

## RASSEGNA TECNICA DEL FRIULI VENEZIA GIULIA

**rt**  
NUOVA SERIE

**405**

### IN QUESTO NUMERO

Senza ingegneri non c'è innovazione, non c'è crescita, non c'è futuro

Il cantiere del museo Guggenheim ad Abu Dhabi

Le nuove forme in Architettura

La formazione degli ingegneri dopo il terremoto del 1976

Energia, mercato e credito

Cosa significa comunicare la scienza?

Parliamo di bellezza





**ASSOCIAZIONE DEGLI INGEGNERI  
DELLA PROVINCIA DI UDINE**

L'atto costitutivo della Associazione Ingegneri della Provincia di Udine risale al 25 marzo 1961 e da allora opera con veste di Personalità giuridica, dotata di proprio statuto. Documenti conservati nell'archivio dell'Ordine degli Ingegneri di Udine e presso la biblioteca civica "Vincenzo Joppi" attestano che nella provincia udinese era presente, fin dall'immediato dopoguerra, una istituzione rappresentativa degli ingegneri denominata "Ordine e Associazione degli Ingegneri della Provincia di Udine".

Nel corso degli anni l'Associazione è stata presieduta dagli ingegneri:

- Carlo Gaggia, fino al 1960;
- Mario Bosco, 1960-1961;
- Gastone Conti, 1962-1973;
- Giorgio Stroppolati, 1973-1974;
- Michele Gubana, 1974-1991;
- Gaetano Cola, 1991-1995;
- Maurizio Asquini, 1995-1999;
- Marino Donada, 1999-2017;
- Giancarlo Saro, dal 2017.

Il Consiglio direttivo dell'Associazione, votato nell'assemblea generale del 20 aprile 2024 e in carica per il triennio 2024-2026, è composto da:

- ingegnere Giancarlo Saro, presidente
- ingegnere Roberto Lago, vicepresidente
- ingegnere Pietro Paulon, vicepresidente
- ingegnere Fabrizio Cimenti, segretario
- ingegnere Paolo Mantoani, tesoriere
- ingegnere Marcello Bonioli, consigliere
- ingegnere Nicola Corrubolo, consigliere
- ingegnere Adriano Mansutti, consigliere
- ingegnere Elena Moro, consigliere
- professore ingegnere Stefano Del Giudice, consigliere cooptato
- ingegnere Marino Donada, consigliere cooptato
- avvocato Giacomo Biasutti, revisore dei conti
- ingegnere Vincenzo Facchin, revisore dei conti.

L'Associazione è apertica e senza scopo di lucro ed è iscritta al n. 937 del Registro regionale delle associazioni di Promozione sociale.

L'Associazione principalmente opera per:

- tutelare la figura dell'ingegnere e il suo ruolo nella professione e nella società;
- promuovere studi, convegni, conferenze su problemi di carattere tecnico, scientifico e culturale su tutti i campi dell'ingegneria, anche attivando corsi formativi e di aggiornamento tecnico, in accordo con gli Ordini Professionali e/o gli Enti accreditati dal Consiglio Nazionale Ingegneri;
- promuovere e organizzare visite tecniche e di studio a cantieri e a realtà produttive in Italia e all'estero;
- intrattenere rapporti e promuovere collaborazioni con Università ed Enti scientifici a beneficio dei propri associati;
- essere un punto di riferimento per tutti i laureati in ingegneria che intendono far parte attiva di una associazione che si propone di tutelare e valorizzare tutte le competenze ingegneristiche.

L'Associazione ha sede a Udine, via Monte San Marco 56;  
posta elettronica: [segreteria@associazioneingegneriudine.it](mailto:segreteria@associazioneingegneriudine.it);  
[associazioneingegneriudine@pec.it](mailto:associazioneingegneriudine@pec.it).

Sul sito [www.associazioneingegneriudine.it](http://www.associazioneingegneriudine.it) sono reperibili ulteriori informazioni e lo statuto.

associazione ingegneri e architetti  
della provincia di pordenone  
piazzetta Ado Furlan 2/8  
33170 pordenone  
t. 0434 550250 | f. 0434 551229  
[associazione@ordineingegneri.pn.it](mailto:associazione@ordineingegneri.pn.it)

L'Associazione degli Ingegneri del Circondario di Pordenone è stata istituita nel 1966, anticipando la creazione della Provincia di Pordenone. Successivamente assume il nome di «Associazione Ingegneri e Architetti della Provincia di Pordenone» e possono associarsi gli iscritti agli Ordini degli Ingegneri, degli Architetti, dei Geologi, degli Agronomi e Forestali e agli Ordini di tutte le altre professioni tecnico/scientifiche del territorio nazionale.

L'Associazione degli Ingegneri e Architetti della Provincia di Pordenone è stata presieduta da:

- ing. Mario Marzin, 1966-1968;
- ing. Frediano Pegolo, 1968-1973;
- ing. Zeno Biondo, 1973-1980;
- ing. Pietro Cescutti, 1980-1983;
- ing. Tito Pasqualis, 1983-1986;
- ing. Ivano Bordugo, 1986-1989;
- ing. Frediano Pegolo, 1989-1992;
- ing. Alberto Scorrano, 1992-1994;
- ing. Ottorino Argentieri, 1995-2003;
- ing. Nino Aprilis, 2003-2009;
- ing. Matteo Bordugo, 2009-2013;
- ing. Nino Aprilis, 2013-2015;
- ing. Andrea Sarcinelli, 2015-2019;
- ing. Nino Aprilis, dal 2019.

L'Associazione è senza scopo di lucro e si propone di promuovere e di svolgere tutte le attività atte a tutelare e valorizzare l'opera e la professionalità degli associati, elevandone le funzioni e il prestigio in campo tecnico, economico e sociale e, non ultimo, tutelare i titoli accademici e professionali anche per l'inserimento nel contesto professionale europeo, mediante:

- la preparazione culturale e professionale degli associati, agevolandoli nella conoscenza del progresso delle Scienze e della Tecnica, facilitandoli nella partecipazione a convegni culturali ed a visite informative;
- la promozione di studi e proposte su questione tecniche;
- la collaborazione alla formazione dei futuri professionisti, facendoli partecipare alla vita culturale dell'associazione e assistendoli nella scelta delle loro specializzazioni e attività future;
- la collaborazione al perfezionamento e all'addestramento dei tecnici e delle maestranze.

L'Associazione è comproprietaria della rivista periodica "Rassegna Tecnica del Friuli Venezia Giulia" che viene distribuita agli iscritti agli Ordini degli Ingegneri della Regione.

L'Associazione ha sede a Pordenone, piazzetta Ado Furlan 2/8;  
telefono +39 0434 550250  
fax +39 0434 551229;  
posta elettronica: [associazione@ordineingegneri.pn.it](mailto:associazione@ordineingegneri.pn.it).

**ANNO LXXI - GENNAIO/FEBBRAIO 2026**

**DIREZIONE**

GIORGIO DRI Direttore responsabile

**REDAZIONE DELLA RASSEGNA TECNICA**

Elisabeth Antonaglia, Roberto Carollo, Vittorio Drigo,  
Alessandro Gasparetto, Marco Giacomini, Daniele Goi,  
Giuseppe Longo, Elio Padoano,  
Carlo Tomaso Parmegiani, Alex Tuan

**EDITORE E PROPRIETARIO**

Rassegna tecnica del Friuli Venezia Giulia s.r.l.  
33100 Udine, via Monte San Marco, 56  
C.F. e P. IVA n. 01339660308

**CONSIGLIO DI AMMINISTRAZIONE**

Presidente: Pietro Paulon  
Consiglieri: Antonino Colussi, Marino Donada, Vittorio Drigo,  
Adriano Mansutti, Andrea Sarcinelli

**SEDE**

33100 Udine - via Monte San Marco, 56  
e-mail: [info@rassegnatecnicafv.it](mailto:info@rassegnatecnicafv.it)  
web: [www.rassegnatecnicafv.it](http://www.rassegnatecnicafv.it)

**PERIODICITÀ**

4 numeri bimestrali  
1 numero quadrimestrale con contenuto monografico

**STAMPA**

Cartostampa Chiandetti  
33010 Reana del Rojale (UD) - via Vittorio Veneto  
tel. 0432 857054 - fax 0432 857712  
e-mail: [info@chiandetti.it](mailto:info@chiandetti.it)

**REGISTRAZIONI**

Tribunale Udine n. 245 del 17.1.1970  
Iscrizione al R.O.C. n. 1747

ISSN 2421-0889



Associato all'USPI  
Unione Stampa Periodica Italiana

**SOMMARIO**

- 2 **Notizie flash**
- 5 **Il «Notiziario Ingegneri» non è più pubblicato all'interno della «Rassegna Tecnica del Friuli Venezia Giulia»**
- 6 **Senza ingegneri non c'è innovazione, non c'è crescita, non c'è futuro**  
CARLO TOMASO PARMEGIANI
- 10 **Il cantiere del museo Guggenheim ad Abu Dhabi**  
GIORGIO DRI
- 22 **Le nuove forme in Architettura**  
ITALO COCCOLO
- 25 **La formazione degli ingegneri dopo il terremoto del 1976**  
FABIO CROSILLA, ADRIANO PASCOLETTI
- 30 **Energia, mercato e credito**  
SAMUELE GIACOMETTI
- 36 **Cosa significa comunicare la scienza?**  
ALESSANDRA PERES
- 39 **Parliamo di bellezza**  
GIORGIO DRI

La rivista si riceve solo per abbonamento.

L'abbonamento annuo ordinario è di € 15,00 (costo copia € 3,00).

Modalità di pagamento: bonifico su c/c della BCC Banca di Udine,  
sede di Udine, viale Tricesimo 85 (IBAN IT67F 08715 12300 000000736264),  
intestato a Rassegna tecnica del Friuli Venezia Giulia srl.

L'abbonamento annuo per gli iscritti agli albi professionali  
degli Ingegneri della regione Friuli Venezia Giulia è ridotto a € 10,00.

La pubblicazione di una memoria non implica riconoscimento  
o approvazione dei giudizi espressi dagli autori.

Gli originali dei testi, i disegni e le fotografie, anche se non pubblicati,  
non si restituiscono, salvo preventivi accordi con la direzione.

In copertina:

Il cantiere del museo Guggenheim fotografato dalla terraferma,  
con una anticipazione delle forme  
che assumeranno gli elementi architettonici  
alla fine dei lavori  
(fonte: internet)

**TRIESTE:  
NEL GUINNESS DEI PRIMATI  
LA WEDGE GATE VALVE  
LA VALVOLA PIÙ GRANDE AL MONDO**

**RASSEGNA TECNICA:  
IL COLORE 2026  
ISPIRATO A  
NATURA E TECNOLOGIA**

## NOTIZIE FLASH

**L**a valvola Wedge Gate Valve (valvola a saracinesca a cuneo utilizzata per intercettazione e isolamento nelle linee di petrolio, gas, acqua, acqua di mare e vapore) progettata e prodotta a Trieste ha un diametro di 2,89 metri (corrispondenti a 114 pollici), è alta 14 metri (esattamente 13,950) e pesa circa 120 tonnellate.

Sono dimensioni da Guinness (la verifica è stata fatta nel mese di dicembre 2025 dalla commissione Guinness World Records che ha certificato il raggiungimento del primato). Il record precedente del diametro, pari a 108 pollici, apparteneva a una valvola prodotta in Inghilterra da una azienda specializzata in impianti idrici. L'azienda triestina, che festeggia i 75 anni di attività, è specializzata nella ideazione e realizzazione di sistemi di sicurezza per il settore dell'energia. La valvola è stata prodotta per il "progetto Amiral", il complesso petrolchimico che si sta sviluppando a Jubail, Arabia Saudita.

Alla sua realizzazione, avvenuta negli stabilimenti Inway/Innoway a Trieste, ha contribuito una filiera produttiva di oltre venti aziende comprese nel territorio del Friuli Venezia Giulia, Veneto e Croazia. La valvola è stata testata in una vasca di prova di dimensioni straordinarie – 4.760 mm di lunghezza per 4.900 mm di larghezza e 5.000 mm di profondità – dove è stata sottoposta a verifiche funzionali nella medesima orientazione in cui opererà in fase di esercizio. La valvola è stata spedita via mare nel mese di gennaio 2026 con l'impiego di una nave specializzata; l'arrivo a destinazione è previsto prima dell'estate, per consentire la sua installazione a Jubail nel corso del 2026.

**I**l colore che caratterizza la rivista *Rassegna tecnica del Friuli Venezia Giulia* nell'anno 2026 è il "Transformative Teal", una tonalità profonda e satura tra due tinte fredde: il blu e il verde. È il prodotto di una fusione tra il blu scuro e il verde acqua: un colore che simboleggia – contemporaneamente – natura e tecnologia ed evoca equilibrio, creatività e rinnovamento. Rappresenta la sintesi tra mondo naturale e digitale, ispirando un senso di trasformazione e sostenibilità ed è ritenuto adatto per delineare un periodo di cambiamento e riorientamento.

Affidare a un colore l'idea di mettere il mondo naturale in cima ai pensieri della società è una sfida che proprio la combinazione cromatica di blu e verde può risolvere. Quindi il "Transformative Teal" può contribuire a promuovere la resilienza di fronte alle complesse sfide climatiche. Più operatori economici ipotizzano che il prossimo anno sarà l'anno del cambiamento, caratterizzato da una crescente domanda di una maggiore responsabilità ecologica da parte dei consumatori. Questo cambiamento influenzerà non solo il comportamento dei consumatori, con una crescente attenzione al futuro, ma anche la produzione, con le future esigenze e i desideri dei consumatori che si rifletteranno nelle scelte cromatiche.



## GROTTE DI PRADIS: PERCORSO ESPOSITIVO TATTILE PER IPOVEDENTI

**L**e cavità carsiche che formano il complesso ipogeo delle grotte di Pradis sono posizionate lungo una profonda forra scavata dal torrente Cosa nella roccia calcarea. Non è azzardato definire l'orrido delle grotte come un "libro aperto" sulla geologia e sul carsismo, che descrive un ambiente unico.

Il percorso di esplorazione del complesso è stato dotato di un sistema tattile per rendere il patrimonio naturalistico e culturale accessibile proprio a tutti, quindi anche a persone non vedenti o ipovedenti. In tal modo la visita al geosito offrirà un nuovo modo di conoscere la geologia e l'archeologia del luogo con tecnologia e strumenti di tipo immersivo. Il sistema installato è del tipo BlindTag (tecnologia che consente l'orientamento accessibile tramite tag passivi, simili a QR code) che permette di integrare elementi tattili e sensoriali lungo il percorso.

Oltre al percorso tattile, a Pradis, la visita offre la possibilità di esplorare l'orrido scavato dal torrente, ammirare la Grotta della Madonna e scoprire le tracce archeologiche di frequentazioni paleolitiche.



## GRADO: PALIZZATE ROMANE E ALTOMEDIEVALI TESTIMONIANO LE VARIAZIONI DEL LIVELLO DEL MARE

**N**el corso di indagini di archeologia preventiva, condotte sotto la direzione scientifica della Soprintendenza Archeologia, Belle Arti e Paesaggio per il Friuli Venezia Giulia per conto di Irisacqua, sono emerse strutture che risalgono a un periodo compreso tra il I e il VI secolo d.C. Lo studio è stato condotto con la collaborazione dell'OGS, del dipartimento di Fisica e Astronomia "Augusto Righi" dell'Università di Bologna e dell'INGV.

Questa straordinaria scoperta racconta non solo la storia delle comunità costiere, ma offre preziose informazioni sulle variazioni storiche del livello del mare e sulle condizioni paleoambientali locali. La palizzata più antica (I-II secolo d.C.) probabilmente serviva per creare una barriera di contenimento per il materiale (comprensivo di macerie edilizie e rifiuti domestici quali pietrame, laterizi, vasellame

e resti di cibo) che venne utilizzato per una grande e prolungata operazione di bonifica e di innalzamento del suolo della fascia costiera dell'insediamento.

Un'altra palizzata, datata al 566 d.C., sembra rappresentare un tentativo di intervento per arginare gli effetti dell'innalzamento del mare.

La terza, invece, aveva verosimilmente come funzione principale il consolidamento del Castrum gradense.

Tutte queste strutture avevano sicuramente anche una funzione protettiva contro l'erosione costiera. Grazie a un'analisi multidisciplinare delle palizzate e dei loro materiali, gli esperti hanno potuto ricostruire sia l'evoluzione dell'ambiente deposizionale dell'area, sia i cambiamenti del livello relativo del mare lungo la costa nord-orientale dell'Adriatico.



## REGIONE FVG: ALBERI GIGANTI DA CONOSCERE E CONSERVARE

**L**a regione Friuli Venezia Giulia vanta un patrimonio arboreo di grande pregio, con più di 120 specie diverse (alcune molto rare come i due tassi presenti al giardino Ricasoli a Udine, il corbezzolo greco innestato dall'imperatore Massimiliano nel parco Miramare, l'albero della gomma dolce cinese cresciuto nel Parco di Fraforeano, ecc.) di alberi monumentali o notevoli.

Questo è il risultato del censimento, iniziato nel 2016 e ora condotto dal servizio Pianificazione paesaggistico territoriale, che l'amministrazione regionale ha voluto integrare con una nuova categoria, quella degli alberi notevoli. La conoscenza e la custodia di questi giganti arborei è motivata, oltre da valutazioni storiche, culturali e paesaggistiche, anche dall'importanza scientifica che ha la conservazione del loro corredo genetico. A questo proposito la Regione ha avviato lo studio sulla conservazione del Dna di questi alberi con il concorso degli Orti botanici di Trieste e di Udine e le eccellenze nazionali di Palermo e di Padova. Gli elenchi dei nuovi alberi giganti sono pubblicati sul sito della Regione alla pagina "Alberi monumentali" che riporta anche le "linee guida" per la loro cura e salvaguardia.



## FRIULI VENEZIA GIULIA: UNA NUOVA FIGURA PROFESSIONALE PER UN SETTORE ECONOMICO TRADIZIONALE DEL NOSTRO TERRITORIO

**U**n accordo condiviso da associazioni di categoria, istituti scolastici, enti di formazione, soggetti territoriali e imprese boschive, è finalizzato alla formazione di una nuova professionalità tecnica in grado di rispondere alle esigenze operative, tecnologiche e gestionali della filiera bosco-legno. L'obiettivo perseguito è la promozione di un tecnico moderno e strategico che rappresenta una figura di cerniera tra gli operatori forestali e i dottori forestali. La configurazione ideale, ma non astratta, è quella di un professionista con competenze trasversali che comprendono la meccanica e l'informatica, la topografia e la gestione dei cantieri, che si realizzi con il fondamentale supporto alla componente burocratica e amministrativa. Negli ultimi anni le imprese forestali del Friuli Venezia Giulia hanno conosciuto una forte crescita e un significativo processo di ammodernamento: oggi operano con macchinari avanzati, meccanizzati e a gestione elettronica, che richiedono competenze tecniche specifiche per una corretta pianificazione e gestione delle attività. In questo contesto, il tecnico geo-forestale può tradurre i progetti elaborati dai dottori forestali in azioni operative concrete, garantendo efficienza, sicurezza e

sostenibilità. La figura professionale sarà inoltre di grande utilità anche per le pubbliche amministrazioni e gli enti locali, che necessitano di competenze tecniche intermedie per la gestione del loro patrimonio forestale, dei cantieri e delle procedure collegate. Investendo nella formazione di tecnici e nello sviluppo di competenze in questo ambito vuol dire sostenere le piccole imprese che operano nel comparto del legno per mirare a conquistare – con strumenti innovativi – un ruolo di primo piano nel comparto industriale associato a questa filiera, consolidando una tradizione che appartiene alla nostra identità regionale. Introducendo comportamenti virtuosi nella gestione sostenibile della risorsa, nell'acquisizione delle certificazioni internazionali, nella incentivazione della produzione di legname locale, ma anche nel turismo naturalistico, nella conservazione di alberi monumentali e aree di pregio, nella promozione dell'uso del legno in edilizia. Con questo progetto il Friuli Venezia Giulia punta, dunque, punta a diventare territorio pioniere nel riconoscimento di un profilo professionale moderno e coerente con le sfide ambientali, tecnologiche ed economiche che attendono il mondo forestale.



## SPILIMBERGO: CENTRO RICERCA E ARCHIVIAZIONE FOTOGRAFIA A CUSTODIA DELLA MEMORIA DELLA REGIONE E A TUTELA DEL PATRIMONIO FOTOGRAFICO

**I**l Centro Ricerca e Archiviazione della Fotografia, polo di riferimento per la ricerca, archiviazione, conservazione, digitalizzazione e valorizzazione del patrimonio fotografico regionale, ha sede a Spilimbergo, a palazzo Tadea nel contesto del castello di proprietà dell'amministrazione comunale. Proprio nella "città del mosaico" il fotografo Italo Zannier (diventato successivamente docente di Storia e tecnica della Fotografia all'istituto universitario di Architettura di Venezia) diede vita con altri colleghi al Gruppo friulano per la Nuova Fotografia con l'intento di divulgare la pratica fotografica in ambito nazionale e oltre. Altri momenti (mostre e cataloghi di famosissimi fotografi internazionali) contribuirono a far crescere la sensibilità nelle istituzioni pubbliche nei confronti di quella iniziativa, che si concretizzò anni dopo nella creazione del centro studi regionale sulla fotografia. Una prima tappa di questo percorso fu la istituzione del premio "Friuli Venezia Giulia Fotografia", attribuito a chi avesse promosso in ambito regionale la cultura fotografica internazionale. Solamente nel 1993, praticamente quaranta anni dopo la fondazione del Gruppo friulano per la Nuova Fotografia, decollò il Centro di Ricerca e Archiviazione della Fotografia nella sua prima sede, la storica villa Ciani a Lestans, messa a disposizione dal Comune di Sequals, rimasta operativa fino al 2009. A villa Ciani è rimasta attiva la prestigiosa biblioteca tematica che conserva oltre 12.000 monografie, esclusivamente dedicate alla fotografia, e 50.000 numeri di riviste specializzate.

Negli ultimi tempi il CRAF è cambiato perseguendo l'obiettivo di diventare il "centro di riferimento della fotografia del Friuli Venezia Giulia": questa evoluzione si è materializzata nella creazione di due archivi climatizzati, necessari per

garantire temperatura e umidità controllate del materiale depositato, che conserva l'invidiabile numero di mezzo milione di lastre, negativi e positivi. E ha prodotto anche l'acquisizione degli archivi di illustri fotografi regionali, la formazione di operatori dedicati (restauratrice, catalogatrice, tecnico per digitalizzazione, ecc.) che intervengono su tutto il materiale in deposito.

Negli ultimi anni sono stati acquisiti importanti archivi pubblici (Genio Civile) e privati (Dante e Aldo Segale, Carlo Bevilacqua, Giuliano Borghesan, ecc.). Fra le acquisizioni si segnalano pure lo straordinario lascito pubblicitario della azienda Zanussi e le migliaia di fotografie scattate dagli studenti dell'Istituto statale d'Arte di Udine (ora Liceo artistico Sello) nei giorni immediatamente successivi al 6 maggio 1976 in tanti paesi che non finirono sotto le luci della ribalta mediatica. Con queste preziose testimonianze il CRAF è in grado di documentare la trasformazione del territorio regionale, la vita di relazione delle comunità locali, la stagione del design friulano negli anni del boom economico, la perdita di tanti manufatti di architettura spontanea gravemente lesionati e demoliti nella prima emergenza post sismica del 1976. Mettendo a disposizione degli studiosi, e soprattutto delle generazioni future, un incredibile patrimonio di immagini che contribuiranno alla conservazione della memoria storica e culturale della nostra regione.



# Il «Notiziario Ingegneri» non è più pubblicato all'interno della «Rassegna Tecnica del Friuli Venezia Giulia»

ANNO LXXI - GENNAIO/FEBBRAIO 2026

RASSEGNA TECNICA  
DEL FRIULI VENEZIA GIULIA



RT 405

*Come avrete notato, la nostra rivista in copertina non riporta più il titolo “Rassegna Tecnica del Friuli Venezia Giulia & Notiziario Ingegneri”, ma unicamente l’indicazione della Rassegna Tecnica del Friuli Venezia Giulia. Purtroppo, con questo numero, il Notiziario Ingegneri non viene più pubblicato assieme alla Rassegna. Si tratta di una decisione sofferta, maturata dopo approfondite consultazioni con la Federazione degli Ingegneri del Friuli Venezia Giulia e con gli Ordini degli Ingegneri delle province di Gorizia, Pordenone, Trieste e Udine. Il nodo principale risiede nel fatto che, a oltre settant’anni dall’avvio delle pubblicazioni, la modalità di diffusione delle notizie tecniche e normative tramite una pubblicazione inserita in una rivista con tempi di preparazione di diversi mesi non risponde più in modo efficace alle esigenze di aggiornamento della nostra categoria professionale. Le medesime informazioni sono oggi disponibili in tempo reale attraverso il web.*

*Desidero tuttavia sottolineare come l’autorevolezza e la serietà del Notiziario siano sempre state garantite dall’accurato lavoro di selezione e verifica delle notizie svolto da una redazione composta da professionisti del nostro settore, selezione e verifica non sempre efficaci se limitate a una semplice ricerca in rete. La decisione potrebbe, però, non essere definitiva. Come proposto da uno degli Ordini territoriali della nostra regione, il Notiziario potrebbe trovare in futuro una nuova collocazione sul web, con aggiornamenti in tempo reale.*

*Concludo questa nota esprimendo, a nome mio, del Consiglio di Amministrazione dell’Editrice e di tutti i lettori, un sentito saluto e un sincero ringraziamento alla redazione del Notiziario Ingegneri, che in tutti questi anni ha realizzato, in maniera volontaristica, un prodotto di grande utilità e riconosciuta autorevolezza. A Elena Moro, Roberta Mallardo, Andrea Zagolin ed Enrico Zorzi il plauso di tutti i lettori della Rassegna e del Notiziario per aver raccolto, negli ultimi sette anni di attività della “nuova serie” della rivista, un prezioso compendio di norme regionali e nazionali che occupa la bellezza di 424 pagine: un volume che sicuramente più di qualche collega avrà apprezzato e consultato nell’esercizio della propria attività professionale.*

**Il Presidente  
della Rassegna Tecnica del Friuli Venezia Giulia  
Pietro Paulon**

# Senza ingegneri non c'è innovazione, non c'è crescita, non c'è futuro

**6** Nella scelta di privilegiare i robot collaborativi, la figura dell'ingegnere è centrale. Non solo come progettista, ma come ponte tra l'idea e la sua realizzazione, tra la visione e la macchina. È da questo dialogo continuo che nascono i Caibot e le loro applicazioni, ed è da questa contaminazione tra discipline che l'azienda ha costruito la propria identità.

## Qual è il ruolo dell'ingegnere nello sviluppo delle vostre tecnologie?

Per noi la figura dell'ingegnere è strategica, direi quasi fondativa. Se non abbiamo una competenza all'interno, ci appoggiamo all'università o a partner esterni. Io posso avere un'intuizione, un'idea che nasce dall'esperienza sul campo, ma è l'ingegnere che la rende reale, che la traduce in calcoli, modelli, algoritmi, materiali. È un passaggio fondamentale: senza ingegneri non c'è innovazione, non c'è crescita, non c'è futuro. E questo vale per tutte le aziende che vogliono evolversi, non solo per noi. Un'azienda che non investe in ingegneria è destinata a rimanere ferma, e oggi rimanere fermi significa essere superati. L'ingegnere è la figura che permette di trasformare un'intuizione in un prodotto industriale, scalabile, affidabile.

## Quali specializzazioni sono più importanti per i vostri progetti?

Le tre figure principali sono l'ingegnere meccanico, l'ingegnere informatico e l'ingegnere robotico. Poi intervengono anche altre specializzazioni, come quella elettrica o quella biomeccanica, ma il cuore è lì. Il meccanico ha una visione fondamentale quando si parla di movimenti, organi nello spazio, cinematici, trigonometria. L'informatico è essenziale per l'intelligenza artificiale, per la programmazione, per la gestione dei dati. Il robotico mette insieme tutto e lo rende operativo, traducendo teoria e hardware in un sistema che funziona davvero. È un lavoro di squadra, e ogni figura porta un pezzo indispensabile. A volte è sorprendente vedere come un ingegnere meccanico riesca a risolvere problemi che sembrerebbero di competenza informatica, o viceversa: è la forza della multidisciplinarietà. E quando queste competenze dialogano, il risultato è superiore alla somma delle parti.

## Come collaborano tra loro queste figure?

Gli ingegneri parlano una lingua propria, si capiscono al volo. È affascinante vederli discutere: usano termini tecnici, formule, riferimenti che per loro sono naturali. È giusto così: nessuno da solo può risolvere tutto. E l'ingegnere migliore, secondo me, è quello che non resta chiuso in ufficio. Quello che viene in officina, guarda, tocca con mano, prova, sbaglia, riprova. È come i vecchi ingegneri edili: non puoi progettare un cantiere senza andarci. La teoria è fondamentale, ma senza la pratica resta sospesa. Quando un ingegnere scende in produzione, capisce davvero cosa sta progettando: vede gli ingombri, sente i rumori, percepisce le vibrazioni, osserva le difficoltà dell'operatore. È lì che nasce la vera innovazione. E spesso, proprio da questi momenti, emergono soluzioni che nessuna simulazione avrebbe previsto.

## È difficile trovare ingegneri con queste competenze?

In Italia ne servirebbero cento, ne formiamo dieci, e sette vanno all'estero. È un problema enorme. Noi cerchiamo in tutta Italia: recentemente ci ha contattato una giovane ingegnera robotica del Sud, molto preparata, che lì non trovava sbocchi. Le abbiamo proposto un'opportunità qui. Siamo aperti ai neolaureati: loro portano freschezza, entusiasmo, preparazione teorica. Noi offriamo esperienza, concretezza, un ambiente dove possono crescere davvero. È uno scambio reciproco. E cerchiamo anche di valorizzare il territorio: il Friuli oggi offre qualità della vita, opportunità, un tessuto industriale vivace. Bisogna solo saperlo raccontare. E bisogna anche creare condizioni affinché i giovani non siano costretti a emigrare per trovare un lavoro adeguato alle loro competenze.

## Cosa apprezza di più nei giovani ingegneri?

La voglia di fare. Quando gli dico "ho questa idea", si accendono. Hanno entusiasmo, curiosità, desiderio di sperimentare. Collaboriamo con le università di Trieste e di Verona: lì vedo ragazzi che non vogliono solo studiare, ma arrivare a soluzioni concrete, pronte per il mercato. È una cosa che mi colpisce sempre: la loro capacità di trasformare un'intuizione in un prototipo, un algoritmo, un modello funzionante. E spesso portano un approccio nuovo, meno legato alle abitudini, più aperto al rischio. Sono generazioni cresciute con



IdeaPrototipi, conosciuta anche come Caibot, è una delle realtà più dinamiche della robotica collaborativa italiana. Nata a Basiliano come officina di prototipazione, in pochi anni si è trasformata in un laboratorio capace di anticipare le tendenze della cobotica. La svolta arrivò dieci anni fa, quando il fondatore Massimo Agostini decise di puntare sui robot collaborativi, allora quasi sconosciuti. Una scelta visionaria che oggi si traduce in oltre due milioni di fatturato, una ventina di dipendenti in crescita, ordini che permetteranno di raddoppiare nel 2026 e una partnership strategica con Fincantieri, dove i Caibot operano nei lavori più complessi.

L'azienda valuta anche una seconda sede nel Sud Italia, area che Agostini considera tra le più promettenti. La crescita è sostenuta da investimenti continui in ricerca, collaborazioni con università e specialisti biomedicali e dallo sviluppo di un sistema di programmazione estremamente semplice, pensato per includere anche chi non ha competenze tecniche. Non a caso Agostini ribadisce che «la cobotica non sostituisce: include».

strumenti digitali, abituate a ragionare per iterazioni rapide, e questo si vede.

### **C'è una figura ingegneristica spesso sottovalutata?**

Sì: l'ingegnere gestionale. È quello che tiene insieme tutto, che porta ordine, metodo, regole. Noi ne abbiamo uno (anzi una) straordinario: da quando è arrivato ha portato una struttura che prima mancava. La fantasia è importante, ma senza regole non si va lontano. E un'azienda che cresce ha bisogno di qualcuno che sappia orchestrare, coordinare, pianificare. L'ingegnere gestionale è il ponte tra creatività e sostenibilità. È la figura che permette all'azienda di scalare, di crescere senza perdere efficienza, di trasformare l'innovazione in processi ripetibili.

### **Offrite anche opportunità di stage o tesi?**

Sì, quando possiamo. Anche i ragazzi delle scuole professionali vengono affiancati a persone competenti e vedono una realtà avanzata. Un giovane è come una spugna: se gli fai fare lavori ripetitivi, non gli dai nulla. Se lo metti a contatto con tecnologie che magari non capisce ancora del tutto, gli stai dando una visione che

gli servirà nel mondo del lavoro. È un investimento sul futuro, non un favore. E spesso questi ragazzi, dopo aver visto cosa significa lavorare con tecnologie avanzate, cambiano completamente prospettiva. Alcuni di loro sono poi entrati stabilmente in azienda, portando entusiasmo e nuove idee.

### **In che modo i Caibot possono aiutare gli ingegneri nel loro lavoro?**

Dipende dal tipo di ingegnere. Per un gestionale non cambia molto se lavora in un'azienda che fa cobotica o calendari: lui deve gestire. Ma per meccanici, robotici, elettrici, i nostri robot sono strumenti potentissimi. Un ingegnere meccanico può usare un braccio robotico per fare test di durata o sollecitazione su materiali elastici. I nostri cobot sono precisi al centesimo di grado: gli danno una risposta immediata e affidabile. È un modo per accelerare la ricerca, per ridurre gli errori, per ottenere dati più puliti. E soprattutto permette di fare test ripetibili, cosa che con l'uomo è impossibile. Per un ingegnere robotico, invece, il cobot è un laboratorio vivente: può sperimentare algoritmi, traiettorie, logiche di controllo in un ambiente reale.

### **Possono sostituire alcune prove tradizionali?**

Possono renderle più precise. Se devo testare una saldatura fatta a mano, la qualità dipende dall'operatore.

Se la fa un cobot, ho la certezza che velocità, corrente e temperatura siano identiche.

Per un ingegnere che deve fare un calcolo strutturale, avere un pezzo garantito al 100% fa tutta la differenza. È un salto di qualità enorme, soprattutto in settori dove la tolleranza è minima. E questo vale anche per test di resistenza, di ripetibilità, di usura: la macchina non si stanca, non cambia ritmo, non sbaglia e permette di raccogliere dati che diventano patrimonio dell'azienda, utili per migliorare prodotti e processi.

### **Quando vendete i vostri robot, vi interfacciate con ingegneri?**

Sempre. Le aziende più intelligenti oggi cercano di avere almeno una figura ingegneristica interna. Le piccole realtà spesso non hanno questa visione, ma le aziende strutturate sì: sanno che senza un ingegnere non puoi scegliere, integrare o sfruttare al massimo una tecnologia come la nostra. È un dialogo continuo, un confronto che arricchisce entrambi.

Spesso, grazie a questo dialogo, nascono miglioramenti che poi diventano standard per tutti. Con Fincantieri, ad esempio, il confronto quotidiano con i loro ingegneri ci ha permesso di affinare funzioni che oggi proponiamo anche ad altri clienti.

### **Qual è il rischio dei robot completamente autonomi?**

Che l'essere umano venga escluso. Con un cobot collabori, lo controlli. Con un umanoide autonomo, no. E allora le persone restano a casa ad annoiarsi e la noia porta, spesso, a comportamenti non sani. Il Giappone è un esempio: meravigliosi ed efficientissimi treni automatici, ma alla fine della scala mobile c'è una persona, che magari prima guidava un treno e oggi che indica lo scalino alla fine della scala per evitare che le persone si inciampino. È una scelta sociale: se quella persona la lasci a casa, prima o poi un problema lo crea.

La tecnologia deve essere al servizio dell'uomo, non il contrario. E bisogna evitare che diventi un alibi per

eliminare posti di lavoro senza creare alternative. La robotica deve essere uno strumento di emancipazione, non di esclusione.

### **La tecnologia deve essere ripensata insieme alla società?**

Sì. Non basta dire "mettiamo i robot ovunque". Bisogna chiedersi: cosa faranno le persone?

Molti, quando vanno in pensione, entrano in depressione.

La tecnologia deve aiutare, non sostituire. Deve liberare dal lavoro pericoloso o logorante, ma non deve togliere il ruolo sociale dell'essere umano. È un equilibrio delicato. E richiede una visione politica, culturale, economica che oggi spesso manca. La robotica collaborativa, se ben gestita, può essere una delle risposte: non elimina l'uomo, lo affianca.

### **I cobot possono ridurre i costi e migliorare la sicurezza, ma chi resta senza lavoro?**

È il punto centrale. Per questo faccio una provocazione: perché non creare fabbriche con i cobot dove lavorano, magari part time, persone in pensione, ancora in forze e con voglia di fare?

Non farebbero lavori pesanti, ma collaborerebbero con le macchine.

Si sentirebbero utili e produrrebbero valore. È un modo per dare dignità, per mantenere attive persone che hanno ancora molto da dare. E sarebbe anche un modo per produrre beni a costi più bassi, destinati magari a paesi che non possono permettersi tecnologie costose. È un'idea che richiede coraggio, ma che potrebbe aprire scenari completamente nuovi.

### **Questo approccio può ridurre anche il divario di genere?**

Assolutamente. I cobot permettono anche alle donne di svolgere lavori tradizionalmente maschili, perché eliminano la parte fisica più pesante.

La fabbrica del futuro è un luogo dove persone e macchine lavorano insieme: la macchina fa la fatica, l'uomo la parte più umana. È un modello più inclusivo, più equo, più sostenibile.

Può aprire anche porte a categorie che oggi sono escluse da certi mestieri.

In molti cantieri dove abbiamo introdotto i Caibot,

abbiamo visto donne assumere ruoli tecnici che prima erano considerati “troppo pesanti”.

### **Esistono applicazioni concrete per piccoli cantieri edili?**

Sì. Stiamo sviluppando sistemi “cobot a noleggio”, pensati per artigiani e privati. Immagini un braccio robotico su un cingolato, che l'artigiano carica sul furgone e porta dove serve. Un serramentista può far carteggiare e verniciare al cobot mentre lui smonta le finestre. La macchina fa il lavoro polveroso e logorante. È come avere un garzone moderno, sempre disponibile, sempre preciso, sempre sicuro. E può essere usato anche in piccoli cantieri mobili, dove oggi certe lavorazioni sono faticose e rischiose. L'obiettivo è democratizzare la robotica, renderla accessibile anche a chi non potrebbe permettersi un investimento importante.

### **Quanto manca al lancio?**

Tecnicamente il progetto è quasi concluso. Ora servono risorse economiche e fisiche per industrializzarlo. Produrne dieci o mille non è un problema tecnico, ma organizzativo: servono spazi, personale, alleanze industriali. In Italia ognuno lavora per sé, c'è paura di fare rete. E questo limita enormemente il potenziale. La strada, però, è tracciata e il mercato, soprattutto quello artigiano, è pronto.

Stiamo già dialogando con agenzie interinali per formare persone che possano diventare operatori specializzati nell'uso dei cobot a noleggio.

### **Per voi non è una semplice vendita, ma un percorso condiviso?**

Esatto. La parola “vendita” è brutale: io ti do una cosa e poi sparisco. Noi non lavoriamo così. Il nostro prodotto è in continua evoluzione, come un bambino che cresce.

Chi crede in noi deve poter crescere con noi. Quando sviluppiamo qualcosa di nuovo, lo condividiamo con chi ha investito nella nostra tecnologia. È un rapporto, non una transazione. E questo crea fiducia, continuità, collaborazione.

Con Fincantieri, ad esempio, non abbiamo venduto una macchina: abbiamo costruito un percorso, un linguaggio comune, una visione condivisa.

### **Siete disponibili anche a incontri diretti con ingegneri o tecnici?**

Certo. Abbiamo creato una “stanza di disseminazione”: uno spazio dove ci si parla, si condividono idee, si ascolta. Io dico una cosa a te, tu ne dici una a me, e magari su cento spunti uno è fondamentale. È così che si cresce. È così che si costruisce innovazione vera. E spesso, da questi incontri, nascono soluzioni che non avremmo mai immaginato da soli. La contaminazione è la nostra forza.

# Il cantiere del museo Guggenheim ad Abu Dhabi

GIORGIO DRI

10  
RT 405

Dalla allettante proposta dell'ingegnere Loris Paravano, iscritto all'Ordine di Udine e impegnato da parecchi anni in varie attività professionali negli emirati arabi è nata l'idea di organizzare una visita a Dubai e Abu Dhabi<sup>1</sup>, i più popolosi degli emirati, con l'obiettivo principale di visitare il cantiere in corso per la realizzazione del museo Guggenheim<sup>2</sup> nell'isola Sa'diyyat (isola della felicità). Paravano, che in questa realizzazione è "Senior Project Director dei lavori", ha pure suggerito di visitare almeno altri due musei dove prestò la sua attività professionale (il Zayed National Museum progettato da Norman Foster e il Louvre Abu Dhabi progettato da Jean Nouvel), non molto distanti dal cantiere dove ora sta lavorando.

L'isola della felicità, di origine naturale ed estesa per 27 chilometri quadrati, grande quanto la metà delle Bermuda, costituisce già un attrattivo distretto culturale ed è diventata in pochi anni una destinazione turistica internazionale di altissimo livello. Include sedi universitarie e richiami di interesse storico e artistico (la Casa della Famiglia Abramitica progettato da Adjaye associates, il museo di storia naturale sempre di Foster, il centro di sperimentazione di arte digitale ed architetture sensoriali Lab Phenomena). Il masterplan di questo nuovo distretto prevede la realizzazione di sei raffinati quartieri con una trentina di hotel di lusso (tra cui un'iconica struttura a sette stelle), tre porti turistici (i posti barca saranno in grado accogliere più di mille imbarcazioni), campi da golf, strutture civiche e ricreative, appartamenti con vista mare e ville di lusso. L'isola di Saadiyat sarà collegata alla terraferma tramite due autostrade a dieci corsie, rendendo la destinazione facilmente accessibile dall'aeroporto internazionale di Abu Dhabi, distante una ventina di chilometri.

La proposta della visita al Guggenheim è stata sostenuta dall'ingegnere Gianluca Bortolan (amico di Paravano con il quale ha condiviso gli studi universitari) e soprattutto dall'ingegnere Genziana Buffon (coordinatrice della commissione Formazione dell'Ordine degli Ingegneri di Udine) che ha suggerito l'opportunità di far acquisire crediti formativi ai partecipanti coinvolgendo l'Associazione Ingegneri di Udine. A occuparsi di comporre tutti i dettagli di una trasferta tanto impegnativa quanto interessante, non solamente per la visita al cantiere ma soprattutto per la possibilità

di poter accedere ad altri – oltre a quelli citati – musei ed edifici importanti (la grande moschea Sheikh Zayed<sup>3</sup> e il palazzo presidenziale Qasr al Watan), che hanno impegnato prestigiosi studi di professionisti internazionali per la loro progettazione e qualificate imprese italiane, anche della nostra regione per la loro costruzione, è stata l'Associazione Ingegneri di Udine. Ben oltre le aspettative sono state le adesioni alla visita da parte dei professionisti di tutta la regione: 7 iscritti sia all'Ordine e sia all'Associazione di Udine, 11 iscritti all'Ordine di Udine, 4 a Pordenone, 3 a Trieste, 1 a Gorizia, a Treviso, a Rovigo. Accanto agli ingegneri una rappresentanza (3) di architetti udinesi. Una bella comitiva che ha sopportato le fatiche del viaggio e dei trasferimenti per la soddisfazione di aver potuto vedere da vicino edifici e architetture pubblicati sulle più rinomate riviste specializzate, ma anche per la piacevole sorpresa del clima mite di fine gennaio negli emirati, con il termometro a indicare una temperatura di quindicina di gradi superiore a quella della nostra regione.

## Il primo impatto al cantiere del museo

L'accesso al cantiere dove è in costruzione il museo Guggenheim è stato complicato da un insieme di rigidi protocolli poiché l'area è rigidamente controllata e sorvegliata in continuazione da decine e decine di persone. Superato l'ingresso un grande pannello ha per così dire accolto i partecipanti, destando sorpresa e curiosità fra tutti: c'era scritto (in inglese) 53 MILIONI DI ORE SENZA INCIDENTI, in pratica nessun incidente di rilievo (ricovero in ospedale) da quando si svolgono i lavori di completamento del museo. Un risultato di grandissimo prestigio per un cantiere dove lavorano oltre 6.300 persone (5.500 di giorno, 883 di notte) su due turni di 10 ore. In estate, per due mesi e mezzo, i lavori all'esterno, per disposizione governativa, devono essere sospesi dalle 12 alle 16.

Un risultato di grande rilievo ottenuto grazie a elevati standard di sicurezza nella conduzione dei lavori, così ha spiegato l'ingegnere Paravano, che ha accolto i visitatori per un necessario briefing per poi accompagnarli fra i meandri del cantiere, che va messo in relazione con l'attenzione che – a differenza del passato – il governo locale pone nei confronti dei lavoratori. Le maestranze impiegate, tutte dipendenti dalla joint



venture affidataria dei lavori, provengono da molti paesi orientali (India e Pakistan, su tutti): sono ospitate in villaggi appositamente realizzati per loro dal governo, conducono una vita discreta, riescono a risparmiare consistenti quote dello stipendio da spedire a casa. Lo stipendio degli operai è leggermente inferiore agli standard europei, mentre quello degli ingegneri è leggermente superiore. E da quello che abbiamo potuto vedere, il rispetto delle norme di sicurezza e la cura nell'esecuzione dei lavori sono un carattere distintivo del cantiere: cartelli bilingui a segnalare i pericoli, a mostrare i dispositivi individuali da indossare, a indicare i percorsi sicuri da utilizzare, con un rigoroso rispetto delle direttive.

Altre indicazioni sul cantiere: lo staff è formato da 324 persone, 290 impiegati di giorno, 34 di notte; sono tutti o quasi ingegneri. 387 sono le persone addette alla logistica.

Paravano, prima di illustrare il cantiere che

avremmo visto, ha riassunto le vicende che hanno caratterizzato i primi anni della costruzione. Iniziando con un sorprendente disegno che esprime con rara efficacia il modo di intendere la progettazione da parte del pluripremiato architetto americano Frank Gehry. Un disegno che ricorda le rappresentazioni "fil di ferro" realizzate con i programmi di disegno computerizzato, utilizzate per mostrare la struttura di un'opera rendendo trasparenti le superfici che nella realtà saranno opache e dando così modo, proprio grazie a questa modalità di raffigurazione, di distinguere anche le parti interne e nascoste dell'opera.

Questo disegno ha rappresentato il "punto di partenza" della progettazione del museo e chiarisce il modo di ideare e progettare di Frank Gehry, tanto che l'architetto quando descrive o presenta i suoi progetti parla (parlava) di "un disordine intenzionale che raggiunge la chiarezza". Noi, durante la visita in cantiere,

Il gruppo di ingegneri e architetti del Friuli Venezia Giulia in visita al museo Guggenheim di Abu Dhabi, sotto uno dei coni che caratterizzano il profilo dell'opera di Frank Gehry

Disegni autografi di Frank Gehry: a sinistra museo Guggenheim di Bilbao, al centro sala concerti della Walt Disney a Los Angeles, a destra fondazione Luois Vuitton di Parigi (fonte: internet)

Rappresentazione "fil di ferro" di Frank Gehry del museo Guggenheim di Abu Dhabi (fonte: internet)

abbiamo intravisto – e non poteva essere altrimenti – il disordine, ad esempio, degli imponenti tronchi di cono non ancora completati che caratterizzeranno il profilo del museo e la loro articolata disposizione nello spazio, abbiamo visto ponti e passerelle sospese nel vuoto, attualmente non accessibili, accanto ad ascensori trasparenti che attraversano il maestoso volume dell'atrio centrale, siamo stati attirati dai grandiosi schermi curvi posti all'esterno dell'edificio che paiono posizionati a difesa del museo dalle insidie del mare o del vento. Vedendo da lontano ma anche passando accanto a tutti questi elementi architettonici, che non è esagerato definire dei "fuori scala", è inevitabile rimanere effettivamente colpiti dal "disordine" della costruzione. Ma tutti i partecipanti alla visita al cantiere hanno convenuto che, a lavori ultimati, la chiarezza di cui parlava Gehry<sup>4</sup> sarà conseguita con eccezionale efficacia. Una chiarezza che non è facile da spiegare e a prima vista produce l'effetto di sorpresa come quando, davanti a un quadro cubista, la prima visione lascia alquanto perplessi e generalmente delude l'osservatore, che non riesce a districarsi nelle forme distorte variamente posizionate nel quadro, mentre le visioni successive mettono in evidenza particolari, accostamenti, suggestioni di grande efficacia emozionale. Svelando naturalmente – anche nel caso del Guggenheim intravisto nascosto tra ponteggi e protezioni di vario tipo – tutte le segrete qualità del museo che, nell'attuale stato di avanzamento dei lavori, non appaiono per niente chiare e ben visibili.

Per chi conosce le opere di Gehry, anche senza averle visitate e analizzate da vicino, sa per certo che l'archistar americano ha inventato e promosso un modo di progettare che non rispetta le tradizionali regole della composizione architettonica e della tecnica strutturale. L'abbandono del canonico approccio disciplinare alla progettazione, che fra gli storici dell'architettura viene inserito fra le espressioni dell'arte decostruttiva, è presente in tutti i suoi progetti che perseguono più la finalità di stupire e sorprendere gli utenti che di rendere razionali e chiari gli spazi, i volumi, le opere strutturali. Privilegiando e inserendo nei propri lavori prospettive ottiche "instabili" che molto spesso affascinano proprio per la loro inusualità, stimolando emozioni visive e sensoriali. Mostrando pure traguardi ritenuti quasi impossibili da raggiungere e lanciando una sfida ai ca-

noni progettuali e compositivi dell'architettura e della tecnica costruttiva. Che per essere "domata" dagli ingegneri strutturalisti e dai costruttori industriali deve avere un supporto relevantissimo dalla computer grafica e dalla programmazione e prototipazione digitale.

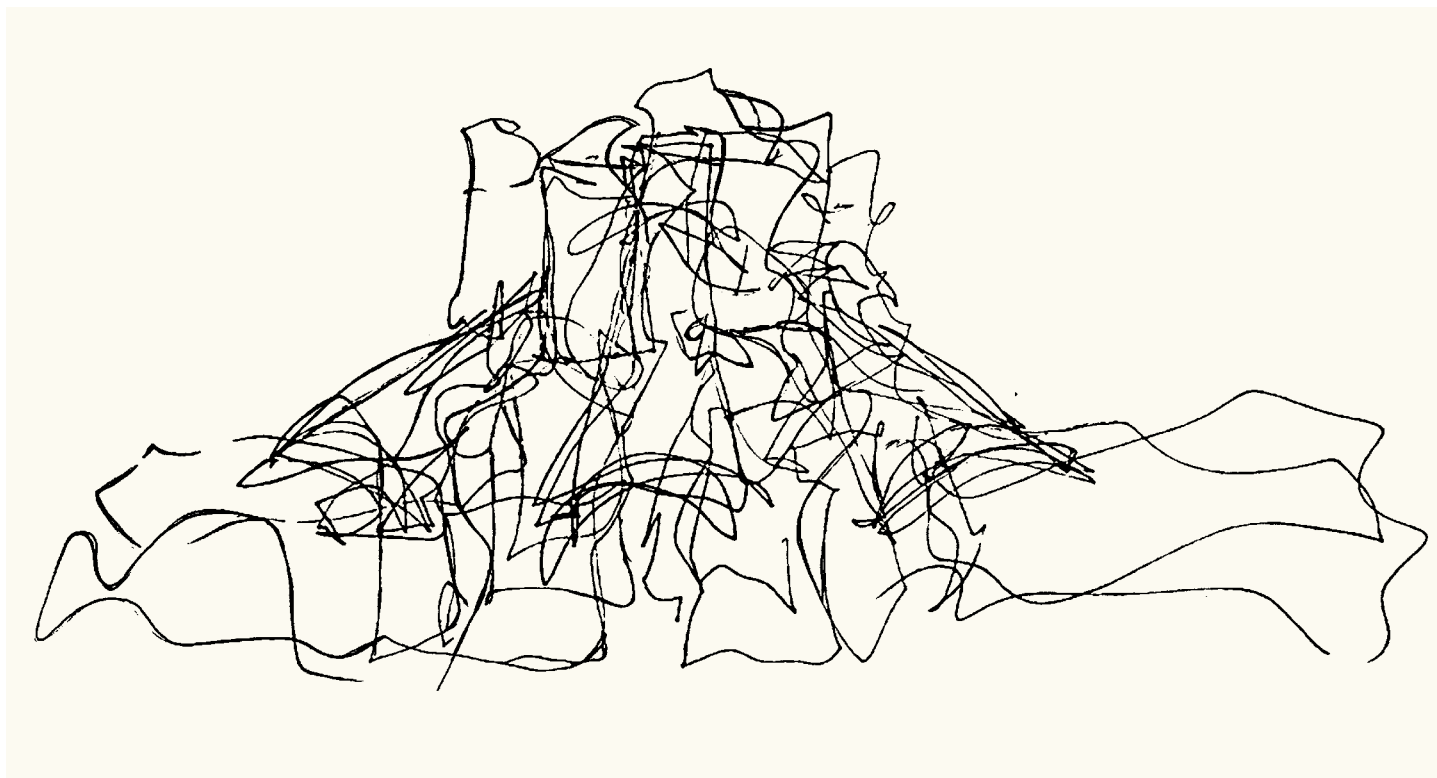
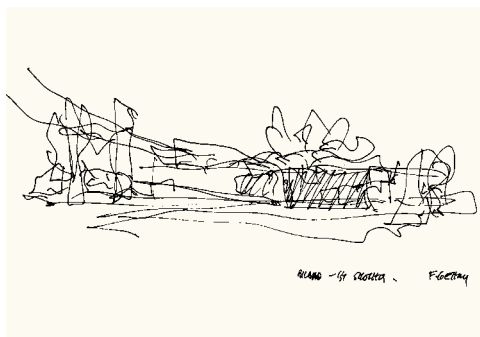
Il risultato di questo modo di concepire la ideazione e realizzazione di un'opera lo si ritrova in altri edifici che seguono la progettazione "alla Gehry", dove forme scomposte, spezzate o distorte rappresentano la cifra stilistica del progetto. In definitiva, sono proprio l'assenza di linee rette e di volumi puri il tratto distintivo di questo particolare "stile" e, nonostante le perplessità che molti professionisti possono avere in proposito, il costruito a lavori ultimati raggiunge una sua armoniosità complessiva. Proprio quella "chiarezza" che amava citare l'ideatore di questo modo di svolgere la progettazione.

### Dati dimensionali del museo

Il progetto risale ai primi anni Duemila (i disegni vennero svelati per la prima volta nel 2006) e i lavori iniziarono nel 2011 e si limitarono alla esecuzione delle fondazioni profonde, formate da piloni. I pali (diametro tra 0,60 e 1,20 metri) hanno profondità di 25-35 metri e sono infissi negli strati di sabbia cementata. L'opera avrebbe dovuto essere completata negli anni 2011-13 poi la scadenza (quando l'emirato sospese tutti i contratti di fornitura dei materiali) venne spostata al 2015 per essere successivamente rimandata al 2017.

L'impegno assunto dalla nuova affidataria dei lavori (mail contractor), la joint venture al 50 e 50 per cento tra Six Construct (BESIX Group) e Trojan General Contracting (Alpha Dhabi Holding), di consegnare il museo entro il 2025 non è stato – ha spiegato l'ingegnere Paravano – rispettato per diversi motivi e quindi l'obbligo di completarli è stato aggiornato con scadenza inderogabile al 2 dicembre del 2026 (giornata nazionale degli Emirati Arabi che celebra l'unificazione della federazione delle sette nazioni che li compongono) e ci sono tutte le condizioni e prospettive per rispettare la nuova data.

Il cronoprogramma dei lavori viene monitorato di continuo e aggiornato settimanalmente. Ma non solo, per un'opera così impegnativa e complessa i partner della joint venture hanno dovuto valutare attentamente ogni aspetto costruttivo e di conduzione del cantiere.



re, ottimizzando la pianificazione, i metodi e gli appalti correlati.

Le caratteristiche dell'intervento in corso di esecuzione (di cui non possono essere divulgate immagini fotografiche per la precisa volontà del committente di riservarsi la facoltà e modalità di documentare l'opera in costruzione) si possono riassumere in alcuni dati significativi:

- valore del contratto = 850 milioni di euro;
- diametro dell'area interessata dall'edificio museale = 180 metri; questa misura è pari al diametro della cupola in acciaio del museo Louvre di Jean Nouvel localizzato nella stessa isola della felicità);
- altezza massima = 91 metri (pari a quella della Statua della Libertà di New York);
- area coperta = 99.000 metri quadrati;
- totale superfici interne = 407.000 metri quadrati;
- acciaio impiegato 30mila tonnellate (peso equivalente a quello messo in opera nel Burj Khalifa di Dubai, che vanta il primato di grattacielo più alto

del mondo con i suoi 828 metri e 163 piani). 2/3 dell'acciaio sono utilizzati per strutture e involucri, il rimanente terzo nei con e negli elementi esterni;

- cemento = 1,5 volte superiore a quello impiegato per il Burj Khalifa;
- facciate = 180mila metri quadrati, pari al doppio di quelle posate a Burj Khalifa. I materiali di finitura delle facciate non hanno una ben caratterizzata funzione strutturale: per le facciate opache vengono utilizzati pannelli di calcestruzzo fibrato di colore sabbia e, in alcune parti, di colore nero. Questo contrasto cromatico è molto bello ma va detto che la superficie nera è piuttosto difficile da realizzare, e che la sua manutenzione pone non pochi problemi;
- il sistema metrico usato è quello decimale;
- nel progetto e nella gestione del cantiere è utilizzato il BIM che a lavori ultimati verrà ceduto al committente. Questo sistema di progettazione, costruzione e gestione delle opere, è obbligatoriamente im-

piegato anche dai sub appaltatori; viene aggiornato un paio di volte alla settimana e tempestivamente consegnato al committente.

Il museo è circondato su tre lati dal golfo Persico e la sua costruzione ha creato una specie di penisola nel mare. Per la sua collocazione svolge anche la funzione di protezione artificiale per la costa nord dell'isola (grande attenzione è stata posta alla rinaturalizzazione del mare nelle aree attualmente sottratte all'acqua e occupate dall'area di cantiere e, in particolare, di stoccaggio dei materiali; a fine lavori saranno restituite alla loro naturale destinazione. Paravano ha riferito che da qualche tempo sono riapparsi i delfini a non molta distanza dalla riva).

È articolato in quattro edifici (*building one, two, three, four*), comprende 28 gallerie (cioè gli spazi espo-

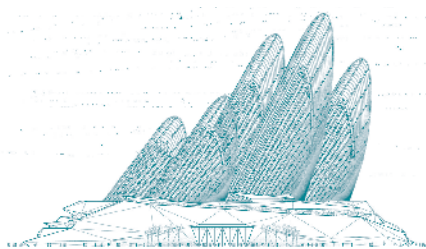
sitivi) distribuite su quattro livelli e organizzate attorno all'atrio centrale che costituisce l'elemento unificatore dell'intera struttura museale, include 9 coni (il 2 è il più alto e raggiunge i 91 metri di altezza; durante la visita nel cantiere è stato possibile vederlo da vicino, scoprendo così l'articolazione strutturale degli elementi di sostegno) e 5 elementi strutturali esterni (scaglie).

Qualche parola va spesa per la descrizione dei pannelli di rivestimenti dei coni: il loro numero che si aggira sull'ordine di 5mila pezzi e va sottolineato che sono tutti diversi uno dall'altro. Nel cono 2, in particolare, si distinguono due specifiche caratteristiche: la struttura portante è in legno lamellare (proveniente dagli Stati Uniti d'America, esportato in Giappone per la lavorazione con tolleranze gestibili solamente da particolari macchine a controllo numerico e la rifinitura), i

*Il museo nazionale Zayed ripercorre la storia degli emirati, dalle prime testimonianze di insediamenti umani alle civiltà che ne hanno plasmato la cultura e l'identità, radicate nei valori del padre fondatore degli Emirati Arabi Uniti, il defunto sceicco Zayed bin Sultan Al Nahyan. La forma dell'edificio affronta la sfida di sostenere la vita in un ambiente desertico e le forti tradizioni culturali degli emirati.*

*Le cinque ali in acciaio leggero fanno parte del sistema di ventilazione naturale. Le prese d'aria si aprono in cima alle torri, sfruttando la pressione negativa sul lato sottovento del profilo per estrarre l'aria calda dall'atrio, coadiuvate dall'effetto termico prodotto dall'accumulo di calore sulle punte delle ali. L'aria, raffreddata naturalmente attraverso tubi interrati in profondità sotto il suolo del deserto, confluisce quindi nell'atrio attraverso un sistema di*

## MUSEO NAZIONALE ZAYED DI NORMAN FOSTER



*ventilazione a bassa quota. Le ali sono vetrate per incanalare la luce naturale nelle gallerie sottostanti, ciascuna di esse è regolabile individualmente.*

*Gli spazi museali, situati accanto a una collinetta, sono compresi entro pareti sfaccettate e testurizzate che rappresentano un'astrazione della topografia degli emirati. La collinetta isola gli spazi interni dall'irraggiamento solare, formando uno scudo protettivo che impedisce al calore di entrare nell'edificio.*

*Quando i visitatori accedono nell'atrio luminoso del museo iniziano a percepire gli spazi espositivi. Sei gallerie permanenti, quattro – a forma di baccello – sono sospese sopra l'atrio e offrono ambienti controllati per proteggere i delicati manufatti esposti. Le vetrate a triplo strato delle torri moderano la quantità di luce naturale che entra nell'atrio e nelle gallerie: includono un fitto strato intermedio a rete e ogni baccello ha un lucernario in vetro elettrocromico che modifica la sua trasparenza in risposta ai livelli di luce esterna.*

*All'esterno dell'edificio l'amore dello sceicco Zayed per la natura è raffigurato dal giardino Al Masar, che collega il museo alla costa, integrando paesaggio e patrimonio culturale. Questa opera è concepita come una nuova risorsa per la comunità, con spazi per la socializzazione, il gioco e la riflessione.*

pannelli di facciata sono in vetro con incollata una rete fibrata e un sottilissimo strato di onice (proveniente dal Messico). Con questi pannelli si è voluto ideare un effetto traslucido che si apprezzerà quando la sera il cono verrà illuminato. Tutte queste lavorazioni hanno creato non poche difficoltà di assemblaggio: il materiale è piuttosto fragile e molti pannelli sono stati rotti. Con il risultato che, essendo tutti diversi uno dall'altro, la ricostruzione ha comportato l'esecuzione di tanti pezzi unici.

A proposito delle strutture metalliche, queste sono preassemblate in fabbrica in pezzi di dimensioni tali da essere compatibili con i limiti che pone il trasporto su strada. Arrivano in cantiere e vengono assemblate in unità strutturali di maggiori dimensioni, e per la definitiva posa in opera vengono utilizzate delle gru.

Metà circa delle gallerie espositive sono chiuse in sommità da lucernai mobili che dispongono di un sistema di orientamento sincronizzato con il movimento del sole. I ponti/passerelle (tre per ciascun piano) di collegamento delle gallerie espositive sono completamente trasparenti, vetrati, con struttura di sostegno metallica: la trasparenza è una delle cifre stilistiche del museo.

Dalla copertura emergono i coni sorretti da strutture in acciaio inox (con diversi gradi di resistenza alla corrosione) e rivestiti con una maglia duplex perforata sempre in acciaio.

La presenza di severe condizioni ambientali attorno al museo (sabbia del deserto sollevata da forti venti e atmosfera ricca di salinità per la presenza limitrofa del mare) e la presenza di corpuscoli metalli-

*Jean Nouvel, progettista, per il concetto del Louvre Abu Dhabi ha tratto ispirazione dalla cultura architettonica tradizionale araba e lo ha progettato come una "città museo" proiettata sul mare. I 55 bassi edifici bianchi traggono ispirazione invece dalla medina. Il tranquillo ambiente interno incoraggia il visitatore ad apprezzare il rapporto in continua evoluzione tra il sole e la cupola e tra il mare, gli edifici e la terraferma. Un'ampia cupola, di 180 metri di diametro, copre la maggior parte della città museo. Questa imponente struttura è visibile dal mare, dalle aree circostanti e dal centro di Abu Dhabi. È composta da otto strati diversi: quattro strati esterni rivestiti in acciaio inossidabile e quattro strati interni rivestiti in alluminio, separati da una struttura in acciaio alta cinque metri. La struttura è composta da 10 mila componenti strutturali preassemblati di 85 elementi di gran-*

### LOUVRE ABU DHABI DI JEAN NOUVEL



*di dimensioni, ciascuno del peso medio di 50 tonnellate.*

*Il complesso motivo della cupola è il risultato di un design geometrico altamente studiato. Il motivo si ripete in varie dimensioni e angolazioni negli otto strati sovrapposti. Ogni raggio di luce penetra gli otto strati prima di apparire o scomparire. Il risultato è un effetto cinematografico di "pioggia di luce" che si riflette lungo il percorso del sole durante il giorno. Di notte, forma 7.850 stelle visibili sia dall'interno che dall'esterno.*

*La cupola è sostenuta da quattro pilastri distanti fra loro 110 metri, nascosti all'interno degli edifici del museo per dare l'impressione che la cupola sia sospesa. L'altezza interna della cupola è di 29 metri dal piano terra. Il punto più alto si trova a 40 metri sul livello del mare. La cupola protegge gli edifici e la piazza esterna dal sole, migliora il comfort dei visitatori e riduce il consumo energetico.*

*Ciò consente ai visitatori di circolare all'aperto tutto l'anno in un "microclima" autoregolato.*

*Il Louvre Abu Dhabi è protetto dal mare aperto da circa 280 pali marini, nonché da frangiflutti in cemento e un sistema di "pareti di usura" appositamente progettato. Ciascuna parete di usura è realizzata con elementi prefabbricati in calcestruzzo ad altissime prestazioni. Ogni elemento è alto quattro metri e pesa circa 10 tonnellate.*





←

Plastico dell'isola Sa'diyyat:  
in primo piano il museo nazionale Zayed,  
a sinistra il museo Louvre,  
in alto a destra il museo Guggenheim  
(fonte: internet)

ci generati durante varie operazioni di saldatura (veri e propri “semi” di corrosione) costringe l'impresa a pulire i coni ogni sei settimane con getti di acqua ad alta pressione per mantenere l'acciaio in buone condizioni. Questa è un'operazione che complica non poco l'andamento del cantiere perché quando viene eseguita occorre sospendere i lavori.

La pulizia dei coni, e quindi la conservazione dell'acciaio in buone condizioni, rappresenta una sfida tecnologica alle andr  eseguita anche quando il museo sar  in attivit ; per la sua esecuzione si dovranno impiegare, come succede attualmente, arrampicatori lavavetri (“spazzini acrobati”) appesi a ponteggi che utilizzano doppie corde di sicurezza. Sulla pulizia delle superficie esterne degli edifici di Abu Dhabi ma anche di Dubai abbiamo appreso che, per disposizione statali, i vetri dei grattacieli e delle altre costruzioni devono essere continuamente lavati e tenuti in ottimo stato manutentivo e di pulizia.

Questo impegno riferito al Burj Khalifa, il pi  alto grattacielo al mondo, implica che la pulizia, che dura tre mesi e viene eseguita da numerose squadre di pulitori, venga ripetuta “solamente” quattro volte all'anno.

All'interno del museo sono previsti – come detto – spazi espositivi (13mila metri quadrati), laboratori di restauro e aule educative, un centro di cultura contemporanea araba, islamica e medio orientale, un centro per “arte e tecnologia”, un teatro flessibile (con 230 posti a sedere: le poltrone sono prodotte da una rinomata azienda italiana), spazi di preghiera, ristorante (i lavori in atto si limiteranno alla realizzazione dell'involucro, perch  gli arredi, le attrezzature e le finiture saranno eseguite di chi lo gestir ), aree di vendita, uffici di amministrazione.

L'esterno si caratterizza per la presenza di piazze, terrazze, mostre all'aperto, proiezioni cinematografiche, spazi per eventi.

Il progetto futuristico e anticonvenzionale firmato Frank Gehry per il Guggenheim regaler  ai visitatori un ampio *open space* che avr  la funzione di unire diverse gallerie, posizionate a diverse altezze, e sar  caratterizzato dall'imponente mole dei coni incastrati e inclinati tra di loro a rievocare le tradizionali torri del vento del mondo arabo.

Il progetto incorpora anche elementi sostenibili

↓  
Foto del cantiere in atto del museo  
(fonte: internet)





adatti alla regione degli emirati in cui si trova: fra questi il raffreddamento e la ventilazione naturali dei cortili coperti, ispirati al concetto delle tradizionali torri del vento diffuse in tutto il Medio Oriente.

### La descrizione del percorso di visita al cantiere

L'ingegnere Paravano, con l'ausilio di alcuni disegni (piante e sezioni) proiettati sullo schermo, ha illustrato il percorso di visita, passo per passo.

La parte nord del museo si affaccia sul mare, quella rivolta sud dà sulla strada ed è l'ingresso da dove i visitatori entreranno, e dove inizia anche la nostra visita. Da qui è possibile vedere, camminando, il cantiere nella sua maestosa dimensione, tra persone impegnate nei propri lavori, ponteggi di notevole estensione e altezza, protezione di aree inaccessibili, ecc.

Un elemento che caratterizza l'ambiente dove saranno posizionate le biglietterie e i controlli di sicurezza è il legno impiegato più con finalità di arredo dell'area filtro tra esterno ed esterno che come componente delle strutture di delimitazione dell'ingresso. Si tratta di una trama di travi in legno lamellare, variamente intrecciate, prodotte in Alto Adige da una ditta specializzata di rilievo internazionale.

Il passaggio successivo, salendo le scale, porta al livello intermedio dove c'è un vasto spazio destinato a ospitare tutta l'impiantistica (fra l'altro proprio in questi giorni al suo interno sono presenti delle squadre di tecnici che stanno completando i collegamenti e installando le prime apparecchiature). Per dare un'idea della complessità della struttura sono sufficienti due semplici dati: i cavi elettrici superano i 40 chilometri di lunghezza, le tubazioni antincendio i 50 chilometri. È difficile indicare la potenza elettrica impiegata per il funzionamento del museo che è allacciato a quattro fornitori di energia, essa arriva in media tensione e viene successivamente trasformata in bassa tensione per alimentare tutte le macchine e dispositivi.

La visita continua salendo al livello due, dove è possibile vedere la suddivisione dei diversi *building* e capire come sono collegati tra di loro attraverso le passerelle completamente (parapetti e piani di calpestio) vetrate e sospese sul vuoto dell'ingresso.

Tutte le gallerie sono rivestite in cartongesso, con problemi dovuti alla loro altezza (la più elevata raggiunge i 31 metri di altezza). Ma più dei problemi dovuti alle lavorazioni in quota, la maggiore difficoltà deriva dal fatto che i muri che delimitano le gallerie sono caratterizzati da una doppia curvatura, che si manifesta in senso orizzontale e verticale, e quindi la posa dei pannelli di cartongesso è piuttosto complicata e richiede una cura particolare nella gestione delle lastre.

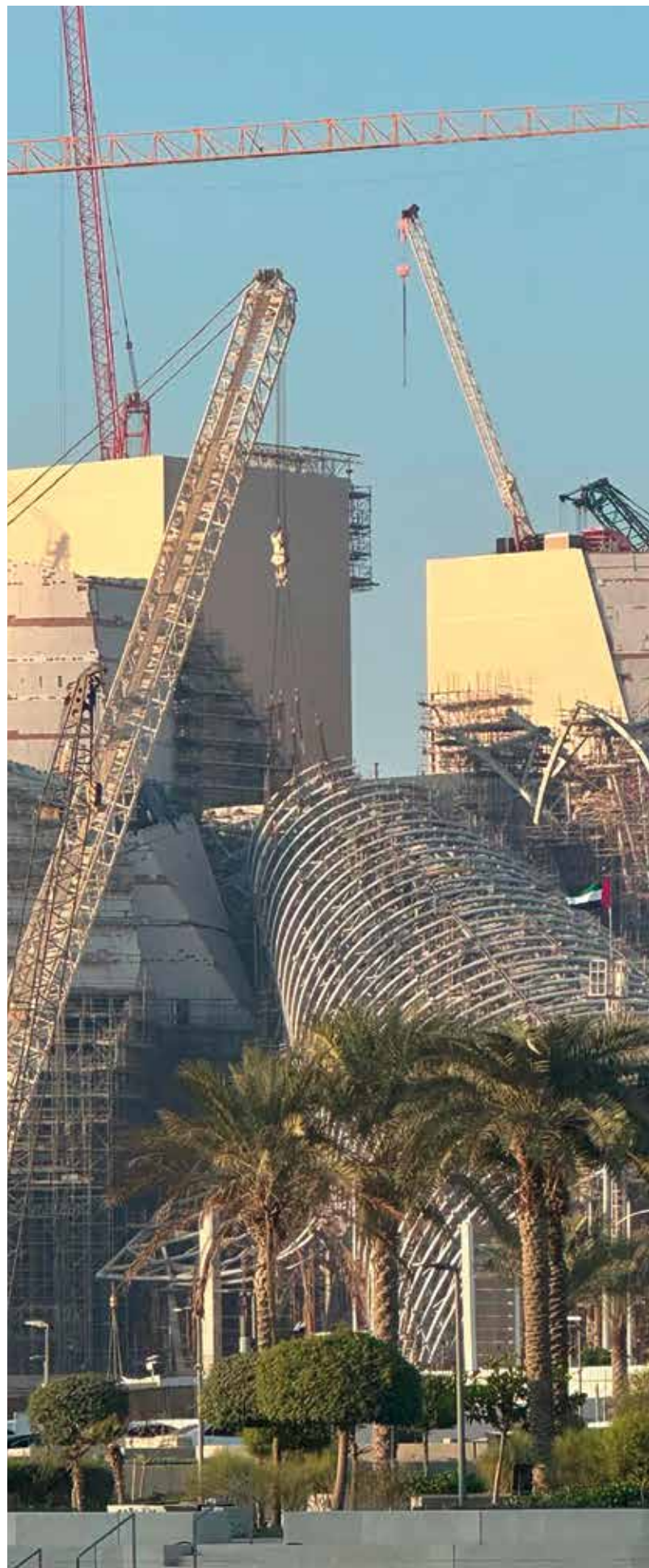
Il pavimento delle gallerie è in calcestruzzo fibroso. Sette gallerie (e non tutte come inizialmente previsto) hanno una pavimentazione in parquet di legno proveniente dagli Stati Uniti: in questi giorni i posatori stanno ultimando la posa dei listoni in alcuni locali e sarà possibile vederli al lavoro.

### Per concludere

Pensando al progettista del museo e a quanto la vista del cantiere ha consentito di apprezzare, possiamo dire che l'edificio definisce un nuovo approccio all'esperienza museale dei fruitori e propone una visione innovativa per la conoscenza e divulgazione dell'arte contemporanea nel contesto di un paesaggio desertico. Ispirato agli ampi spazi degli atelier artistici, il progetto del museo riflette la grande scala su cui lavorano molti pittori e scultori contemporanei e presenta layout espositivi non convenzionali.

Il museo, in collaborazione con la fondazione Solomon R. Guggenheim, si caratterizzerà per l'esposizione di collezioni di opere d'arte provenienti da tutte le parti del mondo (inclusa l'arte contemporanea degli ultimi sessant'anni) con un'attenzione specifica all'Asia occidentale, al Nord Africa e all'Asia meridionale.

Come per il Louvre di Abu Dhabi, anche il progetto del nuovo Guggenheim rappresenta un test di alto profilo per gli emirati del Golfo che puntano a diversificare le loro economie dal petrolio, fonte principale della loro ricchezza, allo scopo di attirare ad Abu Dhabi turisti occidentali. Fra l'altro, e non poteva essere diversamente in un contesto dove ogni nuova opera e attività lancia una sfida a quelle esistenti in altri luoghi del mondo (e la sfida deve essere sempre vincente per gli emirati) per raggiungere il primato di "più importante", di "più efficiente", di "più attraen-





←

Il direttore della Rassegna tecnica, architetto Giorgio Dri (a destra), consegna il volume *Progetti & Opere* e le copie pubblicate nel 2025 della rivista all'ingegnere Loris Paravano (a sinistra)

te”, il Guggenheim che si sta realizzando sarà il più grande museo della “catena” Guggenheim in quanto a estensione della superficie espositiva. E, probabilmente, il più visitato considerando l'enorme flusso di turisti che scelgono Dubai ed Abu Dhabi per trascorrere le vacanze, durante tutto l'anno.

Fra i prossimi turisti che sceglieranno ancora una volta Dubai e Abu Dhabi ci sono senz'altro molte, tutte, le persone partecipanti a questa visita per vedere il museo aperto al pubblico e poter dire di averlo visto “crescere”, rimanendo ancora una volta stupiti per l'audacia di una architettura non convenzionale che riesce sempre a stupire. Anche senza entusiasmare.

#### NOTA 1

Dubai è il più grande dei sette emirati che compongono gli Emirati Arabi Uniti e rappresenta oltre l'85% del territorio nazionale. La città di Abu Dhabi, costruita sulla più grande delle isole naturali (circa 200) al largo dell'emirato, è la capitale sia dell'emirato e sia degli emirati. È la sede federale del governo e ospita la maggior parte dei ministeri e delle istituzioni, ambasciate, emittenti radiotelevisive statali e compagnie petrolifere. La popolazione di Abu Dhabi è di circa 1,6 milioni di persone su un totale dell'emirato di 2,8 milioni (dati 2015).

#### NOTA 2

La Fondazione Guggenheim possiede e gestisce tre musei: il Guggenheim Museum (Fifth Avenue a New York), la Collezione Peggy Guggenheim (palazzo Venier dei Leoni sul canal Grande a Venezia), il Guggenheim Hermitage Museum (Las Vegas). La fondazione si occupa anche della programmazione e della gestione di altri due musei in Europa che portano il suo nome, il Guggenheim Museum di Bilbao e il Deutsche Guggenheim di Berlino. Il nuovo museo in costruzione si chiamerà Guggenheim Abu Dhabi. La Tourism Development & Investment company di Abu Dhabi (che gestisce le risorse turistiche dell'emirato) sarà pro-

prietaria del museo, mentre la Fondazione Guggenheim definirà e gestirà il programma del museo, che includerà lo sviluppo delle collezioni, mostre e iniziative educative.

#### NOTA 3

A proposito della moschea Sheikh Zayed di Abu Dhabi, le strutture (essenzialmente le fondazioni ma anche parte degli impianti) vennero realizzate nel 1996 dalla joint venture Rizzani De Eccher-Impregilo (ex Impresit e Lodigiani). Nel 2000 la municipalità di Abu Dhabi tagliò il 30% del valore contrattuale quando il 70% delle strutture era già realizzato. Ci fu un arbitrato, celebrato a Washington, che vide soccombente la municipalità e il giorno seguente la joint venture delle imprese italiane venne inserita nella black list e per diversi anni queste imprese non ebbero altre commesse negli emirati.

#### NOTA 4

Frank Gehry, architetto canadese naturalizzato statunitense, è riconosciuto l'esponente di maggior rilievo della corrente architettonica definita “decostruttivista”. Autore di numerose grandi opere, fra gli altri, il museo Guggenheim di Bilbao, la sala di concerti Walt Disney a Los Angeles, il museo di scienze e industria della California a Los Angeles, la Casa

danzante a Praga, la torre Beekman a New York, la Fondazione Louis Vuitton a Parigi. Dopo la realizzazione del rivestimento in lastre di titanio, prodotte dalla azienda veneta Permastelisa, del museo Guggenheim di Bilbao, il titolare Massimo Colomban di Treviso definì il risultato ottenuto con una frase di grande effetto: “dare forma alle meraviglie”.

#### NOTA 5

Gli Emirati Arabi Uniti si collocano al settimo-ottavo posto delle potenze petrolifere mondiali, con riserve accertate tra le più grandi al mondo (pari a circa 97-113 miliardi di barili) che li colloca al sesto posto globale. La produzione supera i 3 milioni di barili al giorno (dato 2022) ed è in corso un consistente aumento della produzione per arrivare a 5 milioni entro il 2030. Il settore idrocarburico costituisce una fonte di ricchezza fondamentale dell'economia degli emirati rappresentando il 30% circa del prodotto interno lordo, concentrato prevalentemente ad Abu Dhabi. Quanto al gas naturale, nonostante le ingenti riserve e una produzione di circa 57 miliardi di metri cubi nel 2021, la crescente domanda interna costringe gli emirati a importare gas dal vicino Qatar. Gli Emirati Arabi Uniti hanno iniziato da molti anni a diversificare l'economia con ingentissimi investimenti su turismo, finanza e fonti rinnovabili di energia.

# Le nuove forme in Architettura

ITALO COCCOLO, ingegnere civile, artista

22

RT 405



Lo scopo del presente articolo non è tanto quello di evidenziare le nuove forme dell'architettura quanto quello di analizzare le influenze che l'evoluzione del pensiero e della tecnologia informatica hanno avuto su di loro.

Un'analisi che non può prescindere dall'evoluzione del suo protagonista principale: il progetti-

sta architettonico, il cui ruolo, dai tempi di Vitruvio ai giorni nostri, è profondamente cambiato, ma mai così in fretta come dall'introduzione del computer.

Oggi negli studi di progettazione i tavoli da disegno e i manuali hanno lasciato spazio ai computer e ai programmi CAD, per poter affrontare, con l'aiuto delle moderne

tecnologie e il design generativo, progetti sempre più complessi e sofisticati, che devono tener conto non solo della forma e della funzionalità ma anche di tutta una serie di fattori energetici e ambientali. Il progettista è diventato così uno che interagisce con il sistema di progettazione e il nuovo protagonista di questa rivoluzione è l'intel-

ligenza artificiale, quella generata dal computer e dagli algoritmi. Una realtà che ha messo in comunicazione il mondo virtuale con quello fisico, generando nuovi scenari e nuove sfide per i progettisti.

Queste sfide si sono concretizzate, negli ultimi decenni, in realizzazioni architettoniche dalle forme del tutto nuove e complesse, che si riferiscono più alla geometria iperbolica, alla topologia che alle forme regolari della geometria euclidea, a cui eravamo abituati. Queste nuove forme traggono ispirazione dalla natura, dall'informatica o dalla meccanica e rappresentano le risposte più evolute a richieste di una committenza, pubblica o privata, sempre più esigente.

Architetture di questo tipo, come ad esempio il *Museo Guggenheim* di Frank Gehry a Bilbao, sono state rese possibili solo grazie all'uso delle nuove tecnologie progettuali.

Volendo tentare una loro primitiva classificazione, in attesa che il tempo ci consenta di farla meglio, possiamo definire come *architettura evolutiva* quella che tiene conto anche del tempo, inteso come nuova dimensione per progettare e creare un edificio che si adatti ai cambiamenti dell'ambiente esterno, similmente a quanto avviene negli organismi viventi. Un concetto fatto proprio, ad esempio, dallo studio Zaha Hadid nel Grattacielo che segue il Sole in corso di realizzazione a Shenzhen (RPC).

L'*architettura organica* punta invece a una convergenza con la natura, imitando o spirandosi alle forme che suggerisce: foglie, steli,

infiorescenze, ragnatele o forme di batteri, facendo in modo che l'edificio si mimetizzi il più possibile con la natura stessa, come nel *Convention Center* di Arata Isozaki a Doha (Qatar) con la struttura del tetto assomigliante ad un albero o come l'*Hangzhou Olympic Sports Center* di Zaha Hadid con il tetto a forma di petalo, il *Lotus Building* a Wujin (RPC) dello studio 505, ispirato al fiore di loto.

L'*architettura biomimetica* infine tende a un vero e proprio mimetismo, in cui riprodurre il comportamento della flora e della fauna, che viene trasferito nella struttura dell'edificio.

### Qualche riflessione finale

Al termine di questa sia pur minuta classificazione trovo necessario, come mi ero prefisso, porre alcune questioni inerenti le motivazioni, e le conseguenze, di una così rapida trasformazione delle forme architettoniche in generale e in particolare di quelle che caratterizzano i più importanti spazi pubblici.

E tra queste:

- 1) il proliferare di tutte queste nuove forme espressive nell'architettura più recenti, sono solo il segno del tempo che viviamo in cui "apparire" è divenuto importante quanto "essere" o c'è dell'altro?
- 2) le architetture che abbiamo preso in rassegna stabiliscono il definitivo abbandono dell'ordine strutturale che sin qui ha costituito le basi dell'architettura o invece ne costituiscono un'evoluzione?

Sono questioni che investono anche la sfera soggettiva e quindi,

alle risposte che di seguito cercherò di fornire, non ho certo la pretesa di attribuire un valore assoluto.

Il processo di trasformazione/evoluzione nell'arte e nell'architettura in realtà è iniziato all'alba del secolo scorso, con il futurismo e il dadaismo ed è proseguito, anche attraverso il razionalismo, con il modernismo internazionale, il post-moderno e infine con il decostruttivismo. Tutto ciò in risposta a esigenze di ordine intellettuale: scientifico, filosofico e artistico. Ognuno di questi movimenti innovatori si è manifestato in forme molto diverse tra di loro, pur essendo accomunati da un unico "spirito" generativo: la distruzione dell'ordine strutturale imperante, colpevole, a loro dire, di bloccare l'evoluzione degli eventi in generale e lo sviluppo della società in particolare. Un concetto derivato direttamente dalla fisica, dal secondo principio della Termodinamica, enunciato da Clausius nel 1854.

E oggi non c'è più alcun dubbio che la società contemporanea, definita dai sociologi "società liquida", non derivi da quei movimenti e voglia esprimersi con forme fluide, liquide, meno definite e meno assertive di quelle della società tradizionale, nella quale non si riconosce più.

Per quanto riguarda il secondo interrogativo, ritengo che l'apparire sulla scena architettonica di queste nuove forme non corrisponda alla volontà di distruggere l'ordine in sé stesso, come sembrano affermare i proclami delle avanguardie artistiche del

↓  
Museo Guggenheim di Frank Gehry a Bilbao

Convention Center a Doha di Arata Isozaki

↓  
Grattacielo che segue il Sole a Shenzhen  
dello studio Zaha Hadid  
(in corso di realizzazione)

Lotus Building a Wujin dello studio 505

24  
RT 405



Novecento, ma piuttosto dell'affermazione della necessità di un nuovo ordine, che sia diverso sin dalle sue forme più evidenti, quelle dell'architettura, e in particolare di quella dei grandi spazi a carattere sociale, sportivo, culturale o celebrativo. Infatti in queste nuove forme non vi è la scomparsa della simmetria né delle proporzioni, poiché, a ben

guardare, esse manifestano una simmetria più ricca e complessa di quella bilaterale e godono di proporzioni altrettanto complesse, fatte non solo di dimensioni numeriche o formali ma anche di equilibri statici e dinamici, che riguardano non solo le forze che sorreggono la costruzione ma anche le energie che ne regolano sia l'uso da parte degli utenti sia

la vita delle costruzioni nell'ambiente circostante.

Un ordine certamente più complesso di quello delle architetture tradizionali, dove la corrispondenza tra struttura e funzione è resa di più difficile lettura, se non impossibile, come nei casi più spettacolari, dove la meraviglia può affascinarci ma anche, subdolamente, disorientarci.

# La formazione degli ingegneri dopo il terremoto del 1976

FABIO CROSILLA, ADRIANO PASCOLETTI, Centro internazionale di Scienze Meccaniche

Il terremoto del Friuli del 1976 non fu soltanto una catastrofe naturale di proporzioni eccezionali, ma un evento spartiacque nella storia tecnica, istituzionale e culturale del territorio. Alla devastazione materiale si affiancò fin da subito una consapevolezza nuova: ricostruire non significava semplicemente riparare ciò che era crollato, ma ripensare in profondità criteri progettuali, strumenti di calcolo, competenze professionali e responsabilità civili. In quel contesto drammatico, la qualità della ricostruzione dipese in larga misura dalla capacità di formare rapidamente tecnici e progettisti all'altezza di una sfida inedita.

Questo contributo analizza il ruolo svolto dal Centro internazionale di Scienze Meccaniche di Udine in quella fase cruciale, mettendo in luce come un'istituzione scientifica nata con vocazione internazionale seppe assumere, quasi naturalmente, una funzione strategica per il territorio. Attraverso corsi, seminari, convegni e strumenti di supporto al calcolo, il CISM divenne un punto di riferimento per la diffusione delle conoscenze più avanzate in ambito di ingegneria sismica e strutturale, contribuendo in modo determinante alla formazione di una generazione di professionisti chiamati a operare in condizioni di emergenza, ma con rigore scientifico.

Riproporre oggi il contributo del CISM significa dunque leggere la ricostruzione del Friuli non solo come un successo amministrativo e sociale, ma come il risultato di un investimento profondo sul sapere tecnico e sulla formazione avanza-

ta, capace di trasformare una tragedia collettiva in un'occasione di innovazione duratura.

## Un territorio senza università, ma non senza sapere

Il terremoto che colpì il Friuli nel 1976 rappresentò uno degli eventi più drammatici della storia repubblicana italiana, non solo per l'entità delle distruzioni e delle vittime, ma per la profondità delle conseguenze sociali, economiche e culturali che ne derivarono. Di fronte a un territorio devastato, la sfida non fu soltanto quella di ricostruire edifici e infrastrutture, ma di ricostruire competenze, criteri progettuali, consapevolezza tecnica. In questo contesto, il Centro internazionale di Scienze Meccaniche svolse un ruolo di importanza cruciale, spesso poco visibile ma strutturalmente decisivo.

All'epoca del sisma, il Friuli non disponeva ancora di una propria università. L'Università di Udine sarebbe nata solo negli anni immediatamente successivi, anche come conseguenza diretta della tragedia del 1976. In quel vuoto istituzionale, il CISM rappresentava l'unica presenza tecnico-scientifica strutturata sul territorio, capace di dialogare con la comunità degli ingegneri, degli architetti e dei tecnici impegnati nella ricostruzione.

Fondato alla fine degli anni Sessanta grazie alla visione scientifica di Luigi Sobrero e al sostegno istituzionale dell'avvocato Vinicio Turrello, il CISM non era un ente emergenziale, ma una istituzione già fortemente internazionalizzata, abituata a organizzare corsi avan-

zati e scuole di alta formazione nelle discipline delle Scienze Meccaniche. Proprio questa vocazione preesistente consentì al Centro di reagire con rapidità e lucidità alla nuova situazione.

## Dal sisma alla responsabilità formativa

Il terremoto rese immediatamente evidente un fatto fondamentale: la ricostruzione non poteva essere affidata a prassi tecniche tradizionali, né a un sapere ingegneristico non aggiornato sulle problematiche sismiche. Era necessario formare, in tempi rapidi ma con rigore scientifico, i professionisti chiamati a operare sul campo.

In verità, il Centro, nell'ambito della sua normale attività scientifica e culturale aveva, fin dalla sua istituzione, trattato argomenti che sono di rilevanza per l'ingegneria sismica, con corsi di dinamica delle strutture, di meccanica delle rocce e di *earthquake engineering*.

Dal maggio 1976, dopo il primo tragico sisma che colpì il Friuli, il CISM sentì il dovere di incrementare questa attività, finalizzandola anche a temi e iniziative che portassero a un risultato di utilità ai progettisti e agli amministratori impegnati nell'opera di ricostruzione del Friuli. Furono così organizzate serie di corsi, in lingua italiana e in inglese, dove i migliori esperti e progettisti di chiara fama esposero i principi e i metodi della progettazione antisismica a ingegneri, architetti, geometri e periti. Non si trattò di iniziative occasionali, ma di veri e propri percorsi di aggiornamento avanzato, fondati sul confronto con le più recenti

→  
 Convegno internazionale *The Friuli Earthquake*,  
 organizzato a Udine dal CISM  
 il 4-5 dicembre 1976;  
 si riconoscono  
 il professore Giuseppe Grandori,  
 il professore Luigi Sobrero (fondatore del CISM),  
 l'avvocato Antonio Comelli presidente  
 della Giunta regionale del Friuli Venezia Giulia

Pubblico partecipante ai corsi  
 su Ingegneria sismica  
 organizzati dal CISM



acquisizioni della ricerca internazionale in tema di comportamento strutturale, dinamica delle costruzioni e risposta dei materiali alle sollecitazioni cicliche.

Citiamo solo alcune delle iniziative che ebbero luogo in quel periodo organizzate dal CISM.

Ricordiamo una prima serie di corsi di "Ingegneria Antisismica", organizzata dal 30 giugno al 23 luglio 1976, immediatamente a seguito dell'evento sismico del 6 maggio. La serie fu patrocinata dalla Regione autonoma Friuli Venezia Giulia, dagli ordini professionali della regione, dall'associazione Industriali di Udine, e dal sindacato Dirigenti Industriali. I corsi erano dedicati da un lato a ingegneri e architetti, dall'altro a geometri e periti coinvolti nella ricostruzione.

In virtù della sua vocazione internazionale, successivamente all'evento sismico, il CISM ospitò pure alcune iniziative internazionali sul tema. Ricordiamo l'importante convegno internazionale su *The Friuli earthquake* organizzato dal CISM nel mese di dicembre 1976 e dalla European Association for Earthquake Engineering e suddiviso in due sezioni: *earthquake engineering e geophysics and geology*.

Da non dimenticare poi nel mese di settembre 1977 il quinto "Regional seminar on earthquake engineering", organizzato dal CISM, l'associazione Italiana di Ingegneria Sismica, l'UNESCO, e il CNR, suddiviso in due sezioni: *fundamental items in earthquake engineering e monographic communications on advanced research topics*.

Nel 1978 ricordiamo infine il

seminario internazionale *Constructions in seismic zones*, organizzato dall'Istituto sperimentale Modelli e Strutture di Bergamo, l'International association for Bridge and Structural Engineering, l'associazione Italiana di Ingegneria Sismica e il CISM, svoltosi a Bergamo e a Udine.

Queste iniziative ebbero un impatto immediato: fornirono strumenti concettuali e operativi a una generazione di tecnici che si trovava ad affrontare problemi nuovi, complessi e carichi di responsabilità civile.

Accanto a una attività didattica di primo livello, sono stati anche pubblicati diversi volumi (i classici "volumi rossi") che ebbero ampia diffusione, sia in italiano sia in inglese, per raccogliere lezioni e comunicazioni di corsi e convegni. Si ricorda, in particolare, la pubblicazione del libro del 1980 in due volumi dal titolo "Ingegneria Sismica" di Michele Mele, edito da Springer, che ebbe una grande diffusione tra i professionisti.

Inoltre, a partire dal 1975, grazie a un contributo straordinario della Fondazione Volkswagen, il CISM si dotò del primo computer, un PDP 11/40 della Digital Equipment Corporation, macchina di punta in quegli anni: memoria centrale di 128 KByte (a nuclei di ferrite) e memoria di massa costituita da due unità disco rimovibili (cartucce circolari del diametro di circa 50 centimetri e capacità di poco superiore a 3 MByte). Quel centro di calcolo, all'epoca unico nel suo genere in Friuli, oltre a sostenere le attività di insegnamento grazie a dimo-

strazioni e simulazioni su calcolatore del contenuto delle lezioni di alcuni corsi, dopo il terremoto del 1976 svolse attività di studio sugli effetti dinamici delle vibrazioni sismiche, realizzò e mise a disposizione dei professionisti programmi di calcolo di verifica antisismica, adatti soprattutto al riattamento di edifici danneggiati. Il programma più usato in questo ambito fu il POR, software per il calcolo e la verifica di strutture in muratura, utilizzato da migliaia di professionisti. Il professionista interessato al POR portava materialmente al CISM un modulo con i dati di input; i dati venivano trasferiti su schede perforate, elaborati e i risultati (su carta) venivano poi ritirati dall'interessato. La "rete" non era ancora nata.

### **Il successo dei corsi e la loro istituzionalizzazione**

Il successo delle prime iniziative formative convinse rapidamente gli organi di governo del CISM che quella intrapresa non era una risposta contingente, ma una direzione strategica. Accanto all'attività internazionale la formazione degli ingegneri impegnati nella ricostruzione divenne così un asse importante delle attività del Centro.

Fu in questo contesto che venne costituito il dipartimento di Ingegneria Strutturale e Geotecnica con il compito di organizzare corsi di aggiornamento professionale avanzato a cadenza annuale. Le tematiche affrontate si ampliarono progressivamente, includendo non solo l'ingegneria sismica in

senso stretto, ma anche la geotecnica, l'ingegneria ambientale, le tecniche di rilevamento e la rappresentazione, tutte discipline indispensabili per una ricostruzione consapevole e moderna. In questo modo, il CISM contribuì a creare un patrimonio diffuso di competenze, che non rimase confinato alle aule, ma si tradusse in prassi progettuali e costruttive adottate sul territorio.

Di particolare rilievo in tale contesto la serie di libri pubblicata dal dipartimento, curata dal professore Del Piero, all'epoca ordinario all'Università di Udine, dedicata al settore delle costruzioni, che ebbe un notevole successo negli ambiti professionale e scientifico.

### **Formare per ricostruire, ricostruire per innovare**

L'aspetto forse più significativo dell'azione del CISM nel post terremoto fu la capacità di trasformare l'emergenza in occasione di innovazione strutturale. Gli ingegneri, formati attraverso i corsi del Centro non si limitarono a ricostruire "come prima", ma furono messi nelle condizioni di ripensare i criteri stessi della progettazione, introducendo principi di sicurezza, durabilità e controllo del rischio che avrebbero segnato in modo duraturo il modello friulano di ricostruzione.

In questo senso, l'attività formativa del CISM può essere letta come uno dei fattori che resero possibile quella ricostruzione spesso citata come esempio virtuoso a livello nazionale e internazionale.

L'esperienza maturata negli anni

EDITI DAL CISM, SONO DEDICATI ALL'INGEGNERIA SISMICA

# Due volumi per costruire in Friuli



Il pubblico alla presentazione e, nel riquadro, il professor Mele. (Foto Pavonello)

**DUE VOLUMI**, per oltre 700 pagine, freschissimi di stampa, raccolgono da oggi più o meno tutto quello che occorre sapere nel campo dell'ingegneria sismica, legando i contenuti specifici di questa materia al complesso più vasto delle nozioni — indispensabili — di geofisica, geologia, sismologia e via dicendo. Per l'Italia, paese non certo all'avanguardia nel campo dell'editoria di carattere scientifico, si tratta di un'autentica novità. Ma anche su un piano internazionale l'opera riveste un ruolo importante. Tant'è vero che a distribuirla sarà la Springer Verlag di Vienna, una delle case più prestigiose, in Europa, per quanto riguarda le edizioni scientifiche.

L'OPERA s'intitola semplicemente *Ingegneria sismica*, è

suddivisa in due volumi (il primo dedicato alla teoria, il secondo alla tecnica) ed è il risultato del corso promosso dal Centro internazionale di scienze meccaniche di Udine, tenuto nel luglio dell'anno scorso e riservato a ingegneri e architetti. Ieri è stata presentata a palazzo Belgrado, sede della provincia di Udine, davanti a un pubblico di professionisti. Il presidente del Cism, avvocato Vinicio Turello, ha ricordato che già in altre occasioni il centro si è fatto promotore di iniziative analoghe, varando una politica editoriale che, per quanto limitata agli obiettivi istituzionali del Cism stesso, ha registrato considerevoli successi.

**IL PROFESSOR** Michele Mele, dell'università di Roma, coordinatore dei due volumi,

ha poi descritto il contenuto di questi ultimi, rilevando innanzitutto come il Cism sia riuscito ad affermare una sua funzione importante sul territorio nel quale opera, nel senso che attraverso la sua azione è stato possibile (e lo è tuttora) stabilire un proficuo contatto, qualificato e costante, tra studiosi di livello mondiale da una parte, e operatori e tecnici locali dall'altra. Si tratta, ha detto Mele, di un impegno culturale non accademico, ma finalizzato a obiettivi precisi e fondamentali, quali sono, appunto, quelli legati al dibattito sulla ricostruzione del Friuli.

**VENENDO** a parlare più in dettaglio del libro, Mele ha osservato come esso non sia una mera collezione di dispense di lezioni, bensì un testo organico, articolato in capitoli

che seguono una successione logica e si integrano a vicenda. Inoltre, il contenuto non è soltanto quello delle lezioni del corso, ma ricomprende anche i contributi di tavole rotonde e incontri successivi.

**IL PRIMO** volume — quello teorico — si apre col capitolo del professor Finetti sugli elementi di sismologia, e continua con quelli dei professori Carulli (lineamenti geologici del Friuli), Grandori (caratteristiche dei terremoti ed elementi di normativa sismica), Castiglioni (elementi di dinamica delle costruzioni), Mele (analisi statica delle strutture), Giuffrè (la duttilità strutturale) e Petrini (il rischio sismico). Il secondo volume — quello tecnico — contiene contributi dei professori Bogunovic (edifici in muratura e in cemento armato), Mele (edifici a struttura metallica), Pinto (gli edifici prefabbricati a grandi pannelli), Castellani (criteri progettuali), Cestelli Guidi (terreni e fondazioni) e ancora Mele (il restauro statico).

**COME ANCHE** un profano può intuire, dunque, si tratta di una trattazione di carattere interdisciplinare, capace di facilitare, specie ai professionisti, il lavoro di ricerca preliminare all'applicazione di certi criteri. Una iniziativa, quindi, di sicura utilità.

**ALL'INCONTRO** in provincia hanno partecipato, fra gli altri, per il Cism, i professori Olszak e Longo, l'assessore regionale ai lavori pubblici Rigutto, il vicepresidente dell'amministrazione provinciale Vespasiano con l'assessore Martini e l'assessore comunale Foi.

F. D.

successivi al terremoto costituì la base per un ulteriore sviluppo. Nel 1995, in risposta al crescente interesse dei professionisti italiani, il CISM istituì la sezione Italian Advanced Professional Training, ampliando ulteriormente l'offerta formativa e includendo settori quali il rischio sismico, l'innovazione tecnologica, l'idraulica, la robotica e le nuove tecnologie. Questo percorso, avviato sotto la pressione drammatica del sisma del 1976, condusse infine al riconoscimento ufficiale del CISM come centro accreditato per la formazione professionale continua degli ingegneri italiani da parte del Consiglio Nazionale degli Ingegneri nel 2016.

Un riconoscimento che sancisce formalmente un ruolo che il Centro aveva già svolto, di fatto, per decenni.

### Un'eredità che supera l'emergenza

L'attività di formazione degli ingegneri svolta dal CISM dopo il terremoto del Friuli non fu dunque un episodio marginale, ma una componente strutturale del processo di ricostruzione. Attraverso il sapere scientifico, il Centro contribuì a restituire al territorio non solo edifici, ma fiducia nella tecnica, consapevolezza progettuale e capacità di affrontare il rischio in modo razionale.

In questa prospettiva, il CISM non è soltanto un luogo di alta cultura scientifica internazionale, ma un attore silenzioso della rinascita friulana, dimostrando come la formazione avanzata degli ingegneri possa diventare uno strumento decisivo di ricostruzione civile.

A distanza di cinquant'anni dal terremoto del Friuli, il ruolo svolto dal Centro internazionale di Scienze Meccaniche emerge con chiarezza come uno degli elementi meno visibili ma più strutturalmente decisivi dell'intero processo di ricostruzione.

La formazione degli ingegneri e dei tecnici non fu un'attività accessoria o emergenziale, ma una componente essenziale della risposta al sisma, capace di incidere in profondità sulla qualità delle scelte progettuali e costruttive adottate sul territorio.

L'azione del CISM dimostrò come un'istituzione scientifica, pur non nata per fronteggiare calamità naturali, possa assumere un ruolo di responsabilità civile quando è radicata nel territorio e al tempo stesso aperta al confronto internazionale. I corsi, i convegni, le pubblicazioni e le attività di calcolo svolte negli anni immediatamente successivi al 1976 contribuirono a diffondere una cultura della progettazione antisismica fondata su basi scientifiche solide, superando approcci empirici e pratiche consolidate ma inadeguate.

Quella esperienza non si esaurì con la fine della ricostruzione materiale.

Al contrario, gettò le basi per un modello di formazione permanente che, attraverso l'istituzionalizzazione delle attività didattiche e il successivo riconoscimento ufficiale, ha continuato a produrre effetti ben oltre l'emergenza. In questo senso, il CISM rappresenta un esempio emblematico di come la conoscenza scientifica, quando

è messa al servizio della collettività, possa diventare uno strumento decisivo di resilienza, innovazione e sviluppo civile.

La ricostruzione del Friuli non fu soltanto una storia di pietre ricomposte, ma anche di competenze ricostruite e rinnovate. In questa storia, il contributo del Centro internazionale di Scienze Meccaniche rimane una testimonianza duratura del valore strategico della formazione avanzata degli ingegneri nei momenti in cui la tecnica è chiamata a rispondere alle sfide più alte della società.

# Energia, mercato e credito

**SAMUELE GIACOMETTI**, ingegnere EGE industriale, APE FVG

30  
RT 405

In un contesto industriale sempre più competitivo, la sopravvivenza e la crescita di una piccola media impresa dipendono innanzitutto dalla sua capacità di stare sul mercato. Margini ridotti, pressione sui prezzi e variabilità dei costi rendono ogni scelta gestionale strategica.

In questo scenario, è legittimo chiedersi: può la gestione dell'energia diventare un fattore concreto di competitività industriale? E può contribuire non solo a rafforzare la posizione sul mercato, ma anche a migliorare il dialogo con il sistema bancario e l'accesso al credito? Ma soprattutto: quale ruolo possono assumere gli ingegneri, i tecnici e gli esperti in gestione dell'energia in questo contesto? Possono diventare protagonisti di questo collegamento tra energia, competitività e finanza, accompagnando le PMI in una sfida che non è più solo tecnica ma pienamente strategica?

## Introduzione

Nel contesto economico e produttivo attuale, caratterizzato da una marcata volatilità dei prezzi dell'energia, da una crescente attenzione ai temi della sostenibilità ambientale e da una pressione competitiva sempre più intensa sui mercati, l'energia non può più essere considerata una semplice voce di costo da imputare a bilancio. Per le imprese, e in particolare per le piccole e medie imprese, la gestione dell'energia rappresenta oggi una leva strategica capace di incidere in modo diretto sulla competitività, sull'efficienza dei processi produttivi e sulla capa-

cità di pianificare investimenti nel medio-lungo periodo.

Negli ultimi anni l'andamento dei mercati energetici ha mostrato con evidenza come una gestione non strutturata dei consumi esponga le imprese a rischi economici rilevanti. L'aumento del costo unitario dell'energia elettrica e del gas naturale, unito alla difficoltà di prevedere l'evoluzione dei prezzi, ha reso necessario superare un approccio puramente contabile, basato sul controllo delle bollette e sulla scelta del fornitore più conveniente. Questo modello, ancora diffuso in molte PMI, risulta oggi insufficiente a governare sistemi energetici sempre più complessi e interconnessi.

Tale situazione è spesso conseguenza di una carenza strutturale di competenze interne dedicate. A differenza delle grandi imprese e delle imprese energivore, soggette agli obblighi previsti dal Dlgs 102/2014 in materia di diagnosi energetiche periodiche e di nomina dell'*energy manager*, la maggior parte delle PMI non dispone di figure specializzate nella gestione dell'energia. Il tema viene quindi affidato a risorse amministrative o tecniche che lo affrontano in modo non sistematico, senza strumenti adeguati di analisi, monitoraggio e verifica dei risultati.

In questo quadro si inserisce l'iniziativa dell'Agenzia per l'Energia del Friuli Venezia Giulia, che ha sviluppato il Portale Energia come strumento di analisi e gestione dei dati energetici con una duplice finalità: da un lato accompagnare le PMI in un percorso graduale di consapevolezza energetica,

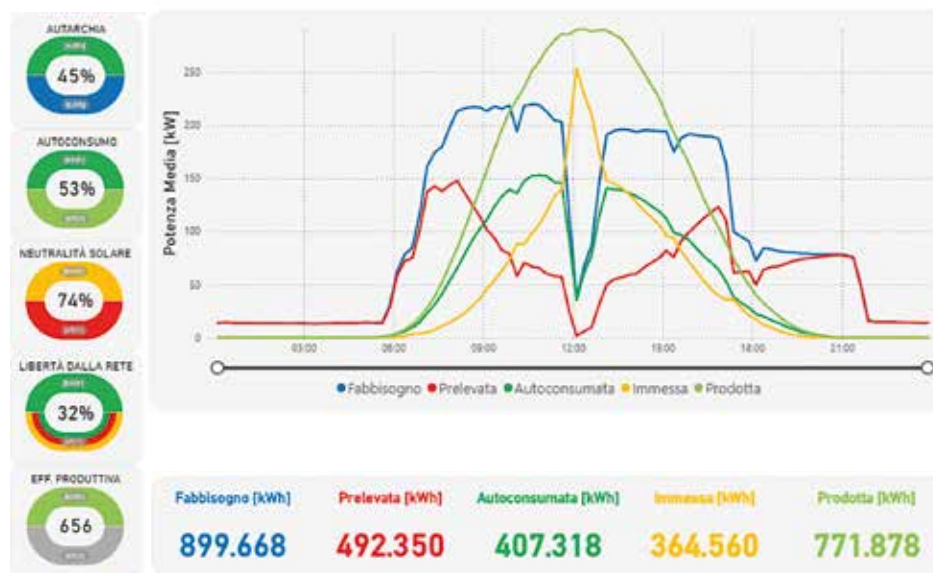
dall'altro fornire a esperti in gestione dell'energia (EGE) e tecnici abilitati un supporto operativo per l'analisi dei consumi, il monitoraggio delle prestazioni energetiche e la valutazione degli effetti degli interventi di efficientamento.

## Le PMI e la gestione dell'energia: un divario strutturale

Il tessuto produttivo regionale, così come quello nazionale, è costituito in larga parte da PMI non soggette agli obblighi normativi previsti in materia di diagnosi energetiche periodiche. In assenza di un vincolo regolatorio, la gestione dell'energia tende a non essere strutturata secondo un approccio sistemico e continuativo, ma viene affrontata in modo reattivo, spesso in risposta a incrementi dei costi o a criticità contingenti.

Il risultato è un divario significativo tra la disponibilità dei dati energetici – bollette, contratti di fornitura, letture dei contatori, misure sporadiche – e la reale capacità di interpretarli e trasformarli in informazioni utili al processo decisionale. Senza indicatori di prestazione energetica, *benchmark* di riferimento e strumenti di lettura evoluti, l'imprenditore fatica a valutare se i propri consumi siano coerenti con il settore di appartenenza e se le azioni intraprese producano risultati misurabili nel tempo.

Questo divario informativo è uno dei principali ostacoli all'adozione di strategie di efficienza energetica nelle PMI: la decisione rimane spesso legata a percezioni qualitative ("consumiamo troppo", "la bolletta è aumentata"), mentre



←  
Fig. 1, Curve di carico e indici flussi energetici con fotovoltaico

mancono una baseline robusta, una normalizzazione rispetto ai driver di produzione e una verifica ex-post dei benefici. In altri termini: i dati esistono, ma raramente diventano conoscenza operativa.

### La visione alla base del portale energia di APE FVG

È in questo spazio che si colloca il Portale Energia sviluppato da APE FVG, parte integrante dell'approccio SOLE (Sostenibile, Olistico, Lean, Efficace) che l'agenzia ha messo a punto per affiancare le imprese nel percorso della transizione energetica. Il portale non rappresenta uno strumento isolato, ma uno degli elementi operativi di un modello più ampio, finalizzato a rendere la gestione dell'energia coerente con un modello di impresa efficiente e competitivo.

Nell'approccio SOLE, la sostenibilità non è disgiunta dall'efficienza industriale, l'analisi tecnica è integrata con la visione strategica e il miglioramento è guidato da dati misurabili. In questa prospettiva, il monitoraggio energetico, l'efficienza, l'integrazione delle fonti rinnovabili, le comunità di energia rinnovabile e la misurazione delle performance ambientali diventano parti coordinate di una strategia industriale orientata alla neutralità climatica e alla competitività sul mercato.

La piattaforma costituisce quindi l'infrastruttura informativa che

consente di rendere misurabile, verificabile e comunicabile questo percorso, mettendo in relazione flussi energetici, indicatori di prestazione e impatti economici.

La scelta di sviluppare il Portale Energia su piattaforma "Power BI" risponde all'esigenza di disporre di uno strumento flessibile, scalabile e personalizzabile. Le PMI presentano infatti una forte eterogeneità per settore, dimensione, organizzazione dei turni e profili di carico; un sistema rigido avrebbe imposto schemi predefiniti difficilmente adattabili. L'utilizzo di Power BI consente invece di integrare fonti dati differenti (bollette, misure di campo, dati di processo), aggiornare indicatori nel tempo e costruire viste "sartoriali" in funzione delle esigenze dell'impresa e del livello di approfondimento richiesto da ingegneri, tecnici ed EGE. In questo modo la piattaforma non è un semplice strumento di reporting, ma un ambiente dinamico capace di evolvere con l'organizzazione aziendale e con la complessità crescente dei sistemi energetici.

### Uno strumento condiviso tra impresa, ingegneri, tecnici ed EGE

Uno degli elementi più rilevanti del Portale Energia è la sua natura di strumento condiviso. Tradizionalmente, l'analisi energetica è percepita dall'imprenditore come un'attività complessa e distante dalle

decisioni operative quotidiane, mentre ingegneri, tecnici ed EGE sono chiamati a tradurre analisi articolate in messaggi comprensibili e utilizzabili. La piattaforma riduce questa distanza proponendo una narrazione unica del dato: la stessa dashboard può essere un "cruscotto" per la direzione e, al tempo stesso, una base di partenza per approfondimenti tecnici (Fig. 1).

### Dati energetici: raccolta, elaborazione e aggiornamento

APE FVG svolge un ruolo centrale nella raccolta, elaborazione e aggiornamento dei dati energetici, garantendo omogeneità nei criteri di acquisizione, coerenza nelle elaborazioni e continuità nel tempo delle informazioni. La disponibilità di serie storiche consente di analizzare l'evoluzione dei profili energetici, individuare trend significativi e distinguere variazioni strutturali da effetti contingenti (stagionalità, turnazioni, commesse).

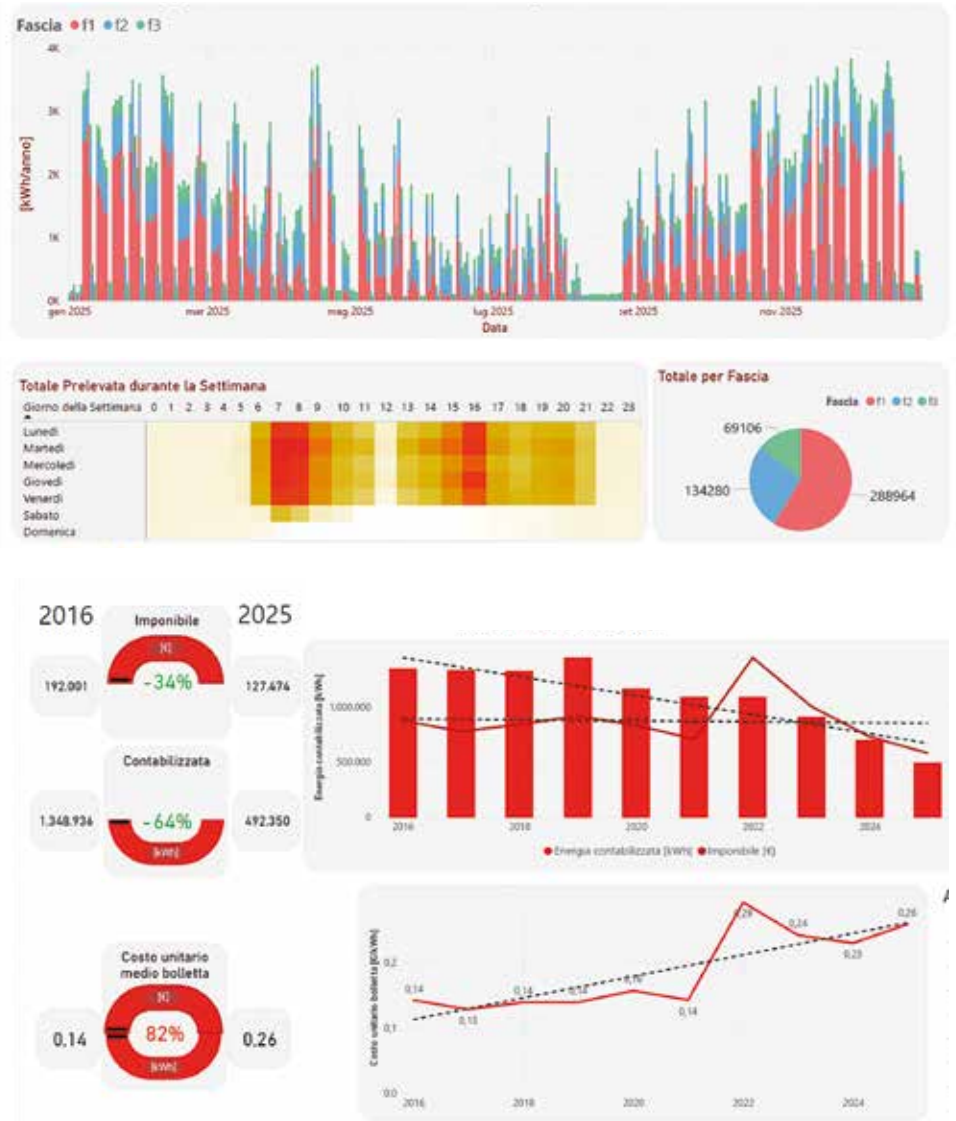
L'analisi delle curve di carico, con dettaglio orario e quartorario, rappresenta uno degli strumenti più efficaci per comprendere la relazione tra profili di consumo e produzione, individuare inefficienze operative e valutare il potenziale di autoconsumo da fonti rinnovabili. La distribuzione dell'energia prelevata per fascia, giorno della settimana e ora consente di individuare le concentrazioni dei consumi nel tempo e di evidenziare eventuali squilibri tra profilo operativo e contratto di fornitura (Fig. 2).

### Indicatori di prestazione energetica e benchmark

Il Portale Energia consente di svi-

Fig. 2, Energia prelevata dalla rete per tipo di fascia (giorno, settimana) e ora

Fig. 3, Analisi storica delle bollette: andamento dei consumi e del costo unitario, con evidenza del periodo di forte incremento



luppare indicatori di prestazione energetica e benchmark specifici per le PMI, pensati per supportare un percorso di miglioramento graduale e misurabile. Attraverso questi strumenti è possibile confrontare i consumi con valori medi settoriali, valutare l'efficienza in relazione ai volumi produttivi e monitorare nel tempo l'andamento delle prestazioni energetiche.

Per l'imprenditore gli indicatori rispondono a domande semplici ma decisive: «Sto migliorando?», «Dove sono fuori scala?», «Quale voce pesa di più sul margine?».

Per il tecnico e per l'EGE, gli stessi indicatori diventano una bussola per formulare ipotesi, selezionare misure, costruire baseline e predisporre verifiche dei risparmi. Il valore non è solo nel numero, ma nel fatto che l'indicatore sia tracciabile, replicabile e spiegabile.

### Dal dato alle azioni

Affinché i dati producano valore, è utile adottare una metodologia "leggera" ma rigorosa, compatibile con l'organizzazione tipica di una PMI.

Un primo livello consiste nel definire una baseline annuale e alcuni indicatori essenziali (ad esempio, consumo specifico per unità di prodotto o per ora di funzionamento), stabilendo una cadenza di aggiornamento coerente con i tempi aziendali.

Un secondo livello riguarda la normalizzazione: variazioni di produzione, turni, mix di prodotto o condizioni climatiche possono alterare i consumi senza che ciò indichi necessariamente inefficienza; rendere espliciti questi driver evita conclusioni errate

e facilita la discussione tra direzione e reparto tecnico.

Un terzo livello, spesso decisivo, è la verifica ex-post degli interventi: non basta "fare efficienza", occorre misurare se l'intervento ha davvero modificato il profilo di consumo e se il beneficio è stabile nel tempo. In questo senso, la presenza di serie storiche e curve di carico consente di distinguere un risparmio reale da un effetto temporaneo (riduzione di produzione, fermate, cambi di commessa). La piattaforma diventa così un supporto alla governance: rende comparabili periodi diversi, documenta le scelte e sostiene la continuità anche quando cambiano le persone coinvolte.

### La leggibilità come requisito operativo

Un aspetto spesso sottovalutato

nei percorsi di efficienza è la qualità della comunicazione: un'informazione troppo tecnica rischia di non essere utilizzata, mentre una semplificazione eccessiva rischia di essere fuorviante. La progettazione delle viste del Portale Energia mira a rendere "visibili" i flussi: cosa entra, cosa esce, cosa si auto-consuma, cosa si compra e in quali momenti.

Questa chiarezza è particolarmente importante quando si discutono investimenti (invertir, fotovoltaico, accumulo, regolazioni), perché consente di distinguere l'effetto tecnico (kWh) dall'effetto economico (€/kWh e costo totale).

### Analisi delle bollette e supporto alle decisioni

L'integrazione dell'analisi delle bollette energetiche consente di

collegare i dati tecnici ai risultati economici. In presenza di un aumento significativo del costo unitario dell'energia elettrica, la sola riduzione dei kWh può non essere sufficiente a contenere la spesa: diventa allora cruciale capire come agire su profili di carico, potenza impegnata, fasce, perdite e opportunità di autoproduzione.

Nel Portale Energia la lettura storica della bolletta consente di evidenziare, con immediatezza, l'effetto combinato di interventi di efficientamento e dell'adozione di impianti fotovoltaici: l'impresa può verificare se la riduzione dei consumi, insieme alla quota autoconsumata, stia effettivamente mitigando l'impatto dell'aumento del prezzo unitario. In altri termini, si passa dal “quanto consumo” al “quanto

mi costa consumare” e “quanto mi proteggo dal prezzo” (Fig. 3).

### Integrazione con dati di processo e continuità del monitoraggio

Per rendere gli indicatori più robusti, è utile integrare – quando disponibile – almeno un dato di processo (ore macchina, pezzi prodotti, kg lavorati, m<sup>2</sup> trattati) che consenta di interpretare correttamente le variazioni di consumo. Anche una semplice registrazione mensile, se coerente nel tempo, permette di distinguere gli effetti di una variazione produttiva da quelli di un miglioramento energetico. Inoltre, la continuità del monitoraggio ha un valore organizzativo: rende visibili derive e anomalie (ad esempio, consumi notturni, stand-by elevati, cambi

di set-point) e facilita interventi correttivi rapidi prima che l'impatto economico si consolidi.

### Strumenti di lettura per decidere: dal profilo alle scelte

Quando l'impresa valuta interventi come fotovoltaico, rifasamento, regolazione di compressori o pompe, efficientamento di forni o sostituzione di motori, la domanda chiave non è solo “quanti kWh risparmio”, ma “in quali ore, con quale continuità e con quale effetto sul costo complessivo”. In quest'ottica, l'analisi dei flussi deve rendere visibile la coincidenza (o la mancata coincidenza) tra produzione e consumo.

Le rappresentazioni sintetiche – come il grafico a eclissi e il diagramma ternario – aiutano a

## DIAMO UN COLORE AI FLUSSI DI ENERGIA

La rappresentazione cromatica dei flussi energetici consente di trasformare dati complessi in informazioni immediatamente leggibili.

Nel Portale Energia ogni flusso è associato a un colore coerente e costante: fabbisogno, prelievo dalla rete, produzione da rinnovabili, autoconsumo e immissione.

L'uso coerente del colore riduce le ambiguità interpretative e aiuta a “leggere” l'equilibrio energetico a colpo d'occhio, soprattutto quando si confrontano periodi diversi o scenari con e senza fotovoltaico.

In questo modo il colore diventa un vero linguaggio condiviso tra tecnico e imprenditore, utile per orientare scelte operative e investimenti.



Senza impianto fotovoltaico



Con impianto fotovoltaico



Confronto prima e dopo l'impianto fotovoltaico

evitare una lettura parziale: un aumento di produzione rinnovabile, ad esempio, può tradursi in benefici economici molto diversi a seconda che sia autoconsumata o prevalentemente immessa. Per le PMI, che spesso lavorano con turni variabili e cicli produttivi discontinui, la sola potenza installata non è un indicatore sufficiente. Diventa più utile ragionare su quote percentuali (autoconsumo, immissione, prelievo) e sulla loro stabilità nel tempo: un impianto che in media autoconsuma il 60% può comunque avere settimane in cui scende al 30% per via di fermate o variazioni di commessa. Rendere visibile questa variabilità è essenziale per dimensionare correttamente gli interventi e per discutere, con trasparenza, le aspettative di ritorno.

### Governance minima e ruoli: chi fa cosa

Un beneficio concreto di strumenti condivisi è la possibilità di definire una governance minima, compatibile con la struttura di una Pmi. In pratica: l'impresa presidia l'aggiornamento dei dati e segnala le variazioni operative (cambi turni, nuove macchine, modifiche di prodotto), mentre il tecnico interpreta gli scostamenti, propone azioni e definisce criteri di verifica.

La presenza di viste standardizzate riduce la dipendenza dalla singola persona e facilita il passaggio di consegne. Inoltre, il dialogo si sposta da opinioni a evidenze: l'azienda può vedere dove si concentrano i picchi, quali fasce orarie pesano di più e come cambiano i flussi dopo un intervento.

### Dalla lettura alla pianificazione degli interventi

Quando le informazioni sono rese leggibili, diventa possibile costruire una sequenza di interventi coerente: prima le azioni a costo basso o nullo (ottimizzazione di orari e set-point, riduzione degli stand-by, gestione dei picchi), poi gli interventi di regolazione e revamping (inverter, recuperi termici, efficientamento dei sistemi ausiliari), infine gli investimenti strutturali come impianti rinnovabili e, dove ha senso, accumulo. La presenza di indicatori e curve di carico consente di motivare le priorità e di stimare con maggiore affidabilità la quota di beneficio atteso.

In questo modo la gestione dell'energia diventa parte della gestione industriale: non un adem-

## IL GRAFICO A ECLISSI

Il grafico a eclissi rappresenta in modo intuitivo la relazione tra fabbisogno energetico e produzione da fonte rinnovabile. L'area di sovrapposizione tra i due insiemi identifica la quota autoconsumata; le parti non sovrapposte evidenziano, rispettivamente, l'energia prelevata dalla rete (fabbisogno non coperto) e l'energia

immessa (produzione eccedente). La forza della rappresentazione sta nel rendere immediata la domanda chiave: «Quanto la mia produzione coincide con i miei consumi?». È quindi uno strumento efficace per valutare la reale integrazione tra profilo di carico e generazione.



Grafico a eclissi: relazione tra fabbisogno e produzione e identificazione dell'autoconsumo

pimento, ma un ciclo continuo di misura-analisi-azione-verifica, in cui le decisioni sono tracciabili e condivise. È qui che i numeri diventano scelta.

### Energia, Esg e competitività finanziaria

L'utilizzo strutturato del Portale Energia rafforza in modo significativo la credibilità della PMI nei confronti di clienti, partner e istituti di credito. La disponibilità di indicatori energetici chiari, coerenti e storicizzati consente infatti di alimentare in modo oggettivo i bilanci di sostenibilità e i percorsi Esg, sempre più rilevanti nei processi di valutazione del merito creditizio.

Indicatori come l'autarchia, la neutralità solare e la libertà dalla rete permettono di dimostrare non solo l'impegno dell'impresa sul pia-

no ambientale, ma anche la sua capacità di ridurre l'esposizione al rischio energetico e ai costi variabili. In questo senso, il Portale Energia non supporta esclusivamente la riduzione della bolletta, ma contribuisce a migliorare il posizionamento dell'impresa sul mercato e nella relazione con il sistema finanziario.

Il ruolo dell'ingegnere, del tecnico e dell'EGE evolve così in una funzione strategica: non più solo analisi dei consumi, ma supporto alle decisioni di investimento, alla pianificazione industriale e alla comunicazione strutturata delle performance energetiche verso l'esterno.

In questo scenario, la competenza tecnica non si limita alla progettazione degli impianti, ma si estende alla capacità di rendere misurabile e comunicabile il valore energetico generato dall'impresa.

### Conclusioni

Il Portale Energia sviluppato da APE FVG rappresenta un abilitatore di un approccio più consapevole e strutturato alla gestione dell'energia nelle Pmi. In assenza di obblighi normativi stringenti, l'adozione volontaria di strumenti di analisi e monitoraggio costituisce un'opportunità concreta per migliorare l'efficienza energetica e rafforzare la competitività. La disponibilità di dati strutturati, indicatori di prestazione e rappresentazioni chiare dei flussi energetici contribuisce a creare un terreno comune di dialogo tra tecnico e imprenditore, favorendo la diffusione di una cultura energetica condivisa a livello territoriale.

### IL DIAGRAMMA TERNARIO

Il diagramma ternario consente di rappresentare simultaneamente tre componenti percentuali che sommano al 100%: energia autoconsumata, energia immessa ed energia prelevata. Ogni punto nel triangolo descrive una condizione operativa dell'azienda in un determinato periodo; spostamenti della posizione nel tempo in-

dicano variazioni nell'equilibrio dei flussi e quindi nella qualità dell'integrazione tra consumo e produzione. La lettura è particolarmente utile per confrontare scenari (prima/dopo intervento, stagioni, settimane tipo) e per rendere visibile il percorso di miglioramento, evitando di ridurre tutto a un singolo KPI.



# Cosa significa comunicare la scienza?

ALESSANDRA PERES, dottoressa magistrale in filosofia, studentessa master SISSA

36  
RT 405

Ogni volta che la scienza prende la parola, compie un atto di responsabilità. Perché comunicare non significa semplicemente trasferire informazioni, ma decidere cosa conta, cosa può essere tralasciato e – soprattutto – a chi ci si sta rivolgendo. L'idea di un pubblico indistinto e universale è una comoda finzione: rassicura chi parla ma raramente funziona per chi ascolta. La buona comunicazione scientifica comincia invece da una scelta consapevole – del destinatario, del linguaggio, dello scopo – e dalla capacità di uscire dalla propria bolla disciplinare senza rinunciare alla precisione.

Per questo, prima di iniziare a scrivere un testo destinato al pubblico, è necessario porsi una domanda preliminare solo in apparenza ovvia: *chi è il nostro pubblico?* La risposta tende spesso a ridurre la complessità a una contrapposizione semplicistica, che distingue tra esperti e non esperti. Una distinzione che ignora la varietà delle esperienze individuali e la natura stratificata del sapere. Le persone non sono gruppi omogenei: hanno storie, percorsi formativi, interessi e passioni differenti. Come si suol dire tra gli esperti di comunicazione della scienza, non abbiamo mai a che fare con un pubblico ma con i pubblici.

Un'espressione che restituisce con efficacia la complessità delle sfide che la comunicazione scientifica è chiamata ad affrontare: parlare a destinatari che possiedono conoscenze, talvolta solide ma diverse dalle nostre, e che proprio per questo richiedono attenzione, ascolto e chiarimenti mirati. Vi è un episodio interessante che permette di delucidare ulteriormente il mio

punto: il caso delle “pecore radioattive” che investì alcune aree della Gran Bretagna in coincidenza con l'incidente della centrale nucleare russa di Cernobyl. Per chi non lo conoscesse, divenne un caso celebre e un riferimento per chi si occupa di comunicazione scientifica. La vicenda non differisce molto da altre controversie tra politici, scienziati e popolo, ma la sua morale fu particolarmente significativa per i comunicatori. Nel corso della vicenda, i pastori, preoccupati per le radiazioni che – a loro dire – potevano penetrare nel terreno e comportare l'assunzione di materiale radioattivo da parte delle pecore, si scontrarono con scienziati e politici, i quali minimizzarono tali timori e rafforzarono invece l'immagine di un pubblico di “ignoranti”. Solo in seguito si scoprì che gli scienziati avevano torto. Ma il danno era ormai fatto. Considerare il proprio pubblico come composto da analfabeti scientifici non solo generò un'inevitabile ritrosia nei confronti di chi si presenta come “esperto”, ma suscitò un astio ancora maggiore per il carattere paternalistico e sminuente degli atteggiamenti adottati.

Secondo alcuni autori, tale meccanismo, che venne studiato anche nei medici, porta al verificarsi di una sorta di “profezia che si auto-avvera”: è l'esperto, considerando ignorante il pubblico e non sforzandosi per farsi comprendere, che contribuisce a renderlo effettivamente ignorante. Pertanto, riconoscere questa pluralità non significa abbassare il livello del discorso, ma assumersi la responsabilità di renderlo accessibile senza rinunciare al rigore.

Una seconda domanda che chi intende comunicare contenuti di natura scientifica dovrebbe porsi riguarda l'intento: *che cosa vogliamo ottenere attraverso questa comunicazione?*

Comunicare è alla base di ogni forma di conoscenza e significa mettere in relazione individui attraverso il trasferimento di informazioni. È un meccanismo antico, radicato nella storia evolutiva e che considera ogni atto comunicativo il frutto dall'esigenza di condividere informazioni ritenute rilevanti. La comprensione e la chiarezza diventano la chiave di volta nel raccontare qualcosa. E, una delle difficoltà principali, sta nel definire in maniera netta e precisa che cosa vogliamo veramente trasmettere. È un dato? È un concetto? o un'argomentazione? Nel trasmettere ciò che abbiamo intenzione di trasmettere dovremmo fare una selezione in base alla rilevanza che quel contenuto può avere ai fini della discussione complessiva.

Mi spiego meglio con un esempio: quando voglio comunicare che la mela cade dall'albero e lo devo raccontare a un pubblico che non si occupa di leggi della gravità o concetti fisici, eviterò di trasmettere tale concetto secondo un linguaggio matematico. Non mi sarebbe né utile né costruttivo ai fini della spiegazione e confonderebbe soltanto. A sua volta, il linguaggio e gli elementi della mia narrazione dovranno seguire un obiettivo: qual è il mio scopo? Istruire? Informare? Incuriosire? Ci sarà capitato almeno una volta di assistere a una lezione in cui si raccontava di come si fosse raggiunto un traguardo scienti-



una grandezza fisica definita punto per punto, è una regione di influenza e così via. Per chi non è un fisico di professione o non ha studiato fisica la parola “campo” suscita tutt’altre immagini.

Gli acronimi, a loro volta, rappresentano un problema: “Enso”, “Esa”, “Qft”, “Mri” ecc. Acronimi che, se presentati senza spiegazione perché ritenuti “scontati”, generano un cortocircuito in chi legge o in chi ascolta. Il più delle volte compaiono proiettati in slide di presentazioni o vengono citati di sfuggita in testi che ambiscono a essere divulgativi, finendo però per produrre l’effetto opposto. Da questo discorso si deducono degli aspetti che chi vuole comunicare la scienza deve tenere in conto ogni volta che vuole produrre un qualcosa che possa considerarsi divulgativo. In primis, si deve partire dall’assunto che chi si occupa di scienza è costantemente immerso in un linguaggio altamente specializzato fatto – come abbiamo visto più sopra – di acronimi, di tecnicismi e di formule che non sono proprie del pubblico a cui si sta comunicando. Prestare attenzione ad aspetti del genere permette a chi legge o ascolta di capire. Di conseguenza, chi non si interessa di “mettersi nei panni dell’altro” e assumere che non tutto quello che si dice o si scrive possa essere compreso e lo dà per scontato avrà – come naturale conseguenza – il disinteresse di chi ascolta o legge. L’“ovvio”, nella comunicazione scientifica, è spesso una costruzione interna alla comunità degli esperti e raramente coincide con ciò che è realmente evidente per chi ascolta. Dare per scontato un termine, un passaggio logico o un

riferimento significa interrompere il filo della comprensione e costringere il pubblico a uno sforzo che, nella maggior parte dei casi, non verrà compiuto. La curiosità, infatti, non nasce dall’opacità ma dal riconoscimento: comprendere anche solo in parte ciò che viene raccontato è ciò che spinge a voler sapere di più.

E tale curiosità può essere stimolata grazie a strumenti linguistici e stilistici. L’utilizzo di metafore analogie o similitudini è un esempio efficace per spiegare grandezze e quantità. È molto utile, per farsi davvero capire, paragonare quantità molto grandi a oggetti comuni. Mi spiego: se voglio far comprendere la scala del Sistema Solare dovrò paragonarne le dimensioni a qualcosa che la maggior parte di noi conosce. Potrei quindi immaginare il Sole come una pallina da ping-pong e la distanza Terra-Sole come 1,50 metri, mentre la stella più vicina – Proxima Centauri – si troverebbe a circa 40 chilometri di distanza. Con questo esempio risulta chiaro quanto la stella più prossima sia incredibilmente lontana, molto oltre qualsiasi distanza familiare sulla Terra. Tutti abbiamo avuto esperienza di una pallina da ping-pong e possiamo facilmente immaginare una distanza di 40 chilometri, che potrebbe corrispondere a quella tra due città o paesi a noi noti. La spiegazione può così trasformarsi in un vero e proprio racconto e non in un semplice elenco di nozioni messe in fila dalla punteggiatura. All’interno del testo, che comunque resta di carattere scientifico, l’uso di figure retoriche, immagini evocative e domande stimolanti rende la lettura più piacevole e coinvolgente.

## Scienza e società: un bene pubblico da condividere

Trasmettere il sapere scientifico non significa “abbassare il livello” di ciò che si racconta, ma comprendere il ruolo che assumiamo quando scegliamo di spiegare qualcosa. La scienza ha, a differenza di altre discipline, lo svantaggio iniziale di essere percepita come troppo “alta”, astrusa o complessa per essere fruita con semplicità. Per questo, chi la diffonde deve ridurre questa distanza e avvicinarsi ai pubblici.

Spiegare diventa quindi una connessione tra chi possiede una conoscenza – anche tra esperti di settori differenti – e chi desidera acquisirla. Se il risultato finale è la comprensione di un concetto o di una scoperta scientifica da parte del pubblico, allora la scienza avrà compiuto il suo lavoro.

Il sapere scientifico è pubblico: è intrecciato con la società e in essa si immerge, creando dinamiche che influenzano la vita delle persone. Pensiamo al fenomeno dell’intelligenza artificiale o alle scoperte mediche e all’impatto che queste hanno sulla nostra quotidianità. Diffondere la scienza diventa quasi un dovere della comunità scientifica, proprio per l’influenza e le trasformazioni che il cosiddetto “progresso” comporta nel mondo.

Trasmettere conoscenze significa rendere le persone consapevoli di ciò che accade, trasformandole in cittadini informati e responsabili. È un compito che responsabilizza sia chi trasmette sia chi ascolta. La parte più complessa del lavoro del comunicatore sta proprio nel trovare le parole giuste da utilizzare. Comunicare è una responsabilità civile che, nel mondo in cui viviamo, non deve essere trascurata.

# Parliamo di bellezza

GIORGIO DRI

Roberto Barocchi

LA BELLEZZA

*La bellezza muove il mondo.*

*Cos'è, come ci condiziona, come la percepiamo, come potenziarla, le 15 bellezze, il costo delle cose belle.*

Cavinato Editore international, 2025



Definire cos'è la bellezza non è facile, come (ancora) non noti sono i percorsi mentali che ci portano a decidere quando un oggetto è bello e quando non è bello (anzi, è brutto). Eppure, la bellezza entra nel nostro linguaggio in continuazione, come giudizio puramente estetico, come criterio per assumere determinate decisioni, come argomento fondamentale di un'armonia, una proporzione, un equilibrio. Da queste semplici considerazioni, possiamo dire che la bellezza fa parte e accompagna tante delle attività che siamo soliti fare.

Diversi sono i modi di circoscrivere i caratteri, gli elementi, i riferimenti che portano a definire la bellezza e solitamente sono compresi nell'ambito estetico-artistico. Roberto Barocchi, già redattore della rivista «Rassegna tecnica del Friuli Venezia Giulia» ne individua quindici. E li classifica in tre gruppi che vanno ricondotti sotto il profilo soggettivo, sotto il profilo oggettivo, secondo il criterio del "similbello".

Le bellezze con caratteri soggettivi (di tipo universale, culturale, subculturale, individuale, affettivo) hanno alla base – come la stessa classificazione lascia intendere – un parere personale, circoscrivendo gruppi più o meno ampi di soggetti.

Le bellezze con caratteri oggettivi (di tipo edonico, espressivo, emotivo, protettivo, solutivo, riproduttivo, fantasivo, giustificativo, monumentale) fanno riferimento a opere che hanno assunto, grazie alle capacità espressive di un autore, di un artista, di un progettista, ecc. un valore universale,

riferito appunto alla loro impronta artistica, culturale, espressiva.

Barocchi inserisce, fra le "bellezze solutive", la celebre formula (definita pure "l'equazione più famosa al mondo") dell'equivalenza massa-energia:  $E = mc^2$ , che Albert Einstein illustrò in un articolo sulla relatività datata 27 settembre 1905. Questo giudizio di bellezza non è legato agli aspetti scientifici o alla emozione che la formula propone ma alla sua capacità di fare sintesi tra un pensiero di alta cultura e la semplicità che esprime questo principio fisico.

Nella categoria "bellezze monumentali" sono comprese le opere di grandi dimensioni: una grande diga, un ponte maestoso, una cascata di dimensioni rilevanti, ecc. La bellezza, in questo caso, ha origine e trova ragion d'essere sia nelle dimensioni dell'opera antropica o della natura sia nelle forme che rendono tale manufatto eccezionale, unico, singolare. In questa categoria rientrano molte delle opere d'ingegno architettonico e ingegneristico che possiamo riconoscere, ad esempio, nei grattacieli che caratterizzano lo skyline delle capitali del benessere, negli Stati Uniti d'America come in molti paesi arabi, che abbiamo avuto modo di ammirare e apprezzare nella recente visita al cantiere Guggenheim di Abu Dhabi.

# AGGIORNAMENTO DELLA COMPETENZA PROFESSIONALE

## INFORMAZIONE RISERVATA AGLI ISCRITTI AGLI ORDINI DEGLI INGEGNERI DI GORIZIA, DI PORDENONE, DI TRIESTE, DI UDINE

Dal mese di febbraio 2023, la *Rassegna tecnica del Friuli Venezia Giulia* è inserita fra le riviste italiane preposte e qualificate per l'aggiornamento professionale.

Per effetto di questo accredito, all'autore di ogni articolo pubblicato sulla rivista *Rassegna tecnica del Friuli Venezia Giulia* di lunghezza pari ad almeno 5.000 caratteri (spazi esclusi) verranno riconosciuti 2,5 crediti formativi professionali (CFP) che si configurano come attività formativa di tipo non formale e concorrono a formare il prescritto numero annuale di crediti da acquisire. Per ciascun anno gli articoli utilizzabili per conseguire CFP non possono essere superiori a sei. La normativa di riferimento è contenuta nell'articolo 5 del Testo unico delle Linee di indirizzo per l'aggiornamento della competenza professionale.

La procedura che per l'accREDITAMENTO è molto semplice e va inviata entro il 31 marzo dell'anno successivo alla pubblicazione; si articola nei passaggi di seguito indicati.

- Entrare nel sito [www.formazione.cni.it](http://www.formazione.cni.it) e, una volta effettuato l'accesso con le proprie credenziali, scegliere nel menù "richieste" -> "richiedi crediti" -> "apprendimento informale - articoli su rivista";
- Nelle apposite maschere inserire i dati richiesti: "data di pubblicazione", "titolo articolo", nome della "rivista" (meglio se con il codice ISSN) e, nello spazio "descrizione articolo", scrivere una breve presentazione dell'articolo;
- Creare direttamente un link dell'articolo o allegare l'articolo stesso in formato pdf (max 10 files, max 10 MB a file);
- Compilare un'autodichiarazione (modello già predisposto) e confermare che l'articolo ha la lunghezza di almeno 5.000 caratteri, spazi esclusi;
- Spuntare, infine, la seconda opzione laddove si fa riferimento a: "È stato pubblicato su riviste del CNI (*L'ingegnere italiano*, *Il Giornale dell'Ingegnere*) o nell'elenco aggiornato dal CNI" (è il caso della *Rassegna tecnica del Friuli Venezia Giulia*).

[Richiedi](#) / [Richiedi crediti](#) / [Regolamento 2018](#) / [Articoli su rivista](#)

DESCRIZIONE ATTIVITÀ SVOLTE

Articolo su rivista

Saranno riconosciuti 2,5 CFP per ogni articolo di lunghezza pari ad almeno 5000 caratteri (spazi esclusi) pubblicato su una delle riviste indicizzate da SCOPUS o Web of Science o/o comprese tra quelle riconosciute dall'ANVUR per l'area di ricerca Area B - Ingegneria civile e architettura, e Area 9 - Ingegneria industriale e dell'informazione. Sono altresì riconosciuti 2,5 CFP per ogni articolo pubblicato su riviste del CNI (*L'ingegnere italiano*, *Il Giornale dell'Ingegnere*) o/o inserite in un elenco aggiornato annualmente dal CNI anche su istanza dell'Editore o degli Ordini.

Data pubblicazione\*

gg/mm/aaaa

Titolo articolo\*

Rivista\*

Descrizione articolo\*

Link articolo

Allegati\*

Puoi allegare un massimo di 10 files, massimo 15mb a file

Seleziona un file

Dichiarazione redatta ai sensi degli artt. 46 e 47 del D.P.R. N. 445/2000\*

Conseguente delle sanzioni penali richiamate dall'art. 76 del DPR 445/00 in caso di dichiarazioni mendaci e della decadenza dei benefici eventualmente conseguiti al provvedimento emanato sulla base di dichiarazioni non veritiere, di cui all'art. 75 del DPR 445/00; ai sensi e per gli effetti dell'art.47 del citato DPR 445/00;sotto la propria responsabilità dichiara che:

☐ Ha una lunghezza pari ad almeno 5.000 caratteri

È stato pubblicato \*

☐ su una delle riviste indicizzate da SCOPUS o Web of Science o/o comprese tra quelle riconosciute dall'ANVUR per l'area di ricerca Area B - Ingegneria civile e architettura, e Area 9 - Ingegneria industriale e dell'informazione.

☒ su riviste del CNI (*L'ingegnere italiano*, *Il Giornale dell'Ingegnere*) o nell'elenco aggiornato dal CNI.

TORNA INDIETRO

CONTINUA

**Consiglio Nazionale degli Ingegneri**  
Piattaforma Formazione

© 2023 Consiglio Nazionale degli Ingegneri  
via XX Settembre, 2 - 00187 Roma  
tel. 06 47806100

Sistema compatibile con: Chrome 80+ - Firefox 74+ - Microsoft Edge 80+

Privacy e Cookie Policy  
Tutti i legami

## FEDERAZIONE DEGLI ORDINI DEGLI INGEGNERI DELLA REGIONE FRIULI VENEZIA GIULIA

Presidente: **Stefano Guatti** (Udine)  
Vice Presidente: **Giovanni Basilisco** (Trieste)  
Segretario: **Giuseppe Monfreda** (Udine)  
Tesoriere: **Silvio De Blasio** (Pordenone)  
Consiglieri: **Pietro Zandegiacomo Rizìo** (Gorizia),  
**Giovanni Piccin** (Udine), **Vittorio Bozzetto** (Pordenone),  
**Ermanno Simonati** (Trieste), **Mario Tedeschi** (Pordenone),  
**Massimo Barban** (Trieste), **Gianpaolo Cocco** (Gorizia),  
**Alberto Pich** (Gorizia)

Commissioni in corso di nomina

## ORDINE DEGLI INGEGNERI DELLA PROVINCIA DI GORIZIA

Presidente: **Alberto Pich**  
Segretario: **Elisa Fina**  
Tesoriere: **Michele Dilena**  
Consiglieri: **Tania Ciot**, **Gianpaolo Cocco**,  
**Alberto Mario Landri** (sez. B), **Eleuterio Proia**,  
**Davide Rigonat**, **Pietro Zandegiacomo Rizìo**

Commissioni

- Pareri: **Claudio Decolle**, **Claudio Gurtner**, **Renzo Lupi**, **Lorenzo Marini**,  
**Stefano Miniussi**, **Angelo Santangelo**, **Andrea Spada**
- Industria e Informatica: **Francesco Alibrandi**, **Roberto Demarchi**, **Michele Dilena**, **Silvia Furlan**
- Energia/Impianti: **Eleuterio Proia**, **Luca Amoroso**, **Paolo Blazic**, **Marco Chiozza**, **Rosario Lo Cascio**,  
**Angelo Santangelo**, **Dennis Tandin**
- LLPP/Sicurezza: **Giacomo Bartelloni**, **Lorenza Marolo**, **Alessandro Pagotto**, **Ezio Paolo Pellizzoni**,  
**Riccardo Rigonat**, **Giovanni Rodà**, **Mauro Ussai**
- Strutture: **Claudio Bensa**, **Isaia Clemente**, **Gianpaolo Cocco**, **Michele Dilena**, **Andrea Spada**
- Urbanistica, Edilizia, Paesaggio, Ambiente: **Marco Chiozza**, **Tania Ciot**, **Elisa Fina**, **Giacomo Milano**,  
**Ezio Paolo Pellizzoni**, **Roberto Perin**, **Davide Rigonat**

## ORDINE DEGLI INGEGNERI DELLA PROVINCIA DI PORDENONE

Presidente: **Vittorio Bozzetto**  
Vice Presidente: **Erica Blasizza**  
Segretario: **Anna Fossaluzza**  
Tesoriere: **Sandro Zaccaria**  
Consiglieri: **Elisa Bagolin**, **Gianluca Bubbola**,  
**Mabel Callegaro**, **Silvio De Blasio**, **Marco Giacomini**,  
**Andrea Grava**, **Giuseppe Perissinotto**

Commissioni

- Gestione del territorio e dei lavori pubblici: **Anna Fossaluzza**, **Giuseppe Perissinotto**
- Ingegnere 4.0: **Vittorio Bozzetto**, **Erica Blasizza**
- Impianti energia e ingegneria antincendio: **Silvio De Blasio**, **Andrea Grava**
- Processi industriali: **Marco Giacomini**
- Salute e sicurezza nel lavoro: **Sandro Zaccaria**
- Sviluppo sostenibile e transizione ecologica: **Elisa Bagolin**, **Erica Blasizza**
- Tecnologia delle costruzioni: **Gianluca Bubbola**, **Mabel Callegaro**

## ORDINE DEGLI INGEGNERI DELLA PROVINCIA DI TRIESTE

Presidente: **Giovanni Basilisco**  
Vice Presidente: **Ermanno Simonati**  
Segretario: **Marina Palusa**  
Tesoriere: **Edoardo Marega**  
Consiglieri: **Anna Furioso**, **Giulio Ossich**,  
**Simonetta Ravanelli**, **Michele Savron**, **Guido Walcher**,  
**Vincenzo Zanelli**, **Iunior Roberta Roberto**

Commissioni e relativi Coordinatori e Consiglieri referenti

- Prevenzione Incendi: **Davide Angiolini**, **Edoardo Marega**
- BIM: **Nicola Tosolini**, **Ermanno Simonati**
- Biomedica: **Mauro Tommasini**, **Roberta Roberto**
- Energia e Impianti: **Giacomo Del Zotto**, **Michele Savron**
- Forense: **Pietro Todaro**, **Giulio Ossich**
- Giovani: **Pietro Terzon**, **Roberta Roberto**
- Industria: **Alberto Simini**, **Vincenzo Zanelli**
- Informazione: **Nicolò Carbi**, **Guido Walcher**
- Navale: **Alessio Feltrin**, **Edoardo Marega**
- Sicurezza: **Davide Novel**, **Simonetta Ravanelli**
- Strutture: **Alfredo della Coletta**, **Giovanni Basilisco**
- Urbanistica, Edilizia e del Paesaggio: **Giovanni Foti**, **Anna Furioso**

## ORDINE DEGLI INGEGNERI DELLA PROVINCIA DI UDINE

Presidente: **Giovanni Piccin**  
Vice Presidenti: **Genziana Buffon**, **Elena Moro**  
Segretario: **Giacomo Borta**  
Tesoriere: **Giuseppe Monfreda**  
Consiglieri: **Raniero Battista Brosolo**, **Valentina Cabbai**,  
**Silvia De Cecco**, **Luigi Lorusso**, **Alberto Miotti**,  
**Piero Palumbo**, **Silvia Rivilli**, **Cristiano Roselli Della Rovere**,  
**Alex Tuan**, **Marco Bottega**

Commissioni Consiliari

- Comunicazione: **Giacomo Borta**, **Silvia De Cecco**,  
**Elena Moro**, **Tuan Alex**
- Deontologia e Tutela della Professione: **Cristiano Rosselli**,  
**Della Rovere**, **Giovanni Piccin**, **Valentina Gabbai**
- Formazione: **Genziana Buffon**, **Luigi Lorusso**,  
**Giuseppe Monfreda**, **Silvia Rivilli**

Commissioni Consultive in corso di nomina

- Parcelle
- Industria
- Urbanistica e Mobilità/Ingegneria Edilizia
- Mista Ordine-Università
- Strutture
- Sicurezza
- Energia e Impianti
- Geotecnica e Idraulica
- Giovani
- Ingegneria dell'Informazione
- Ingegneri della Sezione B
- Lavori Pubblici
- Ingegneria Forense
- Ingegneria Clinica
- BIM
- Ambiente e Territorio
- Antincendio/CVLPS
- Pari Opportunità

**RASSEGNA TECNICA  
DEL FRIULI VENEZIA GIULIA**



## **RASSEGNA TECNICA DEL FRIULI VENEZIA GIULIA UN QUALIFICATO OSSERVATORIO DEGLI EVENTI TECNICI E AMMINISTRATIVI CHE AVVENGONO IN REGIONE**

Da oltre settant'anni, sulle sue pagine,  
professionisti, docenti, amministratori e imprenditori  
hanno presentato progetti e opere di interesse regionale:  
vie di comunicazione e trasporti,  
trasformazioni urbane e attività produttive,  
attrezzature collettive e salvaguardia dell'ambiente,  
iniziative per la ricostruzione e sviluppo post-sismico



## **RASSEGNA TECNICA DEL FRIULI VENEZIA GIULIA UN ARCHIVIO CHE SI APRE A NUOVI AUTORI E NUOVI LETTORI**