

NOTIZIARIO

ORDINE DEGLI INGEGNERI DI VERONA E PROVINCIA

PONTE DEL CASTEL VECCHIO DI VERONA

*insigne per uno delle suoi archi di straordinaria estensione
edificato nell'anno 1324 per opera di Can Grande II. della Scala*

*All. III. ed. Ecc. Sig. Marco Antonio Priuli & Savio di L. S. alla struttura
Giu. Battista Bartoloni Prof. di Disegno nel Re. Collegio Milit. in segno d'augurio e di gratitudine*

PONTE DEL CASTEL VECCHIO DI VERONA

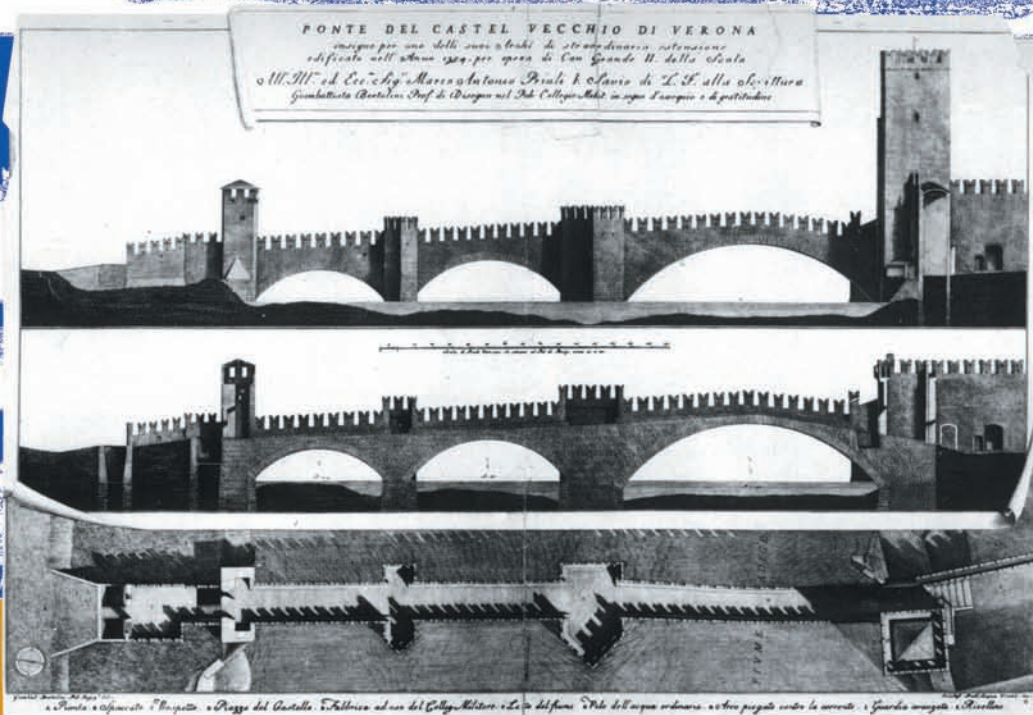
*insigne per uno delle suoi archi di straordinaria estensione
edificato nell'anno 1324 per opera di Can Grande II. della Scala*

*All. III. ed. Ecc. Sig. Marco Antonio Priuli & Savio di L. S. alla struttura
Giu. Battista Bartoloni Prof. di Disegno nel Re. Collegio Milit. in segno d'augurio e di gratitudine*

PONTE DEL CASTEL VECCHIO DI VERONA

*insigne per uno delle suoi archi di straordinaria estensione
edificato nell'anno 1324 per opera di Can Grande II. della Scala*

*All. III. ed. Ecc. Sig. Marco Antonio Priuli & Savio di L. S. alla struttura
Giu. Battista Bartoloni Prof. di Disegno nel Re. Collegio Milit. in segno d'augurio e di gratitudine*





Gennaio-Marzo 2007

N° 93

Periodico Trimestrale

Aut. Tribunale Verona n. 565 del 7.3.1983

Direttore Responsabile

Maurizio Cossato

Vicedirettore

Giovanni Montresor

Segretario di Redazione

Ilaria Segala

Comitato di Redazione

Antonio Capizzi

Adele Costantino

Alberto Fasanotto

Davide Gheser

Giulio Giavoni

Silvio Menichelli

Roberto Olivieri

Andrea Panciera

Elena Pierotti

Pier Giorgio Puppini Martini

Claudio Sandri

Alvise Zanolini

Redazione

37121 Verona - Via Leoncino, 5

Tel. 045 8035959 - Fax 045 8031634

ordine@ingegneri.vr.it

Le opinioni dei singoli autori non impegnano la redazione. Gli articoli possono essere modificati per esigenze di spazio con il massimo rispetto del pensiero dell'autore. Le riproduzioni di articoli ed illustrazioni è permessa solo previa autorizzazione della redazione.

I dati personali degli abbonati in nostro possesso saranno trattati nel rispetto del D. Lgs. 196/03 recante il Codice in materia di protezione dei dati personali e con modalità idonee a garantirne la riservatezza e la sicurezza.

Stampa e pubblicità

Editoriale Polis

Negrar (VR) - Via Calcarole, 16

Tel. 045 7500211 - Fax 045 6012315

info@editorialepolis.it

Convegno

7

GRANDI OPERE DI INGEGNERIA E ARCHITETTURA

9 Introduzione al Convegno del Presidente del Collegio

Renzo Macaccaro

11 Saluto del Magnifico Rettore dell'Università di Verona

Alessandro Mazzucco

IL MUSEO MAXXI DI ROMA

13 Progetto e realizzazione del Museo MAXXI di Roma

Mario Avagnina

IL NUOVO PONTE SUL PO PER LA FERROVIA AD ALTA VELOCITÀ

20 Infrastrutture e tecnologie per l'alta velocità ferroviaria. La tratta Milano-Bologna

Giuseppe Traini

27 Il nuovo ponte strallato sul fiume Po per la linea AV/AC Bologna Milano

Mario Paolo Petrangeli

PONTI STRALLATI

34 Il ponte strallato sul torrente Parma

Paolo Galli, P. Giorgio Malerba, Paolo Sorba

41 Recenti sviluppi nell'ambito dei ponti strallati

Enzo Siviero, Tobia Zordan, Bruno Briseghella

PREMIO TRASPORTI & CULTURA

48 Claudia Robiglio, Paola Marini, Laura Facchinelli

IL NUOVO QUARTIERE FIERISTICO DI MILANO

53 Il nuovo Polo Fieristico di Milano a Pero-Rho

Tommaso Zampagni

59 Valutazioni sull'impatto economico-sociale della nuova realtà Fiera Milano

Alberto Biffi

64

Attualità

64 Progettare per l'utenza ampliata: una sfida possibile

Ilaria Segala

68 VeMa - Verona Mantova la città ideale

Mario Zocca

69

Collegio degli Ingegneri e Architetti

71

Consiglio dell'Ordine

75

Master

GRANDI OPERE DI INGEGNERIA E ARCHITETTURA

PROGETTARE LA COMPLESSITÀ NELL'ERA DEL COMPUTER



GRANDI OPERE DI INGEGNERIA E ARCHITETTURA

PROGETTARE LA COMPLESSITÀ NELL'ERA DEL COMPUTER

Convegno
realizzato col patrocinio
dell'Ordine degli Ingegneri
della provincia di Verona



Verona, 1 dicembre 2006
ore 14.00 - 18.30

Università degli Studi
palazzo Giuliani, sala Barbieri
via dell'Artigliere, 8



Guida alla lettura

Laura Facchinelli

In questo numero del Notiziario sono pubblicati gli atti del convegno *Grandi opere di ingegneria e architettura*, che si è svolto il 1° dicembre 2006 presso l'Università di Verona. Si tratta del nostro settimo convegno dedicato ai trasporti e alla qualità architettonica delle grandi infrastrutture nel paesaggio.

In questo percorso, che ha preso avvio nel 2001, si sono alternati momenti di analisi di specifici temi tecnici (si pensi a *Gallerie* del 2002 e *Metropolitane e tranvie* del 2004) e incontri di approfondimento culturale tendenti ad un approccio ampio, aggiornato, talvolta anticonvenzionale (da *Architettura nei trasporti* del 2002 a *Deontologie per il paesaggio* del 2005). Ne è risultato non solo un intreccio delle competenze professionali dell'ingegnere con quelle dell'architetto, ma anche un confronto del linguaggio tecnico con le varie discipline umanistiche.

All'esigenza di confronto - che nella realtà odierna è sempre più evidente, sia in ambito accademico che nell'esercizio delle professioni, ed è in linea con le aspettative della collettività - era ispirata anche la recente giornata di studi, alla quale hanno partecipato docenti del Politecnico di Milano e dell'Università IUAV di Venezia, un architetto responsabile di cantiere, un esperto dell'alta velocità ferroviaria, un ingegnere progettista di ponti, il rappresentante del centro studi di una realtà vasta e complessa come la nuova Fiera di Milano.

Introduzione al Convegno del Presidente del Collegio Ingegneri e Architetti della provincia di Verona

Renzo Macaccaro

È con vero piacere che apro i lavori di questo convegno, il settimo organizzato con la rivista *Trasporti & Cultura* e dedicato ai temi dei trasporti, delle infrastrutture, delle grandi opere che contrassegnano il nostro paesaggio, e in particolare il paesaggio urbano.

Il convegno di oggi è dedicato ad alcune grandi opere di ingegneria e di architettura realizzate negli ultimi anni oppure ancora in costruzione. Sono opere fra loro molto diverse per funzioni: parleremo di un importante museo di Roma, di due grandi ponti strallati (uno pensato per l'alta velocità ferroviaria, l'altro per la viabilità) realizzati nella regione Emilia-Romagna, infine del nuovo quartiere fieristico di Milano.

Le opere sono diverse anche per concezione progettuale e problemi da affrontare. Il museo di Roma nasce infatti dal genio creativo di un architetto famoso a livello internazionale, Zaha Hadid, ed è molto interessante, per noi, conoscere da vicino questo complesso dalle forme così singolari; ma oggi si parlerà anche del passaggio dalla carta (o, meglio, dal computer) all'opera concreta, passando attraverso la scelta dei materiali e le soluzioni tecniche e organizzative adottate nella fase di cantiere.

I due ponti, se hanno in comune la struttura (si tratta, come dicevo, di due ponti strallati), debbono rispondere ad esigenze differenti, e differenti sono anche i contesti, anche paesaggistici, nei quali si trovano inseriti.

A testimonianza del taglio multidisciplinare di questi nostri convegni di fine d'anno, la Fiera di Pero Rho, terza grande opera, verrà presa in esame da ulteriori punti di vista: l'inserimento nello spazio urbano, le dotazioni infrastrutturali necessarie per collegare il nuovo insediamento e quindi garantirne la vitalità, l'impatto della nuova realtà sulle attività economiche e le dinamiche sociali dell'area circostante.

Ma prima di dare inizio ai lavori voglio ringraziare, anche a nome del Consiglio Direttivo che mi onoro di rappresentare, il Magnifico Rettore prof. Alessandro Mazzucco, sia per l'ospitalità in questa splendida sala, sia per la sua graditissima presenza all'apertura di questo convegno.

Voglio poi ringraziare i relatori, tutti molto qualificati, che provengono da Roma, Milano e Venezia e che rappresentano il mondo universitario e quello delle professioni.

Ringrazio anche gli sponsor, Cordioli e Cobiax, che hanno collaborato alla realizzazione di questa giornata.

Oggi pomeriggio consegneremo il *Premio Trasporti & Cultura*, e mi fa molto piacere la presenza della dott.ssa Paola Marini, direttore del Museo di Castelvecchio, che ha svolto le funzioni di presidente della giuria del premio, e della prof.ssa Claudia Robiglio, docente in questo Ateneo, che ha partecipato alla selezione delle opere. Infine ringrazio la dott.ssa Facchinelli, che ha ideato e organizzato questo convegno.

Saluto del Magnifico Rettore dell'Università di Verona

Alessandro Mazzucco

L'Università, con profonda convinzione, rispondendo ad una vera e propria vocazione, dialoga in maniera continuativa e molto concreta con le iniziative del mondo delle professioni e delle imprese, con il mondo della produzione e dello sviluppo economico. Ho accolto con piacere la richiesta di ospitalità, in questa bella sala della nostra università, al convegno *Grandi opere di Ingegneria e di Architettura*. Come mi accade quasi di regola, mi debbo limitare ai saluti rituali e poi a perdere i contenuti, che sono sicuramente la parte più interessante del convegno.

Non voglio peraltro perdere l'occasione per sottolineare la nostra piena consapevolezza ed attenzione al più completo inserimento dell'Università nella realizzazione di quegli indirizzi strategici che hanno caratterizzato la politica dell'Unione Europea per il decennio in corso, cui innumerevoli volte si è fatto riferimento, dalla dichiarazione di Lisbona in poi, e che vedono nell'Università il principale, se non l'unico, motore di innovazione e di sviluppo che consenta il raggiungimento della finalità dichiarata: predisporre il passaggio a un'economia competitiva, dinamica e basata sulla conoscenza. È evidente che tutto l'ambito delle discipline scientifiche e della tecnologia (e da queste non può essere escluso il grandissimo settore dell'Ingegneria) vi è presente a pieno titolo.

Oggi la nuova politica dell'attuale governo, come sapete, ha bloccato qualsiasi iniziativa di sviluppo di nuove Facoltà, di nuovi Corsi di Laurea, e questo in un'ottica - in parte anche condivisibile - di razionalizzazione dell'esistente, perché c'è stata una crescita del tutto incontrollata di molti settori disciplinari, con distribuzioni di ordine geografico non molto corrette. Tuttavia, a livello veneto, è in corso da tempo una riflessione molto profonda, nata inizialmente in contatti di tipo personale fra i rettori di Venezia, Padova e Verona, per ripensare con atteggiamento mentale moderno ed innovativo le attività di tipo ingegneristico, scientifico, tecnologico nell'intera regione. L'intenzione è quella di produrre una programmazione che esca dalle tradizionali logiche di campanile e di isolamento, puntando ad uno sviluppo che valorizzi le potenzialità delle aree territoriali, indirizzando le competenze in modo tale da evitare sovrapposizioni. Non sarà un progetto con tempi brevi di realizzazione, anche perché - come ripeto - il contesto normativo, in questo momento, è quello di un arresto per ripensare il futuro sviluppo, ma è importante che si affermi un modo nuovo di affrontare la crescita dell'istruzione e della ricerca universitaria.

Peraltro, già oggi alcune potenzialità e alcune realtà sono di fatto attuate, entro le nostre competenze: basta pensare, per esempio, al Master di Tecnologia del marmo che abbiamo attivato nella sede di S. Ambrogio con la nostra Facoltà di Economia in collaborazione con lo IUAV di Venezia. Ma c'è anche molto altro che si può fare. Oggi ho avuto un lungo incontro con i proponenti di una iniziativa che riguarda la gestione, attraverso l'informatica, dei sistemi complessi: è un'iniziativa inizialmente orientata alla biologia - infatti si chiama "biologia computazionale" - ma è evidente che nella stessa misura può essere indirizzata al mondo dell'economia e della finanza o a quello della tecnologia. Ci sono delle competenze pronte, disponibili: si tratta, qualche volta, di avere l'opportunità di trovare dei punti di contatto.

Auspico quindi che anche dai settori dell'Ingegneria e dell'Architettura, che si considerano tradizionalmente non inseriti nell'Università di Verona, si possano individuare nuove possibilità di lavoro e di realizzazione produttiva. Vi ringrazio di questa iniziativa ed auspico che si riesca a dar vita insieme a voi a collaborazioni efficaci per lo sviluppo del nostro territorio.

Progetto e realizzazione del Museo MAXXI di Roma

Mario Avagnina - Direttore lavori per gli aspetti architettonici

In riferimento al titolo del Convegno, appare prematuro discettare se il centro per la documentazione e valorizzazione delle arti contemporanee - ormai a tutti noto come MAXXI - in corso di realizzazione a Roma su progetto di Zaha Hadid sia una grande opera di architettura, ovviamente non dal punto di vista della dimensione fisica e finanziaria.

Sicuramente essa è invece un'opera complessa, dove l'estensione concettuale dell'aggettivo non è da riferirsi ai soli aspetti architettonici, ma anche a quelli tecnico-costruttivi e procedurali. Inoltre il cantiere del MAXXI non rappresenta solo la concretizzazione fisica di un progetto caratterizzato da una forte sperimentazione formale, tipica peraltro della ricerca di Zaha Hadid, ma è esso stesso luogo di sperimentazione tecnologica e di innovazione.

Gli strumenti utilizzati dal progettista per sviluppare e rappresentare l'idea progettuale e quelli messi in campo dalla stazione appaltante e dall'appaltatore

per realizzarla nel rispetto della sua qualità da un lato, la conformazione dell'edificio, i materiali impiegati, ma soprattutto la modalità del loro utilizzo dall'altro, hanno caratterizzato fortemente l'intervento facendone un'esperienza abbastanza singolare, perlomeno nel panorama italiano, di cui sinteticamente vengono di seguito tratteggiati alcuni aspetti emblematici.

Nata dal connubio tra l'esigenza di dotare la capitale di un centro di arte contemporanea e la possibilità di riutilizzo di un'area militare dismessa, la realizzazione del MAXXI prende avvio nel 1998 con un concorso internazionale, cui partecipa la migliore cultura architettonica mondiale, in esito al quale viene scelto un progetto fortemente innovativo, di spiccate caratteristiche formali, ma capace di dialogare con il contesto e di coinvolgerlo in un processo di rinnovamento urbano. Tali caratteristiche appaiono chiaramente nella definizione che Zaha Hadid dà del proprio progetto "Il MAXXI non è un oggetto, un edificio,

quanto piuttosto un campo di forze" collocandone gli aspetti di spiccato sperimentalismo spaziale e formale all'interno del proprio percorso di ricerca basato, fra l'altro sul "tentativo di riesaminare il concetto di tipologia edilizia".¹ L'intervento in questione è frutto però anche di una importante collaborazione fra amministrazioni dello Stato - Ministero per i beni e le attività culturali e Ministero delle infrastrutture - che indica un nuovo modo essere della committenza pubblica, anticipando molti dei principi contenuti nel progetto di legge sulla qualità architettonica rimasto purtroppo, almeno fino a oggi, soltanto una petizione di principio.

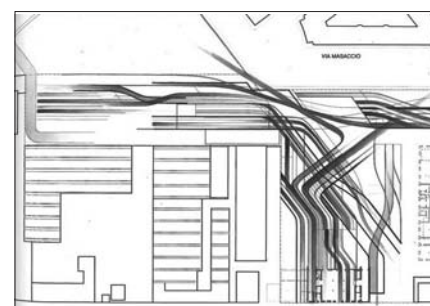
Particolarmente significative, oltre al già ricordato ricorso allo strumento concorsuale per l'individuazione del progettista, sono state le procedure poste in essere per il controllo costante dello sviluppo progettuale, per il successivo appalto e per la realizzazione in regime di qualità, nella piena consapevolezza della centralità della figura del committente nella realizzazione di un'opera pubblica. Grande attenzione è stata quindi dedicata alla stesura degli elaborati di natura contrattuale, del bando e della lettera d'invito ed all'individuazione delle più appropriate procedure per la scelta del contraente, nella convinzione che la qualità di un intervento debba riverberarsi su tutte le fasi e su tutti i soggetti coinvolti nella sua attuazione.

L'opera è stata appaltata su progetto definitivo con la procedura dell'appalto integrato e aggiudicata, fatto questo

Veduta complessiva della parte centrale del cantiere. In primo piano, sulla sinistra, la torre che contiene i collegamenti verticali e che sorregge la galleria 5. Sullo sfondo la galleria 3 gradonata e, in alto, le travi di copertura dell'atrio



Elaborato concorsuale in cui sono evidenziate le linee di forza che sono alla base dell'idea progettuale



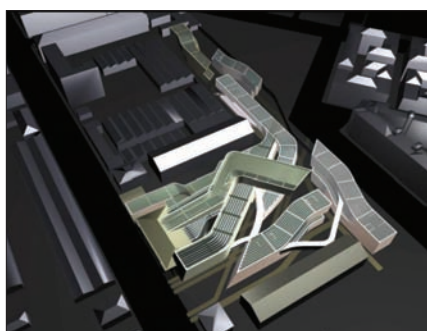
veramente innovativo, con il criterio dell'offerta economicamente più vantaggiosa, all'ATI fra Italiana Costruzioni e la SAC - Società Appalti Costruzioni, entrambe di Roma.

Tale criterio, che ridimensiona fortemente la componente economica dell'offerta, ha consentito di acquisire alcune proposte di migliorata tecnico-costruttiva estremamente vantaggiose, ancorché assolutamente rispettose, come richiesto nella lettera d'invito, delle caratteristiche architettoniche del progetto posto a base di gara.

Lo sviluppo del progetto esecutivo e di quello di cantiere da parte dell'appaltatore, condotto in assoluto accordo e collaborazione con lo Studio Hadid, è stato incentrato sia sulla soluzione dei problemi di tipo strutturale posti dalla conformazione dell'edificio, assunta quale dato imm modificabile, che di quelli tecnico-costruttivi legati alla realizzazione delle grandi superfici in calcestruzzo a vista che connotano l'intervento e del sistema di copertura.

Il progetto è caratterizzato da corpi a prevalente sviluppo orizzontale che presentano una sezione a "U" costituita da due pareti cieche in calcestruzzo e dal solaio che le unisce e chiusa superiormente da un elemento trasparente segnato da lame in cemento sorrette da travi che, assimilabili a bielle, a intervalli regolari collegano le due pareti, chiudendo lo schema statico. Questi "tubi" si snodano sul terreno, si intersecano e si appoggiano uno sull'altro variamente nello spazio, creando situazioni di forte complessità spaziale; essi hanno quale

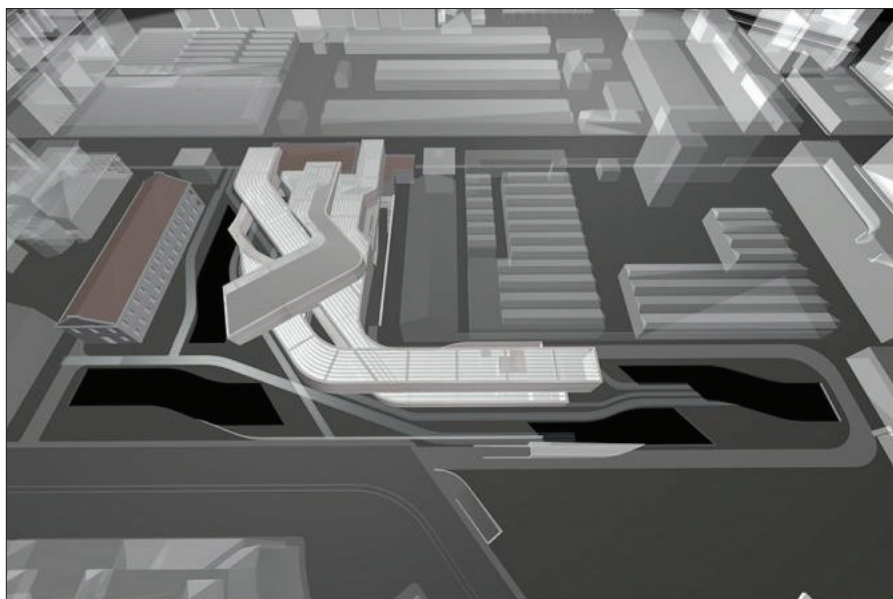
Veduta complessiva del progetto preliminare



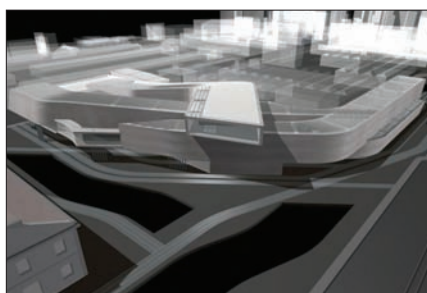
Il prospetto principale su Via Guido Reni.
In primo piano la testata inclinata della galleria 2



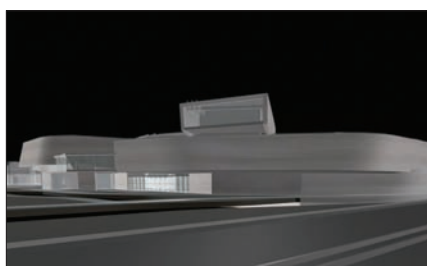
Parte terminale inclinata della galleria 2



Veduta complessiva del progetto definitivo. In nero sono segnate le parti del complesso che non saranno, per il momento, realizzate



Il MAXXI in una visione complessiva da Via Masaccio. In primo piano la galleria 5 che termina con la parete vetrata



Il MAXXI come sarà visto da Via Masaccio. Sono evidenti le dimensioni e le caratteristiche delle superfici in calcestruzzo a vista



Modellazione di uno degli spazi espositivi con la tipica illuminazione zenitale

riferimento concettuale la “parete”, elemento che annulla la distinzione tra elementi portanti e portati, realizzano così una coincidenza tra forma e struttura, anche se non finalizzata a un “espressionismo strutturale”, peraltro assolutamente estraneo alla ricerca di Zaha Hadid.

I setti-parete però, al di là della loro apparente uniformità formale e materiale, assumono, in realtà, varie configurazioni strutturali, essendo ora trave appoggiata, ora trave a sbalzo o ancora parete su appoggio continuo. La progettazione strutturale esecutiva, sviluppata dallo Studio SPC del prof. Giorgio Croci, ha dovuto tener conto della complessità di questo edificio, nel suo insieme fortemente iperstatico, caratterizzato altresì da soluzioni formali esasperate tipiche di Zaha Hadid (rarefazione degli appoggi procedendo dall’alto verso il basso fino a diventare in alcuni casi esili sostegni, grandi sbalzi o aperture...) il cui comportamento era analizzabile solo attraverso complesse procedure informatiche, le sole in grado di indagare l’effettivo comportamento strutturale. Data l’irregolarità della distribuzione delle masse e la loro anomala collocazione a fronte della continuità e rigidità della struttura, è stato necessario

individuare le parti maggiormente sollecitate per definire fasi realizzative che tenessero conto dei fenomeni fessurativi indotti sulle pareti in calcestruzzo da eventuali cedimenti differenziati. In casi localizzati, per rispettare l’idea formale, si è fatto ricorso a soluzioni strutturali miste calcestruzzo-acciaio che non lasciano trasparire all’esterno dell’uniformità delle pareti i reali stati tensionali che le caratterizzano e gli artifici tecnico-costruttivi posti in essere. Anche l’individuazione del numero e del posizionamento dei giunti si è rivelato laborioso e significativo per le implicazioni formali e costruttive e per gli stessi si è dovuto tener conto delle azioni sismiche vista la recente inclusione della città di Roma nei territori soggetti a tale rischio.

Contemporaneamente alla definizione del progetto strutturale, il secondo tema affrontato è stato quello della realizzazione dei grandi getti in calcestruzzo sulla base delle caratteristiche prestazionali, soprattutto di natura formale, volute da Zaha Hadid, che negli elaborati progettuali prefigurava un’architettura caratterizzata esternamente da superfici continue, uniformi, prive di aperture e di qualsiasi segno architettonico o costruttivo.

L’ingegnerizzazione dei getti è stata affrontata secondo quattro aree tematiche: la progettazione della miscela (mix design); la scelta dei casseri; la definizione delle modalità di getto e di disarmo; l’individuazione di eventuali procedure di riparazione e protezione.

La miscela era già stata individuata sin dal progetto definitivo in base alle caratteristiche del progetto ed alle richieste prestazionali. Si trattava di realizzare grandi getti senza soluzione di continuità da giunto a giunto (lunghi anche 60 m per 9 di altezza, in numerosi casi superiori a 200 mc), in presenza di geometrie complesse e forte costipazione dell’armatura; in più veniva richiesta una superficie da lasciarsi a vista di alto livello qualitativo, sia dal punto di vista formale, che di durezza. La soluzione a queste richieste veniva individuata



Fase di montaggio delle coperture della galleria 2, parallela a Via Masaccio

nel calcestruzzo autocompattante (SCC - Self Compacting Concrete), miscela ideata in Giappone nella seconda metà degli anni '90, che, all'epoca dell'appal-

to, era in Italia, ancora a livello sperimentale, dove non era ancora stata usata in una simile dimensione operativa. Numerose pertanto sono state le

prove eseguite, sia in laboratorio che in cantiere, per definire la miscela che è stata adattata, con la consulenza del prof. Mario Collepari, alle reali condizioni operative, in un complesso processo di aggiustamento del dosaggio dei componenti fra i quali numerosi additivi, previsti anche e soprattutto per risolvere il problema del ritiro, rivelatosi ben più complesso di quanto supposto. Per garantire la continuità della produzione del calcestruzzo autocompattante e la qualità della miscela si è realizzata in cantiere una centrale di betonaggio espressamente dedicata e completamente informatizzata. Dai getti sinora realizzati si può desumere che la qualità finale di tale tipo di calcestruzzo è fortemente influenzata dalla dimensione degli stessi e dalle condizioni ambientali - in particolare dalla temperatura - confermando la distanza che intercorre fra i risultati ottenibili nello stabilimento e quelli che è realisticamente possibile conseguire in cantiere, lasciando, quindi, ancora aperta una completa valutazione di questo materiale.

Per ciò che riguarda le casseforme la relativa definizione e progettazione ha dovuto tenere conto sia dell'aspetto superficiale voluto da Zaha Hadid, che del materiale utilizzato. Come si è detto gli elaborati progettuali indicavano chiaramente la volontà di ottenere un calcestruzzo facciavista *"privo di giunti di costruzione, ... con superfici perfettamente regolari e lisce, ... continue per colore e finitura"*, finitura quindi tutt'altro che "brutalista".

Per contenere getti con le caratteristiche fisico chimiche e formali predette e controllare la resa estetica delle superfici a vista (giunti manto-manto, forometrie architettoniche e/o impiantistiche, fori di collegamento pannelli-cassero) è stato necessario scegliere casseri particolari (su produzione PERI) con dimensioni fuori standard, caratterizzati da finiture del manto particolarmente pregiate e progettati in modo da sopportare le enormi spinte esercitate dalla miscela.

La realizzazione dei getti facciavista ha

Veduta delle casseforme utilizzate per la realizzazione di una parete curva



confermato la prevedibile difficoltà di ottenere risultati esenti da imperfezioni e assolutamente omogenei fra loro, per cui da tempo sono in corso di valutazione operazioni di riparazione localizzata e protezione dei getti stessi che consentano di garantire un risultato accettabile, sia dal punto di vista formale, che della durabilità, pur rispettando la ferma volontà del Progettista di non ricorrere ad alcuna soluzione coprente. Una rilevanza del tutto particolare e forse inizialmente sottovalutata hanno poi assunto le opere provvisorie necessarie per sorreggere i casseri per i getti delle pareti e degli orizzontamenti, opere che hanno assunto una dimensione e una complessità tecnica assolutamente inusuale, conferendo al cantiere una forma transitoria non esente di un suo fascino.²

Altro elemento caratteristico dell'intervento è rappresentato dal pacchetto di copertura che, oltre ad essere coprotagonista della resa formale del progetto, è un altro punto di accumulo tecnico-costruttivo. Particolarmente complesso sia sotto il profilo tecnologico, che impiantistico, esso integra gli elementi di serramento, i numerosi dispositivi di controllo dell'illuminazione naturale, gli apparecchi per l'illuminazione artificiale, i meccanismi di controllo termoigrometrico, i supporti per le pannellature mobili. Per garantire una perfetta e coordinata esecuzione di tale importante parte dell'edificio, l'appaltatore ne ha affidato l'intera realizzazione a una società specializzata in costruzioni metalliche (Lorenzon Techmec System).

Le lame verticali che caratterizzano tutta la copertura, alte più di due metri, erano state pensate da Zaha Hadid in calcestruzzo armato prefabbricato; su proposta dell'appaltatore, presentata in gara d'appalto insieme ad altre migliori, esse saranno realizzate con struttura metallica rivestita in cemento fibrorinforzato (GRC) - altro materiale ancora poco utilizzato in Italia - soluzione che, a parità di resa formale, ha consentito una significativa riduzione dei carichi permanenti e una maggiore facilità di

posa in opera e di successiva manutenzione.

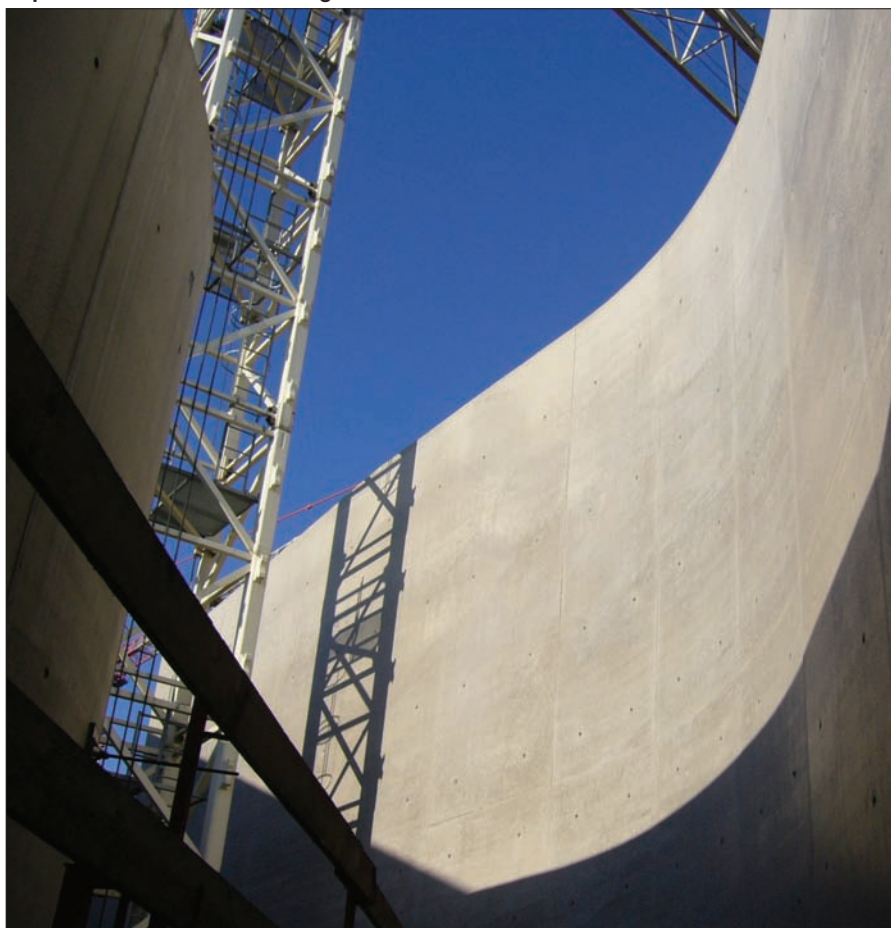
Per la soluzione dei problemi connessi alle coperture è stato realizzato presso lo stabilimento della Lorenzon un campione al vero che ha consentito di coordinare fra loro tutte le componenti strutturali e non e di definire compiutamente il progetto di cantiere.

Il progetto del MAXXI, quindi, si inserisce in pieno in quel processo di rivalutazione del cemento in atto ormai da molti anni, processo che ha visto marciare di pari passo l'utilizzo formale di tale materiale da parte dei progettisti e l'evoluzione della sua tecnologia verso prestazioni sempre più esasperate. L'edificio in corso di realizzazione costituisce una sorta di compendio di molte delle possibili declinazioni del cemento stesso, in quanto quasi tutte le sue parti, pavimentazioni incluse, ne prevedo-

no l'utilizzo; del resto esso è un materiale di elezione per Zaha Hadid che, con caparbia coerenza, lo ha costantemente utilizzato fin dalla stazione dei pompieri di Vitra a Weil am Rhein e lo ha riproposto anche in questo progetto che, all'epoca, rappresentava un salto di scala rispetto agli incarichi fino ad allora ricevuti.

La predilezione per questo materiale è sia materica, che concettuale, come ben sintetizza Patrick Schumacher, coprogettista del MAXXI ed importante collaboratore della Hadid *"Penso che il cemento armato sia un materiale fantastico per creare uno spazio fluido, uno spazio capace di favorire la complessità di circolazione.."* e la sua scelta è frutto di *"una preferenza rispetto ai materiali composti per elementi e moduli che riempiono la scena e distraggono dalla disposizione degli spazi"*.³

Superficie esterna di una delle gallerie



Un cantiere pertanto di sperimentazione e in particolare sul cemento, materiale tradizionalmente considerato “povero”, di semplice ed economico utilizzo, che però, in questo caso, è portato dal progettista a livelli di estrema esasperazione formale e tecnico-costruttiva, quasi a farne un materiale hi-tech, scelta sulla quale, a opera conclusa, sarà interessante riflettere, anche in relazione ad altre recenti realizzazioni di Zaha Hadid e non solo (Phaeno Center di Wolfsburg, sede BMW a Lipsia, Rosenthal Center di Cincinnati, Museo Ordrupgaard a Copenaghen, Stazione marittima di Salerno e quella ferroviaria di Afragola) che vedono sempre il calcestruzzo a vista quale protagonista. Sarà interessante sapere quale materiale Zaha sceglierà per il museo nuragico di Cagliari di cui è recentemente stata incaricata della progettazione.

Un ultimo accenno, per tenere conto dello stimolante suggerimento contenuto nel sottotitolo del Convegno, merita anche il ruolo che hanno giocato, come si diceva all’inizio, gli strumenti messi in campo per gestire la *complessità* dell’intervento e in particolare quelli informatici utilizzati, fra l’altro, per la progettazione sia architettonica, che strutturale. Del contributo ineliminabile fornito dall’utilizzo di programmi di calcolo e di modellazione strutturale si è già detto;

Foto realizzate dall’autore

così come fondamentale è stato, a livello però puramente operativo, il massiccio ricorso alle risorse informatiche per controllare e velocizzare le complesse procedure attuative, soprattutto quelle di controllo, eventuale modifica e validazione degli elaborati esecutivi e di cantiere.

Più interessante appare invece, per le implicazioni concettuali che sottende, una riflessione che qui, per limiti di spazio può solo essere accennata, sul rapporto sussistente fra progettazione architettonica e possibilità offerte dalla strumentazione digitale, rapporto senza dubbio denso di significati nel caso di Zaha Hadid, tanto che Patrick Schumacher vi ha dedicato un intero libro nel quale, fra l’altro, vengono analizzati i nuovi mezzi di rappresentazione e le tecniche ad essi collegati in rapporto al percorso di ricerca dello Studio Hadid. L’autore attribuisce a questi mezzi un ruolo attivo nel processo progettuale - *“le modalità di rappresentazione sono al tempo stesso modalità di creazione”* -, segnalando però che l’avvento dell’era digitale non ha fatto altro che diffondere e rendere più facilmente utilizzabili modalità di ricerca formale che Zaha Hadid aveva ampiamente già utilizzato ben prima che i nuovi strumenti si rendessero disponibili.⁴

In realtà è *digitale* l’occhio con cui Zaha

ha sempre visto la realtà e l’avvento della progettazione computerizzata ha forse semplicemente fornito uno strumento, più che suggerire un percorso di ricerca. Del resto nel 2001 Zaha Hadid, rispondendo in una intervista a chi le chiedeva quale ruolo giocassero i computers nel suo studio e le possibilità offerte dai programmi di rappresentazione digitale, ha detto *“Non saprei se questo indebolisca o rafforzi la percezione del progetto. A mio parere è un metodo alternativo. Del resto, continuiamo a costruire plastici e io a produrre schizzi”*.⁵

1 Hans Ulrich Obist, *Intervista a Zaha Hadid*, Basilea giugno 2004, “Domus” n. 875 novembre 2004

2 Si veda in proposito il volume *MAXXI Cantiere d’autore - Fotografie 2003/06*, Electa, Milano, 2006

3 Maurizio Meossi, *Intervista a Patrick Schumacher, Laboratorio Italia 2005*, Motta Editore, Milano

4 Patrick Schumacher, *Hadid digitale*, Testo ed immagine, Universale di architettura, Roma 2004

5 Moshen Mostafavi, *Una conversazione con Zaha Hadid*, El Croquis n. 103, 2001

Infrastrutture e tecnologie per l'alta velocità ferroviaria. La tratta Milano-Bologna

Giuseppe Traini - Direttore scientifico di Italferr

1. Introduzione

La Società per Azioni "Ferrovie dello Stato" è una holding suddivisa in 5 diverse aree tematiche: Ingegneria, Infrastruttura, Trasporto, Valorizzazioni e Supporto amministrativo - contabile; per ognuna delle aree citate operano specifiche Società del Gruppo; Italferr è la Società di Ingegneria che opera sia sul mercato italiano che internazionale e che in Italia ha la responsabilità degli investimenti ferroviari di maggiore entità.

L'organizzazione ad "Holding" con società diversificate per settori di attività consente di perseguire un sempre maggiore livello qualitativo e quindi, conseguentemente, una maggiore efficienza ed efficacia.

2. Le scelte italiane per l'alta velocità ferroviaria

Attualmente nell'ambito delle tratte Alta Velocità/Alta Capacità le scelte delle F.S. sono orientate ad agevolare lo sviluppo dei collegamenti intercity veloci, ad aumentare la frequenza dei treni incrementando anche la quota di traffico merci.

Il progetto della rete italiana AV/AC,



Fig. 1

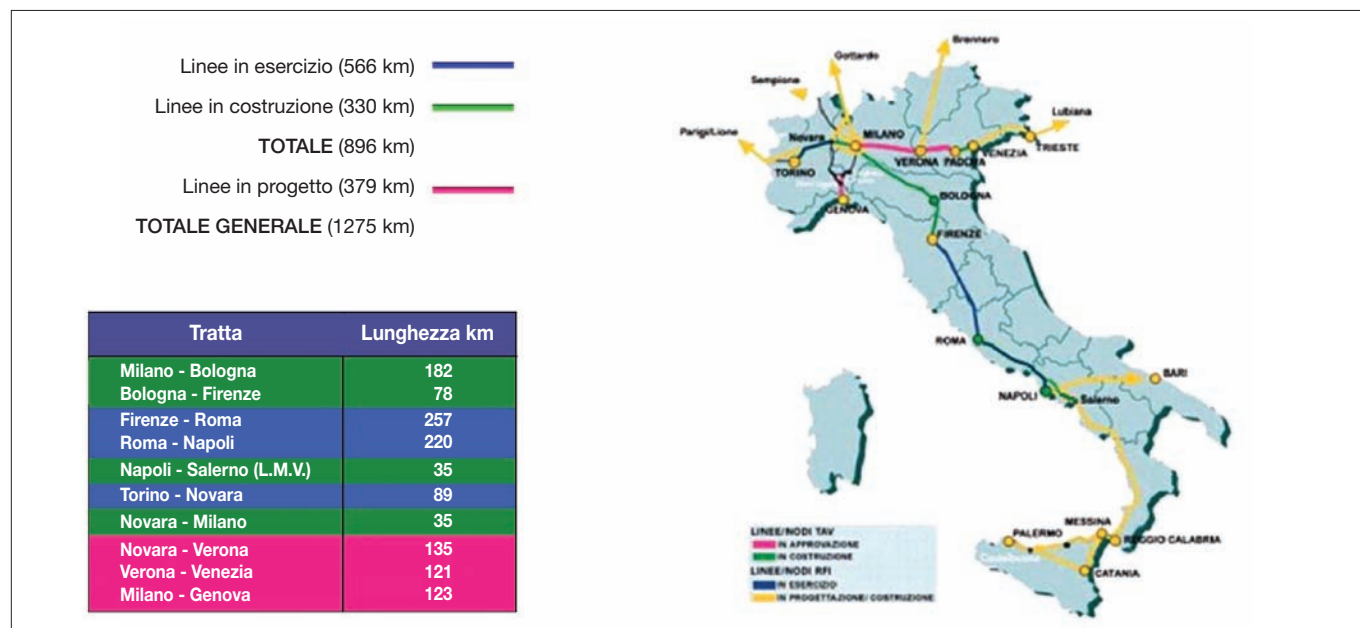
nel suo complesso, prevede, al momento, 1275 km totali di linea.

Di questi 566 km sono rappresentati da linee già in esercizio, 330 km sono rappresentati da linee in costruzione e infine 379 km rappresentano le linee attualmente in fase di progettazione. Il completamento di tale progetto consentirà un notevole salto di qualità nel disegno più generale di portare sempre più passeggeri e merci dalla gomma al ferro.

Nella seguente fig. 2 sono riportate le diverse tratte facenti parte del piano complessivo AV/AC.

L'Alta Velocità italiana è stata caratterizzata negli anni da una "politica" ferroviaria del nostro Paese contraddittoria, ma complessivamente orientata alla crescita di una forte integrazione con le linee convenzionali, così da consentire anche un considerevole miglioramento del trasporto locale e regionale che grande importanza ri-

Fig. 2



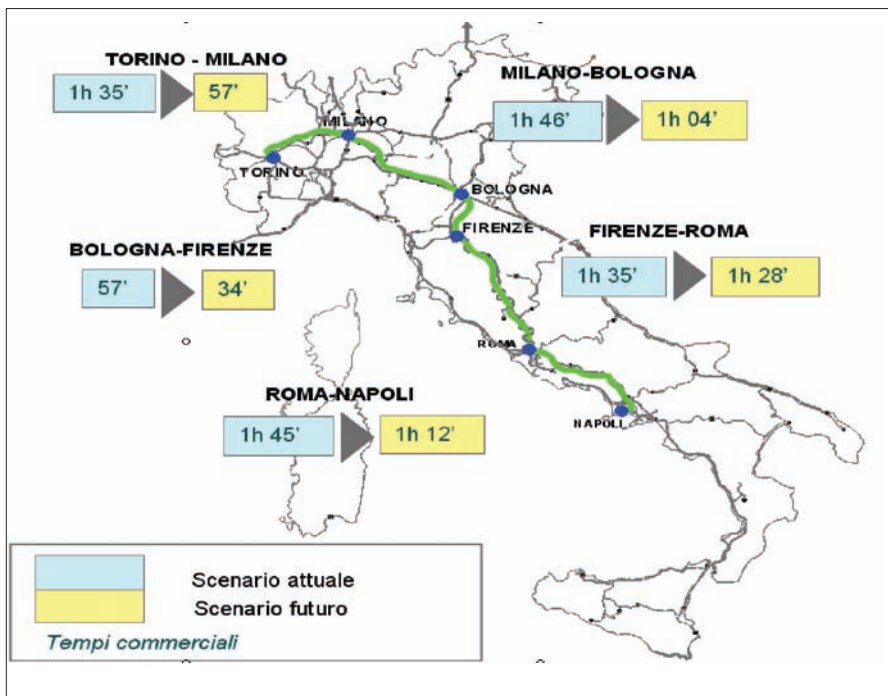


Fig. 3

veste nell'aumento della mobilità da verso i grandi centri urbani. La riduzione dei tempi di percorrenza è uno dei parametri interessati, ma non il solo, dei progetti in "fieri": nella fig. 3 vengono messi in evidenza i vantaggi perseguibili in termini di orario nelle diverse tratte AV attualmente in corso di completamento.

3. La tratta AV/AC Milano-Bologna - Corografia e requisiti tecnici di base

Passando ad esaminare più da vicino la tratta Mi-Bo si riportano nel seguito alcuni dei parametri tecnici principali: lunghezza totale della linea km 182; lunghezza totale delle interconnessioni km 28;

lunghezza totale dell'affiancamento all'autostrada km 130; L'offerta attuale della tratta in oggetto è di circa 255 treni al giorno su due binari; la prospettiva futura è quella di portare l'offerta tra Milano e Bologna a 479 treni giornalieri, ovviamente su quattro binari. Si riportano, inoltre, alcuni dei "requisiti di base" caratterizzanti la linea stessa che mostrano, in concreto, come la scelta italiana dell'Alta Velocità consenta anche il traffico merci, contrariamente alla scelta delle SNCF francesi che hanno optato per una AV solo passeggeri.

4. L'inserimento socio-ambientale

Altro aspetto fondamentale nella progettazione di un'opera dal forte impatto come quella di una tratta AV come la MI - BO è rappresentato dalla necessità del suo inserimento socio-ambientale.

A tale scopo è stato messo a punto un articolato e innovativo approccio per affrontare le problematiche ambientali sintetizzabile nei seguenti tre punti:

1. definizione del tracciato più adeguato alle caratteristiche geo-

Fig. 4

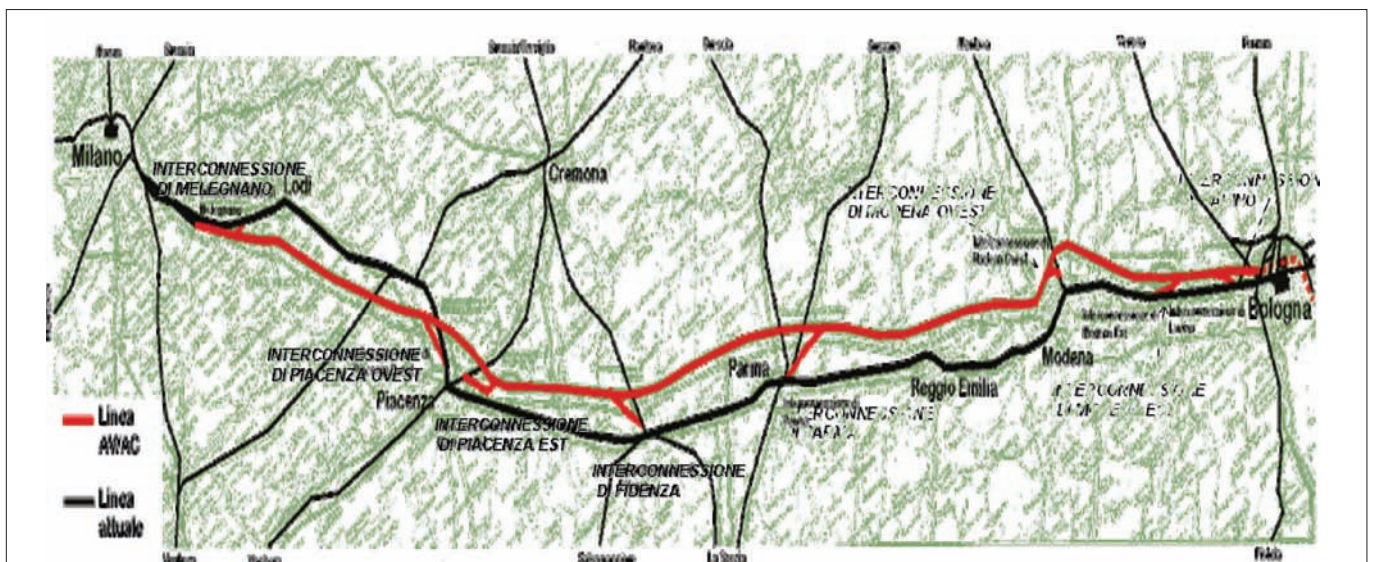




Fig. 5 - Viadotto Piacenza: fasi di trasporto di un cassone su rotaie provvisorie

Velocità di progetto	300 km/h (240 km/h nel territorio modenese)
Pendenza massima	15% parametro necessario per consentire un efficace trasporto merci
Velocità interconnessioni	160 km/h
Raggio minimo delle curve	5450 m
Carico massimo per asse	250 kN. Parametro necessario per consentire un efficace trasporto merci
Sovraccarico massimo ponti e viadotti	150 kN per binario. Parametro necessario per consentire un efficace trasporto merci
Interasse tra i binari	5 m in linea
Alimentazione	2 x 25 kV c.a. con 4 sottostazioni elettriche (Pieve Fissiraga, Fiorenzuola, Parma e Castelfranco Emilia)
Segnalamento	Sistema di distanziamento: di tipo continuo a blocco radio ERTMS livello 2). Sistema di telecomando: S.C.C. gestito dal P.C di Bologna

morfologiche e sociali dei luoghi attraversati;

2. scelta della tipologia di opera meno intrusiva e di minore impatto (per esempio: scelta di far passare la linea in gallerie artificiali, di allungare la luce delle campate dei viadotti e l'impiego di tipologie strutturali a minore impatto);
3. esecuzione di interventi specifici di mitigazione ad inserimento ambientale.

Ovviamente è stato necessario coniugare la "semplicità" di tali enunciati con la "complessità" di una opera ferroviaria particolarmente diffusa e interferente con il territorio:

- 182 km di linea ferroviaria;
- la nuova linea coinvolge 2 regioni, 7 province, 44 comuni;
- sono stati realizzati circa 200 km di rifacimenti della rete stradale esistente;
- è stata realizzata nuova viabilità per 90 km;
- sono stati realizzati 168 Cavalcavia e Sottovia;
- l'interasse medio dei tombini lungo linea è di 100 m;
- la linea attraversa 69 corsi principali d'acqua e 535 corsi secondari.

Sono state espropriate: aree agricole per 11.000.000 mq, aree edificabili per 2.100.000 mq, fabbricati per 90.000 mq. Sono, inoltre, presenti 58 cantieri e 2.425.000 aree di cantiere.

5. Tratta AV/AC Milano - Bologna. Complessità del progetto, stato di avanzamento, costi.

Per comprendere la complessità del progetto AV MI-BO vengono forniti ulteriori elementi.

Ovviamente la complessità diventa tanto maggiore quando si considera anche la corposa componente progettuale tradizionale e quella innovativa.

A titolo esemplificativo si riportano

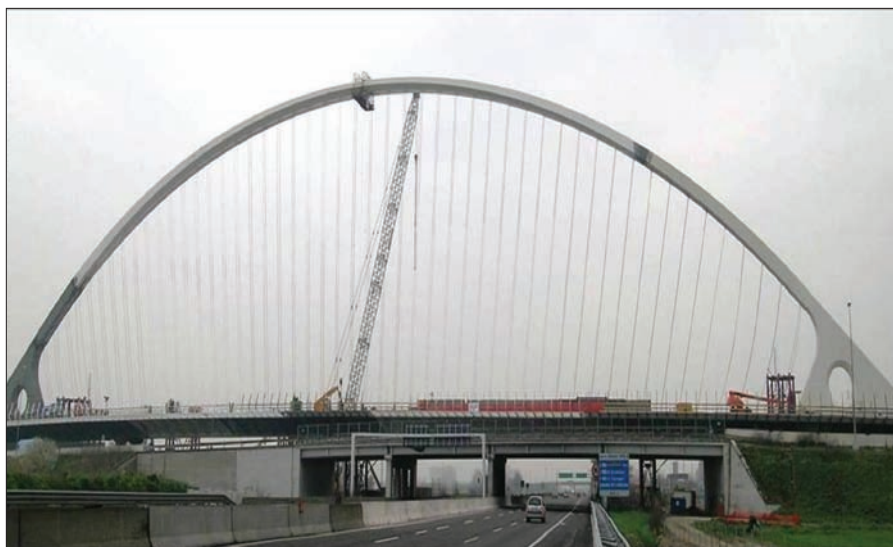


Fig. 6 e 7 - Cavalcaferrovia a Reggio Emilia - Progettista: Santiago Calatrava

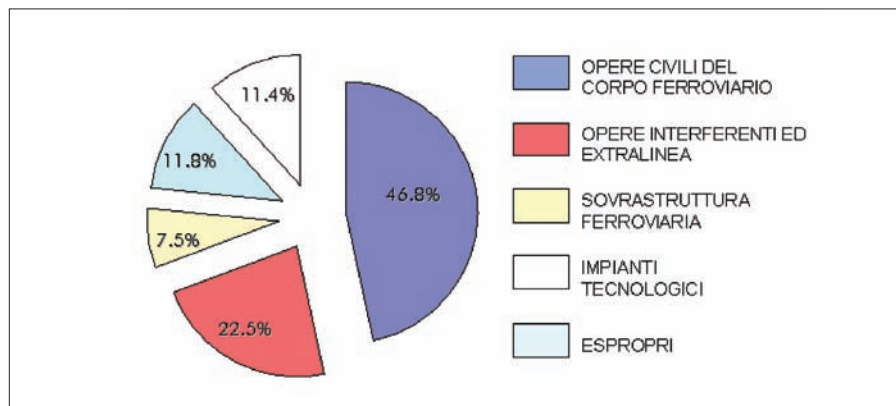


Fig. 8 - Linea AV MI-BO. Incidenza percentuale (%) delle diverse componenti sul costo dell'infrastruttura

alcuni dati relativi alla quantità degli elaborati che sono stati necessari per una corretta ed esaustiva progettazione:

- numero elaborati del progetto definitivo 12.000;
- numero elaborati del progetto esecutivo 78.000;
- numero revisioni (media x disegno) 2.5;
- non conformità aperte circa 8.000.

Altro elemento caratterizzante questa grande opera è il tempo di "costruzione" e a tale riguardo si rammenta che:

- le attività di costruzione sono iniziate in data 15.09.2000;
- che il secondo lotto funzionale Modena Est - Bologna è stato attivato in data 11.09.2006;
- che l'attivazione completa è prevista nel 2008-2009.

Inoltre, a maggior chiarimento della previsione di attivazione si conferma che l'avanzamento complessivo dei lavori al 31/10/2006 è pari all'80% circa, con le opere civili all'86%, l'armamento all'83% e le tecnologie al 43%.

Relativamente, invece, all'incidenza delle diverse componenti "elementari" nel costo complessivo della tratta AV MI - BO si rimanda alla figura 8 ove vengono mostrati i contributi delle diverse componenti.

6. La componente innovativa

Lo sviluppo dell'alta velocità in Italia ha obbligato l'ingegneria ferroviaria ad affrontare e risolvere numerosi problemi connessi con la valutazione degli effetti che i nuovi standard di velocità avrebbero avuto nei confronti della sicurezza, del confort di marcia e dell'affidabilità. A tal riguardo si accenna ad alcune delle principali componenti innovative che sono state sviluppate, pro-

gettate, installate e verificate.

- ERTMS livello 2
- T.E. 25 kW
- Armamento
- Barriere antirumore e relativi fenomeni dinamici
- Valutazione sovrappressioni in galleria

ERTMS di livello 2

L'ERTMS è tra le componenti innovative più importanti (European Rail Traffic Management System): è un sistema di segnalamento scelto dall'Unione Europea per definire un sistema di comando, controllo e coordinamento della circolazione ferroviaria che consenta l'interoperabilità tra le reti europee.

Le linee italiane ad alta velocità saranno tutte dotate del sistema ERTMS livello 2, un sistema di controllo treni basato su comunicazioni radio. Saranno eliminati i segnali laterali e la massima velocità potrà essere di 300 km/h.

La prima installazione dell'ERTMS è stata realizzata sulla nuova linea AV/AC Roma - Napoli.



Fig. 10

Trazione elettrica - 25kV

La rete ferroviaria italiana elettrificata è tutta in corrente continua a 3kV; invece, in maniera innovativa, l'Alta Velocità è stata prevista in corrente alternata a 25 kV.

Ciò ha portato a scelte complesse per consentire la "permeabilità" dei due sistemi imponendo specifiche particolari sia sui locomotori (loc. pollicorrente) che sulle zone di confine.

Armamento

Le notevoli azioni dinamiche connesse con velocità anche maggiori di 300 km/h hanno imposto, nell'ambito della tradizione ferroviaria, la messa a punto di un nuovo sistema di armamento con traverse da 2,60 m e massa da 400 Kg, attacchi elastici e linea del ballast sagomata per evitare i noti fenomeni fluido-dinamici che tendono a far sollevare i singoli elementi lapidei componenti il ballast.

Barriere Antirumore

Il sistema classico delle barriere antirumore (montante e pannello) è stato fortemente rinnovato nella componente strutturale per far fronte alle notevoli azioni fluido-dinamiche conseguenti al passaggio a 300 km/h di un treno; azioni concentrate nella zona anteriore del treno (pressione) ed in quella posteriore (depressione).

Fig. 9

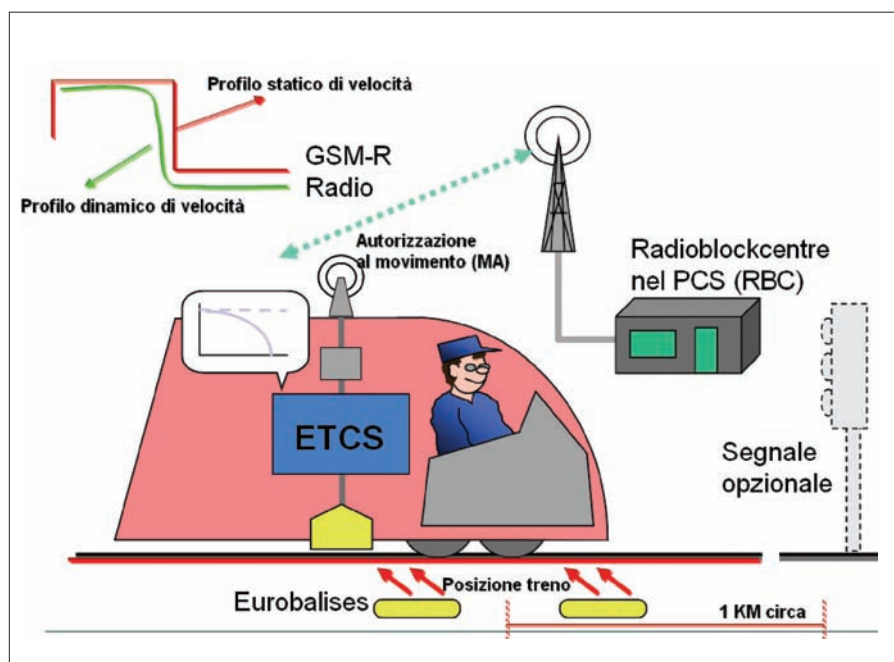




Fig. 11 - Barriere fonoassorbenti

Sovrapressioni in Galleria

Anche questo fenomeno fluido-dinamico è stato studiato ed approfondito sulla tratta Roma - Napoli.

Lo scopo di tale studio è stato quello di poter valutare; per una data galleria con una certa area libera, la pressione massima dell'aria all'incrocio, in un punto qualsiasi della stessa galleria, di due convogli diretti in direzione opposta.

Il metodo teorico di simulazione messo a punto ha consentito, di verificare, con sorprendente approssimazione, il rispetto della condizione imposta dalle STI ($p_{max} \leq 10$ KPa) sul valore massimo della pressione dell'aria in fase di incrocio di mezzi ferroviari ad alta velocità in galleria.



Il nuovo ponte strallato sul fiume Po per la linea AV/AC Bologna-Milano

Mario Paolo Petrangeli - Ingegnere, progettista dell'opera

Premessa

L'attuazione di un programma nazionale di Alta Velocità ha inizio nel febbraio 1986 con uno Studio di Fattibilità redatto da un gruppo di lavoro multidisciplinare nominato dalla Direzione Generale delle FS. Subito dopo, con la finanziaria 1987, per la prima volta si stanziarono apposite risorse per la direttrice Milano-Roma-Napoli.

In questa prima fase la realizzazione della nuova rete, che nel frattempo aveva incluso anche la tratta Torino-Venezia, era affidata alla Direzione Centrale Sistema Alta Velocità che incaricò lo scrivente per la progettazione del nuovo ponte sul fiume Po.

Successivamente, nel 1991, l'Ente FS mise a punto un articolato sistema societario affidando alla TAV SpA la concessione per la progettazione esecutiva, la costruzione e lo sfruttamento economico delle opere facenti parte del Sistema Alta Velocità, esteso ulteriormente alla tratta Milano-Genova.

Nello stesso anno la TAV stipula i contratti con i General Contractor (facenti capo a FIAT, ENI ed IRI) per la realizzazione delle sei tratte sulle linee Torino-Milano e Milano-Napoli. Il consorzio CEPAV 1 (ENI), che ha il ruolo di GC per la tratta MI-BO, affidò allo scrivente l'incarico di completare la progettazione esecutiva del ponte sul fiume Po e di consulenza per le fasi costruttive.

Il 15 Luglio 2002 fu dato il via ai lavori che sono stati eseguiti dalla società consortile ASG (Aqwater-Snamprogetti-Grandi Lavori Fincosit) e che sono stati completati, per quanto attiene alle opere civili, nel settembre del 2006.

Una volta in esercizio la tratta Bologna-Milano, della lunghezza di 182 km, verrà percorsa da 479 treni al giorno con un tempo di percorrenza di 1 ora.

Generalità-Vincoli progettuali

L'attraversamento avviene in prossimità di Piacenza, poco a valle dell'attuale ponte dell'autostrada MI-NA. In questo

tratto la distanza tra gli argini maestri è superiore ad 1 km e l'alveo di magra ha una larghezza di circa 350 m. Due lunghi viadotti di approccio, di tipologia corrente, precedono e seguono questa opera. A causa dell'obliquità il ponte ha una lunghezza di 1200 m, di cui circa 400 necessari per lo scavalco dell'alveo di magra.

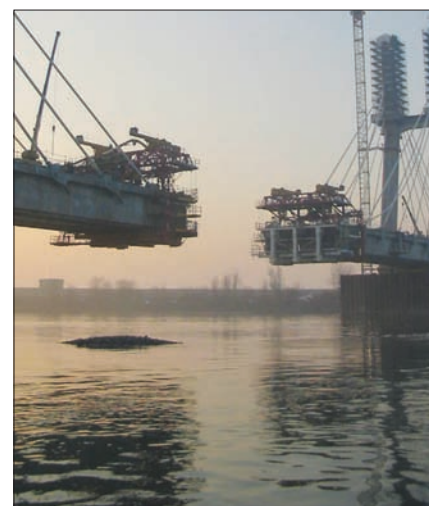
In questo tratto il fiume Po è attualmente percorribile solo da piccole imbarcazioni ma, non potendosi escludere futuri investimenti per il potenziamento del sistema idroviario padano, era richiesto di avere comunque luci navigabili nette di 70 m e un franco di 6.8 m rispetto alle massime acque navigabili (quota di piena che non viene superata statisticamente più di dieci volte l'anno): l'obliquità e l'ingombro delle pile imponevano poi luci minime di 90 m.

La prima stesura del progetto prevedeva quattro luci da 96 m ma, anche su sollecitazione del Ministero per l'Ambiente, fu deciso di eliminare la pila centrale arrivando così a 192 m.

Le analisi svolte hanno indicato la possibilità che, in concomitanza con le piene eccezionali, lo scalzamento massimo possa arrivare a circa 16 m al disotto della quota di fondo alveo ordinaria; questo valore peraltro, oltre ad essere connesso con un evento di per sé ecce-



Golena destra



Modello costruttivo concio

Modello costruttivo concio di stallo



zionale, è di durata relativamente breve. Nelle verifiche, pertanto, si è considerato anche un altro evento, definito "ordinario", in cui lo scalzamento è di 8 m, differenziando le prestazioni richieste al ponte nel caso di questi due scenari.

Pur non essendo la zona classificata sismica dalla normativa italiana in vigore all'atto della progettazione, uno studio condotto da Aquater, partecipante al Consorzio ed alla progettazione generale della linea, ha indicato la necessità di considerare l'area come soggetta a rischio sismico, se pur di bassa intensità. Il recente DPCM ha ora confermato ciò, includendo Piacenza nella zona 4.

Per ultima va ricordata la legge RD n° 523 del 1904, tutt'ora in vigore, che impone distanze minime per gli scavi dai piedi degli argini, fissando di fatto la luce minima di scavalco.

Oltre a ciò vi era l'interdizione da parte del Magistrato del Po a disporre qualsiasi sostegno provvisorio su queste opere in terra, il che ha costituito un vincolo forte nella scelta delle modalità costruttive di queste campate.

Caratteristiche principali dell'opera

Il ponte si può suddividere in tre parti ben distinte le quali, pur mantenendo uno stile unitario, sono tipologicamente diverse tra loro:

- lo scavalco degli argini maestri che, tenuto conto delle obliquità e delle distanze minime di cui si è detto, hanno comportato luci di 67.7 m (argine sinistro) e 62.7 m (argine destro);
- l'ampia zona golenale in destra, nella quale la scelta delle luci è stata condizionata principalmente da questioni idrauliche e fondazionali;
- l'attraversamento dell'alveo propriamente detto ove sono necessarie le grandi luci navigabili.

Il viadotto in golena

È formato da 13 campate da 46,17 m a travate appoggiate (le maggiori costru-



Vista 1

te a tutt'oggi in Italia per linee AV), ciascuna composta da quattro travi prefabbricate a doppio T. Queste travi hanno le ali inferiori larghe e predisposte per essere solidarizzate tra di loro con un getto longitudinale di sutura e precompressione trasversale in modo da avere, a fine costruzione, una sezione a cassone tricellulare.

Questa soluzione fu proposta fin dalla prima stesura del progetto nel 1988 ed è stata poi realizzata su alcuni viadotti della nuova linea AV Roma-Napoli, anche se con luci minori.

Le pile sono a fusto unico circolare di 4 m di diametro e pulvino leggermente aggettante.

Le fondazioni sono su 6 pali da 2 m lun-

ghi 50-60 m, come per tutto il resto del ponte.

I viadotti di scavalco degli argini

Gli impalcati di queste tratte sono stati costruiti a sbalzo per conci successivi gettati in opera: in riva sinistra queste campate si prolungano fino alla pila di attacco del ponte strallato, formando così una trave continua a cinque luci: 37-67.69-51.4x3. In riva destra si hanno solo tre luci di 33.4-62.7-33.4.

La sezione dell'impalcato è in tutto simile a quella del viadotto in golena in modo da avere un prospetto unitario per tutto il ponte.

Le pile sono a fusto circolare tranne quella in sinistra che porta gli appoggi

Vista 2



fissi e quindi è soggetta a forze orizzontali elevate (frenatura ed avviamento dei convogli).

Ne è derivata una forma singolare che risente anche della necessità di avere i pali su due sole file per rispettare i franchi dal piede dell'argine.

Il ponte strallato

È costituito da una campata centrale da 192 m e due campate di riva da 104 m. L'impalcato è una trave continua con appoggio fisso su una torre ed appoggi scorrevoli sull'altra e sulle pile di riva: ne discendono lunghezze dilatili di 296 e 104 m che richiedono giunti di rotaia.

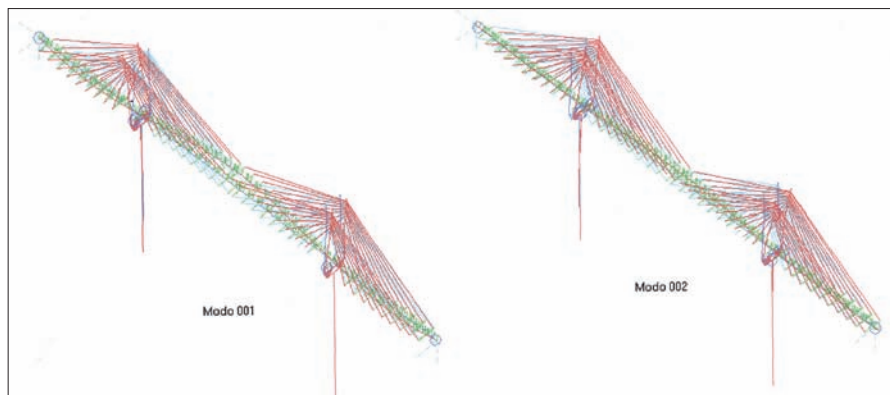
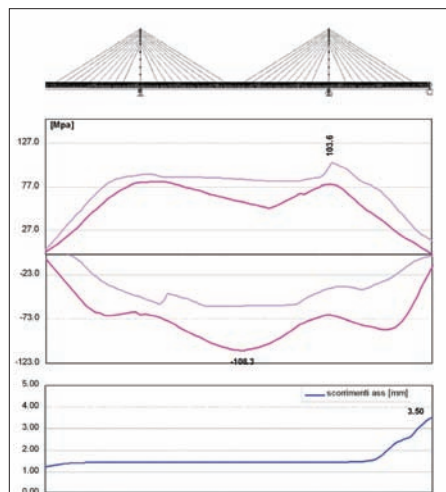
L'altezza dell'impalcato a cassone è costante nella campata centrale e pari a m 4.7 (L/40); variabile nelle campate di riva fino a portarsi a m 3.7 in modo da raccordarsi agli impalcato adiacenti.

In corrispondenza degli ancoraggi degli stralli si hanno setti trasversali precompressi. In questi tratti anche le anime esterne del cassone sono precomprese verticalmente con barre.

La larghezza complessiva è di m 15.7, superiore quindi di 2.1 m rispetto alla sezione corrente. Ciò consente di avere il piano degli stralli esterno ai sostegni della linea elettrica e con un franco molto elevato rispetto alla rotaia più vicina.

Le torri hanno una altezza complessiva di m 60, di cui m 51 al disopra dell'impalcato.

Sollecitazioni massime nelle rotaie e spostamenti relativi



I primi due modi di vibrazione del ponte strallato

La forma singolare della parte inferiore di queste antenne deriva dalla necessità di avere il basamento e la fondazione orientati secondo la corrente, per ovvii motivi idraulici, mentre la parte superiore deve essere normale all'asse dell'impalcato, cioè ruotata di 22° rispetto al basamento.

Nella parte superiore, ove sono ancorati gli stralli, le torri sono a struttura mista con una scatola interna in acciaio, cui è affidato il compito di assorbire le componenti orizzontali dei tiri negli stralli e la parte esterna in calcestruzzo cui vengono trasferite, attraverso i connettori, le componenti verticali.

Questa soluzione, ormai adottata in quasi tutti i ponti strallati di recente costruzione, ha il vantaggio di evitare l'ingorgo delle armature in una zona critica e di facilitare le operazioni di montaggio. Gli stralli sono formati da trefoli da 0.6" zincati e singolarmente protetti da grasso e guaina in p.v.c., collocati in numero variabile da 55 a 91 in un'unica guaina esterna in polietilene ad alta densità (HDPE) di colore grigio molto chiaro.

La guaina in HDPE era inizialmente prevista iniettata con malta di cemento, ma le prove di fatica eseguite hanno consigliato di eliminare queste iniezioni. Il singolo trefolo ha comunque ben quattro difese contro la corrosione: zincatura, grasso, viplatura e guaina in HDPE:

Gli stralli sono ancorati sia all'impalcato (da dove sono stati tesati) sia alle torri. Il doppio ancoraggio sulle antenne, pur se più costoso della sella, consentirà l'eventuale sostituzione di uno strallo

senza interrompere il traffico ferroviario. Le fondazioni sono costituite, per ciascuna torre, da una zattera opportunamente sagomata per motivi idraulici e poggiante su 28 pali da 2 m lunghi 65 m.

Criteri di progettazione

Oltre agli usuali criteri di progettazione prescritti dall'Eurocodice prEN 1991-2 per i ponti ferroviari con armamento su ballast, ITALFERR, nel suo ruolo di Alta Sorveglianza di tutte le opere in ogni fase di progettazione e costruzione, ha richiesto il rispetto di alcune norme più restrittive o non previste nella normativa Europea. Precisamente:

- Costruzione a conci degli impalcato in c.a.p. di scavalco degli argini: nelle sezioni di ripresa di getto tra concio e concio, nelle condizioni più severe di esercizio, si deve avere una compressione residua di almeno 0,5 MPa che sale ad 1 MPa se non si considerano gli effetti termici.

In ogni caso queste sezioni devono essere comunque attraversate da un dato quantitativo di barre di armatura ordinaria.

- Deragliamento di treni con rottura di stralli: si sono considerate due possibili scenari:

- il treno deragliato rompe due stralli consecutivi. In questa situazione il ponte deve rimanere in esercizio consentendo il transito di un treno "di progetto" sul binario adiacente agli stralli rotti e di un treno passeggeri (40 KN/m) sul-

l'altro binario, senza considerare gli effetti termici;

- il treno deragliato rompe tre stralli consecutivi. Il ponte deve rimanere in esercizio consentendo il transito di un solo treno "di progetto" sul binario adiacente agli stralli rotti, essendo l'altro scarico.

- Erosione del fondo alveo.

Anche in questo caso si sono considerati due scenari possibili.

Per la massima erosione valutata in 16 m, in corrispondenza di una piena con un periodo di ritorno di 500 anni, il ponte rimane in esercizio escludendo le azioni sismiche e considerando solo un binario caricato con il treno di progetto. In questo caso, pur essendo assicurata la sicurezza, non è garantito il comfort dei passeggeri poiché la struttura è molto deformabile.

Per uno scalzamento di 8 m, considerato "frequente", sono soddisfatti tutti gli Stati Limite di Esercizio ed Ultimi.

- Analisi Dinamiche

Si sono considerati tre differenti treni (ETR 500, TGV, ICE) conducendo le analisi in tre passi:

- un modello semplificato che considera solo forze in movimento ha consentito di individuare i casi più critici per velocità crescenti da 150 a 360 km/h;
- una analisi globale non lineare, considerando il comportamento dinamico dei veicoli, la loro massa e le irregolarità dei binari, ha consentito di valutare i coefficienti dinamici per i vari elementi strutturali nonché il comfort dei passeggeri;
- una analisi di interazione dinamica locale nelle zone prossime agli appoggi ed ai giunti ha infine permesso di controllare la sicurezza nei riguardi del deragliamento o del ribaltamento dei treni.

Queste ultime analisi sono state sviluppate solo per ETR 500 e per due velocità: 280 e 360 km/h (velocità di progetto) in collaborazione con la soc. C.R.M. di Milano.

La massima amplificazione dinamica del momento flettente in mezzera della

Vista 3



grande luce è risultato di 1,64 mentre quella della freccia, nella stessa sezione, di 1,45.

L'accelerazione di picco nella carrozza, per velocità di 360 km/h, è risultata essere di circa 1 m/s^2 ed è dovuta principalmente alle irregolarità del binario che sono presenti anche fuori dal ponte.

- Interazione binario-struttura. Poiché in queste analisi la deformabilità delle fondazioni gioca un ruolo importante, date le incertezze proprie in questa materia, i calcoli sono stati svolti per due valori limite di questa grandezza, considerando tutte le azioni variabili indicate dalla già citata norma prEN 1991-2.

- Analisi sismiche. Sono state condotte in campo elastico, linearizzando il modulo di elasticità di ciascuno strallo intorno al valore permanente del tiro, in accordo con l'EC8.

Si sono presi in conto i primi cinquanta modi di vibrare. Il modo fondamentale è chiaramente dovuto alla vibrazione verticale dell'impalcato mentre il secondo è correlato al suo spostamento longitudinale.

Come richiesto dalle Ferrovie Italiane alla massa dei carichi permanenti è stata aggiunta quella di due treni del peso di 80 e 40 kN/m, senza considerare però, sulla base di uno studio probabilistico, la contemporanea presenza dell'erosione del fondo alveo.

Stante la bassa sismicità considerata, le azioni sismiche non hanno influenzato il progetto delle varie membrature, fatta eccezione per alcune sezioni di sommità delle torri, mentre sono risultate rilevanti nel dimensionamento di appoggi e giunti.

Le prove sui modelli fisici Il monitoraggio del ponte

Sono state effettuate varie prove tra cui le più significative hanno riguardato:

- un segmento della struttura metallica posta in sommità della torre per l'ancoraggio degli stralli. Il modello, in scala reale, riproduceva l'ancoraggio dello strallo maggiore ed è stato sottoposto a prove di fatica (2 milioni di cicli) presso il Joint Research Center della Comunità Europea ubicato ad ISPRA;
- un modello di un concio di impalcato lungo 9 m (nella realtà) con gli ancoraggi inferiori degli stralli. Questo modello, in scala 1:2, è stato realizzato in cantiere ed è stato sottoposto a prove statiche applicando, attraverso martinetti, forze opportunamente scalate in corrispondenza degli ancoraggi;
- tre stralli completi di ancoraggio. Anche queste prove di fatica sono state condotte dal JRC;
- un modello di pila, completo di fonda-

Vista 4



zione, in scala 1:50 per valutare l'erosione del fondo alveo. Queste prove sono state svolte presso il laboratorio PROTECNO srl di Padova

È stato previsto un accurato monitoraggio dell'opera sia nelle varie fasi di costruzione che in esercizio, in modo permanente.

Sono stati disposti sensori atti a rilevare sia stati di sollecitazione e di deformazione che le temperature in vari punti, essendo quest'ultime molto influenti sul comportamento del ponte. Tutti i dati sono raccolti in una stazione di rilevamento posta all'interno dell'impalcato e, in futuro, saranno da qui inviati ad un unico centro posto a Bologna ove convergono tutti i dati della linea.

Modalità costruttive

Le fondazioni in alveo delle torri

La costruzione in alveo di questi due importanti manufatti è avvenuta secondo le seguenti fasi:

- vibroinfissione di palancole da pontone;
- costruzione su di esse di un impalcato provvisorio ed esecuzione dei pali dalle isole artificiali così costituite;
- scavo del fondo fino a circa 6 m sotto la quota alveo;
- getto di un tappo di fondo in calcestruzzo magro dello spessore di 4 m. Poiché il peso di questo tappo non era

sufficiente a contrastare le sottospinte in caso di massima piena, i pali avevano le camicie dotate di risalti in modo da chiamare in causa anche il loro peso;

- aggettamento dell'acqua: costruzione del plinto e del basamento dell'antenna fino alla quota di sicurezza di cui si è già detto.

Gli impalcati semplicemente appoggiati

Le tredici campate in golena destra sono state realizzate assemblando insieme quattro travi a doppio T prefabbricate e precomprese trasversalmente a livello inferiore per ottenere una sezione a cassone rigida torsionalmente.

La prefabbricazione è avvenuta su una piattaforma artificiale portata da pali al fine di rimanere al disopra della piena ordi-

Costruzione a sbalzo delle campate d'argine



naria che avrebbe potuto interessare il cantiere in questa fase.

Gli impalcati continui

Gli impalcati dei viadotti di scavalco degli argini e quello del ponte strallato sono stati costruiti a sbalzo per conci successivi gettati in opera.

Ciascun concio della campata principale pesava 2600 kN ed era lungo 4,50 m; essendo l'interasse longitudinale degli stralli di 9 m, un concio ogni due è interessato dall'ancoraggio di una fune.

La tipica sequenza di costruzione era la seguente:

- getto di un concio di strallo, precompressione provvisoria ed avanzamento carro;
- montaggio dello strallo corrispondente e sua prima tesatura;
- getto del concio senza strallo, precompressione provvisoria ed avanzamento carro;
- seconda tesatura dello strallo;
- getto del successivo concio di strallo etc.

La regolazione finale del tiro degli stralli è avvenuta a fine costruzione, dopo avere steso una prima parte di ballast.

Conclusioni

Il ponte strallato ferroviario sul Po, appena terminato, sarà il più importante del mondo nel suo genere, essendo interamente in calcestruzzo ed a servizio di una linea con velocità di progetto di 350 km/h.

Le realizzazioni esistenti (ponti sull'Honshu-Shikoku in Giappone, collegamento dell'Oresund tra Danimarca e Svezia), pur avendo luci maggiori, hanno impalcati a trave reticolare in acciaio ed i treni che li percorrono non sono ad Alta Velocità.

Il maggior costo rispetto ad una soluzione tradizionale con luci di circa 100 m è pertanto giustificato dall'importanza paesaggistica che l'opera riveste e dal ritorno che il nostro Paese ne trarrà sia come immagine che come acquisizione di nuove tecnologie. ■

Il ponte strallato sul torrente Parma

Paolo Galli - Professionista in Milano - P. Giorgio Malerba - Docente di Ponti, Politecnico di Milano - Paolo Sorba - A.I.Erre Engineering, Parma

1. La concezione della struttura

Nel tracciato della nuova viabilità esterna della Città di Parma, il ponte strallato dedicato ad Alcide de Gasperi collega la rotatoria di Via Langhirano con lo svincolo provvisorio sulla Strada degli Argini, scavalcando il torrente Parma. L'immagine usuale dei ponti a servizio della viabilità ordinaria è quella di travi su più campate che poggiano alle due estremità sulle spalle e, lungo lo sviluppo del ponte, su pile in alveo.

Nella valutazione di impatto ambientale, questo schema, semplice ed economico, si mostrava come una fascia massiccia che sbarrava il campo visivo, alterando l'immagine del torrente, esposta, in quella sezione, a più punti prospettici. A ciò si aggiungeva la necessità di realizzare adeguate fondazioni e pile nell'alveo di un corso d'acqua notoriamente mutevole e spesso impetuoso. Col ricorso ad uno schema strallato, l'azione di supporto esercitata sull'impalcato dalle pile, poteva essere realizzata dall'alto, mediante schiere di stralli, fatte convergere alla sommità di un'antenna che convogliava la risultante dei carichi alla fondazione.

Essendo il ponte asimmetrico, l'antenna doveva risultare inclinata, in modo da contrastare il tiro dei cavi verso l'impalcato sospeso. Tale contrasto fu realizzato in parte col peso stesso dell'antenna, in parte ancorandone la sommità ad un struttura di contrappeso, che realizza anche la spalla di accesso da Strada degli Argini.

2. Caratteristiche generali del ponte

Il ponte ha geometria asimmetrica, con unica antenna inclinata di 72° sull'orizzontale, alta 75,00m e lunga 79,00m (Fig. 1).

L'impalcato sospeso è suddiviso in due campate, la prima dal contrappeso Nord all'antenna, con luce di 40 m, la seconda, dall'antenna alla spalla sud, con luce di 130 m.

La superficie viabile è composta da due impalcati a sezione mista acciaio-calcestruzzo, larghi 11,40 m, separati da un varco centrale di 5,0 m e con larghezza totale di 27,8 m. Planimetricamente l'asse del ponte è circolare con raggio medio di 350,53m. Altimetricamente il profilo presenta una curvatura costante, di raggio 3000m. Trasversalmente i due impalcati sono allineati ed hanno una pendenza del 4,5%. Gli stralli sono disposti in configurazione a semiarpa (half-fan), con tracciati tra loro sghembi, data la geometria complessiva della struttura.

Il tratto di impalcato da 130 m è retto da sette ordini di stralli ($1 \times 4 + 6 \times 3 = 22$ stralli). Altri tre ordini di 11 stralli connettono l'antenna al contrappeso.

3. Le fondazioni

La spalla sinistra

La spalla in riva sinistra poggia su due file di 7 pali $\varnothing 150$ cm, lunghi 40,00 m.

Il setto portante in elevazione poggia su

di un plinto di 1,50m di spessore e si sviluppa in altezza seguendo l'inclinazione trasversale dell'impalcato.

La stessa parete fa da muro di sostegno al retrostante terrapieno della via di accesso. Per contrastare la spinta del terreno la parete è rinforzata da cinque contrafforti interni di forma triangolare. L'estradosso del setto portante è a gradoni orizzontali, sui quali sono impostati i 6 appoggi che fanno da vincolo verticale ai due impalcati. Al centro della sella è posto un incavo destinato a ospitare il rostro verticale che, collegato al traverso di impalcato, ne vincola gli spostamenti in direzione radiale.

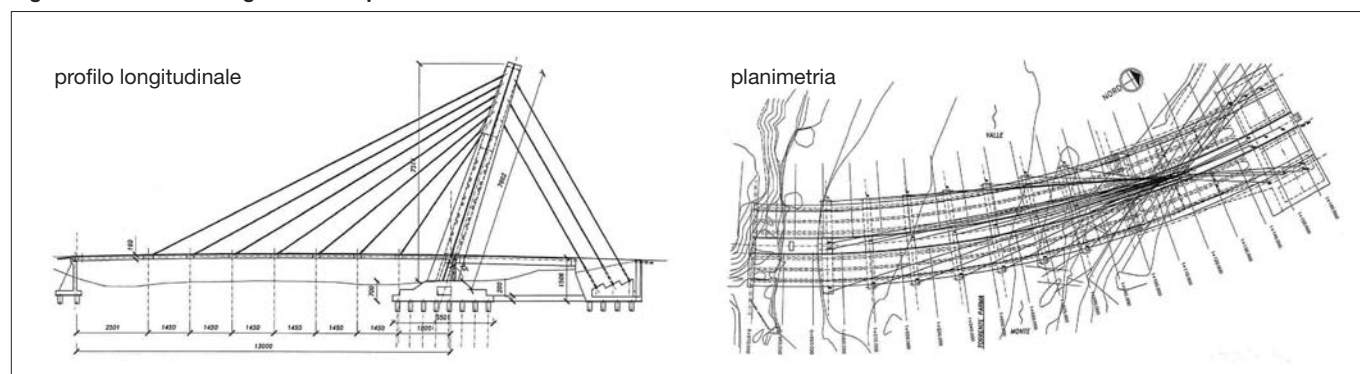
La fondazione dell'antenna

La fondazione dell'antenna è costituita da un reticolo di $6 \times 8 = 48$ pali $\varnothing 150$ cm, lunghi 37,40 m e disposti secondo una maglia quadrata, con passo relativo costante di 4,50 m. La base della fondazione ha pianta rettangolare, con lato di 35,00 m in direzione longitudinale, per 27,00 m in direzione trasversale. La sezione longitudinale è rastremata a gradoni. Nella zona centrale il blocco di fondazione è alleggerito da due vani prismatici e, verso il torrente, da un cunicolo di accesso alla camera dove sono alloggiati le testate inferiori dei cavi che precomprimono l'antenna.

La struttura di contrappeso

La struttura di contrappeso ha la funzione di ancorare a terra gli stralli di ormeggio che vincolano elasticamente la sommità dell'antenna, di realizzare il vincolo

Fig. 1 - Caratteristiche generali del ponte



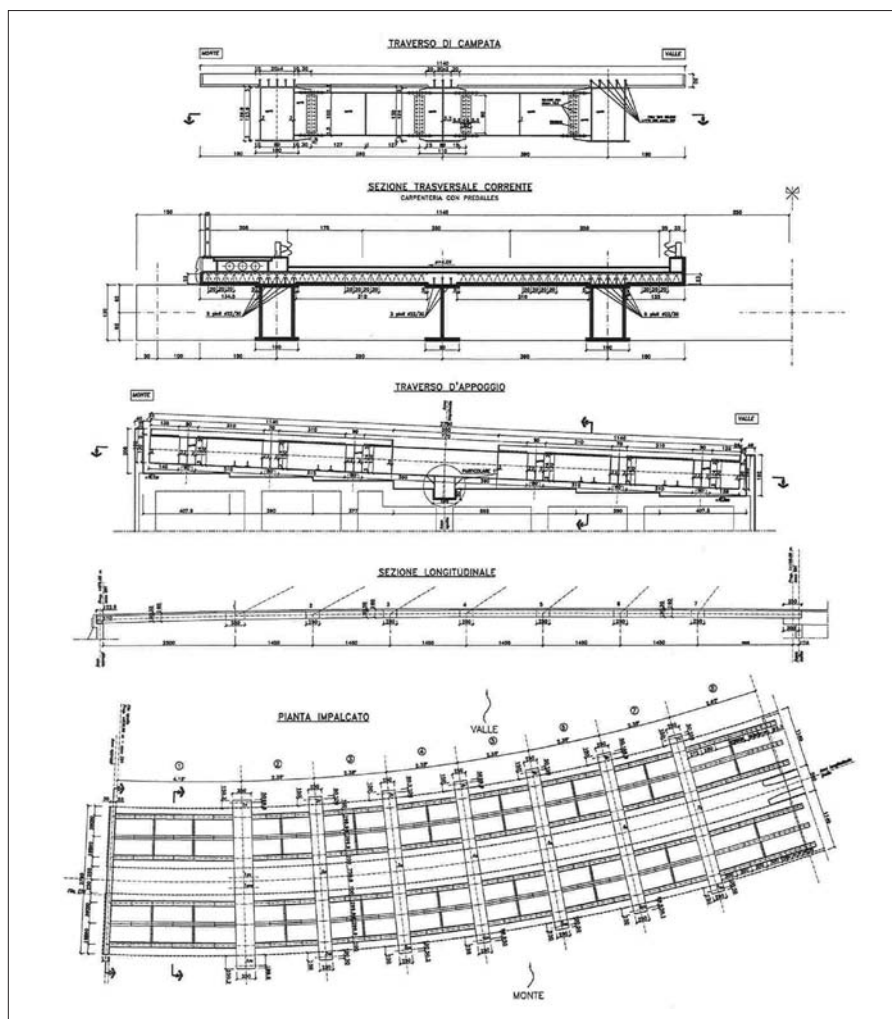


Fig. 2 - Pianta e sezioni dell'impalcato sospeso

di incastro per le travi metalliche che arrivano dall'antenna e di fare da spalla di accesso al ponte dalla Viabilità Nord. È una struttura di ampie dimensioni, per la quale è stato necessario calibrare attentamente volumi pieni e volumi vuoti. La fondazione è costituita da 24 pali 150cm, lunghi 37,40m.

Il plinto di base ha pianta trapezia e spessore di 1,50m. Verticalmente, il contrappeso si può considerare distinto in due parti: quella inferiore, la cui larghezza è stata dettata dalla necessità di divaricare il percorso dei cavi verso terra (in modo da ottenere un'efficace azione di contrasto alle azioni laterali agenti sull'antenna e di non interferire con la sagoma del traffico stradale), e quella superiore, interessata solo dal gruppo dei quattro cavi cen-

trali e dalle strutture di collegamento all'impalcato, larghe quanto l'impalcato stesso. Il contrappeso è suddiviso internamente in cinque volumi da quattro setti divisorie. Il soffitto dei vani vuoti è a gradoni perpendicolari alle direttrici di arrivo degli stralli.

Lo spessore dei soffitti è elevato (da 6,5 a 2,0m), sia per assolvere alle funzioni di zavorra, sia per sopportare, con adeguate superfici laterali di taglio, le risultanti delle azioni trasmesse dagli stralli.

Le strutture di collegamento

Un sistema strallato asimmetrico, con antenna inclinata e robustamente vincolata da stralli di ormeggio, scarica a terra un regime di intense forze orizzontali. Per limitare gli spostamenti relativi tra

contrappeso e antenna, si sono collegate le relative fondazioni con due travi pre-compresse, a livello dei solettoni di base.

4. L'Impalcato

L'impalcato è a sezione mista acciaio-calcestruzzo ed è composto da tre travi longitudinali, le due laterali con sezione a cassone e quella centrale con sezione a doppio "T" (Fig. 2). Le travi della campata strallata di 130m hanno altezza costante di 1,30m per circa 120m dalla spalla sud, poi hanno altezza variabile fino a 1,75m, in corrispondenza dell'appoggio intermedio sui setti in asse antenna. In questo tratto le travi sono collegate tra di loro da sette traversi a cassone, nei quali trovano alloggiamento i dispositivi di ancoraggio degli stralli. Nel retroponete da 40,00 m, dietro l'antenna, le travi hanno un'altezza variabile da 1,75 m, in asse antenna, a 2,75 m all'incastro, e sono collegate da tre traversi a doppio "T", con anima alleggerita a croce di Sant'Andrea. L'estradosso è realizzato da una soletta in calcestruzzo armato, di 30 cm di spessore. Soletta e travi sono resi collaboranti tramite connettori Nelson. L'impalcato in alveo è costituito da otto coppie di conci. In fase di montaggio è stato posato su quattro pile in corrispondenza dei traversi dispari (1, 3, 5, 7), saltando i traversi pari e facendo lavorare i tratti di impalcato tra i traversi appoggiati su luce doppia rispetto al loro passo di progetto, che è quello degli stralli. L'evoluzione degli schemi statico e di carico è stata oggetto di specifiche analisi strutturali.

5. L'Antenna

Il Corpo dell'Antenna

In senso verticale l'antenna è divisa in due parti, quella inferiore, realizzata in sette conci, interamente in calcestruzzo armato, e quella superiore, dove il castello metallico, che ospita gli ancoraggi degli stralli, è inserito tra due fasce laterali, ancora in calcestruzzo armato, che

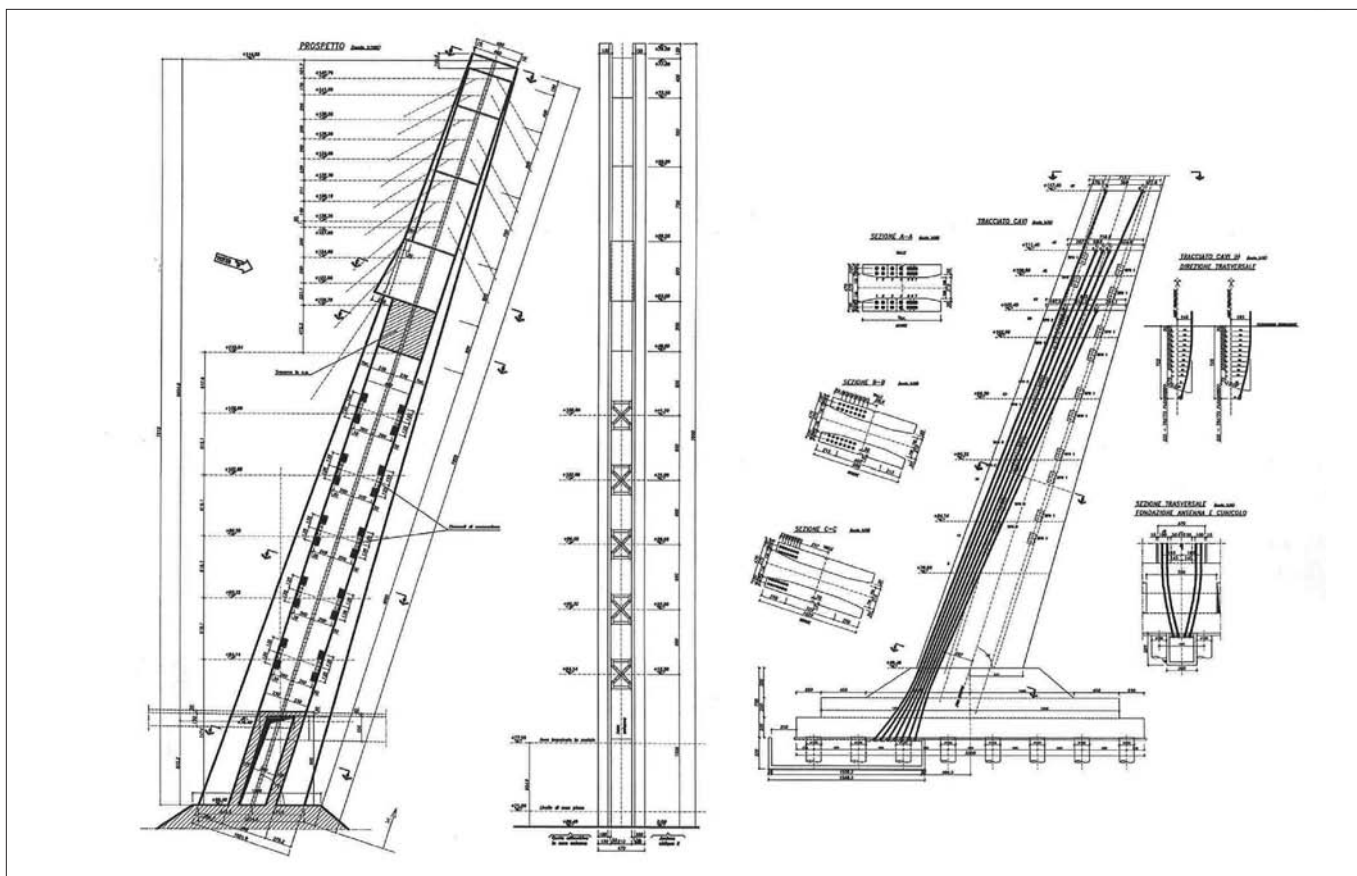


Fig. 3 - Viste e sezioni dell'antenna

danno aspetto filante ai prospetti da monte e da valle. La sezione corrente è stata sagomata con due lame in calcestruzzo armato precompresso rese collaboranti da elementi di collegamento trasversali. Il primo, costituito da due setti paralleli di 1m di spessore, si sviluppa su tutta l'altezza di 9,50m del concio "1". L'ultimo, superiore, è un blocco di calcestruzzo che si sviluppa per 5,00m ed è largo quanto il varco tra le due antenne. Su questo massiccio trasverso è stato successivamente posato ed ancorato il castello metallico. Nel tratto di antenna intermedio, il collegamento è affidato a elementi in acciaio, sagomati a crociera e disposti a coppie, con passo costante, lungo lo sviluppo dell'asse. Per un transitorio di diversi mesi l'antenna era un elemento isolato. Per contrastare l'eccentricità del peso proprio, si è fatto ricorso all'azione antagonista di cavi di precompressione, che, partendo dall'alto

sfalsati e con ridotta eccentricità, convergono gradualmente verso il lembo frontale inferiore delle due lame (Fig. 3).

Il castello degli ancoraggi

Il sistema di sospensione prevede stralli da 91 a 3 trefoli. Il valore massimo delle forze agenti negli stralli è di circa 1.200 tonnellate. Il valore medio è di 750 tonnellate. Forze con intensità così elevate e concentrate nell'area limitata che racchiude il gruppo di trefoli, richiedono adeguati sistemi di diffusione per poter essere trasmesse a tassi di lavoro accettabili al corpo dell'antenna in calcestruzzo. Il primo livello di diffusione è affidato agli ancoraggi in acciaio e riporta i tiri a piastre in acciaio di grosso spessore. Il secondo livello deve fare in modo che le risultanti agenti su queste piastre, ciascuna con una sua intensità ed eccentricità, vengano convogliate, da sistemi adeguatamente resistenti e rigidi, in as-

se antenna. L'azione di trasferimento è affidata a castelli metallici in grado di reggere sollecitazioni locali rilevanti con spessori e pesi più contenuti che non in analoghe soluzioni in calcestruzzo. In particolare, una soluzione in acciaio consente di realizzare in officina i complessi rinforzi locali e le diaframmature che provvedono a graduare questo meccanismo di trasmissione. Nel caso in esame, il castello degli ancoraggi è stato realizzato in officina, segmentato in quattro concetti, poi trasportati e montati sopra il trasverso di chiusura superiore.

I setti laterali

A fianco dell'antenna, e staccati di 15 cm dalle sue pareti laterali, si alzano due setti verticali, sui quali gravano i carichi verticali della sezione di continuità in asse antenna e le spinte orizzontali dovute all'azione degli stralli sull'asse curvo del ponte.

6. Il Sistema di strallatura

Il sistema di sospensione è costituito da 33 stralli, convergenti agli ancoraggi disposti nel castello in testa all'antenna e leggermente scalati in altezza. Il tratto di impalcato da 130m è retto da sette ordini di stralli, ancorati inferiormente ai traversi che collegano le due travi di impalcato. Il primo traverso, verso la spalla sud, è retto da quattro stralli, due alle due estremità e due in centro.

Gli altri sei traversi sono retti da tre stralli ciascuno. Sull'altro lato, verso nord, la testa dell'antenna è collegata direttamente al blocco di contrappeso da undici stralli.

7. I sistemi di vincolo

La geometria del ponte ha comportato uno schema di vincoli molto particolare e così composto:

(a) Sezione a filo del contrappeso: incastro. (b) Sezione sui setti in asse anten-

na: appoggi mobili bidirezionali e due denti di taglio contrastati in direzione radiale da due appoggi con piani di scorrimento verticali. (c) Sezione in corrispondenza al traverso sulla spalla sud: sei appoggi mobili bidirezionali ed un dente di taglio, contrastato in direzione radiale da un appoggio con piano di scorrimento verticale.

8. Le analisi strutturali

Il ponte è stato studiato con diversi modelli numerici. Sono stati analizzati in modo sistematico gli spostamenti e le caratteristiche di sollecitazione per peso proprio, carichi permanenti e carichi mobili in diverse combinazioni.

Sono stati determinati il valore di pretesione da assegnare agli stralli e la sequenza di tesatura ottimale.

Altre analisi specifiche hanno riguardato la stabilità delle antenne, gli effetti della pretesione nelle fasi transitorie, i dettagli costruttivi nelle zone diffusive, le azio-

ni e gli spostamenti sui dispositivi di appoggio.

9. Fasi costruttive

In opere di grandi dimensioni va affrontata anche la soluzione dei problemi legati alle fasi realizzative e transitorie, fino al completamento della struttura.

La realizzazione del ponte si è sviluppata con le fasi seguenti: (1) Fondazioni e spalla lato Sud. (2) Fondazioni antenna e spalla/contrappeso lato Nord. (3) Posa pile provvisorie in alveo. (4) Antenna e collegamento a tratti delle due lame dell'antenna mediante crociere metalliche. (6) Collegamento di chiusura in testa alle lame con il traversone in calcestruzzo armato. (7) Posa dei conci del castello metallico che alloggia gli ancoraggi superiori e avanzamento parallelo delle due lame in calcestruzzo, fino alla sommità. (8) Posa in opera delle travi dell'impalcato e saldatura in opera tra travi e traversi. (9) Realizzazione a segmenti

Fig. 4 - Assemblaggio delle travi di impalcato (foto Luca Piola)



Fig. 5 - Vista dell'impalcato finito dal castello di ancoraggio degli stralli



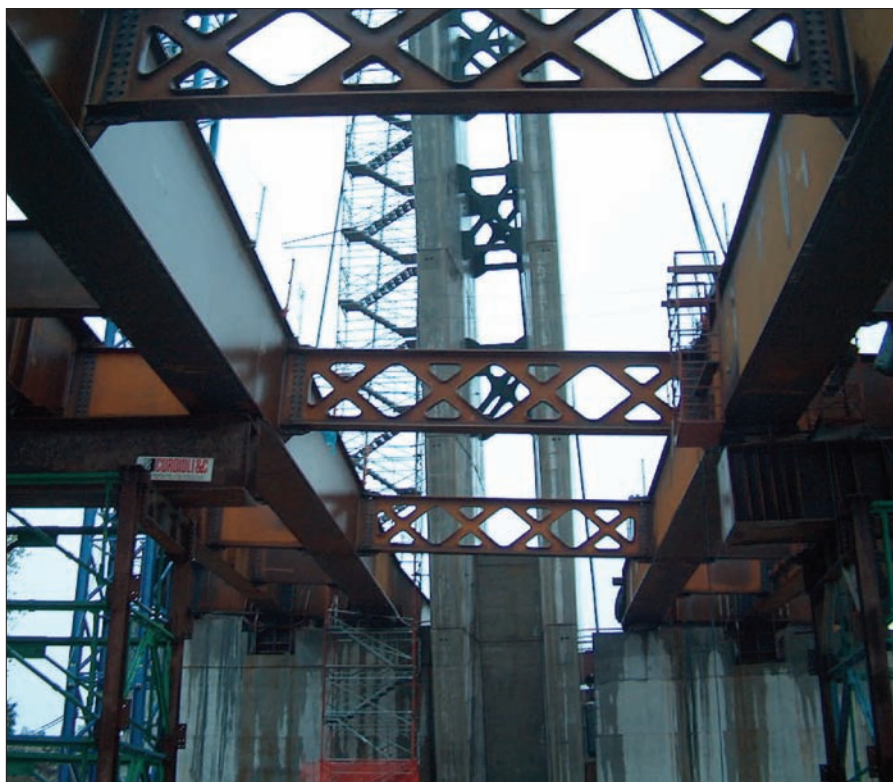


Fig. 6 - Retroponte e traversi di collegamento (foto Luca Piola)

della soletta di impalcato, completata in seguito con getti di sutura nelle zone soggette ad eventuali trazioni, con calcestruzzo additivato con fibre. (10) Prima tesatura degli stralli fino al recupero

della deformata conseguente ai carichi da peso proprio. (11) Tesatura finale degli stralli fino al recupero della deformata conseguente ai carichi permanenti. (12) Opere di finitura.

Fig. 7 - Vista da monte dell'opera finita (foto Luca Piola)



10. Controlli e misure

In fase di realizzazione sono stati effettuati tutti gli usuali controlli sui materiali e sui procedimenti costruttivi.

Le parti saldate sono state controllate con prove magnetoscopiche e con ultrasuoni.

Un campione di strallo con 55 trefoli da 0,6", è stato provato a fatica pulsante fino a 2×10^6 cicli e poi portato a rottura. Sistematici rilievi topografici hanno tenuto sotto controllo l'allineamento dell'antenna e la regolarità delle quote dell'impalcato.

L'operazione di tesatura di tutti degli stralli è durata circa dieci giorni per ciascuna delle due fasi (prima e seconda tesatura). L'effetto della tesatura è stato controllato indirettamente per via topografica.

Un controllo diretto è stato effettuato sugli stralli, verificando, contestualmente alla seconda tesatura, il raggiungimento dei valori previsti al termine della prima. Nella sua vita di esercizio il comportamento del ponte è seguito da un sistema di sensori che misurano i principali parametri meccanici ed ambientali. L'acquisizione dei dati è affidata ad un sistema computerizzato.

Imprese

Il Ponte è stato costruito dall'Associazione Temporanea con Capogruppo l'Impresa Ing. Nino Ferrari di La Spezia e con Mandante la Soc. Cordioli & C. di Valeggio s/M, che ha realizzato le carpenterie metalliche.

Bibliografia:

Ponte De Gasperi, dai bozzetti all'opera finita, a cura di P. Giorgio Malerba, fotografie di Luca Piola, Monte Università Parma (MUP) Editore, Parma, 2006.

Ringraziamenti

Questo articolo è dedicato alla memoria di Francesco Martinez y Cabrera, docente di Teoria e Progetto di Ponti al Politecnico di Milano, cui si deve la concezione di quest'opera, ed alla memoria del Dott. Ing Fabrizio Fabbri che le diede avvio con passione e competenza. ■

Contatti con gli Autori: Pier Giorgio Malerba: malerba@stru.polimi.it

Recenti sviluppi nell'ambito dei ponti strallati

Enzo Siviero, Tobia Zordan, Bruno Briseghella

Università IUAV di Venezia, Dipartimento di Costruzione dell'Architettura

1. Considerazioni introduttive

L'origine dei ponti strallati si perde in secoli lontani. L'utilizzo di funi vegetali ricavate in natura per sostenere percorsi sopraelevati può infatti essere a buon titolo considerato come un procedimento antico e riconducibile al concetto moderno di struttura strallata (fig.1).

Tuttavia, lo sviluppo tipologico che ha portato alla configurazione di questa famiglia di strutture, così come presente oggi nell'immaginario collettivo, ha avuto sviluppi relativamente recenti e legati all'utilizzo dei cosiddetti materiali moderni e ai progressi nel campo della



Fig. 1 - Un esempio di ponte strallato realizzato "artigianalmente" con materiale vegetale

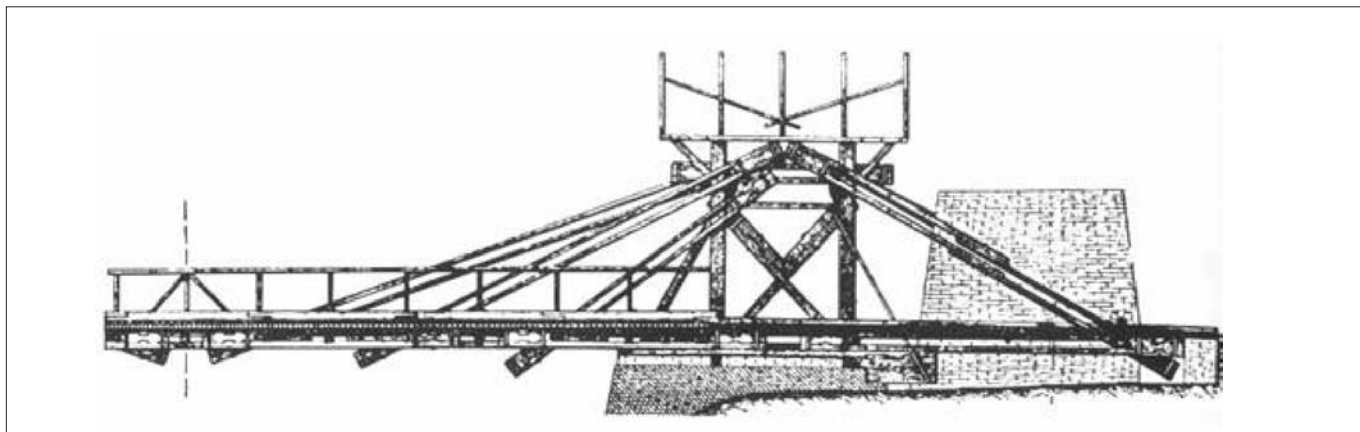


Fig. 2 - Il ponte strallato interamente in struttura lignea progettato da Immanuel Löscher nel 1784

Scienza e della Tecnica delle Costruzioni.

Il primo ponte strallato per cui si abbia testimonianza di una progettazione a livello teorico, nel 1784 (fig. 2), è attribuibile a Immanuel Löscher [1].

Le strutture strallate, analogamente a quelle sospese, sono associate all'idea moderna di "grande luce". Tale idea, sinonimo da sempre di impresa al limite delle capacità e delle conoscenze umane, è un concetto estremamente relativo e in rapido divenire [2]; infatti, superare con la campata centrale di un ponte strallato i 1000 m di luce è oggi realtà mentre, fino alla metà del secolo scorso, riuscire a coprire anche "solo" un quarto di tale distanza era considerata un'impresa [3].

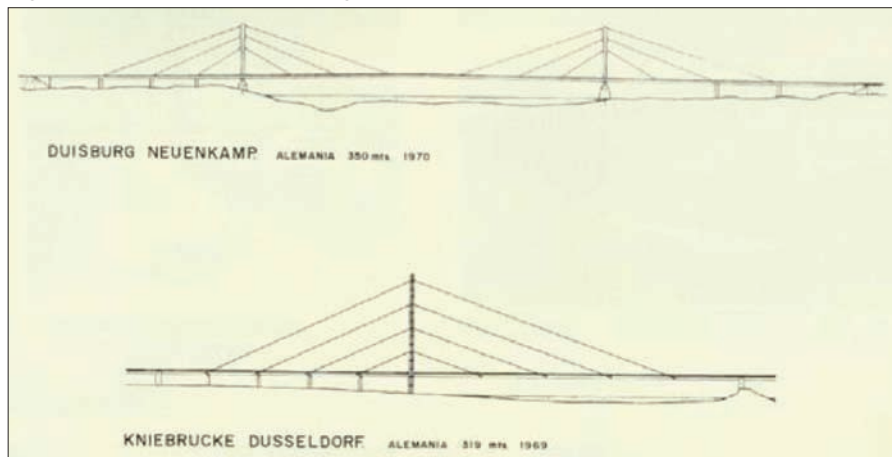
L'idea moderna di ponte strallato vede

la presenza di strutture cosiddette di "prima" e "seconda" generazione.

Rientrano nella prima categoria, così come evidenziato in fig. 3, ponti carat-

terizzati da impalcati rigidi e un numero ridotto di stralli [3], mentre fanno parte della nuova generazione quelli caratterizzati da impalcati flessibili sostenuti

Fig. 3 - Ponti strallati della prima generazione



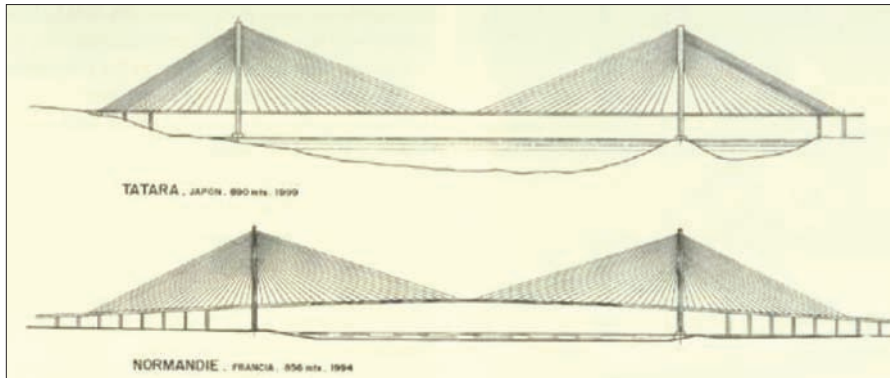


Fig. 4 - Ponti strallati della seconda generazione che hanno detenuto il record mondiale di luce

da stralli numerosi e ravvicinati (fig. 4). Quello del ponte strallato, costituisce uno dei temi più complessi nell'ambito dell'ingegneria strutturale, il cui svolgimento vede sempre la compartecipazione di diverse sinergie e specializzazioni fortissime.

Parlare di recenti sviluppi nell'ambito dei ponti strallati significa oggi e diversamente da pochi anni fa, nel panorama mondiale, guardare con estrema attenzione verso il grande orizzonte Cinese dove stanno nascendo i ponti che detengono alcuni tra i record più significativi in termini dimensionali.

Il ponte con la maggiore luce della campata centrale è infatti in costruzione non lontano da Shanghai ad un centinaio di chilometri dalla foce del fiume Yangtze. I caratteri essenziali di questo ponte, il Sutong bridge, capace di superare con

un certo margine i precedenti record detenuti prima dai Francesi con il Pont de Normandie [4] e in seguito dai Giapponesi con il Tataru Bridge, saranno presentati nel seguito.

La tipologia strallata è però, negli ultimi anni e soprattutto grazie all'ausilio degli strumenti di calcolo automatico e dei programmi agli elementi finiti, oggetto di sperimentazione formale. Così, casi di strutture fortemente asimmetriche, con piloni inclinati ed impalcati in curva, non rappresentano più rare eccezioni.

Esempi noti sono, tra gli altri, il Rhine bridge vicino a Schaffusa, in Svizzera [5], il Safti Link bridge a Singapore, il Katsushika bridge in Giappone e i ponti gemelli dell'aeroporto Internazionale di Malpensa a Milano [6-7].

Nell'ambito dei ponti strallati con impalcato in curva, dall'inizio del 2007 è

aperto al traffico il nuovissimo ponte nella "darsena rimorchiatori" di Porto Marghera a Venezia, progettato da un gruppo guidato dalla Jean Müller International nell'ambito di un concorso Internazionale di progettazione bandito dall'Ente Porto Veneziano. Si tratta di un'opera estremamente importante, che nel panorama Italiano detiene alcuni record relativi alla lunghezza dell'impalcato e all'altezza dell'antenna, inclinata rispetto alla verticale.

Di questo ponte, degnissimo rappresentante di una generazione "innovativa" ed estremamente interessante di ponti strallati, e come precedentemente già anticipato per il "Sutong", nuovo record mondiale di luce, verranno presentate in seguito ed in estrema sintesi le caratteristiche salienti.

2. Il Sutong bridge

Il Sutong bridge (fig. 5) si trova nel sud-est della provincia di Jiangsu, a un'ora di macchina verso est da Shanghai. Attraversa il fiume Yangtze che ha, nel tratto interessato, una larghezza di 8 km collegando le città di Nantong e Suzhou.

Il layout generale del ponte, con le dimensioni principali della parte strallata, è presentato in fig. 6.

La campata principale che, come detto in precedenza con i 1088 m di lunghez-

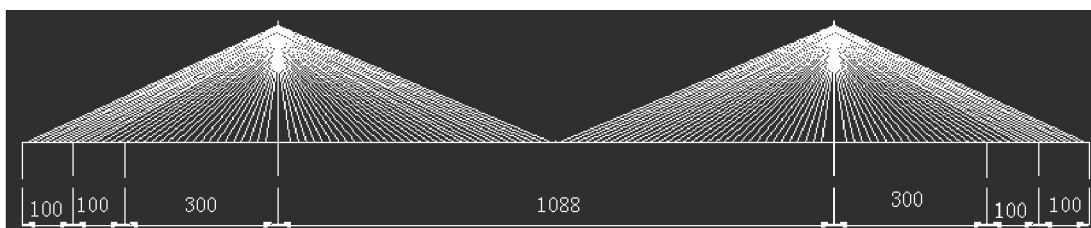


Fig. 5 - Il nuovo record mondiale di campata strallata: il Sutong bridge sul fiume Yangtze, in Cina

Fig. 6 - Il layout della porzione strallata del Sutong bridge

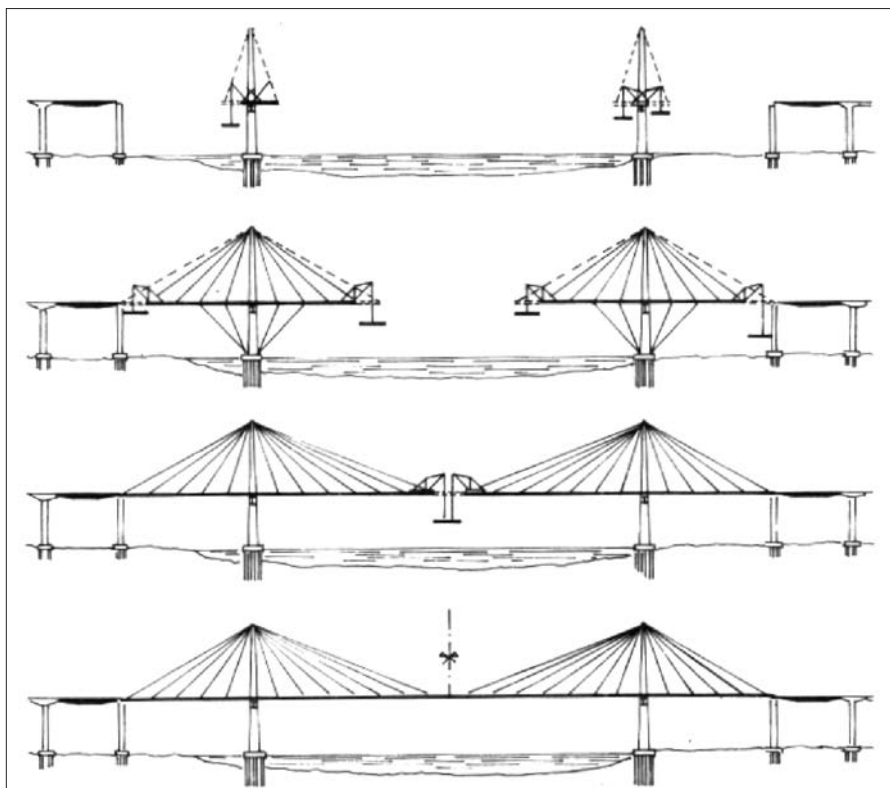


Fig. 7 - Tipico schema di montaggio a sbalzo [2]

za costituisce il nuovo record mondiale, è sostenuta piloni cavi in calcestruzzo armato di altezza massima pari a 306 m sul livello medio del fiume. L'impalcato è costituito da cassoni metallici a lastra ortotropa.

Lo schema di montaggio, è quello classico per questo tipo di opere: con avanzamento a sbalzo e montaggio di conci prefabbricati (fig. 7). Un'immagine delle fasi di sollevamento di un coniglio metallico prima del posizionamento e succes-

siva saldatura in opera è presentato in fig. 8.

Le eccezionali dimensioni del ponte porteranno alla realizzazione di sbalzi massimi, nelle fasi precedenti al collegamento dei due semi-impalcati strallati, di lunghezza superiore ai 500 m in un'area geografica soggetta al periodico passaggio di uragani.

Ciò ha comportato la redazione di piani di emergenza particolarmente articolati e la valutazione di scenari di rischio estremamente complessi.

La valutazione dei carichi indotti sulla struttura dal vento, anche in casi di situazioni atmosferiche non eccezionali, gioca un ruolo di fondamentale importanza per questo tipo di opere e nella fattispecie, per il ponte in esame, è stato oggetto di attenti studi e sofisticate simulazioni condotte nella galleria del vento dell'Università di Tongji-Shanghai su un modello fisico in scala della struttura[8], come evidenziato in fig. 9.

Fenomeni di instabilità aerodinamica derivanti da oscillazioni autoeccitate causate dal distacco dei vortici sono stati scongiurati con la corretta profilatura aerodinamica della sezione trasversale e con il posizionamento di appositi deflettori su parapetti e guardrails.

Possibili collisioni tra navi mercantili alla

Fig. 8 - Vista dalla testa dell'antenna a 306 m d'altezza



Fig. 9 - Prove aerodinamiche in galleria del vento





Fig. 10 - Vista delle fondazioni con le zone deputate all'assorbimento di eventuali urti con navi

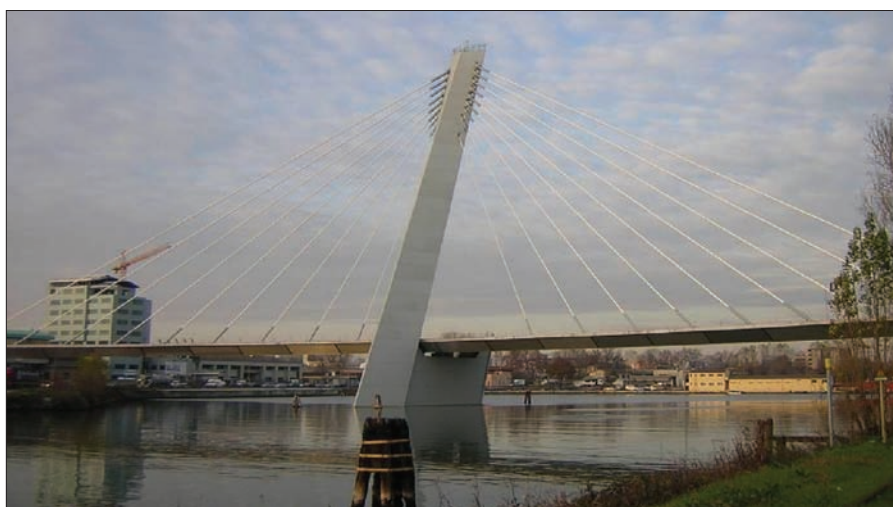


Fig. 11 - Vista del ponte sul canale ovest nel porto commerciale di Venezia



Fig. 12 - La parte metallica dell'impalcato durante il trasporto verso il ponte

base della pila del ponte sono state valutate con appositi modelli che hanno portato alla realizzazione di strutture di difesa per la dissipazione dell'energia d'urto attorno alle fondazioni (fig. 10). Il progetto dell'opera, come sempre avviene in questi casi, è stato redatto da un gruppo di lavoro coordinato dal Dipartimento di Progettazione di Ponti

presso la Facoltà di Ingegneria dell'Università di Tongji. Gli studi fatti hanno portato a un costante e progressivo aggiornamento dell'ipotesi progettuale iniziale affrontando di volta in volta tutti i problemi riscontrati nelle fasi di progetto. La difficoltà del cantiere in opere come questa comporta, più che in altri casi, il

necessario aggiornamento dell'opera in tempo reale.

Per far questo, gruppi di ingegneri, ricercatori e squadre di disegnatori sono all'opera quotidianamente durante i lavori di costruzione del ponte che fino al suo completamento rimane un oggetto in divenire ed in continua maturazione. Una volta terminato il Sutong bridge costituirà una presenza fortemente caratterizzazione per il territorio. Le sue antenne saranno visibili da molti chilometri di distanza formando una sorta di elemento ordinatore, un punto di riferimento per un vasto intorno e il simbolo di una grande e popolosa area geografica caratterizzata da un'impressionante crescita economica.

3. Il ponte sul Canale Industriale ovest di Porto Marghera a Venezia

Il nuovo ponte strallato nel porto commerciale di Marghera a Venezia, è caratterizzato da un impalcato strallato su due campate con andamento planimetrico curvilineo e da un'antenna inclinata e aggettante al di sopra della sede stradale in corrispondenza dell'appoggio tra le due campate (fig. 11). Queste misurano rispettivamente 105 e 126 m di lunghezza e presentano un raggio di curvatura costante nel piano orizzontale pari a 175 m.

L'impalcato, in struttura mista acciaio-calcestruzzo, è collegato alla testa dell'antenna da 9 stralli per campata.

La sezione trasversale del ponte, di larghezza complessiva pari a 23.7 m, è composta da tre travature metalliche: quella centrale costituita da un cassone scatolare e le due laterali realizzate con profili a sezione aperta (fig.12). Al di sopra di queste è posta una soletta collaborante di spessore pari a 30 cm (fig.13). L'impalcato è continuo sull'appoggio intermedio e in corrispondenza di questo sono assorbite le azioni torcenti trasmesse dal cassoncino scatolare centrale.

L'ingombro verticale totale della sezione trasversale è pari a 3 m.

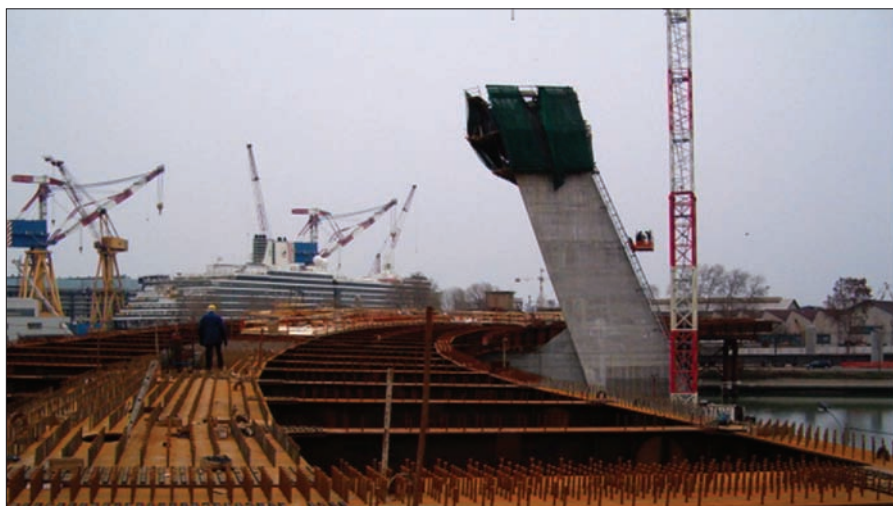


Fig. 13 - L'estradosso dell'impalcato prima del getto della soletta collaborante

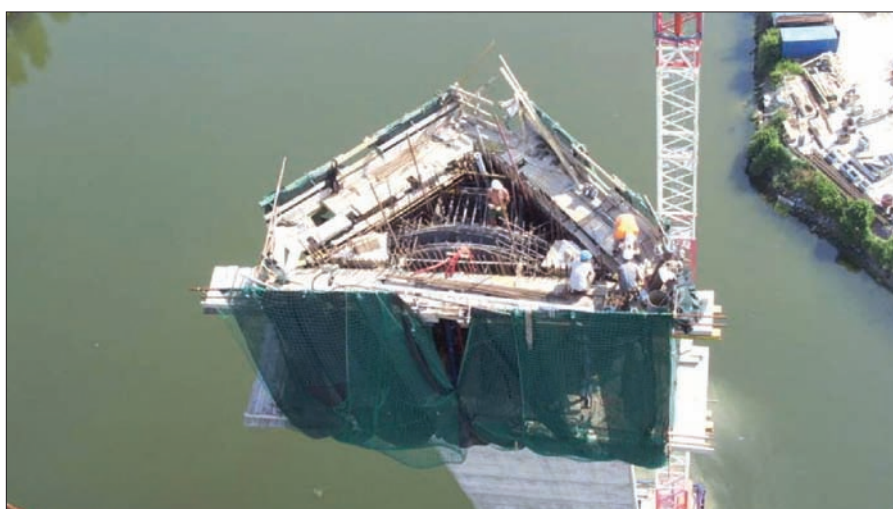


Fig. 14 - La testa dell'antenna con la caratteristica forma triangolare

La particolarità del layout della struttura ha richiesto monitoraggi dettagliati delle fasi costruttive e il confronto con accurati modelli di calcolo. E' inoltre stato installato un sistema di monitoraggio permanente SOFO® a fibre ottiche all'interno della struttura del ponte. Tale sistema, pensato sia per il controllo della risposta statica sia per quella dinamica, servirà a fornire dati utili a comprendere l'evoluzione della risposta strutturale nel tempo.

L'antenna, in calcestruzzo armato pre-compresso gettato in opera, ha una sezione trasversale di forma triangolare rastremata verso la sommità (fig.14). La precompressione introdotta nell'antenna ha lo scopo di ricentrare la risultante degli sforzi derivanti dai carichi permanenti strutturali e portati.

Come nel caso del Sutong bridge descritto in precedenza il nuovo ponte sul Canale Ovest nel porto commerciale di Venezia, seppure in scala ridotta e con caratteristiche estremamente diverse, è

concepito per essere il punto di riferimento formale e il simbolo di un'intera porzione di città. Questo è sicuramente accentuato dalla cura e dall'attenzione riposte nella modellazione formale dell'opera. La base dell'antenna, sagomata come una grande prua di una nave, e il dinamismo dell'impalcato curvo e dell'antenna che sembra controbilanciarne l'andamento in un gioco di difficili equilibri, conferiscono all'opera caratteristiche qualitative complessive fuori dal comune.

4. Conclusioni

Il progetto di un ponte strallato non può essere confinato nell'ambito della pura tecnica, ma coinvolge, oltre che a rilevanti aspetti economici, anche aspetti politici, sociali, psicologici e non da ultimo formali.

Fin dalla sua introduzione, il ponte strallato, così come quello sospeso, ha rappresentato un'icona di progresso e un

simbolo di pace.

Queste connotazioni sono oggi, grazie alle possibilità offerte dai nuovi materiali da costruzione e dagli strumenti di calcolo più sofisticati, quanto mai marcate.

Gli esempi portati all'interno del presente articolo, seppur con caratteristiche diverse e relative al nuovo record mondiale di luce per una campata strallata e ad uno degli esempi di questo tipo di strutture più significativi costruiti in Italia, ben rappresentano la caratteristica dominante del ponte strallato, quella presente nell'immaginario collettivo. Questa non è certamente legata all'aspetto tecnico, ne tanto meno alle difficoltà incontrate e superate durante le fasi di progettazione e realizzazione. Contrariamente è determinata dalla leggerezza e dall'armonia delle forme, aspetti però inscindibili e intrinsecamente derivanti dai vincoli imposti dal tentativo di spingere i limiti delle umane possibilità in questo campo sempre un passo più in là.

Bibliografia

- [1] Petrangeli, M., P., *Progettazione e Costruzione di Ponti*, Masson Editore, Milano, 1996.
- [2] De Miranda, F., *I ponti strallati di grande luce*, Edizioni Scientifiche Cremonese, Roma, 1980.
- [3] Troyano, L., F., *Tierra sobre el agua, Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos*, Madrid, Spagna, 1999.
- [4] Virlogeux M., *Recent evolution of cable-stayed bridges*, "Engineering Structures", 21, 1999, pagg. 737-755.
- [5] Deger, Y., Cantieni, R., Desmet, C., A., M., and Felber, A., J., *Finite element model optimization of the new Rhine bridge based on ambient vibration testing*, "Proc. Eurodyn '96", 1996: pagg. 817-822.
- [6] Martinez y Cabrera, F., Imparato, V., *Access bridges for Milan's Malpensa 2000 air station*, "L'Industria Italiana del Cemento", LXX, 1999, pagg. 634-661.
- [7] Gentile, C., Martinez y Cabrera, F., 2004, *Dynamic performance of twin curved cable-stayed bridges*, "Earthquake Engineering & Structural Dynamics", 33, 2004: pagg. 15-34.
- [8] Chen, A., Zhang, X., *Structural Design of Sutong Bridge*, "Le Strade", n. 3 Marzo 2007. ■

Premio Trasporti & Cultura

Nel corso del convegno *Grandi opere di Ingegneria e architettura* si è svolta la cerimonia conclusiva del *Premio Trasporti & Cultura*, giunto alla 5ª edizione.

Il Premio, organizzato dall'omonima rivista fondata da Laura Facchinelli nel 2001 a Verona, ha la finalità di individuare le opere di saggistica che affrontano il tema dei trasporti in senso multidisciplinare, con particolare attenzione alle infrastrutture nel paesaggio. Alla cerimonia conclusiva, che ha visto la proclamazione dei vincitori, sono intervenute: Claudia Robiglio, docente di Geografia all'Università di Verona, Paola Marini, direttore del Museo di Castelvecchio e presidente della giuria del Premio, Laura Facchinelli, direttore responsabile della rivista *Trasporti & Cultura*.

Il mondo della rivista Trasporti & Cultura

Claudia Robiglio

Mi è stato chiesto di parlare dei cinque anni del Premio *Trasporti & Cultura*. Intorno a questa rivista, della quale sono già usciti 15 numeri, gravita un mondo. *Trasporti & Cultura* si configura come multidisciplinare perché i contributi vanno dalla Storia dei Trasporti, all'Architettura, all'Urbanistica, alla Geografia...; ci sono riflessioni su come le infrastrutture si inseriscono nel paesaggio e sui mutamenti sociali indotti. Anche la psicologia dà degli apporti in vario modo collegati alle tematiche della rivista stessa; aspetti tutti anche palesemente enunciati nei bandi delle 5 edizioni del premio.

Sfogliando i 15 numeri tematici finora usciti si può vedere come vi abbiano partecipato sia persone del mondo accademico sia delle libere professioni e delle imprese.

Due parole sul premio. Fin dalla prima edizione del 2002, il premio prende in considerazione opere di saggistica volte allo studio del tema dei trasporti secondo due filoni.

Il primo il filone tiene conto soprattutto



delle ricerche specialistiche universitarie. Chi, come me, ha fatto parte della giuria ha potuto apprezzare quante ricerche vengono finanziate dal Ministero dell'Istruzione dell'Università e della Ricerca Scientifica, MIUR; e ha inoltre visto quanto si muove intorno alle ricerche finanziate dall'Unione Europea (Interreg ecc.). A volte le infrastrutture, in queste pubblicazioni, entrano massicciamente, a volte entrano *a latere*, e comunque sempre con attenzione alle opere dell'uomo, opere spesso di grande rilievo, oppure minute, ma che toccano la nostra vita ogni giorno.

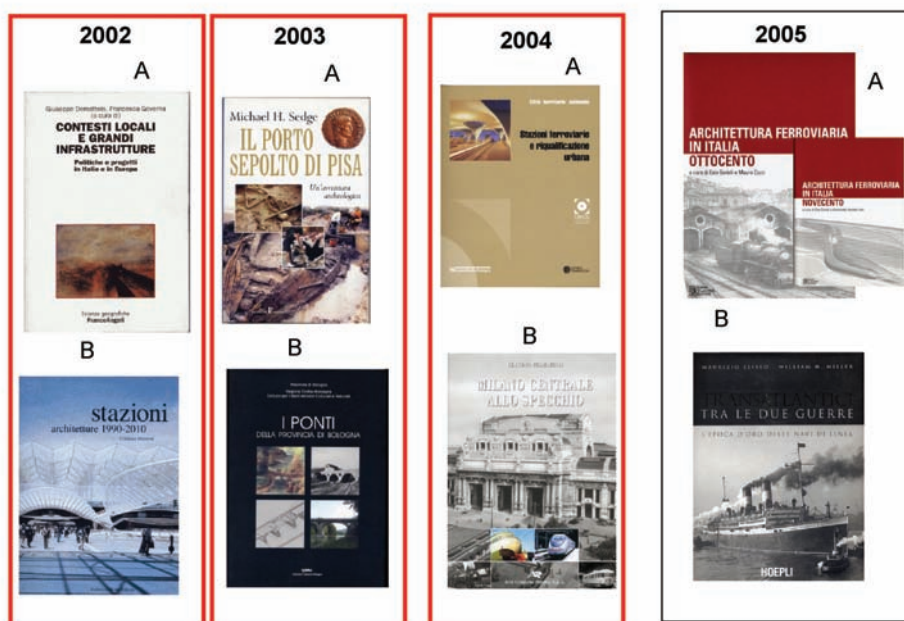
Il secondo filone è quello dei volumi di "alta divulgazione", e uso questo termine in modo molto riguardoso per quelle che vengono definite opere di divulgazione.

In questi cinque anni, delle persone che hanno fatto parte della giuria, alcune si sono alternate, altre hanno rappresentato la continuità. Voglio qui ricordare i loro nomi, per dare un'idea sia della continuità e sia della diversificazione disciplinare, sia ancora delle molteplici aree di interesse di chi ha svolto questo compito con impegno, spirito di collaborazione e senso di responsabilità verso il lavoro degli autori, nel leggere ed apprezzare i loro libri.

Quest'anno ci siamo trovati in mano 18 volumi da leggere in due mesi: un compito stimolante, ma al tempo stesso faticoso.

Ed ecco i nomi dei componenti della giuria nelle cinque edizioni del Premio:

- nel 2002, la giuria, presieduta da Umberto Galimberti dell'Università Ca' Foscari di Venezia, comprendeva: Roberto Bernardi, direttore del Dipartimento di Discipline Storiche, Artistiche e Geografiche dell'Università di Verona, Laura Facchinelli, direttore responsabile della rivista *Trasporti & Cultura*, Giuseppe Goisis, docente dell'Università Ca' Foscari di Venezia e scrittore, Serena Maffioletti, architetto, ricercatrice universitaria presso lo I.U.A.V. di Venezia;
- nel 2003, sempre con Umberto Galimberti come presidente, restavano - oltre a Laura Facchinelli, che è anche l'organizzatrice dell'iniziativa - Roberto Bernardi, Giuseppe Goisis e Serena Maffioletti, mentre entravano Cesare Surano docente di Economia dei Trasporti, Università di Verona e Nico Ventura, docente di Design, Politecnico di Milano;
- nel 2004, svolgeva le funzioni di presidente Eugenio Turri geografo, docente universitario e saggista; rimanevano Facchinelli, Goisis e Surano e si affacciavano tre nuovi membri, provenienti da esperienze differenti: Rinio Bruttomesso, direttore del Centro Internazionale Città d'Acqua di Venezia; Marco Pasetto, del Dipartimento di Costruzioni e Trasporti, Università di Padova; Maria Giovanna Reni, Presidente della sezione italiana della Union Internatio-



- nale des Femmes Architectes - SIUIFA;
- nel 2005, accedeva con la funzione di presidente Fulvio Roiter, fotografo, autore di pubblicazioni sul paesaggio; come membri ancora Bruttomesso, Facchinelli, Goisis, Pasetto e Surano ed entrava come un nuovo membro la sottoscritta Claudia Robiglio, docente di Geografia, Università di Verona.
- nel 2006, la quinta edizione risulta così costituita: Paola Marini, direttore del Museo di Castelvecchio di Verona (presidente); rappresentano la continuità: Rinio Bruttomesso, Laura Facchinelli Marco Pasetto, Claudia Robiglio e Cesare Surano, mentre entra nella giuria Cesare Stevan, Prorettore del Politecnico di Milano, sede regionale di Mantova, docente di Economia dei Trasporti.

La premiazione della 5ª edizione ha luogo nel convegno odierno, che fa seguito - sempre in questa sede - a quello del 2005, dal titolo *Deontologie per il paesaggio*: sottolineo che il tema sviluppato in quel convegno è proseguito con una giornata di studio all'Università IUAV di Venezia, successivamente con un convegno a Udine e troverà un'ulteriore tappa - nei prossimi mesi del 2007- a Mantova con *Il Paesaggio nell'era del mutamento. Un problema deontologico*. Anche il convegno di oggi ci pone di fronte alla richiesta, che riguarda tutti, di responsabilità verso il paesaggio.

Si è voluto che il convegno si svolgesse in questa sala dedicata al prof. Gino Barbieri, storico di chiara fama: sala importante di un palazzo urbano che ha una lunga storia, Palazzo Giuliani, ora sede del Rettorato e di molti uffici amministrativi dell'Università di Verona. Vorrei soffermarmi, per un momento, anche sui luoghi della premiazione, e quindi sul contesto nel quale si è svolto il convegno annuale a tema, organizzato dalla rivista *Trasporti & Cultura* con il Collegio degli Ingegneri e degli Architetti della provincia di Verona, che annualmente ospita il Premio.

- 2002 villa Vecelli Cavriani (Mozzecane), convegno *L'architettura nei trasporti. Forme, funzioni, tecniche costruttive: le scelte del passato, le odierne istanze progettuali*;
- 2003 Università di Verona, convegno *I trasporti, un percorso multidisciplinare*;
- 2004 Università di Verona, convegno *Metropolitane e tranvie. Tecnica, funzionalità, architettura nei trasporti urbani su rotaie*;
- 2005 Sala Barbieri Università di Verona, convegno *Deontologie per il paesaggio. Modalità del costruire, diritti della collettività*;
- 2006 Sala Barbieri Università di Verona, convegno *Grandi opere di ingegneria e architettura. Progettare la complessità nell'era del computer*.

Ed ecco una rassegna dei libri premiati per avere una visione di sintesi di questi ultimi anni nella Categoria A, quelli legati a ricerche scientifiche, anche universitarie e, nella Categoria B, i libri di alta divulgazione:

- 2002 - Sezione A: *Contesti locali e grandi infrastrutture. Politiche e progetti in Italia e in Europa*, a cura di Giuseppe Dematteis e Francesca Governa, geografi, Franco Angeli; Sezione B: *Stazioni. Architetture 1990-2010*, di Cristiana Mazzoni, Federico Motta Editore;
- 2003 - Sezione A: *Il porto sepolto di Pisa. Un'avventura archeologica*, di Michael H. Sedge, Pratiche Editrice; Sezione B: *I ponti della provincia di Bologna*, a cura della Provincia di Bologna e della Regione Emilia Romagna, Istituto per i Beni Artistici, Culturali e Naturali, Tipoarte;
- 2004 - Sezione A: *Stazioni ferroviarie e riqualificazione urbana*, a cura di Daniele Pini e Filippo Boschi, Regione Emilia Romagna, Assessorato Mobilità e Trasporti, Compositori, Bologna; Sezione B: *Milano Centrale allo specchio*, di Claudio Pedrazzini, Arti Grafiche Persico, Cremona;
- 2005 - Sezione A: *Architettura ferroviaria in Italia, Vol. 1° Ottocento* a cura di Ezio Godoli e Antonietta Iolanda Lima, Vol. 2° Novecento a cura di Ezio Godoli e Mauro Cozzi, Dario Flaccovio, Palermo; Sezione B: *Transatlantici tra le due guerre. L'epoca d'oro delle navi di linea*, di Maurizio Eliseo e William H. Miller, Hoepli, Firenze.

I vincitori del 2006 verranno comunicati da Paola Marini nel prossimo intervento.

I libri letti, sono contrassegnati dall'eterogeneità, e di solito hanno una ricchezza immaginifica e, al tempo stesso, culturale; prima di procedere ad una attenta lettura mi ha affascinato prendere in mano questi volumi e guardarne il *layout*, l'organizzazione interna, la tipologia e l'uso delle figure.

Con questo racconto vorrei che si concludesse metaforicamente questo viag-

gio fra i libri sulle infrastrutture legate al territorio, che è un appuntamento annuale. Per me è un momento estremamente impegnativo e avvincente.

Quando si è costretti a lavorare in tempi serrati e su volumi per buona parte apprezzabili la scelta non è fatta con lo spirito di escludere gli altri, ma si traduce in considerazione e rispetto per quanti hanno realizzato le pubblicazioni e per quanti, ancora, hanno partecipato ai lavori, alla realizzazione della rivista *Trasporti & Cultura* e, come prima dicevo, al mondo che le si muove attorno. E sono compiaciuta che in qualche momento, come ora, vi partecipi l'Università di Verona.

Proclamazione dei vincitori

Paola Marini

Ho svolto con molto piacere le funzioni di presidente della giuria di questo premio, e, cogliendo il valore positivo della fisionomia diversificata, anche disciplinarmente, dei miei predecessori, ho portato uno sguardo personale, un po' da lontano; nel mio caso di storica dell'arte e direttrice di museo, possiamo chiamarlo lo sguardo della prospettiva. Ho cercato, cioè, di cogliere quegli aspetti che magari, quando si è più a ridosso delle cose, degli studi, si rischia di non vedere.

I libri di quest'anno sono stati 18, molto vari, tutti molto qualificati: si passa dal libro di denuncia sulla Legge Obiettivo – un libro partecipato, militante – a un vero e proprio saggio filosofico come quello di Massimo Quaini, *L'ombra del paesaggio*. Il percorso si snoda attraverso volumi di carattere divulgativo, molto appaganti dal punto di vista delle immagini, come quello sul transatlantico Andrea Doria, e poi *Le strade della provincia di Udine* e *L'Orient Express*, addirittura con un libro pieno di memorie (una specie di amarcord) sulla ferrovia Porrettana negli Appennini. C'era davvero uno spaccato estremamente ampio, nella sezione B, mentre

nella sezione A prevalgono le ricerche di taglio universitario, come ha detto Claudia Robiglio, legate, da un lato, ai finanziamenti MIUR, dall'altro alla progettualità sostenuta dalla Comunità Europea. Ed ecco allora, ad esempio, la grande ricerca coordinata, per il Politecnico di Torino, da Aimaro Isola, e i volumi sulla riconversione delle aree dismesse che è stato il grande tema della Biennale di Architettura di quest'anno e, ancora, testi di taglio economico, come *Infrastrutture e competitività*. Personalmente sono stata molto colpita anche dal lavoro di Giovanna Fossa, *Un atlante per Milano*: un libro dove le immagini fotografiche rappresentano anche delle linee energetiche, delle connessioni tra i diversi argomenti, con una visione che ho trovato molto rivolta verso il futuro. Altri volumi affrontano anche gli aspetti più progettuali e costruttivi, e purtroppo la commissione ha dovuto dichiarare fuori concorso il libro di Maurizio Tanzini su *Gallerie: gli aspetti di geotecnica nella progettazione e costruzione*, perché proprio esorbitava dalle linee programmatiche del premio.

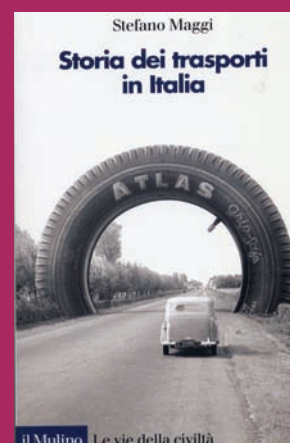
La commissione – una commissione molto impegnata, come ha detto Claudia Robiglio, come ha sempre sostenuto Laura Facchinelli – ha scelto libri di grande sostanza, anche nelle sezioni che è dedicata più alla divulgazione che agli studi universitari. Seguendo l'orientamento concorde della commissione, testi molto appaganti dal punto di vista del lay out sono passati, giustamente, in seconda linea rispetto alla valutazione sui contenuti.

La sezione A riconosce “opere che sono il frutto di ricerche specialistiche, anche in collegamento con le Università”; l'opera premiata è *Infrastrutture nel progetto urbano* di Giuseppe Marinoni, edito da Franco Angeli, Milano, 2006, con la seguente motivazione: *Il libro di Marinoni affronta il tema dell'inserimento delle infrastrutture nel paesaggio urbano: un tema importante, attualissimo, che riguarda ciascuno di noi*

2006



A



B

e, a monte, investe la responsabilità di quanti sono chiamati a progettare e, soprattutto, a decidere. Come spiega lo stesso autore, entro la nozione di progetto urbano si raccoglie un lungo lavoro sulla città, prevalentemente europea, in cui sono confluiti studi e ricerche degli anni '60 e '70 e sperimentazioni degli anni '80: elaborazioni teoriche, quindi, sulla relazione fra insediamenti, aree aperte, strade, ferrovie, porti; ma anche pratiche, delle quali si possono ora cogliere alcuni risultati, fra contesti risolti tradizionalmente e concezioni innovative. Un atlante comprende 35 casi concreti, che valgono anche come termine di paragone fra le attuazioni di altri paesi e le attese, talvolta estenuanti, che contrassegnano la realtà che ci è familiare. Ogni caso è accompagnato da un corredo di immagini assai ampio, pur nella sobrietà della veste editoriale.

La sezione B è volta a selezionare le “opere che sappiano coniugare il rigore scientifico con l'orientamento alla divulgazione”: lo ha fatto molto bene Stefano Maggi nella sua *Storia dei trasporti in Italia*, edita da Il Mulino, Bologna, 2005.

Queste le motivazioni: *Il volume offre una sintetica, ma esauriente panoramica della storia dei trasporti nel nostro paese, prendendo in considerazione le diverse modalità: ferrovia, strade e autoveicoli, vie d'acqua, vie d'aria. L'autore considera le connessioni del sistema dei trasporti con le vicende politiche e l'evoluzione sociale degli ultimi centocinquanta anni, con i mutamenti del costume (si pensi al passaggio dall'era della ferrovia alla motorizzazione individuale) senza dimenticare l'influenza – evidentissima negli ultimi anni – del traffico automobilistico con le condizioni dell'ambiente. Concepito in una veste editoriale molto sobria, il volume offre uno strumento di conoscenza di base per la preparazione in ambito universitario, ma può anche costituire una stimolante e piacevole lettura per gli studiosi e per i semplici curiosi del tema dei trasporti, che occupa gran parte dello spazio e del tempo della nostra vita.*

Alla proclamazione dei vincitori segue la consegna dei premi, che consistono - per ciascun autore - in un biglietto aereo messo a disposizione da Air Dolomiti.

Programmi della rivista Trasporti & Cultura

Laura Facchinelli

La quinta edizione di questo premio si lega al quinto anno di attività della rivista *Trasporti & Cultura*: si tratta di un risultato per noi importante, il risultato, indubbiamente, di un impegno personale che potrei definire "a tempo pieno", ma vorrei, in questa occasione, ringraziare tutti quelli che hanno condiviso l'interesse per il tema delle infrastrutture di trasporto nel paesaggio.

La prof.ssa Robiglio ha già ricordato i convegni che abbiamo organizzato, negli ultimi cinque anni, col Collegio degli Ingegneri e Architetti di Verona, soffermandosi in particolare sul filone *Deontologie per il paesaggio*, che sta sviluppando un percorso in varie sedi. Il 2006, che sta per

concludersi, è stato per noi un anno ricco di esperienze, fra le quali vorrei ricordare la collaborazione con l'Università Bicconi di Milano. Questa collaborazione si è realizzata nel n. 14 della rivista, dedicato al tema *Aeroporti nel territorio*, e in un convegno con lo stesso titolo che la Bicconi stessa ha organizzato, nella sua sede di Milano, il giorno 8 maggio 2006.

Anche il numero successivo della rivista, il 15, ci ha messo in relazione con mondo molto interessante, quello delle università medio-piccole. Da Trieste, Cesena, Ferrara, Ascoli Piceno, Siena, Cagliari abbiamo ricevuto saggi su ricerche in corso, ricerche che mostrano la grande vitalità di centri che a volte, erroneamente, vengono sottovalutati.

Abbiamo voluto dedicare il terzo numero del 2006, il 16, a un tema un po' di frontiera, *Progettare nell'era del computer*, analizzando la progettazione da due differenti punti di vista: quello della creatività dell'architetto (in che senso l'informatica favorisce la libertà inventiva? Quali sono i rischi, per esempio in fase di realizzazione?) e quello della progettazione e gestione, da parte dell'ingegnere, di realtà infrastrutturali complesse (e in tal senso, soprattutto, l'informatica appare davvero come uno strumento irrinunciabile).

Su questa linea di apertura ad argomenti ed approcci nuovi intendiamo proseguire, con tutta la libertà e la scioltezza che ci sono consentite dal fatto di essere una rivista piccola di dimensioni e assolutamente autonoma. Ci sforzeremo sempre di far convivere l'autorevolezza degli interventi con un certo anticonformismo, che speriamo ci venga riconosciuto. Puntando sul contributo di persone giovani, come quelle che abbiamo invitato ai convegni più recenti - qui a Verona, a Venezia, a Udine, molto presto a Mantova - dando loro la possibilità di esprimersi e di portare, se possibile, altre idee nuove.

Fin qui, l'azione riguarda l'ambito specialistico, accademico, nel quale si muove la rivista *Trasporti & Cultura*. Ma personalmente, da giornalista, ho sempre dato molta importanza anche alla divulgazione delle idee in un ambito più ampio. Nel convegno che si è svolto l'anno scorso in



questa sede, ho analizzato, molto brevemente, il contributo dei media in tema di paesaggio, partendo dalle riviste specializzate, passando a quelle di aggiornamento professionale, ai periodici di informazione generale, infine alla stampa quotidiana e alla televisione.

Se attraverso *Trasporti & Cultura* abbiamo contribuito a sensibilizzare studiosi e professionisti sull'importanza dei luoghi dei trasporti (stazioni ferroviarie, strade ecc.) come luoghi della città, sottolineando l'esigenza di una progettazione di qualità, siamo consapevoli che ben poco si può realizzare se i cittadini non si rendono conto degli errori fin qui compiuti e dei danni che loro stessi, come persone, hanno subito.

Recentemente sono stati ristampati articoli di analisi e di denuncia pubblicati da Leonardo Borgese e Antonio Cederna rispettivamente sul *Corriere della Sera* e su *Il Mondo*, *L'Espresso*, *La Repubblica* a partire dagli anni del boom economico, durante i quali si è compiuto lo scempio del nostro paesaggio, le cui conseguenze sono sotto i nostri occhi. Oggi, se da un lato ci sono vincoli di legge e ambiziosi progetti d'immagine, dall'altro dilaga una cultura raffazzonata, dove la superficialità si coniuga con l'arroganza. Manca, però, un Borgese, manca un Cederna, manca un giornale qualificato e a larga diffusione che voglia prendere posizione, che voglia denunciare. Così i cittadini restano indifferenti, i ragazzi crescono con la guida di insegnanti inconsapevoli.

Noi vorremmo dare il nostro piccolissimo contributo per cambiare un po' le cose. Pensando, prima di tutto, alle generazioni future. ■

Il nuovo Polo Fieristico di Milano a Pero-Rho

Tommaso Zampagni - Politecnico di Milano

La storia del sito

Il nuovo Polo Fieristico è sorto sull'area di una ex-raffineria. La antica storia del territorio e quella recente dell'impianto industriale sono stati elementi di forte caratterizzazione per il progetto.

Descrizioni del territorio si trovano già negli "Statuti delle acque e delle strade del contado di Milano fatti nel 1346"¹ dove Pantanedo risulta incluso nella pieve di Trenno e viene elencato tra le località cui spetta la manutenzione della «strata da Rò» come «el locho da Pantanedo». Si trovano notizie sulla zona ancora nel 1751 nelle "Risposte ai Quarantacinque quesiti della Real Giunta del Censimento"². Nella descrizione di Cesare Cantù del Lombardo-Veneto del 1857 si dice «...Cassina del Pero in aria insalubre per le risaie e le marcite»³, mentre in una guida del 1882 la zona è descritta come ricca di fontanili dove sono disposti dei prati, dette marcite, in una maniera ignota altrove.

Nel 1948 venne fondata la società Condor, che pianificò di costruire una raffineria con un oleodotto per il trasporto del greggio da Genova a Rho (proprio in località Pantanedo). Solo nel 1953 verrà però messo in funzione l'oleodotto per una portata complessiva di circa 6000 tonnellate di olio greggio.

La raffineria di Rho nel 1974 fu acquistata dall'Agip-Gruppo Eni, che dovette affrontare gli innumerevoli problemi connessi all'emissione di prodotti inquinanti nel territorio. Già all'inizio degli anni ottanta iniziò a presentarsi il problema dell'ammodernamento di alcuni impianti, divenuti obsoleti e pericolosi. L'annosa vicenda portò quindi nel 1992 la raffineria a spegnere definitivamente i suoi impianti.

Il concorso

Il concorso, a licitazione privata, prevedeva la progettazione esecutiva, la direzione lavori e la costruzione chiavi in mano del nuovo Polo Espositivo, costituito da circa 465.000 mq di superficie

lorda di pavimento su di una superficie territoriale di circa 1.400.000 mq per un importo stimato complessivo dell'appalto di 450.000.000 euro.

Lo schema dell'asse connettivo caratterizzò tutti i quattro progetti presentati, quello di Massimiliano Fuksas, quello di Mario Bellini, quello von Gerkan, Marg und Partner e quello di Dario Francescatti.

Il progetto di Mario Bellini prevedeva un percorso delle navette e dei visitatori a quota di 8,50 m: «due mondi paralleli, perfettamente funzionanti ed efficienti si sarebbero sovrapposti senza danneggiarsi, anzi implementandosi l'un l'altro»⁴. Le biglietterie e gli ingressi ai padiglioni erano pensati al piano terra, allo stesso livello di ristoranti, sale congressi e servizi in genere. La copertura di questi spazi avrebbe realizzato uno spettacolare *boulevard* largo sessanta m e lungo un chilometro, una sorta di «ponte abitato» ritmato dai vasti e luminosi «crateri» di accesso alle reception e agli spazi aperti che avrebbero dato luce ai ristoranti. Una sorta di lungo giardino all'italiana che alternava spostamenti, intrattenimento e relax o, come un lineare "Parco delle Esposizioni", si rifaceva alla tradizione originaria delle



Accesso ai padiglioni

prime Fiere.

Il progetto di von Gerkan, Marg und Partner prevedeva «l'inserimento del quartiere fieristico nel contesto attraverso la creazione di un paesaggio urbano come ambiente unitario riqualificato»⁵. L'idea progettuale, con forte valenza ambientale di fondo, era la creazione di un «Parco della Fiera» che connettesse il luogo rappresentativo e il punto di ri-

Copertura d'ingresso





Edificio conferenze

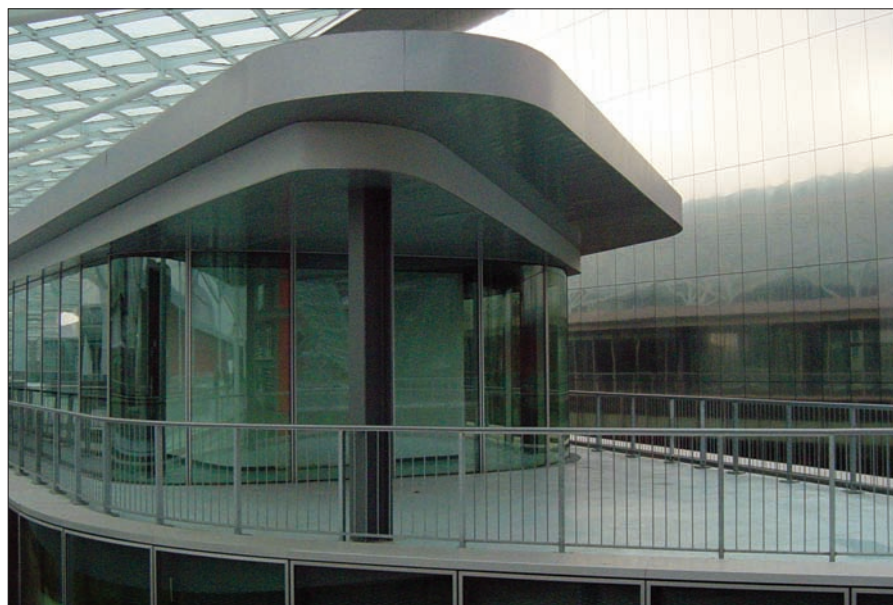
ferimento paesaggistico con il lago, gli spazi per tribune all'esterno, alberghi, negozi e ristoranti e si qualificava come offerta urbana per il pubblico. La fiera era pensata come una grande corte circondata da colonnati con copertura di vetro e al centro un «giardino lombardo» e una fontana. Anche in questo caso una galleria di vetro sarebbe stata la spina dorsale del complesso, climaticamente protetta, avrebbe collegato tutti gli ingressi con i padiglioni, con il centro della fiera e con tutti i servizi comuni e le zone di ristorazione.

Il progetto di Francescatti era costituito da un sistema di padiglioni che avrebbero dovuto ospitare il maggior numero possibile di eventi espositivi contemporanei, attraverso la flessibilità di utilizzo degli spazi e la semplicità di accesso per visitatori e addetti. I padiglioni sarebbero stati collegati tra loro mediante tre edifici, che avrebbero accolto e distribuito i flussi di visitatori. Un'ampia piazza centrale avrebbe aperto il nuovo polo fieristico al mondo esterno e avrebbe permesso all'osservatore di entrare in contatto visivo con l'imponente reception centrale, che concludeva lo spazio della piazza. Il progetto si sarebbe collocato sia come elemento di

regolazione del margine urbano che di indirizzo di crescita della periferia.

Il progetto vincitore fu quello di Massimiliano Fuksas e venne così descritto «Il concetto nasce dall'idea di rendere il collegamento tra i vari padiglioni, l'asse centrale e gli accessi un percorso ricco di architettura e un'esperienza attraverso il succedersi di verde ed acqua. I padiglioni sono allineati e in parte con la

Edificio ristorante self service



loro facciata in vetro e acciaio riflettono e raddoppiano i visitatori, l'acqua e gli alberi»⁶.

I lavori, affidati dalla Fondazione Fiera di Milano, attraverso la controllata Sviluppo sistema fiera S.p.A., al General Contractor, composto dai gruppi Astaldi, Vianini e Pizzarotti, sono durati complessivamente 30 mesi. Il Nuovo Polo di Fiera Milano si articola oggi in otto grandi padiglioni a uno o due piani che, insieme, costituiscono una superficie espositiva lorda di circa 345.000 mq coperti alla quale si sommano 60.000 mq all'aperto.

La struttura più appariscente è quella che rievoca la tradizione degli spazi espositivi dal Crystal Palace di Paxton alla Galerie des Machines di Dutert e Contamin. Il collegamento coperto pedonale, la spina dorsale, il «gigantesco meccano», il «vulcano di vetro» lungo 1300 e largo 32 m, con 28 tapis roulant. La struttura è formata da oltre centomila pezzi tutti diversi fra loro e non intercambiabili e rappresenta l'elemento simbolo del progetto: una «colonna vertebrale» che, dotata di strutture di servizio, ristoranti e show room, copre circa 47.000 mq. Lo spazio è controllato dal punto di vista ambientale prevedendo dei sistemi di passaggio di acqua nella



Il passaggio coperto

soletta così da ridurre il calore causato dall'irraggiamento solare.

L'ambiente e i collegamenti.

L'area della ex-raffineria era fortemente degradata dai percolamenti di petrolio e suoi derivati nel terreno. La bonifica fu completata per i primi nove m di suolo, ma l'inquinamento, tuttavia, è arrivato fino a cento m di profondità. Ci vorranno anni perché l'ossigeno e i batteri immessi nel terreno distruggano gli idrocarburi, così da obbligare il controllo dell'inquinamento con una barriera idraulica che intercetta e depura l'acqua di falda, il cui costo si aggira intorno a un milione di euro l'anno, per la sola gestione.

L'inceneritore di Silla 2, tristemente noto con il termine di termovalorizzatore, produce il calore necessario al riscaldamento dei padiglioni della fiera e degli edifici direzionali. L'acqua di falda superficiale - interessata dalle infiltrazioni della raffineria - è utilizzata per il raffreddamento delle pompe di calore, ottenendo tuttavia un doppio risultato: da una parte si è razionalizzato e risparmiato sull'impiego di acqua potabile limitando il consumo energetico, ma si è

dato forza ad un sistema di inquinamento molto più sottile legato alle polveri emesse dall'inceneritore. Altro accorgimento pubblicizzato come a "carattere ambientale" è stato l'uso di speciali vernici fotocatalitiche a base di titanio che ossidano o decompongono parte degli inquinanti presenti in atmosfera o prodotti dalla combustione e li trasformano in sali minerali innocui poi portati via dalla pioggia. La superficie trattata con questa vernice è stata di oltre centomila mq.

Dal punto di vista viabilistico la nuova Fiera di Milano indicata dal programma infrastrutture come «collocata proprio nel cuore del Corridoio 5 Lisbona-Kiev rappresenta un tassello indispensabile per il completamento della direttrice di trasporto Est-Ovest che dovrà collegare l'Italia ai mercati dell'Est»⁷. Il sistema delle opere di accessibilità stradale al nuovo Polo espositivo prevede il collegamento della strada provinciale Rho-Monza e della strada statale del Sempione tramite la realizzazione di un asse principale di collegamento insieme a un sistema di sei svincoli di interconnessione con la tangenziale ovest di Milano, l'autostrada A4 Milano-Torino-Venezia, l'autostrada A8 Milano-Laghi, il nuovo Polo fieristico e il sistema di via-

bilità locale. L'insediamento del nuovo Polo Fieristico è poi servito dalla linea uno della Metropolitana Milanese, che è stata prolungata e proseguirà sino all'interscambio con la futura fermata della linea ferroviaria di Alta Capacità Milano-Torino. La linea metropolitana si sviluppa per circa due chilometri ed è interessata da due stazioni sotterranee Pero e Rho-Fiera.

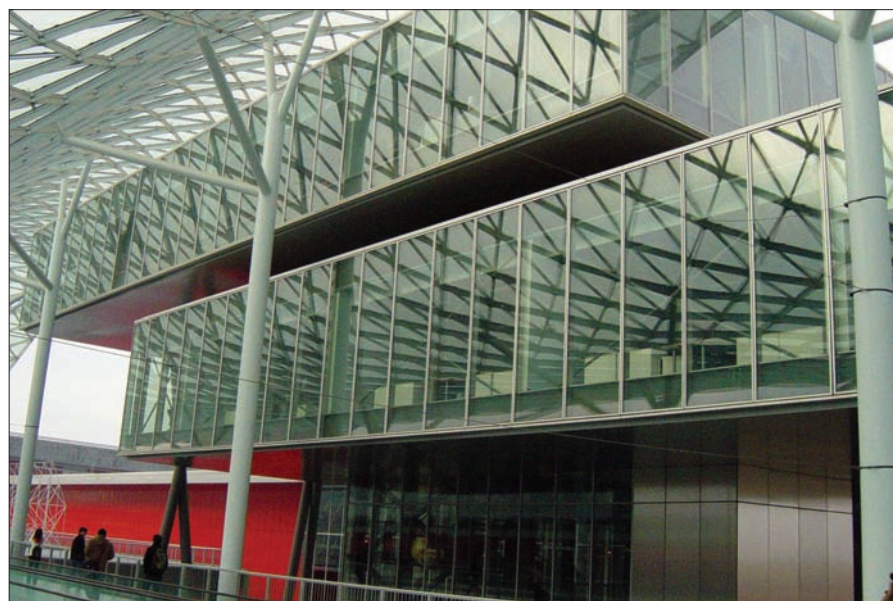
Il progetto del Nuovo Polo di Fiera Milano dell'architetto Massimiliano Fuksas si è aggiudicato l'*Awards for Excellence 2006 Europe* (Premio per l'eccellenza architettonica), considerato il più prestigioso riconoscimento a livello mondiale per quanto riguarda le grandi opere architettoniche e le trasformazioni del territorio.

Conclusioni

La contemporanea mostra su Massimiliano Fuksas a Roma⁸ dà lo spunto per una riflessione a posteriori, ma non troppo, sul progetto.

Lo stesso architetto, in una recente intervista⁹, definisce la sua opera come «un'opera colossale», forse la più grande d'Europa, dove gli unici che sembrano non ne siano ancora del tutto consape-

Uffici amministrativi



voli sono gli stessi milanesi, perché ancora non hanno fatto vivere in pieno la Fiera. Il sogno dell'architetto è che la struttura viva tutti i giorni, che diventi un punto di riferimento, se non per i milanesi del centro, almeno per quelli di Rho e Pero. L'idea è di una visione che prenda spunto dall'anatomia dove la struttura si pone come una costola della città.

Ad un anno poi dall'inaugurazione lo stesso architetto dichiara che la sua opera è un edificio in cui lo spazio è ben distribuito, e in più ben eseguito, curato nei dettagli, mentre risulta ancora critico con le infrastrutture il cui lavori che spettavano allo Stato risultano ad oggi «*troppo lenti*»¹⁰. Un discorso a parte spetta poi la manutenzione, dalle prime idee di una struttura autopulente lo stesso Fuksas ammette che la struttura andrebbe pulita. Le sue parole testuali sono emblematiche della situazione: «*la manutenzione è un aspetto su cui noi italiani dovremmo fare di più. Gli spazi vanno curati, i bulloni avvitati... I francesi, pensi, lavano anche i lampioni. In Italia con gli spazi pubblici si dovrebbe imparare ad usare le stesse accortezze che si adoperano nella propria casa*»¹¹. Un altro punto ancora da risolvere sono le strutture sociali.

Nell'intervista citata si scopre che l'architetto confessa che dal punto di vista

architettonico la struttura è riuscita, mentre da quello sociale no. Mancano, a suo avviso, bar, ristoranti, negozi, così da denotare la passerella, concepita come fosse una strada urbana, come un elemento poco utilizzato. Per ammissione dello stesso Fuksas «*una strada deve essere percorsa. Andrebbe riempita di contenuti, bar, negozi, ristoranti, come detto prima. Dovrebbero affittare gli spazi a qualcuno che ci porti la vita, non solo a chi può pagare un affitto vantaggioso*»¹².

L'inserimento di un'opera di queste dimensioni ha pagato il ritardo nelle decisioni pre-progettuali. Come in un perfetto ingranaggio tutto avrebbe dovuto funzionare all'unisono, architettura e infrastrutture, contesto ambientale e sociale. Si paga la fretta, ora il tempo consentirà, speriamo, come in un'orchestra ai vari suonatori di accordarsi.

Una nota di riflessione proviene proprio da chi il cantiere l'ha vissuto: sembra che gli operai abbiano voluto dare una nota di colore definendo la grossa struttura che si eleva per oltre 43 m all'ingresso il nuovo "monte Fuksas", a tal proposito sembra appropriata la parafrasi del noto adagio "se Fuksas non va alla montagna, la montagna va a Fuksas" per sottolineare la volontà dell'architetto di volersi connettere al paesaggio circostante.

¹ G. Porro Lambertenghi, (a cura di), *Statuti delle strade e delle acque del contado di Milano, fatti nel 1346*, in "Miscellanea di Storia Italiana", vol. VII (1869), pp. 311-437.

² Cfr. *Risposte ai Quarantacinque quesiti della Real Giunta del Censimento*, 1751, ASMi, Catasto, cartt. 3018-3025 (distretti censuari della provincia di Pavia); cartt. 3026-3042 (distretti censuari della provincia di Como); cartt. 3043-3051 (distretti censuari della provincia di Lodi); cartt. 3052-3058 (distretti censuari della provincia di Cremona); cartt. 3059-3074 (distretti censuari della provincia di Milano).

³ Cfr. C. Cantù, *Grande illustrazione del Lombardo-Veneto ossia Storia delle città, dei borghi, comuni, castelli, ecc. fino ai tempi moderni per cura di... e di altri letterati*, Corona e Caimi, Milano 1858.

⁴ Cfr. *Relazione di progetto*, a cura di Mario Bellini.

⁵ Cfr. *Relazione di progetto*, a cura di Volkwin Marg.

⁶ Cfr. *Relazione di progetto*, a cura di Massimiliano Fuksas.

⁷ Cfr. *Il nuovo polo stradale e metropolitano della Fiera di Milano*, in "Infrastrutture e Trasporti", Marzo 2006.

⁸ M. Fuksas *D'unsessantesimodisecondo*, (2 dicembre 2006 - 28 febbraio 2007) MAXXI, Museo nazionale delle arti del XXI secolo Roma.

⁹ P. Santoro, *La mia Fiera è una grande opera. Ma adesso bisogna darle un'anima*, in "la Repubblica", 9 Aprile 2006.

¹⁰ Ibidem.

¹¹ Ibidem.

¹² Ibidem.

Valutazioni sull'impatto economico-sociale della nuova realtà Fiera Milano

Alberto Biffi - Servizio Studi e Sviluppo Fondazione Fiera Milano

L'antefatto

Così si presentava la situazione: da molti anni si parlava della trasformazione o spostamento del sistema fieristico milanese. La realizzazione dei padiglioni del Portello era stato il primo passo. Ma non sufficiente, in primo luogo per un'esigenza di mercato: Fiera Milano, in competizione con altri sistemi fieristici più moderni, in Europa e nel mondo, aveva bisogno di un quartiere più ampio, più funzionale e facilmente raggiungibile lontano dal centro città; ma anche di una nuova qualità di business. In secondo luogo per un'esigenza di vivibilità: una città come Milano non poteva reggere ancora per molto l'impatto delle manifestazioni fieristiche pesanti, sia per l'incremento del traffico urbano ed extraurbano, sia per i suoi delicati equilibri. Queste difficoltà e le inadeguatezze delle infrastrutture del vecchio quartiere avrebbero progressivamente penalizzato ottant'anni di tradizione e di eccellenza fieristica.

Alla fine del 2000, il progetto sembra pronto per partire. Il metodo è delineato: realizzare il Nuovo Polo, cedere i due terzi del vecchio quartiere milanese e conservarne una parte - il futuro Polo Urbano - a destinazione fieristica e congressuale. Le difficoltà in campo sono molte da superare, ma le opportunità straordinarie. Tutto inizia con la trasformazione dell'assetto societario del vecchio Ente Autonomo Fiera Milano in Fondazione di diritto privato.

Vengono create Fiera Milano spa, società operativa impegnata nella gestione della "filiera fieristica" e Sviluppo Sistema Fiera come società di scopo dedicata alla

realizzazione del Nuovo Polo ed alla valorizzazione delle aree storiche della Fiera.

Viene risanato il debito ereditato dall'Ente e vengono reperite le risorse per finanziare il progetto attraverso una gestione manageriale delle attività:

- quotazione in Borsa di Fiera spa;
- decisione di vendere una parte del quartiere attuale per finanziare il nuovo;
- ricorso al credito bancario sulla base del piano industriale;
- utili prodotti dall'attività delle società del gruppo.

Fondazione Fiera Milano, in più, creando Sviluppo Sistema Fiera, compie la scelta di affidare a una sua controllata la responsabilità dell'operazione nel suo complesso e concentra in una struttura esclusivamente operativa tutte le fasi di realizzazione, per renderle più efficienti ed efficaci. Sviluppo Sistema Fiera rappresenta il "committente" Fondazione Fiera Milano, e la sua missione è strategica e progettuale al tempo stesso, con un compito di alta sorveglianza nei confronti degli impegni presi.

Il terreno scelto aveva ospitato per decenni una raffineria. Anni in cui la sensibilità per l'ambiente e per la sostenibilità dei progetti industriali non era certo elevata. È stata necessaria una lunga opera di bonifica del terreno e della falda che ha restituito alla comunità una porzione di territorio pulito, libero da agenti inquinanti. In più, bisognava cercare un modo per aprire il cantiere in condizioni di sicurezza prima che la bonifica fosse terminata. L'area è stata divisa in due lotti: terminata la bonifica sul primo, è stato possibile cominciare a lavorare.



Fig. 2 - Due fasi della bonifica del terreno di Rho - Pero.



Il rispetto dei tempi, insieme alla certezza dei costi, poi, erano essenziali: il Nuovo Polo è un progetto autofinanziato da Fondazione Fiera Milano, per un valore di circa 800 milioni di euro compreso l'acquisto delle aree. Mutuando un sistema contrattuale già in uso in altri Paesi, Fondazione e Sviluppo Sistema lanciano una gara per l'assegnazione dei lavori a un General contractor, un raggruppamento di imprese, responsabile effettivo della realizzazione della struttura. Dapprima il mercato ha avuto una reazione interlocutoria, scettica; nonostante questo, alla gara - vinta dal raggruppamento composto da gruppo di società Astaldi, Pizzarotti & C. e Vianini Lavori, su progetto dell'architetto Massimiliano Fuksas - hanno partecipato grandi nomi dell'imprenditoria e dell'architettura, italiani ed europei.

Il General contractor, riconoscendosi sotto il nome di NPF, società consortile Nuovo Polo Fieristico, si è impegnato a fornire un progetto di qualità, a realizzarlo con un contratto che definiva a priori e in modo tassativo i costi e i tempi dell'opera. Tempi davvero molto brevi: trenta mesi dall'inizio dei lavori. La posa della prima pietra del Nuovo Polo è stata il 6 ottobre 2002. L'inaugurazione, il 31 marzo 2005.

Fig. 1 - Folla all'ingresso di Largo Domodossola per l'edizione del 1931 della Fiera Campionaria.



Il privato e il pubblico hanno lavorato insieme, per il bene del territorio, anche sotto il profilo della governance, la realizzazione del nuovo quartiere è stata emblematica. Così come l'impegno delle istituzioni locali a realizzare le infrastrutture di accesso e di collegamento: strade e autostrade, la metropolitana, la ferrovia. Senza queste opere, la grande struttura sarebbe stata solo una scatola vuota.

Fig. 3 - 6 ottobre 2002 posa della prima pietra del nuovo quartiere Fiera Milano.



Fig. 4 - Folla di visitatori lungo l'asse centrale di Fieramilano.



Il nuovo sistema espositivo milanese in breve

Ora il nuovo sistema fieristico milanese ha due sedi diverse e complementari, situate a 8 chilometri una dall'altra: il quartiere Fieramilano di Rho-Però e il quartiere urbano, Fieramilanocity.

L'offerta espositiva di Fiera Milano è tra le più ricche e complete al mondo. Ogni anno Fiera Milano ospita oltre 80 eventi, che coprono più di 2.000.000 di mq di superficie netta venduta. Gli espositori registrati sono oltre 32.000 di cui il 20% esteri, i visitatori raggiungono quasi i 6.000.000 di unità. I settori merceologici più rappresentativi all'interno delle manifestazioni di Fiera Milano sono quelli dove la competenza italiana, ovvero il "made in Italy", eccelle: meccanica strumen-

tale, sistema moda, design e arredamento.

Il Nuovo Polo offre 345.000 mq di superficie espositiva lorda coperta posti su un'area di 530.000 mq di superficie lorda di pavimento. L'area fondiaria totale è di 2.000.000 di mq.

Il complesso è costituito da 8 grandi padiglioni, di cui due su due piani, e dispone di 200.000 mq netti espositivi coperti. A questi si aggiungono 60.000 mq di superficie espositiva all'aperto. Gli otto padiglioni climatizzati, cablati e dotati dei più moderni sistemi di building automation si sviluppano intorno ad un asse centrale coperto da una "vela" di vetro ed acciaio lunga 1.300 m e larga mediamente 32 m con una punta massima di 41 m in prossimità delle estremità.

La "vela" raggiunge la sua altezza massima, ben 36 m, sopra l'imponente Centro Servizi.

Ogni edificio dispone di proprie reception, punti di ristorazione, sale convegno ed aree per uffici. Riassumendo il Nuovo Polo è dotato di 80 sale con-

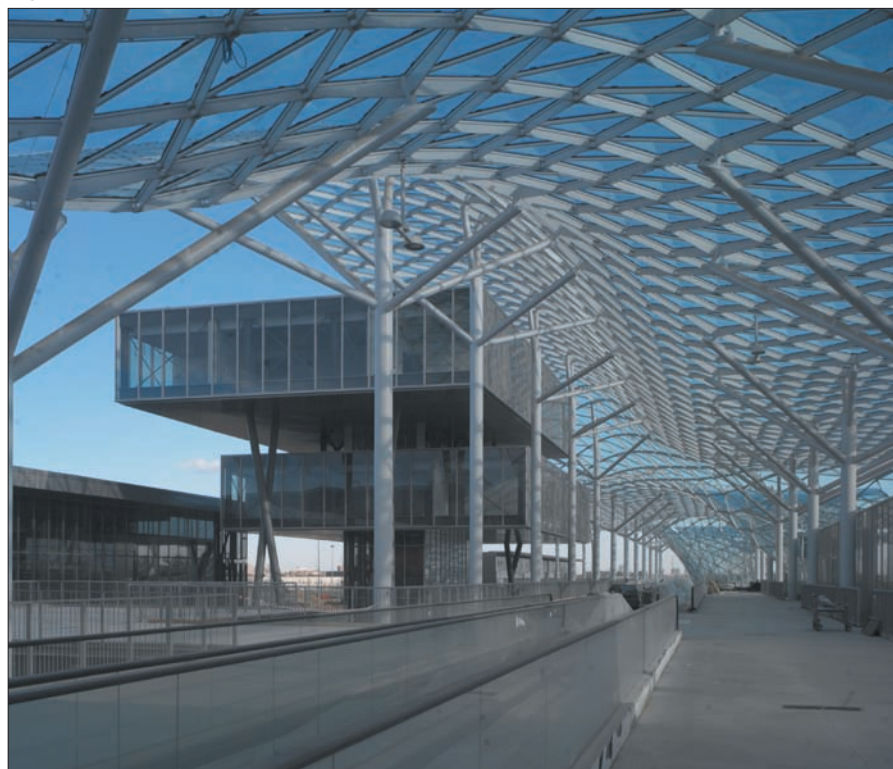


Fig. 6 - Vedute del centro servizi del nuovo quartiere Fieramilano.



gressi con capienza variabile da 20 a 715 posti, 14 ristoranti, 7 aree banqueting, 10 grandi snack bar e 50 bar. Il progetto del Nuovo Polo contempla

Fig. 5 - Veduta dell'asse centrale della nuova sede di Fieramilano.



un articolato sistema di parcheggi, per oltre 20.000 posti auto, 180.000 mq di verdi e 60.000 mq dedicati alle funzioni compatibili: alberghi, negozi, strutture per la ristorazione e il tempo libero.

Fieramilanocity, vale a dire la parte del quartiere storico della Fiera che, dopo la sua riqualificazione, continua a ospitare manifestazioni fieristiche ed eventi congressuali, dispone di 125.000 mq di superficie espositiva lorda su una superficie lorda di pavimento di 185.000 mq.

Fieramilanocity comprende 7 padiglioni, tra cui quelli del Portello, progettati dal noto architetto italiano Mario Bellini e il Centro Congressi, Fiera Milano Congressi Center, inaugurato nel 2002. Quest'ultimo è una struttura polifunzionale congressuale ed espositiva tra le migliori oggi in Italia capiente e flessibile: 12 sale modulari da 20 a 2000 posti, tra cui un auditorium che può ospitare fino a 2.000 persone, un'area dimostrativo-promozionale di 4.000 mq, diversi bar e un ristorante permanente.

Fieramilanocity ospita anche le due palazzine storiche in stile Liberty, recentemente ristrutturata, dove hanno sede gli uffici di Fondazione Fiera Milano, Sviluppo Sistema Fiera e l'Archivio Storico



Fig. 8 - Render degli alberghi in costruzione in prossimità dell'ingresso sud di Fieramilano.

di Fondazione Fiera Milano.

I due poli, Fieramilano e Fieramilanocity, operano su oltre 710.000 mq di superficie lorda di pavimento, costituendo uno dei sistemi fieristici più grandi al mondo.

Infine per manifestazioni espositive e congressuali di piccola e media grandezza è a disposizione la struttura di Villa Erba (Cernobbio), situata sulle rive del Lago di Como, a una cinquantina di chilometri da Milano. Il centro è dotato di uno spazio espositivo realizzato negli anni Novanta dall'architetto Mario Bellini ed ispirato alle serre delle dimore patrizie della zona lacustre. Si tratta di 6.500 metri quadri netti espositivi, suddivisibili in 280 stand disposti su 11.000 mq coperti.

Fig. 7 - I collegamenti stradali e ferroviari della nuova sede Fieramilano.



Quale impatto per il territorio?

Oltre al metodo utilizzato per giungere alla realizzazione di questa grande trasformazione, Fondazione Fiera Milano si è impegnata ad analizzare quali siano gli elementi di mutamento che l'intera operazione porterà sul territorio.

Un processo, questo, che non è né semplice né immediato.

Roberto Camagni, professore ordinario di Economia Urbana presso il Politecnico di Milano sostiene che: "Gli elementi forti della trasformazione attengono ai nuovi modelli di competizione fra imprese, alle nuove forme di organizzazione del lavoro e all'evoluzione della funzione di utilità degli individui per quanto attiene le scelte di localizzazione residenziale".

Per descrivere e comprendere la realtà di Milano e la sua grande Fiera che si trasforma e trasforma la città, sono state intraprese alcune attività di ricerca.

I primi passi delle riflessioni risalgono alla prima ricerca sulle ricadute economiche dell'attività della Fiera sul territorio, condotta nel 2000 dal Servizio Studi di Fondazione Fiera Milano e pubblicata nel dicembre 2001. L'attenzione era concentrata sulla descrizione degli elementi forti della trasformazione dal punto di vista di Fiera Milano: offrire al territorio una chiave di lettura e un momento di riflessione originale era uno degli obiettivi di Fondazione Fiera Milano nell'ottica della diffusione della cultura dello scambio. Uno strumento per capire quali risorse la trasformazione avrebbe portato nel futuro.

Attraverso l'analisi dell'impatto economico e della localizzazione delle imprese dell'indotto di Fiera Milano, sono stati analizzati i nuovi modelli di competizione fra imprese, stimando che l'impatto sul territorio lombardo con l'attività di Fiera Milano a regime sarebbe stato pari a 4,3 miliardi di euro. Un'attivazione che coinvolge tutti i settori di attività, dai servizi, che catalizzano circa un terzo delle ricadute, fino al settore manifatturiero.

L'analisi della realtà imprenditoriale nel suo complesso, e relativamente ai servizi di supporto all'attività fieristica, ha descritto una situazione variegata e vivace.

La localizzazione delle imprese dell'indotto fieristico ha evidenziato che il ricco tessuto di servizi localizzato nel centro urbano non risentirà dello spostamento di buona parte delle attività. Tali servizi, caratterizzati da un alto valore aggiunto, sono infatti ben inseriti nel network urbano. La forza produttiva della nuova area di insediamento, Rho e Pero, è e sarà indubbiamente stimolata dalla presenza del Nuovo Polo. Già prima dell'inaugurazione del nuovo quartiere si presentava ben fornita di servizi alle imprese, mentre risultava più carente dal punto di vista dei servizi dell'accoglienza.

I nuovi modi di lavorare sono stati osservati in relazione alle professioni presenti all'interno del gruppo Fiera Milano e all'interno delle aziende dell'indotto. È stato individuato un "sistema integrato" composto da Fiera Milano e da numerose altre realtà economiche che determinano il successo di Milano come città di fiere e della Fiera. Il sistema è composto principalmente da tre parti: la prima è il sistema Fiera Milano, ovvero le 19 società del Gruppo che fanno riferimento a Fondazione Fiera Milano e che operano in diversi ambiti della filiera fieristica, dalla costruzione del Nuovo Polo di Rho-Però alla riqualificazione del Polo Urbano, dalla gestione degli spazi e dei servizi espositivi all'organizzazione di manifestazioni, congressi ed eventi complessi. La seconda è il sistema dell'organizzazione delle manifestazioni, che comprende gli organizzatori di fiere, di eventi e congressi, gli allestitori, gli espositori. La terza parte è rappresentata dal sistema dell'indotto, che coinvolge tutti i servizi che l'area urbana offre agli utenti della Fiera. Attraverso l'analisi degli organigrammi delle aziende e le interviste, si è cercato di comprendere quali fossero i tempi e i modi del lavorare, le competenze e le peculiarità del sistema che porta a un evento e al coinvolgimento di tutti i servizi di mobilità, ricettività, svago, cultura eccetera. L'alta professionalità, la flessibilità e la capacità di collaborazione sono risultate le principali caratteristiche delle professioni coinvolte nel processo. Gli attori intervistati hanno sottolineato

quanto siano importanti la capacità di innovazione e la creatività.

L'evoluzione degli stili di vita dei cittadini è stata osservata nell'area di insediamento del Nuovo Polo. La Fiera, spostandosi fuori dalla città, stabilisce un rapporto inedito di interconnessione economica col territorio periurbano, propone nuove forme di scambio reciproco di risorse, ricchezza e professionalità. Annualmente Fiera Milano attira sul territorio milioni di city users, businessmen che contribuiscono fortemente a cambiare le logiche di organizzazione del territorio e forniscono un importante motore di sviluppo che nasce proprio dallo scambio e dall'interazione.

L'atteggiamento riscontrato da parte degli abitanti di Rho e di Però nei confronti della qualità della vita nel comune di residenza è sostanzialmente positivo.

Si confermano le teorie per cui le grandi trasformazioni non vengono percepite come in grado di mettere in discussione l'ordine presente, quanto di consolidarlo ulteriormente. Da questo ne viene che, se pur esiste una minoranza della popolazione con un orientamento di diffiden-

za, per l'altro segmento della popolazione prevale l'atteggiamento positivo orientato alla fiducia, all'apertura e alla curiosità per il nuovo e le possibilità generate dal nuovo insediamento.

Oltre alle aspettative delle popolazioni residenti nell'area del Nuovo Polo, dato che il territorio su cui insiste l'attività di Fiera Milano va ben al di là dell'area metropolitana milanese, sono state verificate le aspettative degli attori della città infinita. Il territorio pedemontano lombardo come un contesto urbano continuo e contiguo, che va da est a ovest, da Brescia a Varese, ma anche oltre. Gli atteggiamenti che sono stati riscontrati, l'orientamento alla logica di sistema, il dinamismo su base locale e l'orientamento alla logica locale, diffusi sul territorio a diversi livelli, confermano l'esigenza di pensarsi come un territorio coeso. Autonomia funzionale, punto di concentrazione dei flussi produttivi, volano del potenziamento infrastrutturale del territorio, modello di concretezza progettuale: sono queste le caratteristiche attribuite a Fondazione Fiera Milano, che assume un ruolo centrale rispetto al nuovo asse di sviluppo. ■



GALILEO, IL SISTEMA SATELLITARE PER L'INGEGNERIA CIVILE DEL TERRITORIO

MONITOR, www.monitorproject.com, è il progetto specifico per l'ingegneria civile, che è ormai nella fase dimostrativa ed è pronto per la discussione con gli specialisti di sicurezza nei cantieri edili e di infrastrutture, di monitoraggio di frane, di monitoraggio di ponti.

MONITOR è già stato descritto nel *Notiziario Ordine degli Ingegneri di Verona e Provincia*, n° 4/2006, G. Manzoni, S. De Pietri, L. S. Rizzo, C. Robiglio.

Il progetto Monitor del programma Galileo, per l'ingegneria civile e ambientale. Ipotesi di sviluppo, pp 17-29

Gli interessati a dimostrazioni ed a contribuire alla ricerca, sono invitati a scrivere a Giorgio Manzoni, GEONETTLAB, Università di Trieste, coordinatore del progetto, manzoni@units.it. Il loro intervento sarà assai gradito.