligente.

Ogni elemento contribuisce alla resilienza della comunità.

L'obiettivo non è semplicemente risparmiare energia.

L'obiettivo è costruire una città capace di continuare a funzionare anche nelle situazioni più difficili

Il Sindaco Smart

Negli ultimi anni ho spesso utilizzato un'espressione che considero significativa.

Il **Sindaco Smart**.

Non intendo un amministratore esperto di informatica.

Intendo un amministratore che governa attraverso la conoscenza.

Che programma.

Che investe nella prevenzione.

Che utilizza dati affidabili.

Che guarda oltre il proprio mandato amministrativo.

Le infrastrutture vivono decenni.

Anche la visione politica deve imparare a guardare lontano.

L'ingegnere cambia ruolo

In questo nuovo scenario cambia anche il ruolo dell'ingegnere.

Non è più soltanto progettista.

Diventa consulente permanente del territorio.

Analizza.

Interpreta.

Prevede.

Comunica.

Supporta gli amministratori.

Dialoga con la Protezione Civile.

Contribuisce alla pianificazione.

L'ingegnere diventa il collegamento tra la tecnologia e la comunità.

È un ruolo nuovo.

Ma profondamente coerente con la storia della nostra professione.

La città resiliente

Molti pensano che una Smart City sia una città ricca di tecnologia.

Io credo che una Smart City sia soprattutto una città capace di resistere.

Resistere ai terremoti.

Alle alluvioni.

Alle frane.

Ai cambiamenti climatici.

Alle crisi energetiche.

Alle emergenze.

La resilienza rappresenta il vero indicatore della qualità di una comunità.

Perché una città intelligente non è quella che evita ogni problema.

È quella che sa affrontarlo, limitarne gli effetti e riprendere rapidamente il proprio equilibrio.

Conclusione

Le Smart Cities rappresentano probabilmente la più ambiziosa evoluzione della Nuova Ingegneria.

Non perché introducano nuove tecnologie.

Ma perché mettono finalmente in relazione tutto ciò che fino a ieri era separato.

Le infrastrutture dialogano.

I dati diventano conoscenza.

La conoscenza diventa prevenzione.

La prevenzione diventa sicurezza.

Ed è proprio questa la missione dell'ingegneria del futuro.

Non costruire semplicemente città più moderne.

Ma costruire comunità più sicure, più resilienti e più umane.

Ing. Diego Dell'Erba

"La vera Smart City non è quella che possiede più tecnologia. È quella che utilizza la tecnologia per proteggere meglio i propri cittadini."



CAPITOLO 9

L'UOMO AL CENTRO DELLA NUOVA INGEGNERIA

L'intelligenza
che nessuna macchina potrà sostituire

"Le macchine possono elaborare miliardi di dati. L'uomo continua a essere l'unico capace di trasformare quei dati in responsabilità, etica e futuro."

La domanda più importante

Dopo aver parlato di Digital Twin, di sensori in fibra ottica, di monitoraggio strutturale continuo, di Intelligenza Artificiale e di manutenzione predittiva, il lettore potrebbe giungere a una conclusione sbagliata.

Potrebbe pensare che il protagonista della Nuova Ingegneria sia la tecnologia.

Io credo esattamente il contrario.

Il vero protagonista continua a essere la persona.

Le tecnologie rappresentano strumenti straordinari.

Sono potenti.

Veloci.

Precise.

Capaci di elaborare quantità immense di informazioni.

Ma non possiedono coscienza.

Non possiedono sensibilità.

Non conoscono il valore della vita umana.

L'ingegneria, prima ancora di essere una disciplina scientifica, è una disciplina profondamente umana.

Ogni ponte.

Ogni scuola.

Ogni ospedale.

Ogni diga.

Ogni galleria.

Ogni infrastruttura nasce da una decisione.

Ed è proprio su quella decisione che si fonda la sicurezza della collettività.

L'ingegnere costruisce fiducia

Molti immaginano che il nostro lavoro consista nel progettare edifici.

In realtà noi costruiamo qualcosa di molto più importante.

Costruiamo fiducia.

Ogni giorno milioni di persone attraversano ponti.

Entrano negli ospedali.

Frequentano scuole.

Percorrono gallerie.

Utilizzano acquedotti.

Quasi nessuno pensa al progettista.

Ed è giusto così.

La serenità con cui vivono quelle opere rappresenta il più grande riconoscimento per chi le ha progettate.

Quella serenità nasce da migliaia di verifiche.

Da migliaia di calcoli.

Da migliaia di decisioni prese con responsabilità.

Questa è la parte più nobile della nostra professione.

Cinquant'anni di cambiamenti

Guardando indietro mi accorgo di avere attraversato epoche molto diverse.

Ho iniziato con il regolo calcolatore.

Ho disegnato sul tecnigrafo.

Ho visto arrivare il CAD.

Poi il BIM.

Successivamente il Digital Twin.

Oggi utilizzo l'Intelligenza Artificiale.

Ogni innovazione ha migliorato il mio lavoro.

Nessuna ha modificato la mia responsabilità.

La responsabilità non appartiene agli strumenti.

Appartiene sempre alle persone.

L'esperienza è un patrimonio

Esiste una ricchezza che nessun software potrà mai acquistare.

L'esperienza.

L'esperienza nasce lentamente.

Nasce dagli errori.

Dalle difficoltà.

Dalle decisioni prese nei momenti più complessi.

Nasce dalle notti trascorse nei cantieri.

Dalle riunioni.

Dai confronti con geologi, architetti, operai, amministratori e tecnici.

Ogni opera lascia una lezione.

Ogni problema risolto aumenta la nostra capacità di affrontare il successivo.

L'Intelligenza Artificiale può leggere milioni di documenti.

Ma non può vivere un cantiere.

Non può provare la responsabilità di una decisione che riguarda la sicurezza delle persone.

Il valore del dubbio

Nel corso della mia professione ho imparato che il dubbio rappresenta uno dei più importanti strumenti dell'ingegnere.

Chi non dubita rischia di diventare pericoloso.

Ogni progetto deve essere verificato.

Ogni ipotesi deve essere controllata.

Ogni risultato deve essere confermato.

Il dubbio non rallenta il progresso.

Lo rende più sicuro.

L'Intelligenza Artificiale tende naturalmente a fornire risposte.

L'ingegnere deve continuare a porsi domande.

È proprio da questo dialogo tra risposta e riflessione che nasce la qualità del progetto.

Etica e responsabilità

La Nuova Ingegneria richiede una nuova etica professionale.

I dati devono essere affidabili.

I sensori devono essere controllati.

Gli algoritmi devono essere trasparenti.

I modelli devono essere verificabili.

Le decisioni devono essere motivate.

La tecnologia non può diventare un'autorità incontestabile.

Deve rimanere uno strumento al servizio dell'uomo.

L'innovazione senza etica rischia di produrre nuovi problemi invece di risolverli.

Per questo motivo considero l'etica parte integrante della progettazione.

Il dialogare tra generazioni

Uno degli aspetti che considero più importanti riguarda il rapporto tra giovani ed esperti.

Ogni volta che lavoro con giovani ingegneri ritrovo entusiasmo.

Curiosità.

Competenza digitale.

Capacità di affrontare il cambiamento.

Le generazioni più anziane portano invece esperienza.

Conoscenza dei cantieri.

Visione complessiva.

Capacità decisionale.

Separati siamo incompleti.

Insieme diventiamo una straordinaria squadra.

La Nuova Ingegneria nasce proprio dall'incontro tra queste due ricchezze.

La curiosità

Molti mi chiedono perché, dopo oltre cinquant'anni di professione, continui ancora a studiare.

La risposta è semplice.

Perché la curiosità rappresenta il motore dell'ingegneria.

Ogni nuova tecnologia è una domanda.

Ogni problema è una sfida.

Ogni progetto è un'occasione per imparare.

Chi smette di imparare smette anche di innovare.

Per questo motivo continuo a studiare.

Non per rincorrere la tecnologia.

Ma per comprendere come possa essere utilizzata per costruire infrastrutture migliori.

La sicurezza rimane la missione

Se dovessi riassumere tutta la mia vita professionale in una sola frase sceglierei questa.

La sicurezza viene prima di tutto.

Prima dei costi.

Prima dei tempi.

Prima dello spettacolo.

Una grande opera non è quella che stupisce.

È quella che protegge le persone per decenni.

Questa convinzione ha accompagnato tutta la mia attività professionale.

E continua ancora oggi a guidare ogni nuovo progetto.

La Nuova Ingegneria è una cultura

Spesso l'innovazione viene descritta attraverso gli strumenti.

Io preferisco descriverla attraverso la mentalità.

La Nuova Ingegneria non è fatta soltanto di Digital Twin.

Di fibre ottiche.

Di Intelligenza Artificiale.

È un nuovo modo di osservare il territorio.

Di progettare.

Di prevenire.

Di collaborare.

Di assumersi responsabilità.

La tecnologia rappresenta il mezzo.

L'uomo rimane il fine.

Un messaggio ai giovani

Vorrei concludere questo capitolo rivolgendo un pensiero ai giovani ingegneri.

Studiate.

Imparate ad utilizzare il Digital Twin.

Conoscete l'Intelligenza Artificiale.

Sperimentate le nuove tecnologie.

Ma non dimenticate mai di frequentare un cantiere.

Parlate con gli operai.

Ascoltate i Direttori dei Lavori.

Confrontatevi con chi ha vissuto decenni di professione.

L'ingegneria non si apprende soltanto nei libri.

Si costruisce ogni giorno, sul campo.

Il futuro è già iniziato

La Nuova Ingegneria non appartiene al futuro.

È già presente.

Nei cantieri.

Nelle università.

Nei centri di ricerca.

Nelle amministrazioni che investono nella prevenzione.

Le tecnologie continueranno a evolversi.

Cambieranno gli strumenti.

Cambieranno i software.

Cambieranno gli algoritmi.

Ma una verità resterà immutata.

La sicurezza delle persone dipenderà sempre dalla qualità delle decisioni degli uomini.

Ed è proprio per questo che il ruolo dell'ingegnere diventerà sempre più importante.

Conclusione

Quando iniziai la mia professione avevo un regolo calcolatore in tasca.

Oggi utilizzo Digital Twin e Intelligenza Artificiale.

Sono cambiati gli strumenti.

Non è mai cambiata la mia missione.

Progettare opere sicure per migliorare la vita delle persone.

È questa la vera essenza della Nuova Ingegneria.



PARTE SECONDA

L'INGEGNERIA VISSUTA

Cinquant'anni di esperienza nei grandi cantieri italiani e internazionali

"Le idee non nascono davanti a una scrivania. Nascono osservando il lavoro degli uomini, ascoltando il cantiere e imparando ogni giorno dalla realtà."

Per tutta la prima parte di questo libro abbiamo parlato di innovazione.

Di Digital Twin.

Di fibre ottiche.

Di monitoraggio continuo.

Di Intelligenza Artificiale.

Di Smart Cities.

Qualcuno potrebbe pensare che queste idee siano nate improvvisamente.

Non è così.

Ogni innovazione ha radici profonde.

La mia affonda nei grandi cantieri italiani degli anni Settanta.

Lì ho imparato il valore della disciplina.

Dell'organizzazione.

Del lavoro di squadra.

Del rispetto per gli operai.

Della responsabilità del Direttore dei Lavori.

Lì è nata la mia idea di ingegneria.

Ed è proprio lì che desidero accompagnare il lettore.

Non per raccontare la mia storia personale.

Ma per mostrare come ogni esperienza abbia contribuito, molti anni dopo, alla nascita della Cyber Physical Engineering.

Perché il futuro non nasce mai dal nulla.

Nasce sempre dall'esperienza.



CAPITOLO 10

VIANINI S.p.A.

Dove nasce un ingegnere

"Prima delle grandi opere vengono le grandi scuole. Per me la prima grande scuola si chiamava Vianini."

Il primo giorno

Ogni ingegnere ricorda il proprio primo giorno di lavoro.

Anch'io lo ricordo perfettamente.

Non tanto per ciò che feci.

Quanto per ciò che imparai.

Entravo in una delle più importanti imprese di costruzioni italiane.

Per un giovane ingegnere significava entrare in una vera università della professione.

Avevo studiato molto.

Conoscevo la teoria.

Avevo affrontato esami difficili.

Ma quel giorno compresi una verità che nessun libro mi aveva insegnato.

L'Università forma l'ingegnere.

Il cantiere forma il professionista.

La grande scuola dei cantieri

La Vianini rappresentava molto più di un'impresa.

Era una scuola di organizzazione.

Di metodo.

Di disciplina.

Ogni cantiere funzionava come un organismo perfettamente coordinato.

Nulla veniva lasciato al caso.

Ogni attività era programmata.

Ogni responsabilità chiaramente definita.

Ogni decisione nasceva dall'esperienza.

Per un giovane ingegnere era impossibile non imparare.

Ogni giornata rappresentava una lezione.

I maestri

La fortuna più grande della mia carriera è stata quella di incontrare grandi maestri.

Non soltanto ingegneri di straordinaria preparazione.

Ma uomini capaci di trasmettere una cultura del lavoro.

Ricordo ancora il loro modo di osservare un'opera.

Prima ascoltavano.

Poi guardavano.

Infine decidevano.

Mai il contrario.

Mi insegnarono che un Direttore dei Lavori non dirige soltanto persone.

Dirige responsabilità.

Ogni decisione influenza la sicurezza dell'opera.

Ogni scelta coinvolge la vita di chi lavorerà o utilizzerà quella infrastruttura.

Questa consapevolezza mi accompagnerà per tutta la vita.

La disciplina del cantiere

Molti giovani immaginano il cantiere come un luogo dominato dall'improvvisazione.

La realtà è esattamente opposta.

Il grande cantiere è organizzazione.

Metodo.

Programmazione.

Ogni lavorazione segue una sequenza precisa.

Ogni controllo viene eseguito con rigore.

Ogni attività dipende dalla precedente.

È come un'orchestra.

Ogni componente svolge il proprio ruolo.

Se anche un solo elemento perde il ritmo, l'intero sistema ne risente.

Questa capacità organizzativa rappresentava uno dei punti di forza dell'ingegneria italiana.

Gli operai

Tra gli insegnamenti più preziosi ricevuti in quegli anni vi è certamente quello trasmesso dagli operai.

Molti possedevano una conoscenza pratica straordinaria.

Conoscevano il comportamento dei materiali.

Sapevano riconoscere un problema prima ancora che diventasse evidente.

Mi insegnarono il valore dell'ascolto.

L'ingegnere non deve mai sentirsi superiore.

Deve imparare da chiunque possa insegnargli qualcosa.

Questa lezione continua ancora oggi a guidare il mio modo di lavorare.

Le prime responsabilità

Arriva sempre il momento in cui il giovane ingegnere deve prendere la sua prima decisione.

È un momento che non si dimentica.

Fino a quel giorno si osserva.

Si ascolta.

Si studia.

Poi improvvisamente qualcuno dice:

"Adesso decidi tu."

È in quell'istante che si comprende davvero il significato della parola responsabilità.

Ogni firma.

Ogni autorizzazione.

Ogni scelta.

Ogni controllo.

Assumono un valore completamente diverso.

Da quel momento non si lavora più soltanto con la testa.

Si lavora anche con la coscienza.

La sicurezza

Fu proprio alla Vianini che maturò definitivamente una convinzione destinata ad accompagnarmi per tutta la vita.

La sicurezza non è una voce del computo metrico.

La sicurezza è il primo progetto.

Prima dei costi.

Prima dei tempi.

Prima delle quantità.

Ogni decisione deve partire da questa domanda:

"Questa scelta rende l'opera più sicura?"

Se la risposta è negativa, bisogna cercarne un'altra.

Questa filosofia è rimasta immutata anche oggi, nell'epoca del Digital Twin e dell'Intelligenza Artificiale.

Gli strumenti cambiano.

La sicurezza rimane.

Il valore dell'esperienza

Guardando oggi quei primi anni provo un sentimento di profonda gratitudine.

Non soltanto per ciò che ho imparato.

Ma per il modo in cui l'ho imparato.

Ogni giorno.

Ogni cantiere.

Ogni problema.

Ogni confronto.

Hanno contribuito a costruire il patrimonio più prezioso della mia professione.

L'esperienza.

Molti anni dopo sarebbero arrivati i computer.

Il BIM.

Il Digital Twin.

L'Intelligenza Artificiale.

Ma senza quelle fondamenta nessuna tecnologia avrebbe avuto significato.

Perché la vera innovazione nasce sempre da una solida esperienza.

La lezione della Vianini

Se oggi dovessi riassumere in una sola frase ciò che la Vianini mi ha insegnato direi semplicemente questa:

Prima della tecnologia viene la formazione dell'uomo.

Un buon ingegnere non si riconosce dalla quantità di software che utilizza.

Si riconosce dalla serietà con cui affronta ogni decisione.

Dalla capacità di ascoltare.

Dall'umiltà di continuare a imparare.

Dal rispetto per il lavoro degli altri.

E soprattutto dalla responsabilità con cui protegge la sicurezza delle persone.

Questa è stata la mia prima grande scuola.

Ed è proprio lì che, senza saperlo, iniziava il lungo cammino che mi avrebbe portato molti anni dopo alla ***Cyber Physical Engineering****.*

Conclusione del Capitolo

Ogni ingegnere porta con sé un luogo nel quale è nato professionalmente.

Per me quel luogo è stato la **Vianini S.p.A.**

Non soltanto una grande impresa.

Una grande scuola.

Una scuola che mi ha insegnato una verità che considero ancora oggi il fondamento della professione:

Le tecnologie cambiano. I valori dell'ingegnere devono rimanere immutati.

"Le grandi opere si costruiscono
con il cemento e con l'acciaio.
Ma prima ancora si costruiscono con la competenza, la disciplina e il rispetto per il lavoro."



Le grandi infrastrutture e l'innovazione

"Ogni impresa costruisce opere. Le grandi imprese costruiscono anche cultura tecnica. Alla I.CO.RI. imparai che innovare significa avere il coraggio di percorrere strade che nessuno ha ancora esplorato."

Un nuovo capitolo professionale

Dopo gli anni della Vianini iniziò una nuova fase della mia vita professionale.

Entrai nella **I.CO.RI. S.p.A.**, una delle imprese italiane che più contribuirono allo sviluppo delle grandi infrastrutture civili e idrauliche.

Era un ambiente diverso.

Le responsabilità aumentavano.

I cantieri diventavano sempre più complessi.

Le opere assumevano dimensioni che richiedevano organizzazione, competenze multidisciplinari e una visione sempre più ampia.

Fu in quegli anni che compresi come una grande impresa non costruisca semplicemente infrastrutture.

Costruisca innovazione.

L'Italia che costruiva il futuro

Erano anni nei quali il nostro Paese investiva nelle infrastrutture.

Si costruivano acquedotti.

Gallerie.

Porti.

Viadotti.

Opere idrauliche.

Infrastrutture strategiche destinate a migliorare la qualità della vita di intere comunità.

Ogni opera rappresentava una sfida.

Ogni progetto richiedeva soluzioni nuove.

Ogni cantiere diventava un laboratorio di idee.

L'ingegneria italiana viveva una stagione straordinaria.

La competenza tecnica era riconosciuta anche all'estero.

Le nostre imprese esportavano qualità, metodo e capacità organizzativa.

Essere parte di quella stagione rappresentò per me un grande privilegio.

L'innovazione entra nei cantieri

Una delle lezioni più importanti apprese alla I.CO.RI. fu che l'innovazione non nasce nei convegni.

Nasce nei cantieri.

È lì che una nuova macchina dimostra il proprio valore.

È lì che una nuova metodologia viene messa alla prova.

È lì che la teoria incontra la realtà.

Ogni innovazione comporta inevitabilmente qualche incertezza.

Ma chi non sperimenta rimane fermo.

Compresi che il progresso dell'ingegneria dipende dalla capacità di osservare il cambiamento con spirito critico ma anche con coraggio.



Tra le esperienze che hanno maggiormente segnato il mio percorso professionale vi è certamente la realizzazione della ***Galleria Idraulica di Raddusa****, in Sicilia.*

Non fu una galleria come le altre.

Rappresentò un momento di svolta per l'ingegneria italiana.

Per la prima volta venne impiegata una **TBM LOVAT**, una macchina scavatrice completamente diversa rispetto ai metodi tradizionali.

Molti osservavano quella tecnologia con curiosità.

Qualcuno con diffidenza.

Altri con entusiasmo.

Io la osservavo con gli occhi dell'ingegnere.

Ogni innovazione deve dimostrare sul campo la propria affidabilità.

E la TBM la dimostrò.

Una macchina che cambiò il modo di scavare

Fino ad allora lo scavo delle gallerie seguiva procedure consolidate.

L'introduzione della TBM modificò radicalmente l'organizzazione del cantiere.

Lo scavo diventava continuo.

Più preciso.

Più regolare.

Più sicuro.

Anche il rivestimento della galleria cambiava.

Le lavorazioni si integravano.

I tempi si riducevano.

La qualità aumentava.

Non era soltanto una macchina nuova.

Era un modo nuovo di pensare la costruzione delle gallerie.

L'uomo resta il protagonista

Ricordo ancora l'entusiasmo con cui osservavamo quella straordinaria innovazione.

Ma ricordo anche una riflessione che mi accompagnò fin dall'inizio.

La macchina era eccezionale.

Ma il suo successo dipendeva dalle persone.

Ogni scelta progettuale.

Ogni controllo.

Ogni regolazione.

Ogni decisione.

Continuava a dipendere dall'ingegnere.

Compresi ancora una volta che la tecnologia non sostituisce la competenza.

La amplifica.

Organizzazione e metodo

Le grandi opere richiedono organizzazione.

Ogni attività deve essere coordinata.

Ogni squadra deve conoscere perfettamente il proprio ruolo.

Ogni decisione influenza il lavoro delle altre.

Alla I.CO.RI. questa cultura organizzativa rappresentava uno dei punti di forza dell'impresa.

La programmazione non era un documento.

Era il modo di lavorare.

Ogni giornata iniziava sapendo esattamente quali obiettivi raggiungere.

Questa capacità di pianificare rappresenta ancora oggi uno degli insegnamenti più preziosi della mia vita professionale.

Dalla macchina ai dati

Ripensando oggi a quell'esperienza mi accorgo di una curiosa analogia.

Negli anni Settanta la grande innovazione era rappresentata dalla TBM.

Oggi la grande innovazione è rappresentata dal Digital Twin.

In entrambi i casi il principio è lo stesso.

La tecnologia migliora il lavoro dell'uomo.

Non lo sostituisce.

La TBM scavava meglio.

Il Digital Twin osserva meglio.

L'Intelligenza Artificiale analizza meglio.

Ma la responsabilità rimane sempre la stessa.

Le radici della Cyber Physical Engineering

Molti pensano che la Cyber Physical Engineering sia nata recentemente.

In realtà le sue radici affondano proprio in esperienze come quella di Raddusa.

Ogni innovazione vissuta nei grandi cantieri ha contribuito a costruire un nuovo modo di ragionare.

Prima abbiamo imparato a costruire.

Poi a controllare.

Oggi impariamo ad ascoltare le infrastrutture.

È una naturale evoluzione della stessa cultura tecnica.

Una lezione che non ho dimenticato

La I.CO.RI. mi lasciò una convinzione che porto ancora con me.

Il progresso dell'ingegneria non dipende soltanto dalle nuove tecnologie.

Dipende soprattutto dalla disponibilità delle persone ad accoglierle con competenza, spirito critico e responsabilità.

Innovare non significa inseguire ogni novità.

Significa capire quali innovazioni possano realmente migliorare la sicurezza, la qualità e la durata delle opere.

È questa la differenza tra il semplice entusiasmo tecnologico e la vera cultura dell'innovazione.

Conclusione

Quando oggi osservo
il Digital Twin, l'Intelligenza Artificiale e le infrastrutture intelligenti, torno *spesso con il pensiero alla Galleria Idraulica di Raddusa.*

Perché fu lì che imparai una lezione destinata ad accompagnarmi per tutta la vita.

Ogni grande innovazione modifica gli strumenti.

Ma il vero cambiamento nasce sempre dalle persone che hanno il coraggio di utilizzarla con competenza e responsabilità.

*La **I.CO.RI. S.p.A.** mi ha insegnato proprio questo.*

Che il futuro dell'ingegneria appartiene a chi sa coniugare esperienza, organizzazione e innovazione.

Ed è su questo equilibrio che, molti anni dopo, avrebbe preso forma
la mia visione della
***Cyber Physical Engineering**.*

Ing. Diego Dell'Erba

"La prima galleria scavata con una nuova macchina non rappresenta soltanto un'opera. Rappresenta il momento in cui il futuro entra nel cantiere."



CAPITOLO 12

LA METROPOLITANA DI CARACAS

Quando
l'ingegneria italiana costruiva il mondo

"Ogni ingegnere sogna,
almeno una volta nella vita, di misurarsi con un'opera che superi i confini del proprio Paese.
Per me quel sogno si chiamava Metropolitana di Caracas."

Un viaggio che cambiò la mia professione

Ci sono esperienze che cambiano il modo di lavorare.

Altre cambiano il modo di vedere il mondo.

L'esperienza della Metropolitana di Caracas appartiene a entrambe.

Quando mi fu affidato l'incarico di partecipare alla realizzazione di una delle più importanti opere infrastrutturali del Venezuela, compresi immediatamente che non sarebbe stato un cantiere come gli altri.

Non si trattava soltanto di costruire una metropolitana.

Si trattava di confrontarsi con una cultura diversa.

Con un'organizzazione internazionale.

Con tecnici provenienti da Paesi differenti.

Con normative differenti.

Con una città in continua espansione che chiedeva alla tecnologia europea una risposta concreta ai propri problemi di mobilità.

Per un ingegnere italiano era una straordinaria occasione di crescita.

L'ingegneria italiana oltre i confini

Negli anni Ottanta le imprese italiane erano protagoniste di grandi opere in tutto il mondo.

Portavano con sé un patrimonio fatto di competenza, organizzazione e capacità di affrontare problemi complessi.

L'Italia esportava molto più del cemento e dell'acciaio.

Esportava metodo.

Qualità.

Esperienza.

Capacità progettuale.

Entrare a far parte di quel contesto significava rappresentare non soltanto la propria impresa, ma un'intera scuola di ingegneria.

Ogni decisione contribuiva a costruire anche l'immagine dell'ingegneria italiana nel mondo.

Era una responsabilità che sentivamo profondamente.

Una città che cresceva

Caracas era una metropoli in piena trasformazione.

Il traffico aumentava rapidamente.

Le esigenze della popolazione cambiavano.

La mobilità diventava uno dei principali problemi urbani.

La metropolitana rappresentava una risposta moderna, efficiente e sostenibile.

Ma costruire una linea metropolitana in una grande città significa intervenire su un organismo vivo.

Ogni scavo modifica l'equilibrio del territorio.

Ogni cantiere interferisce con la vita quotidiana.

Ogni decisione deve conciliare sicurezza, tempi e continuità dei servizi.

Fu una grande lezione di pianificazione urbana.

La Direzione dei Lavori

Nel corso della mia carriera ho sempre considerato la Direzione dei Lavori uno dei ruoli più delicati dell'ingegneria.

A Caracas questa convinzione divenne ancora più forte.

Il Direttore dei Lavori non controlla soltanto la corretta esecuzione delle opere.

Coordina persone.

Risolve problemi.

Media tra esigenze diverse.

Assume decisioni.

Garantisce qualità e sicurezza.

Ogni giornata iniziava con una programmazione accurata.

Ogni attività veniva verificata.

Ogni imprevisto richiedeva rapidità e competenza.

Compresi ancora una volta che dirigere un grande cantiere significa soprattutto governare la complessità.

Le differenze culturali

Lavorare all'estero significa anche imparare ad ascoltare.

Ogni Paese possiede il proprio modo di organizzare il lavoro.

Le proprie abitudini.

Le proprie sensibilità.

Le proprie priorità.

All'inizio queste differenze possono sembrare difficoltà.

Con il tempo diventano una ricchezza.

Imparai che il linguaggio dell'ingegneria è universale.

I numeri parlano la stessa lingua.

La sicurezza non ha nazionalità.

La qualità non conosce confini.

Fu una delle esperienze umane più importanti della mia vita.

Programmare significa costruire

Se dovessi scegliere una parola che sintetizza l'esperienza di Caracas sceglierei **programmazione**.

Le grandi opere non si improvvisano.

Ogni fase deve essere prevista.

Ogni lavorazione coordinata.

Ogni squadra deve conoscere il proprio ruolo.

Ogni ritardo produce conseguenze sulle attività successive.

Programmare significa ridurre l'incertezza.

E ridurre l'incertezza significa aumentare la sicurezza.

Questa filosofia mi accompagnerà in tutta la mia attività professionale.

Molti anni dopo ritroverò gli stessi principi nei moderni sistemi digitali di gestione dei cantieri.

Una scuola internazionale

La Metropolitana di Caracas rappresentò una straordinaria scuola.

Non soltanto di tecnica.

Ma anche di organizzazione internazionale.

Compresi quanto fosse importante condividere esperienze provenienti da culture diverse.

Ogni confronto arricchiva il progetto.

Ogni soluzione innovativa nasceva quasi sempre dal dialogo tra competenze differenti.

Fu proprio lì che maturò una convinzione destinata a rafforzarsi negli anni successivi.

L'ingegneria cresce quando condivide il sapere.

Dal cantiere tradizionale al cantiere intelligente

Quando ripenso oggi all'esperienza della Metropolitana di Caracas, mi rendo conto di quanto quel cantiere fosse, in un certo senso, il punto di partenza di molte riflessioni che avrebbero trovato piena maturazione soltanto molti anni dopo.

Allora non esistevano il Digital Twin.

Non esistevano le reti di sensori.

Non esisteva l'Intelligenza Artificiale.

Eppure esisteva già ciò che considero il cuore della Nuova Ingegneria.

L'osservazione continua.

Il controllo della qualità.

La programmazione.

La prevenzione.

Ogni giorno raccoglievamo informazioni.

Ogni giorno verificavamo l'avanzamento delle opere.

Ogni giorno confrontavamo quanto previsto con quanto realmente costruito.

Lo facevamo con strumenti molto diversi da quelli attuali.

Ma la filosofia era già la stessa.

Oggi i sensori raccolgono automaticamente quei dati.

Allora li raccoglievano gli uomini.

Oggi gli algoritmi analizzano migliaia di informazioni.

Allora erano gli ingegneri a elaborarle.

Cambiano gli strumenti.

Non cambia il metodo.

La forza del lavoro di squadra

Una grande infrastruttura non nasce mai dal lavoro di una sola persona.

Nasce dalla collaborazione.

In un'opera complessa convivono competenze molto diverse.

Progettisti.

Geologi.

Topografi.

Direttori dei lavori.

Responsabili della sicurezza.

Operai specializzati.

Tecnici di laboratorio.

Amministrativi.

Fornitori.

Ognuno rappresenta un tassello indispensabile.

La qualità finale dell'opera dipende dalla capacità di tutti di lavorare nella stessa direzione.

Questa è probabilmente la più importante lezione che ho imparato a Caracas.

L'ingegneria è una professione profondamente collettiva.

Dietro ogni grande opera esiste una grande squadra.

La responsabilità delle decisioni

Ogni giorno un Direttore dei Lavori prende decine di decisioni.

Molte sembrano piccole.

Altre appaiono decisive.

Con il passare degli anni ho imparato che non esistono decisioni insignificanti.

Ogni scelta può produrre effetti importanti.

Un controllo eseguito con superficialità.

Un dettaglio trascurato.

Un ritardo sottovalutato.

Possono modificare profondamente l'evoluzione di un'opera.

Per questo motivo ho sempre cercato di affrontare ogni problema con lo stesso atteggiamento.

Studiare.

Ascoltare.

Verificare.

Decidere.

La fretta è spesso cattiva consigliera.

La prudenza, invece, rappresenta uno dei più grandi strumenti dell'ingegnere.

La sicurezza non conosce confini

Lavorando all'estero compresi una verità che considero universale.

La sicurezza parla la stessa lingua in ogni parte del mondo.

Cambiano le normative.

Cambiano le procedure.

Cambiano le abitudini.

Ma la vita delle persone possiede ovunque lo stesso valore.

Ogni opera deve essere progettata e costruita affinché chi la utilizzerà possa farlo con fiducia.

È una responsabilità che supera ogni differenza culturale.

Ed è probabilmente il valore più alto della nostra professione.

Un patrimonio umano

Quando si parla di grandi opere si ricordano spesso le strutture.

Le gallerie.

Le stazioni.

I viadotti.

Le tecnologie.

Io, invece, ricordo soprattutto le persone.

Ricordo gli ingegneri con cui ho condiviso decisioni difficili.

Gli operai che affrontavano ogni giorno il proprio lavoro con competenza e dignità.

I tecnici che dedicavano ogni energia alla qualità dell'opera.

Le riunioni.

I sopralluoghi.

Le discussioni tecniche.

Le soluzioni trovate insieme.

Sono questi ricordi che continuano ad accompagnarmi.

Perché le infrastrutture restano.

Ma sono le persone a costruirle.

Caracas oggi

A distanza di molti anni continuo a considerare quell'esperienza uno dei momenti più importanti della mia vita professionale.

Non soltanto per la dimensione dell'opera.

Ma perché mi insegnò a guardare oltre i confini del singolo progetto.

Compresi che l'ingegneria possiede una missione universale.

Migliorare la qualità della vita delle persone.

Qualunque sia il Paese.

Qualunque sia la lingua.

Qualunque sia la cultura.

È un linguaggio comune fatto di competenza, responsabilità e servizio.

Dall'esperienza nasce la visione

Molti anni dopo, quando iniziai a sviluppare il concetto di **Cyber Physical Engineering**, mi accorsi che molte idee erano nate proprio durante esperienze come quella di Caracas.

L'importanza della programmazione.

Il valore del monitoraggio continuo.

La centralità della collaborazione.

La necessità di integrare competenze diverse.

La cultura della prevenzione.

Tutti principi che oggi ritroviamo nelle infrastrutture intelligenti.

La tecnologia è cambiata.

La filosofia dell'ingegneria è rimasta la stessa.

Conclusione

Se oggi dovessi riassumere
in una sola frase ciò che la Metropolitana di Caracas ha rappresentato nella mia vita professionale direi questo:

Mi ha insegnato che l'ingegneria non ha confini.

Ha un unico obiettivo.

Mettere la conoscenza al servizio delle persone.

Le grandi opere passano.

Le tecnologie evolvono.

Le città cambiano.

Ma resta immutata la responsabilità dell'ingegnere.

Progettare.

Costruire.

Proteggere.

Innovare.

Sempre con lo sguardo rivolto al futuro.

*"**La Metropolitana di Caracas***
non è stata soltanto una grande opera. È stata una grande scuola di ingegneria, di organizzazione e di vita. In quei cantieri ho compreso che la vera ricchezza di un'opera non è soltanto ciò che si costruisce, ma ciò che si impara costruendola."

Ing. Diego Dell'Erba



Nasce la
The Birth of Cyber Physical Engineering

"Per oltre mezzo secolo ho costruito infrastrutture.
Un giorno ho compreso
che il loro valore non terminava con la fine del cantiere.
Ogni opera poteva continuare a raccontare la propria storia.
Da quel
momento nacque
la Cyber Physical Engineering."

Quando un'esperienza diventa una visione

Ogni professione attraversa momenti nei quali l'esperienza accumulata inizia lentamente a trasformarsi in una nuova idea.

Non accade improvvisamente.

Non esiste un giorno preciso.

È un processo lento.

Quasi impercettibile.

Ogni cantiere aggiunge una riflessione.

Ogni problema suggerisce una soluzione.

Ogni innovazione apre una nuova prospettiva.

Ripensando oggi ai miei oltre cinquant'anni di attività professionale, mi accorgo che tutte le esperienze vissute sembravano convergere verso un'unica direzione.

All'inizio non ne ero consapevole.

Oggi posso affermarlo con convinzione.

La **Cyber Physical Engineering** non è nata davanti a un computer.

È nata nei cantieri.

Il cemento mi ha insegnato a osservare

Per molti anni il mio lavoro è stato quello di costruire.

Calcestruzzo.

Acciaio.

Terra.

Roccia.

Fondazioni.

Viadotti.

Porti.

Gallerie.

Acquedotti.

Ogni materiale possiede un proprio comportamento.

Ogni struttura evolve nel tempo.

Ogni opera cambia lentamente durante la propria vita.

All'inizio osservavo questi fenomeni con gli strumenti tradizionali.

Sopralluoghi.

Ispezioni.

Prove di laboratorio.

Misure topografiche.

Era il modo corretto di lavorare.

Ma dentro di me cresceva una domanda.

Perché possiamo conoscere così poco di un'opera che abbiamo progettato e costruito?

Le infrastrutture non sono immobili

Per molti anni abbiamo immaginato le infrastrutture come oggetti statici.

Una volta completate sembravano immobili.

In realtà non è così.

Ogni ponte respira.

Ogni diga si adatta.

Ogni galleria reagisce.

Ogni frana evolve.

Ogni edificio cambia lentamente il proprio equilibrio.

Le infrastrutture sono organismi dinamici.

Vivono.

Invecchiano.

Si trasformano.

Comprendere questa semplice verità significa cambiare completamente il modo di progettare

Dal costruire al conoscere

Ad un certo punto della mia attività professionale compresi che il vero patrimonio di un'opera non consiste soltanto nella sua realizzazione.

Consiste nella conoscenza che possiamo acquisire durante tutta la sua vita.

Un ponte costruito oggi continuerà a produrre informazioni per decenni.

Una rete idrica racconterà continuamente il proprio funzionamento.

Una galleria mostrerà come reagisce ai cambiamenti del terreno.

Una frana rivelerà lentamente la propria evoluzione.

L'ingegnere non deve limitarsi a costruire.

Deve imparare a conoscere.

Quando arrivarono i dati

L'evoluzione tecnologica rese finalmente possibile ciò che per molti anni avevo soltanto immaginato.

Comparvero i primi sistemi di monitoraggio continuo.

Le fibre ottiche.

I sensori distribuiti.

I satelliti.

I droni.

Il laser scanner.

Il BIM.

Il Digital Twin.

L'Intelligenza Artificiale.

Improvvisamente le infrastrutture iniziarono a produrre una quantità enorme di informazioni.

Era una rivoluzione.

Non costruivamo più soltanto opere.

Costruivamo anche conoscenza.

Il dato non basta

Molti pensano che il dato rappresenti la nuova ricchezza.

Io credo che il dato, da solo, non abbia alcun valore.

Un sensore produce numeri.

Un satellite produce immagini.

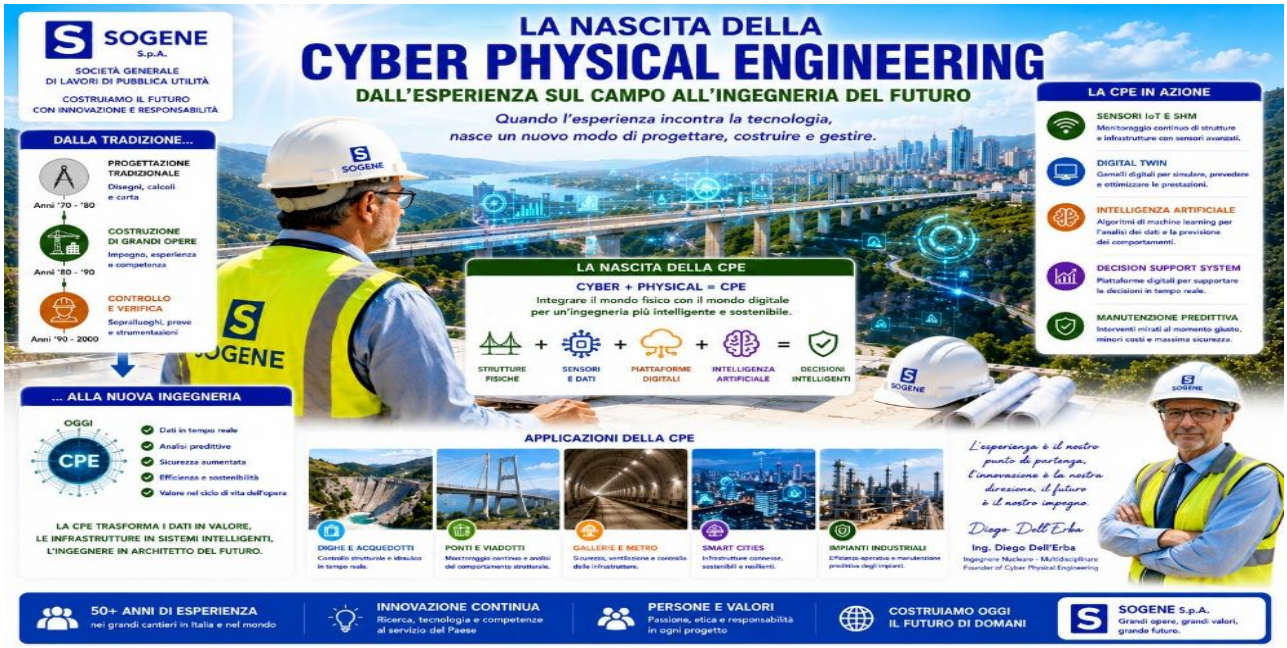
Un drone produce rilievi.

Un software genera grafici.

Ma nessuno di questi elementi costituisce ancora conoscenza.

Il dato diventa utile soltanto quando qualcuno lo interpreta.

Ed è proprio qui che ritorna protagonista l'ingegnere.



La nascita della Cyber Physical Engineering

Fu osservando questa trasformazione che iniziai a elaborare una nuova metodologia.

Mi resi conto che tutte le tecnologie disponibili potevano essere integrate in un unico sistema.

Le opere fisiche.

I sensori.

Il Digital Twin.

L'Intelligenza Artificiale.

La manutenzione predittiva.

I sistemi di supporto alle decisioni.

Non erano strumenti separati.

Erano parti dello stesso organismo.

Da questa intuizione nacque la **Cyber Physical Engineering**.

Una metodologia che mette continuamente in relazione il mondo reale con il mondo digitale.

L'infrastruttura produce dati.

I sensori li raccolgono.

Il Digital Twin li organizza.

L'Intelligenza Artificiale li interpreta.

L'ingegnere decide.

Ogni elemento completa il precedente.

Una nuova filosofia

La Cyber Physical Engineering non è una disciplina informatica.

Non è un software.

Non è una macchina.

È un nuovo modo di pensare l'ingegneria.

Per la prima volta l'opera continua a dialogare con chi l'ha progettata.

Il progetto non termina con il collaudo.

Continua durante tutta la vita dell'infrastruttura.

Ogni giorno aumenta la conoscenza.

Ogni anno migliora la capacità di prevedere.

La manutenzione diventa prevenzione.

La prevenzione diventa sicurezza.

L'infrastruttura intelligente

Immagino le infrastrutture del futuro come organismi capaci di comunicare.

Ponti che segnalano autonomamente l'insorgere di un'anomalia.

Viadotti che controllano continuamente le proprie deformazioni.

Gallerie che monitorano il comportamento del terreno.

Dighe che osservano costantemente il proprio equilibrio.

Reti idriche che individuano una perdita prima ancora che emerga in superficie.

Non è fantascienza.

È una trasformazione già iniziata.

La tecnologia incontra l'esperienza

Molti credono che la tecnologia possa sostituire l'esperienza.

Io penso esattamente il contrario.

Più aumenta la quantità di dati disponibili, maggiore diventa il valore dell'esperienza.

L'Intelligenza Artificiale può individuare una variazione.

L'ingegnere comprende se quella variazione rappresenta un rischio.

Il Digital Twin può simulare uno scenario.

L'ingegnere valuta quale decisione adottare.

La macchina osserva.

L'uomo comprende.

La macchina suggerisce.

L'uomo assume la responsabilità.

Perché nasce la Nuova Ingegneria

Oggi comprendo che tutte le esperienze vissute nei grandi cantieri avevano preparato questo momento.

La Vianini mi ha insegnato la disciplina.

La I.CO.RI. l'innovazione.

La Metropolitana di Caracas l'organizzazione internazionale.

La Sogene la gestione delle grandi opere.

La ricerca scientifica mi ha mostrato il valore dei dati.

Le nuove tecnologie hanno completato il percorso.

La **Nuova Ingegneria** nasce proprio dall'incontro di queste esperienze.

Non cancella il passato.

Lo porta nel futuro.

Conclusione

Se dovessi riassumere in una sola frase il significato della Cyber Physical Engineering direi questo:

Costruire un'infrastruttura significa costruire anche la sua conoscenza.

Il cemento rimane.

L'acciaio rimane.

Ma insieme a essi nasce un patrimonio nuovo.

Il patrimonio dei dati.

Della memoria.

Dell'esperienza digitale.

Della capacità di prevedere.

È questo il passaggio che considero più importante della mia vita professionale.

Per oltre cinquant'anni ho costruito opere.

Oggi desidero contribuire a costruire un nuovo modo di pensare l'ingegneria.

Perché il futuro non appartiene alle infrastrutture più grandi.

Appartiene alle infrastrutture più intelligenti.

E soprattutto appartiene agli uomini che sapranno utilizzarle con competenza, responsabilità ed etica.

Ing. Diego Dell'Erba

"La Cyber Physical Engineering non nasce dalla tecnologia. Nasce dall'incontro tra cinquant'anni di esperienza nei cantieri e le straordinarie opportunità offerte dall'innovazione digitale



CAPITOLO 14

ORVINIO

Il Castello che dialoga con il futuro

"Conservare un monumento significa rispettarne il passato. Monitorarlo con le tecnologie più avanzate significa proteggerne il futuro."

Un incontro tra storia e innovazione

L'ingegneria ha sempre avuto il compito di costruire il nuovo.

Oggi ne ha uno ancora più importante.

Proteggere ciò che la storia ci ha consegnato.

L'Italia possiede uno dei patrimoni monumentali più straordinari del mondo.

Castelli.

Abbazie.

Palazzi storici.

Ponti in muratura.

Torri.

Fortificazioni.

Sono opere costruite secoli fa, spesso senza gli strumenti di calcolo che oggi consideriamo indispensabili.

Eppure molte di esse continuano ancora oggi a svolgere il proprio ruolo.

Ogni edificio storico racconta una storia.

Ogni pietra conserva la memoria di generazioni.

Ogni muro rappresenta una testimonianza della capacità costruttiva dei nostri predecessori.

Proteggere questo patrimonio significa assumersi una responsabilità verso il passato e verso il futuro.

Il Castello Malvezzi

Tra le esperienze che considero più significative vi è certamente il lavoro svolto sul **Castello Malvezzi di Orvinio**.

Quando osservai per la prima volta quella struttura non vidi soltanto un edificio storico.

Vidi un organismo vivo.

Un'opera che aveva attraversato secoli di storia.

Che aveva resistito ai terremoti.

Ai cambiamenti climatici.

Alle trasformazioni del territorio.

Alle modifiche introdotte dall'uomo.

Ogni muro raccontava una vicenda.

Ogni lesione poneva una domanda.

Ogni deformazione suggeriva una riflessione.

Compresi subito che un intervento tradizionale non sarebbe stato sufficiente.

Occorreva qualcosa di diverso.

Occorreva conoscere il comportamento della struttura.

Non soltanto restaurarla.

Restaurare significa conoscere

Per molti anni il recupero degli edifici storici si è basato principalmente sull'osservazione visiva.

Sopralluoghi.

Rilievi.

Indagini diagnostiche.

Prove sui materiali.

Tutto questo continua ad essere fondamentale.

Ma oggi possiamo fare un passo in più.

Possiamo osservare il monumento continuamente.

Possiamo ascoltarlo.

Possiamo comprendere come reagisce alle variazioni della temperatura.

Ai cambiamenti di umidità.

Alle deformazioni.

Alle vibrazioni.

Ai piccoli movimenti della struttura.

È qui che la Nuova Ingegneria incontra il restauro.

Il Digital Twin del Castello

Uno degli aspetti più innovativi del progetto riguarda la realizzazione del **Digital Twin**.

Il castello non viene rappresentato soltanto attraverso un rilievo tridimensionale.

Viene trasformato in un organismo digitale.

Ogni ambiente.

Ogni muratura.

Ogni elemento strutturale.

Ogni lesione.

Ogni particolare costruttivo.

Entra a far parte di un modello dinamico.

Il Digital Twin non rappresenta semplicemente ciò che il castello è oggi.

Racconta anche come evolve nel tempo.

È un archivio vivo.

Una memoria digitale destinata a crescere anno dopo anno.

Le fibre ottiche FBG

Per comprendere realmente il comportamento della struttura abbiamo previsto l'impiego di sensori in fibra ottica **FBG (Fiber Bragg Grating)**.

Questa tecnologia rappresenta una delle più importanti innovazioni nel campo del monitoraggio strutturale.

Le fibre ottiche possono essere installate con un impatto minimo.

Sono leggere.

Estremamente precise.

Immuni ai disturbi elettromagnetici.

Capaci di misurare deformazioni infinitesimali.

Ogni variazione viene registrata.

Ogni movimento viene osservato.

Il castello inizia così a raccontare il proprio comportamento.

Il monumento diventa intelligente

È una definizione che può sorprendere.

Eppure descrive perfettamente ciò che sta accadendo.

Il monumento continua ad essere lo stesso.

Non cambia la sua identità storica.

Non perde il proprio valore artistico.

Ma acquista una nuova capacità.

Quella di dialogare con chi lo protegge.

Ogni dato raccolto aumenta la conoscenza.

Ogni misura contribuisce alla sicurezza.

Il restauro non termina più con la fine dei lavori.

Continua durante tutta la vita del monumento.

Il monitoraggio continuo

Il monitoraggio strutturale rappresenta uno dei pilastri della Cyber Physical Engineering.

Nel caso del Castello Malvezzi assume un significato ancora più profondo.

Le informazioni vengono raccolte continuamente.

Le deformazioni vengono confrontate nel tempo.

Le variazioni anomale vengono individuate tempestivamente.

L'Intelligenza Artificiale contribuisce all'interpretazione dei dati.

Il Digital Twin aggiorna costantemente il modello.

L'ingegnere dispone così di una conoscenza mai raggiunta prima.

La collaborazione con la ricerca

Uno degli aspetti che considero più importanti riguarda la collaborazione con il mondo universitario e della ricerca.

La Nuova Ingegneria cresce proprio dall'incontro tra esperienza professionale e ricerca scientifica.

I cantieri diventano laboratori.

Le università portano competenze.

Gli enti di ricerca sviluppano nuove tecnologie.

I professionisti verificano tutto sul campo.

Nasce così un circolo virtuoso.

La ricerca migliora il cantiere.

Il cantiere migliora la ricerca.

Una nuova idea di conservazione

Per molti secoli conservare un monumento ha significato proteggerlo dal degrado.

Oggi significa anche comprenderlo.

Conoscerne il comportamento.

Prevederne l'evoluzione.

Programmare gli interventi.

Ridurre i rischi.

La manutenzione diventa predittiva.

Il restauro diventa intelligente.

La conservazione entra nell'era digitale.

Orvinio come modello

Il Castello Malvezzi rappresenta molto più di un singolo progetto.

Rappresenta un modello.

Dimostra che le tecnologie della Nuova Ingegneria possono essere applicate anche ai beni culturali.

Digital Twin.

Fibre ottiche.

Monitoraggio continuo.

Intelligenza Artificiale.

Manutenzione predittiva.

Non modificano la storia.

La proteggono.

Conclusione

Quando osservo il Castello Malvezzi
non vedo soltanto
una testimonianza del passato.

Vedo anche un laboratorio del futuro.

Un luogo nel quale tradizione e innovazione convivono armoniosamente.

Un luogo nel quale il patrimonio storico dialoga con le tecnologie più avanzate.

È proprio
questa la missione della
Cyber Physical Engineering.

Non sostituire la storia.

Aiutarla a continuare.

Perché ogni monumento che riusciamo a proteggere oggi rappresenta un'eredità che consegniamo alle generazioni future.

E non esiste compito più nobile per un ingegnere.

Ing. Diego Dell'Erba

"La vera innovazione non consiste nel costruire sempre qualcosa di nuovo. Consiste nel mettere le tecnologie del futuro al servizio della storia, affinché ciò che abbiamo ereditato possa continuare a vivere."



CAPITOLO 15

COLLEPOSTA – ACCUMOLI

Il cantiere laboratorio

"Un cantiere non è soltanto il luogo dove si costruisce un'opera. Può diventare il luogo dove nasce la conoscenza che costruirà le opere del futuro."

Dal terremoto alla rinascita

Ci sono luoghi che, più di altri, ricordano all'ingegnere il significato della propria professione.

Colleposta, nel territorio di Accumoli, è uno di questi.

Il terremoto ha lasciato ferite profonde.

Ha modificato il paesaggio.

Ha cambiato la vita delle persone.

Ha imposto nuove riflessioni sul modo di progettare, costruire e ricostruire.

Di fronte a eventi di questa portata, l'ingegneria non può limitarsi a ricostruire ciò che è stato distrutto.

Ha il dovere di costruire meglio.

Più sicuro.

Più resiliente.

Più intelligente.

Fu proprio osservando questa realtà che nacque l'idea di trasformare il cantiere in qualcosa di completamente nuovo.

Non soltanto un luogo di lavoro.

Ma un laboratorio permanente di ricerca applicata.

Un'idea semplice ma rivoluzionaria

Per molti anni il rapporto tra Università e cantiere è rimasto limitato.

La ricerca sviluppava nuove tecnologie.

Le imprese costruivano le opere.

Le due realtà dialogavano poco.

Io ho sempre pensato che questa separazione rappresentasse una grande occasione perduta.

La ricerca produce innovazione.

Il cantiere produce esperienza.

Quando queste due realtà collaborano nasce un patrimonio straordinario.

È proprio questo il significato del progetto di Colleposta.

Trasformare il cantiere in un laboratorio scientifico a cielo aperto.

L'incontro con l'Università

La collaborazione con il mondo universitario ha rappresentato uno degli aspetti più qualificanti e stimolanti del mio percorso professionale.

In particolare, il confronto con **La Sapienza**, **Tor Vergata**, **Roma Tre** e soprattutto, con **l'Università della Calabria** ha consentito di trasformare l'esperienza maturata in oltre cinquant'anni di attività in un dialogo continuo tra ricerca scientifica e pratica professionale.

L'incontro tra l'entusiasmo dei giovani ricercatori e l'esperienza maturata sul campo ha generato un reciproco arricchimento. Da una parte il rigore scientifico, dall'altra la conoscenza acquisita nei cantieri, nelle grandi opere e nella gestione delle infrastrutture.

È proprio da questa collaborazione che sono nate molte delle idee sviluppate in questo libro: l'integrazione tra monitoraggio strutturale, Digital Twin, intelligenza artificiale, manutenzione predittiva e quella che amo definire ***La Nuova Ingegneria***, capace di coniugare innovazione tecnologica, responsabilità professionale e sicurezza delle persone.

Un ringraziamento particolare va *all'**Università della Calabria***, che ha creduto nella possibilità di costruire un ponte concreto tra ricerca universitaria e applicazione sul campo, dimostrando come il futuro dell'ingegneria nasca dalla collaborazione tra generazioni, competenze e visioni diverse….

Ricercatori.

Docenti.

Giovani laureandi.

Professionisti.

Tecnici di cantiere.

Operano insieme.

Non esistono barriere.

Le idee vengono discusse direttamente sul campo.

Le ipotesi vengono immediatamente verificate.

Ogni misura raccolta diventa materiale di studio.

Ogni soluzione progettuale viene confrontata con il comportamento reale della struttura.

È un modo nuovo di fare ricerca.

Una ricerca che nasce
dove l'ingegneria vive realmente.

Nel cantiere.

Il monitoraggio continuo

Uno degli obiettivi principali del progetto consiste nella realizzazione di un sistema permanente di monitoraggio.

L'opera non viene osservata soltanto durante la costruzione.

Continuerà ad essere controllata negli anni successivi.

Sensori distribuiti.

Fibre ottiche FBG.

Rilievi satellitari.

Laser scanner.

Droni.

Digital Twin.

Ogni tecnologia contribuisce ad aumentare la conoscenza dell'opera.

Ogni dato raccolto diventa parte integrante della memoria digitale del cantiere.

Il Digital Twin del cantiere

Per la prima volta il cantiere stesso diventa parte del Digital Twin.

Non soltanto l'opera finita.

Ma anche tutte le fasi costruttive.

Ogni elemento viene documentato.

Ogni modifica viene registrata.

Ogni controllo entra a far parte della storia digitale dell'infrastruttura.

Questo approccio rappresenta una svolta importante.

Il cantiere non è più soltanto il luogo dove si costruisce.

Diventa il luogo dove nasce la conoscenza.

La validazione sperimentale

Ogni innovazione deve essere verificata.

È uno dei principi fondamentali dell'ingegneria.

Le idee più brillanti non bastano.

Occorrono prove.

Misure.

Confronti.

Risultati.

Colleposta offre proprio questa possibilità.

Le tecnologie vengono installate.

I dati vengono raccolti.

I modelli vengono confrontati con il comportamento reale.

Le simulazioni vengono validate.

La ricerca diventa esperienza.

L'esperienza diventa metodo.

Il metodo diventa innovazione.

La cultura del dato

Per molti anni il patrimonio più importante di un cantiere era costituito dai disegni e dalla documentazione tecnica.

Oggi si aggiunge un nuovo patrimonio.

I dati.

Ogni misura raccolta aumenta la conoscenza.

Ogni monitoraggio migliora la capacità di previsione.

Ogni informazione contribuisce a costruire una banca dati che potrà essere utilizzata anche in altri progetti.

Il cantiere produce così un valore che va ben oltre l'opera realizzata.

Produce conoscenza condivisa.

Una palestra per i giovani

Uno degli aspetti che considero più importanti riguarda la presenza dei giovani.

Gli studenti universitari non osservano semplicemente un cantiere.

Partecipano.

Misurano.

Analizzano.

Interpretano.

Confrontano teoria e realtà.

È un'esperienza che nessun laboratorio universitario potrebbe sostituire.

Perché il cantiere insegna ciò che nessun manuale può raccontare.

Insegna la complessità.

L'imprevisto.

La responsabilità.

La collaborazione.

Il dialogo tra esperienza e ricerca

Dopo oltre cinquant'anni di professione considero questo dialogo uno dei più grandi patrimoni dell'ingegneria.

L'esperienza senza ricerca rischia di fermarsi.

La ricerca senza esperienza rischia di diventare astratta.

Quando le due realtà lavorano insieme nasce l'innovazione autentica.

È questa la vera missione del cantiere laboratorio.

Un modello per il futuro

Mi auguro che Colleposta rappresenti soltanto il primo esempio di una nuova generazione di cantieri.

Cantieri nei quali il monitoraggio continuo diventa normale.

Nei quali il Digital Twin accompagna l'intera vita dell'opera. Nei quali Università, imprese ed enti pubblici collaborano stabilmente.

Conclusione

Quando penso a Colleposta non vedo soltanto un'opera in costruzione.

Vedo una nuova idea di ingegneria.

Un luogo dove progettazione, ricerca, tecnologia ed esperienza lavorano insieme.

Un luogo nel quale ogni sensore installato, ogni misura raccolta e ogni dato elaborato contribuiscono a costruire qualcosa che va oltre il singolo intervento.

Contribuiscono a costruire il futuro dell'ingegneria.

È proprio questo il significato più profondo della ***Cyber Physical Engineering****.*

Trasformare ogni cantiere in una scuola.

Ogni opera in una sorgente di conoscenza.

Ogni esperienza in un patrimonio condiviso.

Perché il progresso dell'ingegneria nasce sempre dalla capacità di imparare dalla realtà.

Ing. Diego Dell'Erba

"Il cantiere del futuro non costruirà soltanto infrastrutture.
Costruirà conoscenza.
E la conoscenza rappresenta la più grande opera che un ingegnere possa lasciare alle generazioni che verranno."



CAPITOLO 16

ROCCADARCE

La frana intelligente

"Una frana non nasce improvvisamente. Il terreno parla lentamente. La Nuova Ingegneria insegna ad ascoltarlo prima che sia troppo tardi."

Il territorio ci parla

Da oltre cinquant'anni frequento cantieri, montagne, versanti, gallerie e grandi opere.

Se c'è una lezione che il territorio mi ha insegnato è questa:

la natura invia sempre dei segnali.

Un piccolo movimento.

Una fessura che si allarga.

Un muro che si inclina.

Una strada che si abbassa di pochi millimetri.

Una sorgente che modifica improvvisamente la propria portata.

Per molti anni questi segnali sono rimasti quasi invisibili.

L'ingegnere li osservava durante i sopralluoghi.

Li confrontava con la propria esperienza.

Prendeva decisioni sulla base della conoscenza maturata negli anni.

Era il miglior metodo possibile.

Oggi possiamo fare molto di più.

La frana non è un evento

Uno degli errori più frequenti consiste nel considerare la frana come un evento improvviso.

In realtà una frana è quasi sempre un processo.

Un processo lento.

Progressivo.

Silenzioso.

Il terreno modifica lentamente il proprio equilibrio.

Le tensioni aumentano.

Le deformazioni crescono.

L'acqua modifica le condizioni geotecniche.

Le piogge accelerano alcuni fenomeni.

Ogni variazione rappresenta un'informazione.

La vera domanda è:

siamo in grado di raccoglierla?

La Cyber Physical Engineering nasce proprio per rispondere a questa domanda.

Roccadarce

Il progetto di Roccadarce rappresenta uno degli esempi più completi della metodologia che propongo in questo libro.

Non si tratta semplicemente di consolidare una frana.

L'obiettivo è molto più ambizioso.

Realizzare un sistema capace di osservare continuamente il versante.

Comprenderne il comportamento.

Prevederne l'evoluzione.

Supportare le decisioni.

Proteggere la popolazione.

La frana diventa così un laboratorio permanente di conoscenza.

Il terreno diventa osservabile

Per molti anni il sottosuolo è rimasto invisibile.

Oggi non più.

Attraverso reti di sensori possiamo osservare ciò che accade all'interno del terreno.

Le fibre ottiche FBG registrano deformazioni infinitesimali.

Gli inclinometri controllano i movimenti profondi.

I piezometri misurano la pressione dell'acqua.

Le stazioni meteorologiche registrano le precipitazioni.

I satelliti rilevano spostamenti millimetrici.

I droni aggiornano continuamente il modello tridimensionale del versante.

Ogni strumento aggiunge un tassello.

Insieme costruiscono una conoscenza che fino a pochi anni fa era semplicemente impossibile.

Il Digital Twin della frana

Tra tutti gli strumenti disponibili considero il **Digital Twin** uno dei più importanti.

Il versante viene ricostruito digitalmente.

La geometria.

La geologia.

Le opere di consolidamento.

Le reti di monitoraggio.

Le condizioni meteorologiche.

Le informazioni provenienti dai sensori.

Tutto confluisce in un unico modello dinamico.

Il Digital Twin evolve continuamente.

Ogni misura modifica il modello.

Ogni nuovo dato aumenta la precisione della conoscenza.

Per la prima volta la frana può essere osservata nella sua interezza.

Le fibre ottiche FBG

Le fibre ottiche rappresentano uno degli elementi fondamentali del sistema.

Molti le immaginano come semplici cavi.

In realtà sono strumenti di straordinaria sensibilità.

Misurano deformazioni quasi impercettibili.

Registrano variazioni distribuite lungo tutto il loro percorso.

Sono immuni ai disturbi elettromagnetici.

Richiedono una manutenzione minima.

Possono funzionare per molti anni.

Inserite nelle opere di consolidamento diventano il sistema nervoso della frana.

Ogni movimento viene immediatamente registrato.

Il terreno inizia a comunicare.

L'Intelligenza Artificiale

A questo punto entra in gioco l'Intelligenza Artificiale.

Ogni giorno il sistema raccoglie migliaia di informazioni.

Nessun essere umano potrebbe analizzarle tutte.

L'IA confronta continuamente i dati.

Individua correlazioni.

Riconosce comportamenti anomali.

Valuta l'evoluzione dei fenomeni.

Costruisce scenari previsionali.

Ma non prende decisioni.

La responsabilità rimane dell'ingegnere.

Perché il rischio geologico non può essere affidato esclusivamente a un algoritmo.

La manutenzione predittiva del territorio

La manutenzione predittiva viene spesso associata ai ponti o agli impianti industriali.

Io credo che debba diventare anche uno strumento fondamentale della geotecnica.

Un versante monitorato continuamente permette di programmare gli interventi.

Di controllare l'efficacia delle opere.

Di ottimizzare le risorse economiche.

Di ridurre il rischio.

Non si interviene più soltanto quando compare l'emergenza.

Si interviene prima.

È questa la più grande innovazione.

Il DSS

Uno degli elementi più innovativi del progetto riguarda il **Decision Support System (DSS)**.

Il sistema integra tutte le informazioni disponibili.

Monitoraggio.

Digital Twin.

Intelligenza Artificiale.

Dati meteorologici.

Informazioni geologiche.

Risultati delle simulazioni.

L'ingegnere dispone così di uno strumento capace di supportare le decisioni.

Il DSS non sostituisce il professionista.

Lo aiuta a valutare scenari complessi.

Riduce l'incertezza.

Aumenta la qualità delle decisioni.

Ed è proprio questo il suo valore.





La Protezione Civile

I benefici del sistema non riguardano soltanto gli ingegneri.

Riguardano anche la Protezione Civile.

I Sindaci.

Le amministrazioni.

Le comunità locali.

In caso di anomalie il sistema può produrre informazioni tempestive.

Mappe aggiornate.

Livelli di rischio.

Scenari evolutivi.

Indicazioni operative.

Ogni minuto guadagnato può fare la differenza.

Quando si parla di dissesto idrogeologico il tempo rappresenta spesso la risorsa più preziosa.

Un modello per il territorio italiano

Roccadarce non rappresenta soltanto un intervento locale.

Rappresenta un modello.

L'Italia è uno dei Paesi europei maggiormente esposti al rischio idrogeologico.

Frane.

Alluvioni.

Cedimenti.

Erosioni.

Molti dei principi sviluppati in questo progetto possono essere applicati in numerosi altri contesti.

La Cyber Physical Engineering dimostra così di poter diventare una metodologia nazionale per la gestione del rischio.

La prevenzione salva vite

Nel corso della mia attività professionale ho imparato una verità che considero fondamentale.

Le opere di consolidamento sono importanti.

Le tecnologie sono importanti.

Ma la prevenzione vale ancora di più.

Ogni frana evitata.

Ogni evacuazione programmata.

Ogni intervento anticipato.

Ogni decisione presa nel momento giusto.

Può salvare vite umane.

Ed è proprio questo il vero obiettivo della Nuova Ingegneria.

Conclusione

Quando penso a Roccadarce
non vedo soltanto un versante instabile.

Vedo il laboratorio nel quale la Cyber Physical Engineering dimostra tutto il proprio valore.

Il terreno diventa osservabile.

I dati diventano conoscenza.

La conoscenza diventa previsione.

La previsione diventa sicurezza.

Ed è proprio questo il significato più profondo dell'ingegneria.

Non limitarsi a risolvere i problemi.

Imparare ad anticiparli.

Perché il più grande successo
di un ingegnere non consiste nell'intervenire bene durante un'emergenza.

Consiste nel fare in modo che quell'emergenza non si verifichi mai.

Riflessione finale

Guardando
il versante di Roccadarce
immagino il futuro dell'ingegneria.

Un futuro nel quale ogni territorio sarà osservato con continuità.

Ogni infrastruttura dialogherà con chi la gestisce.

Ogni decisione sarà supportata dalla conoscenza.

Ogni comunità sarà più sicura.

Questo è il significato
*della **Cyber Physical Engineering**.*

Non sostituire l'uomo con la tecnologia.

Ma utilizzare la tecnologia per proteggere meglio la vita dell'uomo.

Ing. Diego Dell'Erba

"Se un giorno riusciremo
a prevedere una frana prima che si manifesti, non avremo soltanto costruito un sistema tecnologico.
Avremo dimostrato
che la conoscenza può diventare il più efficace strumento di protezione della vita umana."



"Una Smart City
non è una città piena di tecnologia.
È una città che utilizza la tecnologia per migliorare la vita delle persone."

Un sogno antico

Fin dall'antichità l'uomo ha costruito città per vivere meglio.

Le prime civiltà sorsero lungo i grandi fiumi.

L'acqua rappresentava la ricchezza.

Le strade favorivano il commercio.

Le mura proteggevano la popolazione.

Le piazze diventavano il cuore della vita sociale.

Nel corso dei secoli sono cambiate le tecnologie.

Ma non è mai cambiato l'obiettivo.

Costruire luoghi nei quali le persone potessero vivere con maggiore sicurezza, maggiore benessere e maggiori opportunità.

Oggi quella stessa idea prende il nome di **Smart City**.

Oltre la tecnologia

Quando si parla di Smart City si pensa quasi sempre ai computer.

Ai sensori.

Alle reti digitali.

All'Intelligenza Artificiale.

Sono tutti elementi importanti.

Ma non rappresentano il cuore della città intelligente.

Il cuore continua a essere costituito dalle persone.

Una città può essere ricca di tecnologia.

Ma se non migliora la qualità della vita dei cittadini non può essere definita intelligente.

La tecnologia rappresenta un mezzo.

Mai il fine.

Una città che ascolta

Immaginiamo una città capace di osservare continuamente se stessa.

Le reti idriche controllano le perdite.

I ponti monitorano il proprio stato di salute.

Le scuole verificano il comportamento strutturale.

Gli ospedali ottimizzano i consumi energetici.

I sistemi meteorologici prevedono eventi estremi.

La Protezione Civile riceve informazioni in tempo reale.

Il traffico viene regolato automaticamente.

L'illuminazione pubblica si adatta alle reali necessità.

Non è fantascienza.

Molte di queste tecnologie sono già disponibili….. Occorre soltanto integrarle.

Il Digital Twin urbano

Il cuore della Smart City è rappresentato
*dal **Digital Twin urbano**.*

L'intera città possiede il proprio gemello digitale.

Ogni infrastruttura dialoga con il sistema centrale.

Ogni sensore aggiorna continuamente il modello.

Ogni intervento viene registrato.

L'amministrazione dispone così di una conoscenza completa del territorio.

Per la prima volta il Sindaco,
i tecnici comunali e gli ingegneri possono osservare la città nella sua interezza.

Non come una semplice cartografia.

Ma come un organismo vivo.

La Protezione Civile del futuro

Tra tutte le applicazioni della Smart City, una delle più importanti riguarda la Protezione Civile.

Immaginiamo una forte pioggia.

I pluviometri registrano l'intensità delle precipitazioni.

I sensori controllano il livello dei corsi d'acqua.

Le fibre ottiche osservano il comportamento di un versante.

I satelliti rilevano piccoli movimenti del terreno.

Il Digital Twin aggiorna automaticamente il modello.

L'Intelligenza Artificiale elabora i dati.

Il sistema individua un aumento del rischio.

Il Sindaco riceve immediatamente una valutazione aggiornata.

La Protezione Civile può intervenire con anticipo.

Ogni minuto guadagnato aumenta la sicurezza della popolazione.

Questa è la vera forza della prevenzione.

Energia e sostenibilità



La città del futuro dovrà produrre, distribuire e consumare energia in modo completamente diverso.

Le fonti rinnovabili dialogheranno con le reti elettriche.

I sistemi di accumulo garantiranno continuità.

Gli edifici pubblici comunicheranno i propri consumi.

L'illuminazione diventerà intelligente.

La mobilità elettrica sarà integrata con il territorio.

L'obiettivo non sarà soltanto ridurre i consumi.

Sarà aumentare la resilienza della comunità.

Il Sindaco Smart

Negli ultimi anni ho utilizzato spesso un'espressione che sintetizza la mia idea di amministrazione moderna.

Il Sindaco Smart.

Non immagino un amministratore esperto di software.

Immagino un amministratore che decide utilizzando dati affidabili.

Che programma invece di rincorrere le emergenze.

Che investe nella manutenzione.

Che guarda oltre il proprio mandato.

Le infrastrutture vivono decenni.

Anche la visione politica deve imparare a guardare lontano.

Il nuovo ruolo dell'ingegnere

In questo scenario cambia profondamente anche il ruolo dell'ingegnere.

Non è più soltanto il progettista di una singola opera.

Diventa il consulente strategico del territorio.

Analizza.

Interpreta.

Prevede.

Coordina.

Supporta gli amministratori.

Dialoga con Università, Protezione Civile e cittadini.

La figura dell'ingegnere torna così ad assumere un ruolo centrale nella vita della comunità.

Non soltanto costruttore… Ma interprete del futuro.

La resilienza

Se dovessi scegliere una parola per descrivere la città del futuro sceglierei **resilienza**.

Una città resiliente non è quella che non conosce problemi.

È quella che sa affrontarli.

Che continua a funzionare durante un'emergenza.

Che protegge i cittadini.

Che ripristina rapidamente i servizi.

Che impara da ogni evento.

La resilienza diventa così il nuovo indicatore della qualità urbana.

Una responsabilità collettiva

Le Smart Cities non possono essere costruite soltanto dagli ingegneri.

Servono amministratori lungimiranti.

Università.

Centri di ricerca.

Imprese.

Professionisti.

Tecnici.

Cittadini.

La città intelligente nasce dalla collaborazione.

Ogni competenza contribuisce al risultato finale.

È una sfida culturale prima ancora che tecnologica.

Conclusione

Credo profondamente che il futuro delle nostre comunità dipenderà dalla capacità di integrare conoscenza, innovazione e responsabilità.

Le Smart Cities rappresentano il punto d'incontro tra questi tre elementi.

La tecnologia mette a disposizione strumenti straordinari.

L'Intelligenza Artificiale rende più efficace la gestione.

Il Digital Twin aumenta la conoscenza.

Ma la qualità della città continuerà a dipendere dalle persone che la progettano, la amministrano e la vivono.

Per questo motivo considero la Smart City il naturale approdo della ***Cyber Physical Engineering****.*

Perché il vero obiettivo dell'ingegneria non consiste nel costruire infrastrutture intelligenti.

Consiste nel costruire
comunità più sicure, più resilienti e più umane*.*

Ing. Diego Dell'Erba

"La Smart City del futuro non sarà ricordata per la quantità di tecnologia installata, ma per la capacità di proteggere i cittadini, conservare il territorio e migliorare la qualità della vita. Questa è la missione più alta della Nuova Ingegneria."



CAPITOLO 18

IL MANIFESTO DELLA NUOVA INGEGNERIA

Dieci principi per costruire il futuro

"Ogni epoca lascia in eredità una nuova idea di progresso. La nostra deve lasciare in eredità un'ingegneria più intelligente,
ma soprattutto più umana."

Perché un Manifesto

Ogni grande trasformazione ha bisogno di una visione.

Le tecnologie cambiano rapidamente.

I software diventano obsoleti.

Le macchine vengono sostituite.

Gli algoritmi evolvono.

I principi, invece, restano.

Durante oltre cinquant'anni di attività professionale ho visto cambiare il modo di progettare, costruire e gestire le infrastrutture.

Sono cambiati gli strumenti.

È cambiata la velocità con cui lavoriamo.

È cambiata la quantità di informazioni disponibili.

Non è mai cambiato, invece, il significato della nostra professione.

Per questo motivo ho sentito il bisogno di raccogliere, alla fine di questo percorso, i principi che considero fondamentali.

Non rappresentano regole assolute.

Rappresentano una proposta.

Un contributo al dibattito sull'ingegneria del XXI secolo.

Li affido soprattutto ai giovani, perché saranno loro a costruire il futuro.

Primo principio

La sicurezza è il primo progetto

Ogni opera nasce per migliorare la vita delle persone.

Se non garantisce sicurezza, perde il proprio significato.

La sicurezza non rappresenta un costo.

Non rappresenta un obbligo normativo.

È il primo atto di responsabilità dell'ingegnere.

Ogni decisione progettuale deve partire da questa domanda:

Questa scelta rende l'opera più sicura?

Se la risposta è negativa, occorre ripensarla.

Secondo principio

Ogni infrastruttura deve poter dialogare

Le opere del futuro non saranno più silenziose.

Comunicheranno continuamente il proprio stato di salute.

Sensori.

Monitoraggio.

Digital Twin.

Trasformeranno ogni infrastruttura in una sorgente permanente di conoscenza.

L'opera non sarà più osservata soltanto durante le ispezioni.

Sarà ascoltata ogni giorno.

Terzo principio

I dati devono guidare le decisioni

Le decisioni importanti non possono basarsi soltanto sulle intuizioni.

L'esperienza rimane fondamentale.

Ma oggi può essere supportata dalla conoscenza prodotta dai dati.

Ogni informazione raccolta aumenta la qualità delle decisioni.

La tecnologia non elimina il giudizio dell'ingegnere.

Lo rende più consapevole.

Quarto principio

La manutenzione deve diventare predittiva

Intervenire dopo il guasto non basta più.

Le infrastrutture devono essere osservate continuamente.

Il degrado deve essere previsto.

Le manutenzioni devono essere programmate.

La prevenzione deve sostituire l'emergenza.

È questo il vero significato della manutenzione predittiva.

Quinto principio

L'Intelligenza Artificiale affianca, non sostituisce

L'Intelligenza Artificiale rappresenta uno degli strumenti più straordinari mai sviluppati.

Può elaborare enormi quantità di informazioni.

Può riconoscere anomalie.

Può costruire scenari.

Ma non possiede responsabilità.

Non possiede coscienza.

Non possiede etica.

Il giudizio finale appartiene sempre all'uomo.

Sesto principio

L'esperienza resta insostituibile

Ogni software può essere aggiornato.

L'esperienza no.

Nasce lentamente.

Si costruisce affrontando problemi reali.

Si alimenta attraverso il confronto.

Ogni cantiere aggiunge una lezione.

Ogni opera lascia un insegnamento.

L'innovazione ha bisogno dell'esperienza.

Così come l'esperienza ha bisogno dell'innovazione.

Settimo principio

Ogni opera deve avere il proprio Digital Twin

Così come ogni persona possiede una propria storia clinica, ogni infrastruttura dovrà possedere una propria storia tecnica.

Il Digital Twin accompagnerà tutta la vita dell'opera.

Dal progetto.

Alla costruzione.

Alla manutenzione.

Fino alla dismissione.

Ogni intervento aumenterà la conoscenza.

Ogni dato contribuirà alla sicurezza.

Ottavo principio

Le Smart Cities sono comunità intelligenti

Una Smart City non è una città piena di tecnologia.

È una comunità capace di utilizzare la conoscenza per migliorare la qualità della vita.

La tecnologia rappresenta uno strumento.

La persona rimane il centro.

Ogni innovazione deve produrre benefici concreti per la collettività.

Nono principio

L'ingegnere è garante dell'etica della tecnologia

Ogni innovazione produce nuove responsabilità.

I dati devono essere affidabili.

Gli algoritmi devono essere trasparenti.

I modelli devono essere verificabili.

Le decisioni devono poter essere spiegate.

L'etica rappresenta il fondamento della fiducia.

E senza fiducia nessuna tecnologia può essere realmente utile.

Decimo principio

Innovare significa proteggere le persone

L'innovazione non rappresenta un fine.

È uno strumento.

Il suo valore si misura attraverso i benefici che produce.

Ogni nuova tecnologia deve contribuire ad aumentare la sicurezza.

Ridurre il rischio.

Migliorare la qualità della vita.

Proteggere il territorio.

Salvaguardare l'ambiente.

Servire la collettività.

È questa la missione più alta dell'ingegneria.

La responsabilità verso il futuro

Ogni generazione riceve un patrimonio costruito da quelle precedenti.

Ponti.

Scuole.

Ospedali.

Acquedotti.

Ferrovie.

Porti.

Noi abbiamo il dovere di consegnare questo patrimonio in condizioni migliori.

Le tecnologie oggi disponibili ci offrono opportunità straordinarie.

Sta a noi utilizzarle con intelligenza.

Con prudenza.

Con responsabilità.

Un messaggio ai giovani ingegneri

Vorrei rivolgermi soprattutto ai giovani.

Studiate.

Sperimentate.

Imparate il Digital Twin.

Conoscete l'Intelligenza Artificiale.

Utilizzate le nuove tecnologie.

Ma non dimenticate mai che il più importante strumento dell'ingegnere continua a essere la propria coscienza.

La competenza apre la strada.

L'etica indica la direzione.

La responsabilità accompagna ogni decisione.

Sono questi i valori che vi renderanno veri professionisti.

Conclusione

La Nuova Ingegneria non nasce dalla rivoluzione digitale.

Nasce dalla capacità dell'uomo di utilizzare ogni innovazione per costruire un mondo più sicuro.

Le macchine continueranno a evolversi.

Gli algoritmi diventeranno sempre più sofisticati.

Le infrastrutture sempre più intelligenti.

Ma resterà immutata una semplice verità.

La qualità dell'ingegneria continuerà a dipendere dalla qualità degli uomini e delle donne che la esercitano.

È questa la convinzione che desidero affidare alle nuove generazioni.

Perché il futuro dell'ingegneria non appartiene alle macchine.

Appartiene alle persone che sapranno guidarle con competenza, etica e responsabilità.

Il Giuramento della Nuova Ingegneria

Vorrei concludere questo Manifesto con un pensiero che sintetizza l'intero libro e che potrebbe diventare il Giuramento della Nuova Ingegneria:

"Mi impegno a mettere la conoscenza al servizio della sicurezza, la tecnologia al servizio dell'uomo, l'esperienza al servizio delle nuove generazioni e ogni mia decisione al servizio della collettività. Perché l'ingegneria non è soltanto costruire opere. È costruire fiducia, proteggere la vita e custodire il futuro."

Ing. Diego Dell'Erba



CAPITOLO 19

IL FUTURO È GIÀ INIZIATO

Lo sguardo
di un ingegnere verso i prossimi trent'anni

"Ogni generazione pensa
di vivere il periodo di maggiore cambiamento.
Oggi credo che
il cambiamento più grande debba ancora arrivare."

Dal regolo calcolatore all'Intelligenza Artificiale

Quando iniziai la professione avevo in tasca un regolo calcolatore.

Era lo strumento inseparabile di ogni giovane ingegnere.

Con esso eseguivamo calcoli che oggi un telefono cellulare svolge in pochi istanti.

Disegnavamo con il tecnigrafo.

Le tavole venivano corrette con la lametta.

Ogni modifica richiedeva tempo.

Pazienza.

Precisione.

Successivamente arrivarono le prime calcolatrici elettroniche.

Poi i computer.

Il CAD.

Internet.

Il BIM.

Il rilievo laser scanner.

I droni.

Il Digital Twin.

L'Intelligenza Artificiale.

Ogni innovazione sembrava rivoluzionaria.

Eppure oggi mi accorgo che rappresentavano soltanto le prime tappe di un percorso molto più lungo.

Il futuro è appena iniziato.

Le infrastrutture diventeranno vive

Per secoli le infrastrutture sono state considerate opere immobili.

Ponti.

Viadotti.

Gallerie.

Dighe.

Scuole.

Ospedali.

Domani saranno organismi intelligenti.

Comunicheranno continuamente il proprio stato di salute.

Segnaleranno automaticamente le anomalie.

Aggiorneranno il proprio Digital Twin.

Suggeriranno interventi di manutenzione.

Dialogheranno con altre infrastrutture.

L'opera costruita diventerà un sistema dinamico.

Capace di produrre conoscenza per tutta la durata della propria vita.

I gemelli digitali del territorio

Oggi realizziamo il Digital Twin di una singola infrastruttura.

Domani costruiremo il Digital Twin di intere città.

Di province.

Di regioni.

Di reti infrastrutturali nazionali.

Ogni strada.

Ogni ponte.

Ogni acquedotto.

Ogni edificio strategico.

Ogni impianto energetico.

Entrerà a far parte di un unico ecosistema digitale.

Sarà possibile simulare terremoti.

Alluvioni.

Frane.

Incendi.

Interruzioni energetiche.

Scenari climatici.

L'ingegneria entrerà definitivamente nell'era della previsione.

La manutenzione invisibile

Uno dei cambiamenti più importanti riguarderà la manutenzione.

Oggi programmiamo gli interventi.

Domani saranno le infrastrutture a richiederli.

Il sistema individuerà automaticamente i primi segnali di degrado.

L'Intelligenza Artificiale analizzerà i dati.

Il Digital Twin simulerà gli effetti dell'evoluzione del danno.

L'ingegnere riceverà scenari e priorità.

La manutenzione diventerà quasi invisibile.

Per i cittadini sarà normale attraversare un ponte senza sapere che quel ponte, da anni, sta dialogando con chi lo gestisce.

Ed è proprio questa normalità il più grande successo dell'ingegneria.

Le città resilienti

Le città del futuro saranno profondamente diverse.

Non perché avranno più computer.

Ma perché saranno progettate per resistere.

Ai terremoti.

Alle alluvioni.

Ai cambiamenti climatici.

Alle crisi energetiche.

Alle nuove esigenze della mobilità.

Ogni decisione verrà presa conoscendo in anticipo le possibili conseguenze.

La prevenzione diventerà la principale forma di protezione civile.

L'emergenza diventerà sempre più rara.

L'Intelligenza Artificiale crescerà

Nei prossimi anni l'Intelligenza Artificiale diventerà ancora più potente.

Analizzerà dati satellitari.

Elaborerà immagini acquisite dai droni.

Interpreterà milioni di informazioni provenienti dai sensori.

Suggerirà scenari.

Produrrà simulazioni.

Supporterà la ricerca.

Aiuterà i progettisti.

Ma continuerà ad avere un limite.

Non potrà assumersi la responsabilità morale delle decisioni.

Quella resterà una prerogativa dell'uomo.

Ed è giusto che sia così.

I giovani ingegneri

Quando incontro giovani colleghi vedo nei loro occhi lo stesso entusiasmo che avevo molti anni fa.

Dispongono di strumenti straordinari.

Conoscono linguaggi digitali.

Utilizzano software che la mia generazione non avrebbe nemmeno immaginato.

Ma continuo a ripetere loro una cosa.

Non abbiate fretta di diventare esperti.

Abbiate curiosità.

L'esperienza non si scarica da Internet.

Si costruisce ogni giorno.

Con pazienza.

Con umiltà.

Con passione.

Ogni cantiere sarà il vostro migliore professore.

L'Università del futuro

Immagino un'università profondamente diversa.

Sempre più vicina ai cantieri.

Alle imprese.

Ai territori.

Gli studenti lavoreranno direttamente sui Digital Twin.

Parteciperanno ai monitoraggi.

Collaboreranno con amministrazioni e centri di ricerca.

La teoria e la pratica torneranno finalmente a incontrarsi.

Sarà una grande opportunità per tutta la professione.

Una nuova responsabilità

Ogni innovazione aumenta anche le nostre responsabilità.

I dati dovranno essere protetti.

Gli algoritmi verificati.

Le decisioni trasparenti.

L'etica diventerà ancora più importante.

Più crescerà la tecnologia.

Più dovrà crescere il senso di responsabilità dell'ingegnere.

Perché la fiducia dei cittadini rappresenta il patrimonio più prezioso della nostra professione.

La curiosità non invecchia

Molti mi chiedono perché, dopo oltre cinquant'anni di attività, continui ancora a studiare.

La risposta è molto semplice.

Perché ogni giorno imparo qualcosa di nuovo.

La curiosità non ha età.

È la forza che accompagna ogni vero ricercatore.

Ogni nuova tecnologia mi pone nuove domande.

Ogni problema rappresenta una nuova sfida.

Ed è proprio questa curiosità che continua ad alimentare il mio entusiasmo.

Un messaggio alle nuove generazioni

Se dovessi lasciare un solo consiglio ai giovani ingegneri sarebbe questo.

Non innamoratevi delle tecnologie.

Innamoratevi dei problemi.

Perché saranno i problemi delle persone a guidare sempre l'evoluzione dell'ingegneria.

Le tecnologie cambieranno.

I software cambieranno.

L'Intelligenza Artificiale cambierà.

Ma resterà immutata una sola missione.

Proteggere la vita delle persone.

La mia speranza

Mi auguro che tra trent'anni un giovane ingegnere possa leggere queste pagine sorridendo.

Forse molte delle tecnologie descritte saranno già superate.

Forse ne saranno nate altre ancora più straordinarie.

Mi farebbe piacere, però, che una convinzione rimanesse immutata.

Che il progresso non si misura dalla velocità dei computer.

Si misura dalla capacità dell'uomo di utilizzare la conoscenza per costruire una società più sicura, più giusta e più umana.

Conclusione

Quando guardo indietro vedo migliaia di chilometri percorsi.

Grandi cantieri.

Ponti.

Viadotti.

Porti.

Metropolitane.

Gallerie.

Acquedotti.

Frane.

Monumenti.

Università.

Giovani ingegneri.

Ma quando guardo avanti vedo ancora qualcosa di più affascinante.

Vedo un'ingegneria che non avrà paura dell'innovazione.

Che saprà unire esperienza e ricerca.

Tradizione e tecnologia.

Scienza e coscienza.

Ed è proprio per questo che continuo a guardare al futuro con ottimismo.

Perché il futuro dell'ingegneria non appartiene alle macchine.

Appartiene agli uomini e alle donne che sapranno utilizzarle per costruire un mondo migliore.

Una riflessione personale

Se oggi un giovane mi chiedesse:

"Ingegnere, dopo oltre cinquant'anni rifarebbe la stessa scelta?"

Risponderei senza esitazione.

Sì.

Perché poche professioni consentono di lasciare un segno così concreto nella vita delle persone.

Ogni ponte costruito.

Ogni scuola resa più sicura.

Ogni acquedotto.

Ogni galleria.

Ogni intervento di consolidamento.

Ogni progetto.

Continua a vivere molto oltre chi lo ha realizzato.

Questa è
la più grande ricompensa
che la professione di ingegnere possa offrire.

Ing. Diego Dell'Erba

"Il futuro non si aspetta.
Si progetta.
E ogni progetto inizia sempre con una responsabilità verso le persone

EPILOGO



UNA VITA DA INGEGNERE

Dal regolo calcolatore
alla Cyber Physical Engineering

"La vera grandezza di un ingegnere non si misura dal numero delle opere realizzate, ma dal numero delle persone che quelle opere continueranno a proteggere."

Guardando indietro

Quando ripenso alla mia vita professionale, non vedo soltanto cantieri.

Vedo volti.

Vedo mani.

Vedo uomini e donne che hanno condiviso con me un lungo cammino.

Rivedo il giovane studente della Facoltà di Ingegneria della Sapienza di Roma.

Curioso.

Determinato.

Con il desiderio di capire come l'uomo potesse trasformare la natura senza tradirla.

Ricordo le lunghe giornate trascorse sui libri.

Gli esami.

Le prove di laboratorio.

Le prime tavole disegnate con il tecnigrafo.

Il regolo calcolatore sempre in tasca.

In quegli anni non avrei mai immaginato che un giorno avrei parlato di Digital Twin, Intelligenza Artificiale o Cyber Physical Engineering.

Eppure tutto era già iniziato.

Perché ciò che conta davvero non sono gli strumenti.

È la curiosità.

I miei veri maestri

Molti mi chiedono chi siano stati i miei maestri.

La risposta è semplice.

Sono stati tanti.

Gli straordinari professori universitari.

I grandi Direttori dei Lavori.

I tecnici.

I geologi.

Gli architetti.

I colleghi.

Ma soprattutto gli operai.

Ho imparato moltissimo osservando uomini che, con straordinaria esperienza, sapevano leggere il comportamento di un calcestruzzo, riconoscere una roccia, intuire un problema prima ancora che diventasse evidente.

L'ingegneria mi ha insegnato una lezione fondamentale.

Non si smette mai di imparare.

Ogni persona può diventare un maestro.

I cantieri

Ho avuto il privilegio di lavorare nei grandi cantieri italiani e internazionali.

Ogni cantiere aveva un carattere diverso.

La Vianini mi insegnò la disciplina.

La I.CO.RI. mi insegnò il coraggio dell'innovazione.

La Metropolitana di Caracas mi insegnò che l'ingegneria non conosce confini.

La Sogene mi insegnò la gestione delle grandi organizzazioni.

Le opere nel Mezzogiorno mi insegnarono quanto sia importante costruire infrastrutture capaci di cambiare il destino di un territorio.

Ogni esperienza ha lasciato dentro di me qualcosa.

Nessuna è stata inutile.

Le opere passano. I valori restano.

Nel corso degli anni ho visto nascere ponti.

Viadotti.

Gallerie.

Porti.

Acquedotti.

Edifici industriali.

Infrastrutture complesse.

Molte di quelle opere continueranno a vivere ancora per decenni.

Ma oggi mi accorgo che il patrimonio più importante non è costituito dalle opere.

È costituito dai valori che quelle opere mi hanno insegnato.

Il rispetto della sicurezza.

La responsabilità.

La serietà.

L'umiltà.

La curiosità.

Il lavoro di squadra.

Sono questi i veri pilastri dell'ingegneria.

La ricerca continua

Qualcuno potrebbe pensare che dopo oltre cinquant'anni di professione sia arrivato il momento di fermarsi.

Io penso esattamente il contrario.

Ogni giorno nasce una nuova domanda.

Ogni nuova tecnologia apre nuovi orizzonti.

Ogni giovane collega porta idee che meritano di essere ascoltate.

La ricerca non termina mai.

È uno stato d'animo.

Finché avrò la possibilità di studiare, continuerò a farlo.

Finché avrò la possibilità di progettare, continuerò a progettare.

Finché avrò la possibilità di confrontarmi con giovani ingegneri, continuerò ad imparare da loro.

Le nuove generazioni

Se questo libro ha un destinatario privilegiato, sono proprio loro.

I giovani.

A loro desidero consegnare non soltanto un insieme di conoscenze.

Ma soprattutto un modo di vivere la professione.

Vorrei che comprendessero quanto sia importante osservare.

Studiare.

Dubitare.

Verificare.

Collaborare.

La tecnologia cambierà ancora molte volte.

L'etica professionale dovrà rimanere immutata.

Esistono però due giovani alle quali desidero rivolgermi in modo particolare.

Le mie nipoti.

Aurora e Camilla.

Questo libro è dedicato a loro.

Perché rappresentano il futuro.

Non soltanto della nostra famiglia.

Ma della società che verrà.

Le ho viste crescere con curiosità.

Con impegno.

Con entusiasmo nello studio.

Con rispetto per la cultura.

Con il desiderio di migliorarsi ogni giorno.

Qualunque sarà la strada che sceglieranno, mi auguro che portino sempre con sé una convinzione.

Lo studio non serve soltanto ad avere successo.

Serve soprattutto a diventare persone migliori.

La conoscenza
è la forma più alta della libertà.

Ed è il patrimonio più prezioso che un nonno possa augurare ai propri nipoti.

Un grazie

Nessun ingegnere costruisce da solo.

Desidero quindi rivolgere un pensiero di gratitudine a tutte le persone che hanno condiviso con me questo lungo percorso.

Ai colleghi.

Agli operai.

Ai tecnici.

Ai committenti.

Alle Università.

Ai ricercatori.

Alle imprese.

Alla mia famiglia.

A mia moglie Antonietta.

Ai miei figli.

A tutti coloro che hanno creduto nelle mie idee anche quando sembravano troppo innovative.

Ogni risultato appartiene sempre a una squadra.

Mai a una sola persona.

Il futuro

Non so come sarà l'ingegneria tra cinquanta anni.

So però una cosa.

Continuerà ad avere bisogno di persone curiose.

Coraggiose.

Preparatissime.

Capaci di unire conoscenza scientifica e sensibilità umana.

Le macchine diventeranno sempre più intelligenti.

Ma continueranno ad avere bisogno dell'intelligenza dell'uomo.



L'ultima riflessione

Quando iniziai
questa professione avevo un regolo calcolatore in tasca.

Oggi utilizzo il Digital Twin, le fibre ottiche FBG, l'Intelligenza Artificiale e la Cyber Physical Engineering.

Sono cambiati gli strumenti.

È cambiato il mondo.

Non è mai cambiata la mia missione.

Progettare opere sicure per migliorare la vita delle persone.

Se questo libro riuscirà a trasmettere anche solo una parte dell'entusiasmo che ho provato entrando ogni mattina in un cantiere, allora avrà raggiunto il suo scopo.

Perché l'ingegneria non è soltanto una professione.

È una responsabilità.

È una forma di servizio.
È un modo concreto di prendersi cura del futuro.

Dedica finale

Questo libro è dedicato alle mie nipoti, Aurora e Camilla.

Con l'augurio che affrontino la vita con la stessa curiosità con cui un ingegnere osserva il mondo.

Con lo stesso rigore con cui ricerca la verità.

Con lo stesso entusiasmo con cui ogni mattina apre un nuovo progetto.

E con la consapevolezza che la più grande opera che ciascuno di noi possa costruire non è un ponte, una galleria o una città.

È la fiducia che saprà lasciare nelle persone.

Ringraziamento del nonno

Cara Aurora, cara Camilla,

se un giorno, sfogliando queste pagine, penserete al vostro nonno, non ricordatelo soltanto come un ingegnere.

Ricordatelo come una persona che ha cercato di imparare ogni giorno qualcosa di nuovo.

Che ha creduto nella scienza senza dimenticare l'umanità.

Che ha sempre pensato che il progresso avesse un solo vero significato:

rendere migliore la vita delle persone.

Questo è il patrimonio che desidero lasciarvi.

Con tutto l'affetto di un nonno.



Cari giovani ingegneri,

quando leggerete queste pagine il mondo sarà certamente diverso da quello che ho conosciuto io.

Le tecnologie saranno cambiate.

L'Intelligenza Artificiale sarà molto più evoluta.

Le città saranno più intelligenti.

Le infrastrutture dialogheranno continuamente con chi le gestisce.

Molte delle innovazioni
che oggi considero rivoluzionarie saranno
diventate normali.

Torna all'indice

Forse sorriderete pensando che, quando iniziai la mia professione, portavo in tasca un regolo calcolatore.

Disegnavo con il tecnigrafo.

Calcolavo con carta e matita.

Eppure, credetemi, l'emozione che provavo davanti a un nuovo progetto era identica a quella che proverete voi davanti alle tecnologie del vostro tempo.

Perché ciò che rende grande un ingegnere non sono gli strumenti.

È la passione.

Non abbiate paura del cambiamento

Ogni generazione ha avuto paura delle innovazioni.

Quando arrivarono i computer qualcuno disse che gli ingegneri non avrebbero più ragionato.

Quando arrivò il CAD si disse che il disegno manuale sarebbe scomparso.

Quando arrivò Internet si temette la fine dello studio.

Oggi qualcuno teme l'Intelligenza Artificiale.

Domani nasceranno nuove paure.

Ricordate sempre una cosa.

La tecnologia non distrugge l'intelligenza.

La mette alla prova.

Sta a voi decidere se diventarne padroni oppure semplici utilizzatori.

Difendete il dubbio

Vi auguro di non perdere mai una qualità.

Il dubbio.

Diffidate delle risposte troppo facili.

Controllate sempre.

Verificate.

Confrontatevi.

Ogni grande errore dell'ingegneria nasce quasi sempre da una certezza assoluta.

Ogni grande opera nasce invece dall'umiltà di chi continua a farsi domande.

Il dubbio non rallenta il progresso.

Lo rende più sicuro.

Frequentate i cantieri

Imparate i software.

Conoscete il Digital Twin.

Studiate l'Intelligenza Artificiale.

Utilizzate la robotica.

Sperimentate tutto ciò che la tecnologia vi offrirà.

Ma non dimenticate mai il cantiere.

Entrate nelle gallerie.

Camminate sui ponti.

Parlate con gli operai.

Osservate il lavoro delle persone.

Perché l'ingegneria vive lì.

Non soltanto negli schermi dei computer.

Abbiate rispetto per chi vi ha preceduto

Ogni generazione pensa di essere la più moderna.

Forse è vero.

Ma ricordate che ogni progresso nasce sulle fondamenta costruite da altri.

Abbiate rispetto per i vecchi ingegneri.

Ascoltateli.

Le loro esperienze valgono quanto molti manuali.

Un algoritmo può leggere milioni di libri.

Ma non può raccontarvi cosa significa prendere una decisione in un cantiere durante una notte di pioggia.

Difendete l'etica

Il futuro vi metterà a disposizione strumenti potentissimi.

Sarete in grado di simulare qualsiasi opera.

Prevedere qualsiasi comportamento.

Elaborare quantità immense di informazioni.

Ma ricordate sempre.

Una decisione tecnicamente perfetta può essere umanamente sbagliata.

L'etica dovrà sempre guidare la tecnologia.

Mai il contrario.

Non dimenticate mai le persone

Ogni volta che progetterete un ponte pensate alle famiglie che lo attraverseranno.

Ogni volta che progetterete una scuola pensate ai bambini che vi entreranno.

Ogni volta che progetterete un ospedale pensate ai malati che vi affideranno la propria speranza.

Ogni volta che progetterete una diga pensate alle comunità che proteggerà.

L'ingegneria non costruisce soltanto opere.

Costruisce fiducia.

Il vero successo

Nel corso della mia vita ho ricevuto riconoscimenti.

Ho diretto grandi opere.

Ho avuto responsabilità importanti.

Ma oggi, guardando indietro, mi accorgo che il successo non si misura con il curriculum.

Si misura con la serenità di sapere che le opere costruite continuano ancora oggi a svolgere il loro servizio.

Proteggono.

Aiutano.

Migliorano la vita delle persone.

Questo è il più bel premio che un ingegnere possa ricevere.

Il mio saluto

Quando chiuderete questo libro probabilmente non ricorderete tutte le tecnologie descritte.

È normale.

La tecnologia cambia.

Vorrei però che ricordaste una sola frase.

L'ingegnere non costruisce soltanto infrastrutture. Costruisce il futuro della società.

Fatelo con competenza.

Con coraggio.

Con umiltà.

Con curiosità.

E soprattutto con amore per il vostro lavoro.

Perché il mondo avrà sempre bisogno di grandi ingegneri.

Ma avrà ancora più bisogno di grandi uomini e grandi donne.

Con affetto e fiducia nelle nuove generazioni,

Ing. Diego Dell'Erba

Ingegnere Nucleare

Fondatore della metodologia Cyber Physical Engineering

ULTIMA PAGINA

"Le macchine elaborano dati.
L'Intelligenza Artificiale costruisce modelli.
Il Digital Twin osserva le infrastrutture.
Ma sarà sempre l'uomo a trasformare la conoscenza in responsabilità, la tecnologia in sicurezza e l'innovazione in futuro."

La Nuova Ingegneria non appartiene al domani.

Comincia oggi.

Ing. Diego Dell'Erba

POSTFAZIONE

Perché ho scritto questo libro

"Un libro
non cambia il mondo.
Ma può cambiare il modo con cui guardiamo il mondo. E questo è spesso l'inizio di ogni cambiamento."

Quando ho iniziato a scrivere queste pagine, mi sono posto una domanda molto semplice.

Perché raccontare oltre cinquant'anni di professione?

Non certo per elencare le opere realizzate.

I ponti, le gallerie, i porti, gli acquedotti, le metropolitane e gli edifici parlano già da soli.

Le opere appartengono ai territori.

Appartengono alle comunità che le utilizzano.

Non appartengono a chi le ha costruite.

Ho scritto questo libro per un'altra ragione.

Per raccontare il percorso che porta un giovane ingegnere a comprendere che il vero significato della professione non consiste nel costruire grandi opere.

Consiste nel costruire sicurezza.

Ogni cantiere è una scuola

Nel corso della mia vita ho attraversato centinaia di cantieri.

Molti mi chiedono quale sia stato il più importante.

La risposta li sorprende sempre.

Tutti.

Ogni cantiere mi ha insegnato qualcosa.

In uno ho imparato l'organizzazione.

In un altro la pazienza.

In un altro ancora il valore della programmazione.

In molti ho imparato l'umiltà.

Perché il cantiere è una straordinaria scuola di vita.

Lì non esistono scorciatoie.

La realtà corregge immediatamente ogni errore.

Ed è proprio questa sincerità che rende il cantiere il più grande maestro dell'ingegnere.

Ho imparato ad ascoltare

Se dovessi indicare la qualità più importante che ho acquisito in questi anni sceglierei una sola parola.

Ascoltare.

Ascoltare gli operai.

Ascoltare i tecnici.

Ascoltare i geologi.

Ascoltare gli amministratori.

Ascoltare il territorio.

Ascoltare perfino le infrastrutture.

Perché ogni opera racconta qualcosa.

Un ponte racconta come distribuisce i carichi.

Una galleria racconta il comportamento della montagna.

Una frana racconta l'equilibrio del terreno.

Un edificio storico racconta i secoli che ha attraversato.

La Nuova Ingegneria nasce proprio da questa capacità di ascolto.

La conoscenza è un bene pubblico

Negli ultimi anni mi sono spesso chiesto quale sia il compito di chi possiede una lunga esperienza professionale.

La risposta è arrivata quasi naturalmente.

Condividerla.

La conoscenza non deve essere custodita gelosamente.

Deve essere trasmessa.

Ogni esperienza condivisa evita che qualcun altro debba ripetere gli stessi errori.

Ogni idea raccontata può diventare il punto di partenza per un'innovazione ancora più importante.

È questo il motivo per cui considero la divulgazione parte integrante della professione dell'ingegnere.

La Cyber Physical Engineering appartiene a tutti

In queste pagine ho presentato la metodologia che ho chiamato **Cyber Physical Engineering**.

Qualcuno potrebbe pensare che rappresenti un punto di arrivo.

Io la considero invece un punto di partenza.

Ogni ricercatore potrà migliorarla.

Ogni Università potrà svilupparla.

Ogni giovane ingegnere potrà arricchirla con idee nuove.

Ed è giusto che sia così.

L'innovazione non appartiene mai a una sola persona.

Appartiene alla comunità scientifica.

Il mio augurio

Vorrei che questo libro venisse letto non soltanto dagli ingegneri.

Ma anche dai Sindaci.

Dagli amministratori pubblici.

Dai dirigenti delle imprese.

Dagli studenti.

Dai ricercatori.

Perché la sicurezza del territorio non è responsabilità di una sola categoria.

È una responsabilità collettiva.

Solo lavorando insieme potremo costruire comunità realmente resilienti.

Il senso di una vita

Molti mi chiedono quale sia stata la più grande soddisfazione della mia carriera.

Non è semplice rispondere.

Non è una particolare opera.

Non è un incarico.

Non è un riconoscimento.

La soddisfazione più grande consiste nell'avere ancora voglia di imparare.

Dopo oltre mezzo secolo continuo ad aprire un libro con la curiosità del primo giorno.

Continuo a osservare una nuova tecnologia con lo stupore di uno studente.

Continuo a entrare in un cantiere con il rispetto di chi sa che ogni opera può insegnare qualcosa.

Credo che questa curiosità sia il più grande patrimonio che un professionista possa conservare.

Un ultimo pensiero

Tra molti anni questo libro sarà probabilmente superato dal punto di vista tecnologico.

È inevitabile.

La tecnologia corre più veloce di qualsiasi libro.

Mi auguro però che una cosa non invecchi mai.

L'idea che l'ingegneria sia prima di tutto un servizio.

Un servizio reso alla collettività.

Un impegno verso le generazioni future.

Una responsabilità verso chi ogni giorno attraversa un ponte, entra in una scuola, vive in una casa, percorre una galleria senza sapere quante persone abbiano lavorato perché tutto ciò fosse sicuro.

A loro è dedicato il nostro lavoro.

Ed è per loro che vale la pena continuare a studiare, innovare e progettare.

L'ULTIMA FIRMA

"Quando un giorno

qualcuno mi chiederà

quale sia stata l'opera più importante della mia vita, forse non indicherò

un ponte, una galleria o una metropolitana.

Risponderò

che l'opera più importante è aver cercato di lasciare ai giovani

un modo di pensare l'ingegneria nel quale la scienza cammini sempre insieme all'etica,

la tecnologia insieme all'umanità

e l'innovazione

insieme alla responsabilità."

Fondatore della metodologia Cyber Physical Engineering

BIOGRAFIA DELL'AUTORE

Ing. Diego Dell'Erba

Ingegnere Nucleare – Ingegnere Multidisciplinare

L'**Ing. Diego Dell'Erba**, laureato in **Ingegneria Nucleare** presso l'Università *La Sapienza* di Roma, svolge la professione di ingegnere dal **1973**, con oltre cinquant'anni di attività dedicati alla progettazione, direzione dei lavori e realizzazione di grandi opere civili e infrastrutturali in Italia e all'estero.

Nel corso della sua carriera ha ricoperto incarichi di **Progettista, Direttore dei Lavori, Direttore Tecnico, Direttore Generale e Amministratore Delegato** in alcune delle più importanti imprese italiane di costruzioni, tra cui **Vianini S.p.A., I.CO.RI. S.p.A., Sogene S.p.A., Farsura S.p.A.** e altre realtà protagoniste dello sviluppo infrastrutturale del Paese.

Ha partecipato alla realizzazione di **ponti, viadotti, gallerie, acquedotti, porti, opere idrauliche, edifici civili e industriali, infrastrutture strategiche e grandi opere internazionali**, tra cui la **Metropolitana di Caracas**, maturando una visione integrata dell'ingegneria e della gestione dei grandi cantieri.

Negli ultimi anni ha orientato la propria attività verso l'innovazione tecnologica applicata alla sicurezza delle infrastrutture, sviluppando una metodologia originale che integra **Structural Health Monitoring (SHM), sensori a fibra ottica FBG, Digital Twin, Intelligenza Artificiale, Internet of Things e manutenzione predittiva**. Questa visione ha dato origine alla **Cyber Physical Engineering**, un nuovo approccio multidisciplinare alla progettazione, al monitoraggio e alla gestione delle opere di ingegneria.

Convinto sostenitore della cultura della prevenzione, considera la sicurezza il primo obiettivo di ogni progetto e promuove una stretta collaborazione tra professione, università, ricerca scientifica e pubbliche amministrazioni, con particolare attenzione alla resilienza del territorio, alla tutela del patrimonio storico e alla realizzazione delle ***Smart Cities****.*

Autore di articoli
e contributi tecnico-scientifici,
divulgatore e promotore dell'innovazione, continua ancora oggi a svolgere la professione con lo stesso entusiasmo degli inizi, affiancando l'esperienza maturata
in oltre mezzo secolo di attività alle più avanzate tecnologie digitali.

La sua

filosofia professionale

può essere riassunta in una sola frase:

«Le tecnologie cambiano.

La responsabilità dell'ingegnere rimane

immutata.

Il nostro compito è progettare opere sicure

per migliorare la vita delle persone.»

Ing. Diego Dell'Erba

Ingegnere Nucleare – Ingegnere Multidisciplinare

Ideatore della metodologia Cyber Physical Engineering

APPENDICE



Alcuni studi, progetti e direzioni dei lavori di importanti opere di ingegneria nel mondo

In questa appendice sono raccolti alcuni dei principali studi, progetti, incarichi di direzione dei lavori e attività di coordinamento tecnico svolti dall'Ing. Diego Dell'Erba nel corso di oltre cinquant'anni di professione.

Le opere qui presentate testimoniano un percorso che attraversa grandi infrastrutture, edilizia civile e industriale, opere idrauliche, porti, gallerie, interventi geotecnici e progetti di innovazione tecnologica, sviluppati sia in Italia sia all'estero.

1978–1983 – Jeddah, Arabia Saudita

Progettazione, costruzione e direzione dei lavori di uno stabilimento per la prefabbricazione di elementi in calcestruzzo destinati alla realizzazione di 10.000 abitazioni.

L'incarico ha riguardato lo studio e l'organizzazione del complesso produttivo, la realizzazione delle linee di prefabbricazione e il coordinamento delle attività necessarie alla produzione industrializzata degli elementi strutturali destinati a un vasto programma edilizio residenziale.

1998-2006 - San Roque, Provincia di Pangasinan, Filippine

Partecipazione agli studi per la progettazione della diga di San Roque.

L’attività ha riguardato la partecipazione a studi tecnici e progettuali connessi alla realizzazione di una delle più importanti opere idrauliche delle Filippine, destinata alla produzione di energia idroelettrica, alla regolazione delle acque, al controllo delle piene e al sostegno dell’irrigazione del territorio. Diga seconda al mondo per altezza

1978-1984 - Nairobi, Kenya - Aeroporti internazionali

Partecipazione agli studi e alla progettazione di infrastrutture aeroportuali nell’area di Nairobi.

L’attività ha riguardato lo sviluppo di studi tecnici e progettuali relativi alle infrastrutture aeroportuali, con particolare attenzione all’organizzazione funzionale delle aree operative, ai collegamenti, ai servizi, alle strutture e agli impianti necessari al potenziamento e all’ammodernamento del sistema aeroportuale.

L’esperienza ha rappresentato un’ulteriore occasione di confronto con opere complesse di carattere internazionale, nelle quali progettazione, sicurezza, logistica e gestione dei flussi devono essere affrontate attraverso una visione ingegneristica integrata.

1980–1983 – Caracas, Venezuela

Primo Lotto della Metropolitana di Caracas – Direzione dei Lavori

Partecipazione alla **Direzione dei Lavori** per la realizzazione del **Primo Lotto della Metropolitana di Caracas**, una delle più importanti infrastrutture di trasporto urbano realizzate in America Latina.

L'attività ha riguardato il coordinamento tecnico delle opere civili, il controllo della qualità esecutiva, la programmazione dei lavori e la gestione delle complesse problematiche costruttive connesse alla realizzazione di gallerie, stazioni e opere accessorie.

L'esperienza maturata in Venezuela ha rappresentato un importante momento di crescita professionale, consentendo di operare in un contesto internazionale caratterizzato da elevati standard tecnici, organizzativi e gestionali, contribuendo alla realizzazione di un'infrastruttura strategica per la mobilità della città di Caracas.

1996-1998 - Manila, Filippine

Studio e progettazione di un programma di sviluppo delle telecomunicazioni nelle Filippine, con attività finalizzate alla costituzione di una Joint Venture con la SIP (Società Italiana per l'Esercizio delle Telecomunicazioni), oggi Telecom Italia.