

IL NUOVO PONTE SUL FIUME MAGRA AD ALBIANO MAGRA

**DOPO LA TRAGEDIA DEL POLCEVERA È CROLLATO UN ALTRO PONTE,
PER FORTUNA SENZA VITTIME. ANCHE IL PONTE SUL MAGRA, CROLLATO L'8 APRILE 2020,
È STATO RICOSTRUITO IN DUE SOLI ANNI E APERTO AL TRAFFICO IL 30 APRILE 2022**

Il ponte sul Magra posto a collegamento tra Albiano e Capriogliola (MS) sulla S.S. 330 di "Buonviaggio" è stato per più di un secolo un collegamento essenziale per il territorio dall'inizio del 900, oltre 100 anni fa.

Collegamento importante per la continuità del territorio stesso del comune di Aulla poiché Albiano ne è frazione in destra orografica mentre il capoluogo è in sinistra. Per un curioso gioco del destino (ma potremmo anche chiamarla idrologia avversa) l'isolamento di una frazione, in questo caso Stadano, aveva colpito lo stesso comune non più di 11 anni fa quando il fiume Magra in piena trascinò via un ponte posto a meno di un chilometro a monte di Albiano.

L'eco ancora forte della tragedia di Genova, unitamente all'oggettiva importanza del collegamento, hanno spinto tutti i soggetti coinvolti nella ricerca della ricostruzione veloce di un ponte migliore, laddove migliore significa anche inserito in un nuovo contesto adeguato alle richieste funzionali contemporanee.



1. Il ponte di Attilio Muggia (photo credit: Prof.ssa Tullia Iori - SIXXI)



2. La soletta allargata all'inizio degli anni Novanta

LA LUNGA STORIA DEL PONTE SUL MAGRA

Storicamente, la frazione di Albiano è sempre stata collegata al comune capoluogo di Aulla grazie ad un traghettone, reso incerto dal regime incostante e sovente pericoloso del fiume Magra.

La storia narra che con l'unità di Italia fu attuato un accorpamento dei piccoli comuni di Albiano, Stadano e Capriogliola sotto Aulla e fu promesso un collegamento stabile, ovvero un ponte, attraverso il Magra.

All'inizio del Novecento il ponte a cinque grandi arcate con luce di 51,5 m (tra le più grandi in assoluto) fu progettato da Attilio Muggia, precursore del calcestruzzo armato in Italia, così abile da ottenere il permesso di calcolare le strutture secondo il brevetto Hennebique da Hennebique stesso.

Il ponte di Muggia è rimasto in servizio per circa 40 anni, fino alla fine del secondo conflitto, quando ha subito la demolizione parziale attuata dalle truppe tedesche in ritirata.

La ricostruzione immediata, alla fine degli anni Quaranta, è stata eseguita rapidamente dalla medesima Impresa che ha realizzato il primo progetto (Ing. Ferrari) secondo il disegno degli Ingg. Giannelli, Carè e Ceradini, tra i primi a portare la tipologia "Maillart" in Italia, con una successione di archi a tre cerniere che ha permesso il recupero delle pile.

All'inizio degli anni Novanta, poi, la struttura fu appesantita da una nuova soletta più larga posta semplicemente sopra le strutture pristin.

LE IPOTESI DI RICOSTRUZIONE: VELLEITÀ O CONCRETEZZA

Dopo il crollo avvenuto l'8 Aprile 2020 il compartimento ANAS della Toscana ha incaricato la Matildi+Partners di studiare soluzioni strutturali preliminari di ricostruzione, in grado di ripristinare il collegamento tra le sponde e migliorare al contempo l'interferenza con l'alveo mobile del fiume Magra nonché la funzionalità del tracciato stradale, pur essendo questo vincolato in destra idraulica dall'abitato di Albiano e in sinistra dallo sbarco sul tracciato S.S. 62 "della Cisa". L'obiettivo di ridurre il rischio idraulico è stato certamente nodale nello sviluppo delle ipotesi di ricostruzione, con conseguente riduzione del numero di pile in alveo e innalzamento della quota di intradosso di impalcato. L'esame del tracciato stradale esistente ha poi suggerito, lato Albiano, l'eliminazione dell'evidente punto angoloso che neppure poteva essere definito "curva", e, lato Caprigliola, la realizzazione di una intersezione sulla S.S. 62, sede quotidiana di code nella precedente configurazione a T.

Relativamente al ponte, le quattro soluzioni proposte, con tre, due o una pila, permettevano così un impatto decrescente sul



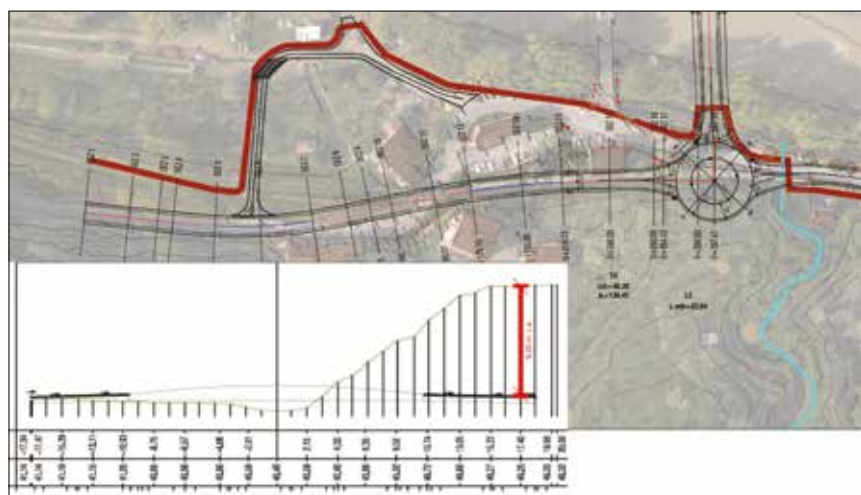
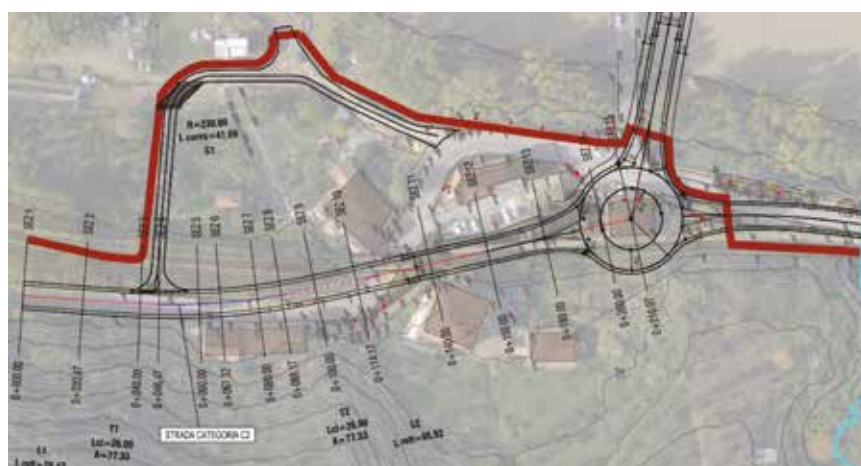
4A e 4B. Il ponte quasi interamente in rettilineo con la nuova rotatoria a monte del ponte crollato (4A) e in curva con nuova rotatoria a valle (4B)

fiume e tuttavia crescente dal punto di vista paesaggistico nel contesto collinare di grande pregio con i borghi di Caprigliola e Santo Stefano Magra emergenti a oriente.

La verifica effettuata in sede di riesame con la Soprintendenza ha fatto preferire univocamente la soluzione più semplice secondo una geometria che riprendesse alcuni stilemi della successione pristina di archi grazie ad una travata continua di quattro luci ad altezza variabile inizialmente prevista con le sezioni di pila aperte e reticolari.



3. Le quattro ipotesi di ricostruzione



5A, 5B e 5C. La variante S.S. 62 con la nuova rotonda sul casello ferroviario dismesso (soluzione scelta - 5A), con la nuova rotonda in luogo dell'attuale fabbricato viaggiatori dismesso (5B) e la soluzione intermedia con sbancamento in versante di 10 m (5C)

La necessità di allineare i fusti delle pile secondo il senso della corrente del fiume, che risultano dunque ruotati di $27,5^\circ$ rispetto alla perpendicolare all'asse stradale rettilineo, ha poi indotto a realizzare le travate stesse ad anima piena, non risultando più apprezzabili distintamente le aperture dei tre schemi reticolari ora sovrapposti e sfalsati.

In merito al tracciato stradale del più ampio intervento contenente il nuovo attraversamento del fiume Magra, la variante alla S.S. 62 in località Caprigliola e la nuova intersezione tra la S.S. 62 e la S.S. 330, lo studio delle alternative ha dapprima portato alla scelta di posizionamento della nuova rotonda a mon-

te del ponte pre-esistente e successivamente all'ubicazione della medesima intersezione in corrispondenza dell'ex casello ferroviario utilizzando l'unica area aperta tra il versante ed il corpo fluviale con l'obiettivo di minimizzare i movimenti terra.

Inoltre, tale tracciato risulta essere quasi totalmente indipendente dal sedime delle macerie del ponte e quindi non oggetto alle restrizioni di accesso e lavoro del procedimento giudiziario aperto sulle cause del crollo (fattore determinante per la rapida realizzazione del nuovo collegamento tra le due sponde del Magra). L'intervento è completato dal recupero e dalla valorizzazione del tratto di S.S. 62 declassato attraverso un progetto di rigenerazione urbana dell'area antistante all'ex fabbricato viaggiatori della linea ferroviaria dismessa e dalla realizzazione di percorsi ciclopeditoni che danno continuità, nell'area di intervento, alla futura ciclovia da realizzare sul sedime ferroviario dismesso a seguito del nuovo passante Santo Stefano-Aulla realizzato nella prima decade del nuovo millennio.

La progettazione definitiva ed esecutiva è stata infine affidata da ANAS al RTP Technital-Politecnica-Matildi + Partners e l'esecuzione al RTI Sales-Italscavi, entrambi in regime di Accordo Quadro. La carpenteria metallica è stata prodotta da Fincantieri Infrastructures con l'ausilio di Fagioli SpA per il montaggio (si veda articolo a pag. 64).

LA GEOMETRIA DEL NUOVO PONTE

In conformità a quanto sopra scritto e non senza un laborioso interessamento degli enti competenti, la soluzione adottata per la ricostruzione del ponte ha previsto, quindi, una travata continua di quattro luci di $57+90+90+54$ m, partendo da Albiano, con le sottostrutture, spalle comprese, ruotate di $27,5^\circ$ rispetto alla perpendicolare all'asse stradale.

La livelletta è stata configurata secondo un raccordo altimetrico convesso di estensione 66 m circa e con raggio di 3.000 m, con pendenze dei due rami di 1,20% e 1,00% (direzione Ovest-Est),



6. L'intradosso "vuoto" dell'impalcato con la passerella di ispezione

che ha permesso altezze variabili da un minimo di 2,50 m in campata, a un massimo di 5,4 m in P2.

La sezione trasversale stradale è di tipo C2, completata da due percorsi, uno pedonale e l'altro ciclabile, larghi 2,5 m, in sede protetta, per un totale di 15,90 m. Planimetricamente l'impalcato si sviluppa interamente in rettilineo, in continuità con la S.S. 330 lato Albiano, fino all'innesto con la nuova intersezione a rotatoria. La snellezza dell'opera, unitamente alla necessità di contenere il peso della carpenteria metallica per velocizzarne il montaggio, ha suggerito un impiego diffuso, e ancora innovativo, di acciaio S460 ad alta resistenza grazie all'esperienza maturata da M+P nell'assistenza al progetto del ponte San Giorgio di Genova.

Lo schema strutturale è stato informato dalla massima semplicità con una riduzione drammatica degli elementi costituenti anche al fine di ridurre le superfici metalliche da verniciare, secondo richiesta della Soprintendenza, con cromatismo analogo a quello dei precedenti impalcati in calcestruzzo.

La struttura d'impalcato è quindi composta da due sole travi, poste ad una distanza di 10 m, praticamente al margine della sede stradale, e da una trave di spina centrale alta 100 cm ordita su un passo tipico dei diaframmi di 13 m.

Solo in prossimità delle pile, laddove la piattabanda inferiore delle travi è compressa e lavora a tassi tensionali elevati, es-

sendo in S460, sono disposti dei punti di stabilizzazione a "V" rovescio.

L'intero impalcato, inoltre, è percorribile al suo interno grazie a una passerella continua in acciaio zincato che scavalca i diaframmi salendoci sopra (lo spazio è invero ridotto e pari a 100 cm) e a lato della stessa sono disposti i sottoservizi che già in precedenza percorrevano l'attraversamento, ovvero un tubo del gas di diametro 200 mm, un tubo dell'acquedotto di diametro 200 mm, oltre a reti telefoniche e alla fibra ottica.

I MIGLIORAMENTI DI TRACCIATO NECESSARI DOPO 100 ANNI

La ricostruzione di un ponte esistente non può prescindere da un esame approfondito e accurato del plesso di problematiche che ogni opera d'arte inferisce nel territorio circostante; in particolare, nei 100 anni successivi alla concezione dell'opera pristina il tracciato della statale della Cisa ha dimostrato la sua vetustà e allo stesso tempo è stato spostato il tracciato della ferrovia Pontremolese in una nuova sede in galleria liberando il proprio sedime.

L'andamento planimetrico della S.S. 62 a valle dell'intersezione con la S.S. 330 si presenta particolarmente tortuoso, con una doppia curva dai raggi molto ridotti e con andamento altimetrico variabile per la necessità di sottopassare la ferrovia Pontremolese attualmente dismessa. Inoltre, l'andamento piano-altimetrico e la sezione trasversale dell'attuale infrastruttura stradale non permettono il passaggio simultaneo di mezzi pesanti nelle due direzioni.

La sezione tipo esistente presenta, infatti, mediamente una piattaforma pavimentata di larghezza di circa 7,00 m e le banchine laterali non sono presenti con continuità. I conducenti sono pertanto costretti a marciare con franchi laterali ridotti, velocità contenute e spaziature più elevate.

La soluzione di progetto, maturata a seguito dell'analisi di più alternative, corrisponde alla categoria C2 secondo la classifi-



7. Il nuovo tracciato stradale



8. Una fotosimulazione della rotatoria lato Caprigliola sulla S.S. 62

cazione fornita dalla vigente Norma (D.M. 05/11/2001) ed è da intendersi come intervento di adeguamento strutturale dell'esistente (Norme per gli interventi di adeguamento delle strade esistenti - 21/03/2006), per una lunghezza complessiva di 330 m circa. È prevista anche la realizzazione di due fermate per i mezzi di trasporto pubblico, poste su lati opposti della carreggiata, delle quali la più vicina all'intersezione dista circa 30 m da quest'ultima.

All'fine di non recare intralcio alla circolazione, le fermate sono state collocate esternamente alla corsia di marcia, per un'ampiezza pari a 3,50 m, affiancate da apposito marciapiede, su piazzole di sosta costituite da due tratti di raccordo e un tratto di stallo autobus di lunghezza pari a 12 m. L'intervento di miglioramento dei flussi di traffico e di implementazione della sicurezza stradale è completato dall'inserimento di un sottopasso pedonale volto al collegamento delle due fermate del TPL con l'eliminazione di un attraversamento pedonale a raso.

Rispetto all'intersezione a T esistente l'inserimento della rotatoria comporta notevoli benefici in termini di sicurezza e funzionalità, consentendo di smaltire elevati flussi di traffico e incrementando la velocità di transito. Tale soluzione è, infatti, particolarmente adatta per intersezioni tra strade con uguale livello gerarchico, come nel caso in esame.

È opportuno ricordare che con il ponte precedente in esercizio, il tratto terminale della S.S. 330 era sovente interessato da accumuli di veicoli dovuti al mancato assorbimento da parte della S.S. 62 e solo la compresenza del lockdown ha permesso di mi-

nimizzare i danni alle persone a seguito del subitaneo crollo.

Sotto l'aspetto propriamente tecnico, il progetto prevede la realizzazione di una intersezione a rotatoria di tipo "compatto" (D.M. 19/04/2006), con un diametro esterno pari a 34 m. La sezione tipo adottata per l'anello rotatorio è composta da banchina interna di 0,50 m, corona giratoria pari a 7,00 m, banchina esterna pari a 1,00 m (estesa a 1,50 m sul quadrante Sud-Ovest per facilitare le manovre dei mezzi pesanti).

Considerata l'esigua lunghezza del tracciato di progetto (circa 330 m) e la

previsione di due intersezioni adiacenti, al fine di determinare la dimensione dei singoli elementi modulari del tracciato che possano garantire il transito degli utenti in condizioni di sicurezza, è stata condotta una analisi mirante a determinare la velocità di progetto massima ottimale pur all'interno dei minimi limiti normativi, correlata ai vincoli oggettivi contermini che comprendono i frequenti accessi privati, un dislivello altimetrico di circa 6 m e le succitate intersezioni terminali.

Scartate le categorie stradali E (urbana di quartiere) e F1 (strada locale in ambito extraurbano), si è optato, come detto, per una strada di categoria C2 (strada extraurbana secondaria) per la sua carreggiata più ampia e la sua capacità di ammettere velocità di progetto superiori (intervallo 60-100 km/ora).

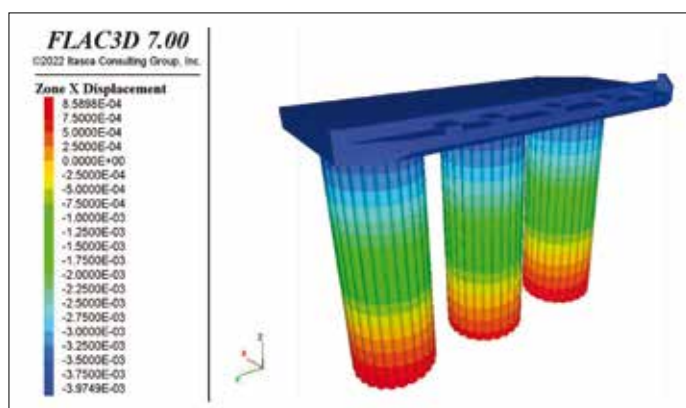
La scelta della categoria C2 ha consentito una maggiore linearità di tracciato con raggi adeguati al transito regolare dei mezzi pesanti, l'adozione di barriere adeguate al DM 21/06/2004 e l'inserimento di una segnaletica anch'essa adeguata.

LE SOTTOSTRUTTURE E LE LORO FONDAZIONI

Il nuovo impalcato poggia su cinque sottostrutture (SpA - P1 - P2 - P3 - SpB, procedendo da Albiano a Caprigliola) in calcestruzzo armato gettato in opera, tutte fondate su pali trivellati di diametro 1,00 m.

La SpA, fondata su 26 pali, è di tipo classico e alloggia, a lato dei muri andatori, anche due muri frontali di altezza inferiore, funzionali all'approdo delle passerelle pedonale e ciclo-pedonale. La SpB, a causa della necessità di non invadere il letto del fiume Magra, è fondata su tre pozzi ciascuno racchiuso da una corona di 24 pali secanti, arretrati rispetto all'asse appoggi del ponte. Infatti, il muro frontale di spalla, che ospita i cinque appoggi d'impalcato, si configura come mensola a sbalzo aggettante sull'alveo per ben 4,10 m.

Le pile 1, 2 e 3 hanno altezza, rispettivamente, di 7,3 m, 7,2 m e 8,8 m. I setti che le costituiscono hanno spessore di 2,00 m e sono smussati agli estremi secondo due semicerchi, per minimizzare gli effetti di scalzamento indotti dalle piene del fiume. Ogni pila spicca da due plinti circolari di diametro di 5,10 m fondati su 13 pali dei quali uno centrale e 12 secanti (6 pali primari armati con gabbie rettangolari e sei pali secondari armati con gabbie circolari). Completa il sistema fondale delle pile una fila di pali posta direttamente sotto i setti, in posizione centrale rispetto ai due plinti esterni.



9. Il modello FLAC3D della fondazione della SpB



10. L'armatura del fusto della pila P1

COME COSTRUIRE UN PONTE SU UN FIUME CHE DEMOLISCE UN PONTE OGNI CINQUE ANNI

Il fiume Magra, contraddicendo in guisa esemplare il proprio nome, ha un regime idraulico assolutamente irregolare e caratterizzato da eventi di piena frequenti e devastanti.

Dal punto di vista idrologico, il bacino idrografico del fiume Magra, così come l'intera Lunigiana, è tra le aree peninsulari più piovose d'Italia, con una piovosità annua che supera i 1.700 mm; per confronto, il dato omogeneo della relativamente vicina Firenze è di circa 800 mm. Le piene straordinarie del fiume Magra sono contraddistinte, pertanto, da altissimi deflussi e conseguenze spesso catastrofiche, come nelle recenti alluvioni del 1968, quando la piena distrusse il ponte di Romito Magra, disastro che costò la vita a 13 persone, oltre ai crolli parziali avvenuti nel 2011 dei ponti di Stadano (distante poco più di 1 km a monte del nuovo ponte) e della Colombiera (posto a valle, località Bocca di Magra) o al crollo del ponte sull'affluente Aulella a Serriciolo avvenuto nel novembre 2012.

Ripetendo il paragone con Firenze, durante la piena del 2011 è stata stimata una portata di deflusso del Magra pari a 6.000 m³/s, contro i 4.000 m³/s della piena dell'Arno che provocò la disastrosa alluvione del 1966.

Da questi pochi ma eloquenti dati appare immediatamente chiara la sfida tecnica nella definizione delle caratteristiche del nuovo ponte di Albiano Magra. La progettazione in materia idraulica, fondamentale per infrastrutture del genere e basata sulle risultanze di modellazioni idrauliche bidimensionali estremamente dettagliate, ha consentito di scegliere, in primis, una quota dell'impalcato tale da non interferire con piene con tempo di ritorno fino a 200 anni, con un franco minimo 1,50 m, oltre ad una direzione e una forma delle pile tali da indurre il minor sovrizzo e le minori turbolenze possibili nel profilo idraulico di deflusso. L'immagine che segue evidenzia la direzione principale univoca del flusso del fiume Magra nella zona di interesse e la conseguente inclinazione che è stata poi adottata per le sottostrutture in alveo, rispetto al nuovo tracciato stradale.

In presenza di un flusso idrico mutevole e imprevedibile (il tempo di corruzione del Magra è tra i più brevi d'Italia), il primo scopo del progetto è stato realizzare le fondazioni in golena nel minore tempo possibile, peraltro, non potendo attendere la stagione "di magra".

Durante il periodo invernale, pur mite, l'impeto del Magra non ha risparmiato, comunque, qualche problema agli addetti ai lavori e conseguenti piccoli ritardi. Il progetto ha previsto il monitoraggio in continuo delle previsioni meteorologiche, con particolare riferimento alle allerte meteo della Protezione Civile. In termini quantitativi sono stati definiti livelli idrometrici di allerta in riferimento ai dati provenienti dalla stazione idrometrica di Calamazza sita 6 km circa a monte del cantiere.

In tempi ridotti se rapportati all'entità dell'opera, sono stati realizzati in golena 113 pali trivellati di fondazione e le relative strutture in elevazione. I pali trivellati, eseguiti a rotazione con asportazione di terreno e sostituzione dello stesso con conglomerato cementizio, hanno previsto l'impiego del tubo di rivestimento ("camicia metallica giuntata inserita a rotazione") per tutta la lunghezza del palo, peculiarità che ha permesso di non utilizzare fanghi bentonitici o polimeri per il sostegno delle pareti del foro, con evidente riduzione dei tempi e dei costi di cantierizzazione ed ovvi benefici ambientali.

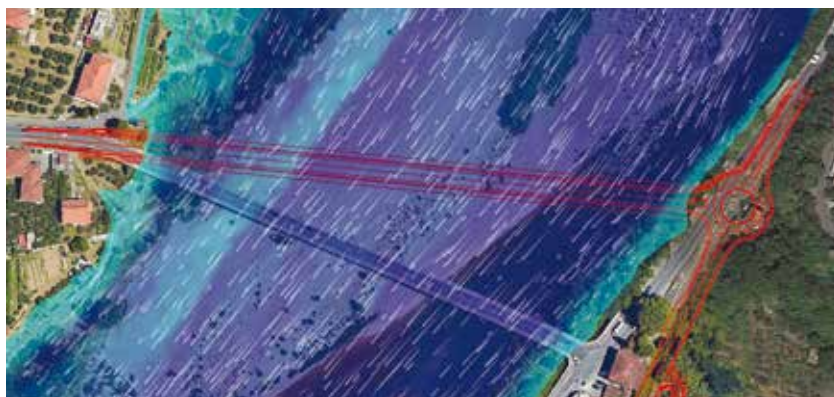
La cantierizzazione è stata progettata mediante modellazioni idrauliche ad hoc, basate su tempi di ritorno bassi (5 anni) ed eventi sopra la media stagionale. Particolare attenzione è stata rivolta alla definizione delle altezze delle ture a protezione delle lavorazioni per la realizzazione dei pali di fondazione delle pile, e delle quote dei piazzali provvisori in alveo per l'assemblaggio ed il trasporto/montaggio dei macroconci metallici di impalcato.

MONTARE UN PONTE DI 290 M IN QUATTRO PASSAGGI

Non solo le fondazioni e le pile hanno richiesto una soluzione di rapida realizzazione ma lo stesso impalcato, con luce massima di 90 m, è stato montato in soli quattro macroconci, sostanzialmente corrispondenti alle quattro campate del ponte, in una coppia di aree protette in golena destra, operando in parallelo su coppie di campate.

I quattro macroconci, dei quali il primo, da poggiare su P2 e P3, lungo ben 102 m e con un peso di quasi 530 t, sono stati posti in opera, completi di prédalle metalliche, con solo quattro traslazioni, grazie a SPMT dalla Fagioli SpA.

Tutti i giunti delle travi principali sono stati previsti mediante saldatura mentre gli elementi secondari (come si è detto estremamente rarefatti) sono collegati mediante bullonature HRC.



11. Il modello idraulico HEC-RAS con evidenziata la direzione del flusso della corrente di piena

Per agevolare il passaggio sulle piste di cantiere, le stesse sono state coperte da solettine in calcestruzzo in modo da consentire le rotazioni dei carrelli senza il rischio di affondamento degli assi. Il montaggio dell'impalcato e la sua movimentazione assolutamente scenografica ed efficace saranno descritti in uno specifico articolo futuro.

CONCLUSIONI

I tempi ristretti che hanno permesso la ricostruzione in soli due anni (per massima onestà il traguardo è stato sforato di tre settimane, ma a parziale giustificazione non si può dimenticare la compresenza della pandemia, di qualche ripicca del fiume nei mesi invernali e, negli ultimi tempi, la nota crisi di fornitura delle materie prime) sono stati possibili grazie a scelte proget-

tuali specifiche in ogni dettaglio costruttivo e scelte costruttive esperte e innovative. Il collaudo con 20 bilici da 46 t è stato eseguito il 20 e 21 Aprile e il 30 Aprile il ponte è stato aperto al traffico; i lavori di completamento stradale sono attualmente in esecuzione. ■

*"A noi che siamo tra il vecchio e il nuovo,
la sorte dona queste ore liete e il passato
impone d'aver fiducia a guardare avanti
e a guardare indietro"*
(Johann Wolfgang von Goethe)

- ⁽¹⁾ Ingegnere, Vice Presidente e Responsabile settore infrastrutture di Politecnica Ingegneria e architettura
- ⁽²⁾ Ingegnere, PM di Politecnica
- ⁽³⁾ Ingegnere, progettista di Politecnica
- ⁽⁴⁾ Ingegnere, Socio dello Studio Matildi+Partners
- ⁽⁵⁾ Ingegnere, Collaboratore dello Studio Matildi+Partners



12. La campata P2-P3 posta in opera per prima



14. Il ponte sul fiume Magra, ormai completo, a Pasqua 2022, visto da Caprigliola con le rovine del ponte crollato in fase di rimozione



13. La posa in opera della campata P1-P2 con la predisposizione per la saldatura in opera

DATI TECNICI

Commissario Straordinario: Ing. Fulvio Maria Soccodato
Soggetto attuatore/Committente: ANAS SpA
RUP: Ing. Gioacchino Del Monaco
Progettista: RTP costituito da Technital SpA, Politecnica Ingegneria e architettura e Studio Matildi+Partners
Progetto definitivo-SIA-esecutivo: Politecnica Ingegneria e architettura
Progetto dell'impalcato: Matildi+Partners
Direzione dei Lavori: Ing. Mirko Fagioli
Collaudo: Ing. Achille Devitofranceschi
Esecutori dei Lavori: Sales SpA e Italscavi di Pratelli Alvaro & C. Sas
Esecutori dei Lavori delle opere metalliche: Fincantieri Infra-structure
Trasporti e sollevamenti dell'impalcato: Fagioli SpA