

CONCORSO A PROCEDURA APERTA A DUE GRADI, PER LA
PROGETTAZIONE DEL PONTE DEFINITIVO E VIABILITÀ
ALTERNATIVA IN SOSTITUZIONE DEL PONTE STORICO
BURIANO

ELABORATO 1
RELAZIONE TECNICO-DESCRITTIVA (2° GRADO)

CONCEPT

La realizzazione di un nuovo attraversamento sul fiume Arno, nei pressi del magnifico ponte medievale Buriano, assegna ai progettisti la responsabilità di coniugare il miglioramento dell'assetto viario della zona con la prioritaria fruizione di un monumento di grande valore storico-artistico. La decongestione veicolare infatti consentirà il futuro restauro e risanamento conservativo del ponte medievale esistente.

La scelta dell'Amministrazione di deviare il traffico che attualmente transita sul Ponte Buriano su un nuovo Ponte manifesta la sensibilità della stessa a fare un uso più sostenibile del monumento nonché a promuovere un turismo di qualità, che riguardi sia il Ponte che le zone allo stesso limitrofe.

Il Ponte Buriano avrà un altro utilizzo, più in linea con la sua elevata condizione monumentale. Continuerà ad essere un'opera che potrà garantire il passaggio di pedoni e ciclisti, ma allo stesso tempo potrà diventare oggetto di osservazione da punti di vista assolutamente inediti che permetteranno apprezzarne il valore culturale e monumentale. Il tutto in simbiosi con il miglioramento di percorsi ciclopedonali esistenti sulle sponde del fiume, e con la creazione di nuovi.

La relativa vicinanza tra il Ponte oggetto del concorso ed il Ponte Buriano rappresenta il grande vincolo visivo e paesaggistico che ha guidato gli autori di questa proposta progettuale verso per una realizzazione armoniosa con il territorio, e basata sul dialogo, senza prevaricazioni, tra i due ponti.

Le strutture, la nuova del XXI secolo e la esistente risalente al XIII secolo, saranno caratterizzate da un tracciato in pianta quasi parallelo, quindi l'obiettivo principale è stato quello di ideare un'opera che sia capace di instaurare un rapporto visivo armonioso tra il nuovo ponte, quello esistente ed il territorio limitrofo.

Questa è la premessa fondamentale da cui si sviluppa l'idea progettuale, e potrebbe sintetizzarsi in tre parole: PATRIMONIO, INNOVAZIONE, TERRITORIO.

Gli autori di questa proposta ritengono che la realizzazione di un nuovo ponte rappresenti una straordinaria opportunità non solo per migliorare la viabilità della zona, ma anche per valorizzarne le aree limitrofe, contribuendo a potenziare, seppure in maniera diversa, la fruizione e la conoscenza del Ponte Buriano, un capolavoro di ingegneria e architettura. In definitiva ci si è imbattuti non solo di un problema tecnico e funzionale, bensì in una questione progettuale molto più complessa e poliedrica.

La soluzione progettuale, in dialogo razionale ed emozionale con il territorio, risulta essere di grande pregio architettonico e funzionale, lasciando all'Arno libertà di scorrere senza ostacoli, non invadendo il suo alveo e non interferendo con l'identità della zona, avendo la struttura al di sotto del piano stradale. Il ponte così risponde alle premesse discusse precedentemente e si contraddistingue per un design moderno che scommette sul futuro per risolvere i problemi di viabilità ed assicurare una visuale inedita del Ponte Buriano.

In definitiva un ponte che non prevarica sul territorio, al contrario lo arricchisce.



Figura 1. Render della campata principale del nuovo ponte sull'Arno (vista da monte con Ponte Buriano sullo sfondo)

1 SOLUZIONE PROGETTUALE

1.1 INTEGRAZIONE DELL'OPERA CON IL CONTESTO

Il progetto del nuovo ponte risulta fortemente condizionato dalla necessità di fornire un tracciato che sia compatibile con la viabilità esistente e che permetta eliminare il traffico dal Ponte Buriano, provvedendo a sviluppare una viabilità alternativa in linea con gli alti standard delle normative vigenti.

La nuova opera si inserisce in una zona di interesse archeologico ed interessa aree tutelate ai sensi della disciplina dei beni paesaggistici, quindi un'attenzione straordinaria con il territorio sarà imprescindibile durante tutte fasi progettuali per poter ottenere specifica autorizzazione paesaggistica.

L'integrazione dell'opera con il territorio si articola a più livelli:

1. Per quanto concerne la bretella di collegamento tra la S.P. n°1 Setteponti e la S.P. 56 dello Spicchio, l'idea progettuale si basa nella realizzazione di un nuovo tracciato in rilevato fino a raggiungere il nuovo ponte a 5 campate sull'Arno. Alle estremità di questa bretella si prevedono due rotonde di grandi dimensioni per adeguata connessione con la viabilità esistente. Le posizioni delle rotonde nord e sud sono state ottimizzate in modo da facilitare l'ingresso dei veicoli ed allo stesso tempo ridurre drasticamente le modifiche da effettuare agli accessi esistenti.
2. Per quanto riguarda invece il tratto della S.P. 56 dello Spicchio tra la nuova rotonda e la località Ponte Buriano, si prevede un adeguamento della stessa in modo da poter raggiungere gli standard di sicurezza corrispondenti ad una strada di categoria C2. In quest'ultimo caso, il percorso deve essere leggermente modificato configurandosi ad una distanza minima rispetto all'esistente, in modo da minimizzare le modifiche da apportare.
3. Per quanto concerne invece la mobilità ciclo-pedonale, oltre ad un miglioramento delle percorsi esistenti, si propone un incremento degli stessi e la possibilità che si possa attraversare il nuovo ponte in modo da offrire una vista privilegiata ed inedita del Ponte Buriano, e realizzare un percorso ciclo-pedonale anche in sinistra idrografica.



Figura 2. Planimetria generale del nuovo ponte sull'Arno e viabilità associata

1.2 ASPETTI STRUTTURALI

La tipologia strutturale pensata per il nuovo attraversamento principale sull'Arno risponde perfettamente alle forti condizioni esistenti, tra le quali senza dubbio primeggiano il contesto storico-naturale e il dialogo con il Ponte Buriano.

La soluzione strutturale adottata consiste in una successione di 5 campate in calcestruzzo armato precompresso. La campata principale si risolve mediante una struttura con forma "ad arco", permettendo così la creazione di un ponte funzionale, robusto ed allo stesso tempo rispettoso del territorio. Inoltre, la soluzione strutturale proposta è di tipo integrale, nel senso che non sono previsti appoggi e conseguenti giunti strutturali nelle pile o nelle spalle, con l'obiettivo di ridurre drasticamente le attività di manutenzione.

Un progetto dunque che si origina dall'idea di integrare e rispettare i valori del territorio. Da un lato si prevede una soluzione strutturale che non contiene elementi vistosi al di sopra del piano stradale, evitando in tal maniera qualsiasi interferenza con il paesaggio esistente.

Dall'altro, si decide non interferire con il fiume optando per una soluzione con una campata principale senza pile in alveo. Questo criterio permette di rendere nulla l'interferenza del ponte con il fiume, e conferire alla struttura grande robustezza nei confronti di piene ed eventi straordinari dovuti al cambio climatico.

L'opera tuttavia ha la presunzione di non passare inosservata.

Con questo progetto si punta ad una struttura architettonicamente all'avanguardia che risolva un poliedrico problema funzionale-strutturale-paesaggistico. Dal punto di vista strutturale, il ponte si configura come una struttura simmetrica a travata continua di cinque campate. L'attraversamento ha una lunghezza totale di 240 m., organizzato in 4 campate laterali di 40 m. di luce, ed una campata centrale di 80 m.

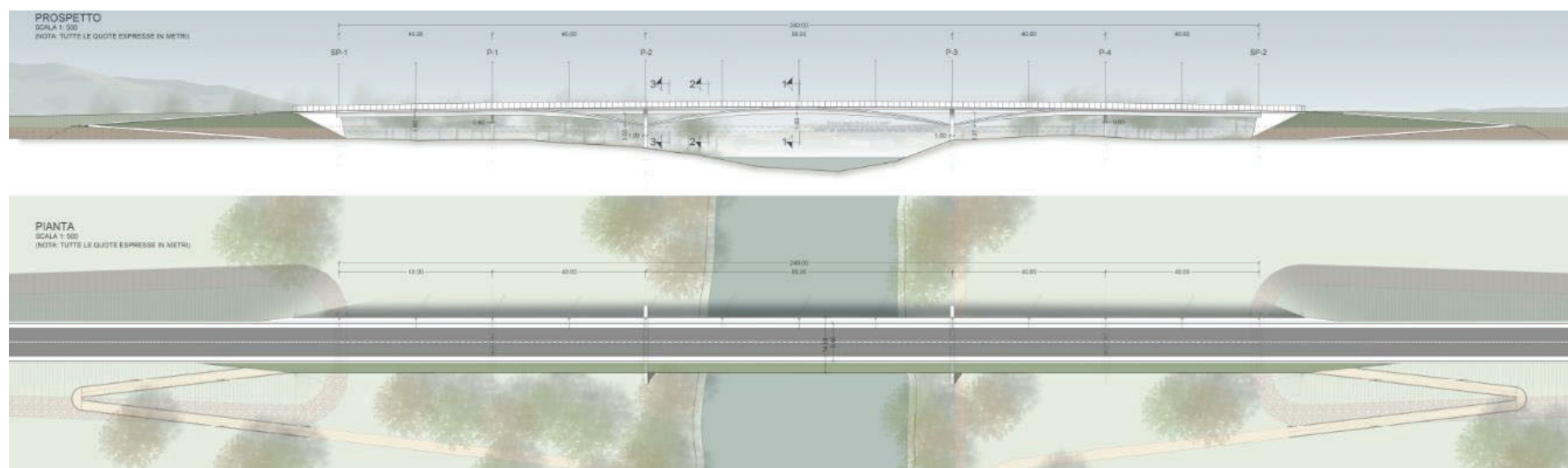


Figura 3. Prospetto e pianta della soluzione strutturale per l'attraversamento del fiume

La campata centrale è caratterizzata da una riduzione drastica della massa in prossimità delle pile in modo da alleggerire l'impalcato ed ottenere una sinuosa forma "ad arco". Inoltre la posizione degli elementi si adatta alla distribuzione del momento flettente per carichi permanenti, permettendo quindi una ottimizzazione del materiale ed, allo stesso tempo, creando una dinamica plastica molto interessante da un punto di vista architettonico.

Questi stessi elementi sono caratterizzati da una ampiezza variabile che si incrementa in prossimità delle pile, laddove le sollecitazioni sono più elevate. Inoltre, la soluzione progettuale prevede l'utilizzo di anime alleggerite in modo da ridurre drasticamente l'impatto estetico del ponte a distanze ravvicinate, ed adattarlo alla scala umana di pedoni e ciclisti che lo attraversano in prossimità delle pile.

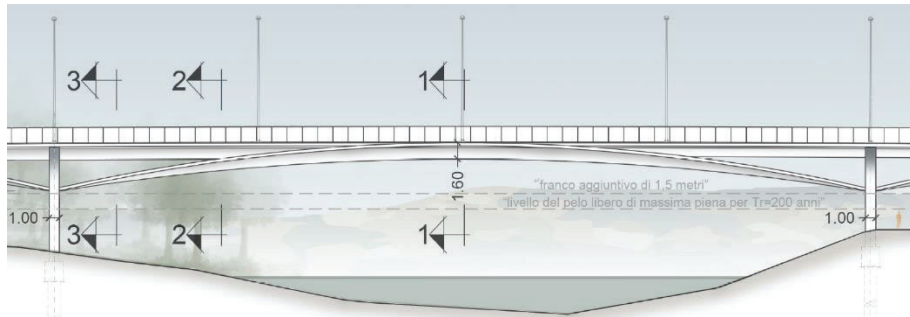


Figura 4. Prospetto della campata principale

Inoltre la tipologia strutturale scelta per l'attraversamento del fiume è flessibile nel senso che può adattarsi ad altre dimensioni delle campate principali, nel caso fosse necessario realizzare modifiche dovute a criteri non considerati in fase di concorso.

La larghezza totale prevista per l'impalcato è di 14,50 m.. Il ponte, così configurato, permette ospitare una corsia di 3,50 m. per ogni senso di marcia, una banchina da 1,25 m. e due marciapiedi di 1,00 m. (a est) e 2,50 m. (a ovest). Il marciapiede ubicato a ovest (lato destro guardando la planimetria e la successiva sezione trasversale) è solo destinato alla manutenzione e ad ospitare l'illuminazione pubblica, mentre quello a sinistra, che si affaccia verso il Ponte Buriano, permette la circolazione di pedoni e ciclisti.

Entrambi i marciapiedi risultano sopraelevati di 0,25 m. rispetto alla quota del piano stradale e sono provvisti di una barriera in acciaio, tipo H3, per garantirne la sicurezza. Per quanto concerne la campata principale di 80 m. di luce, la sezione trasversale in mezzeria è costituita da una soletta centrale di 0,30 m. di spessore, al di sopra della quale è situata la piattaforma stradale, due travi principali a sezione cassone di 1,30 m. di altezza ed ampiezza variabile. L'inclinazione esteriore delle travi (di circa 64°) contribuisce a ridurre l'impatto visivo dei paramenti.

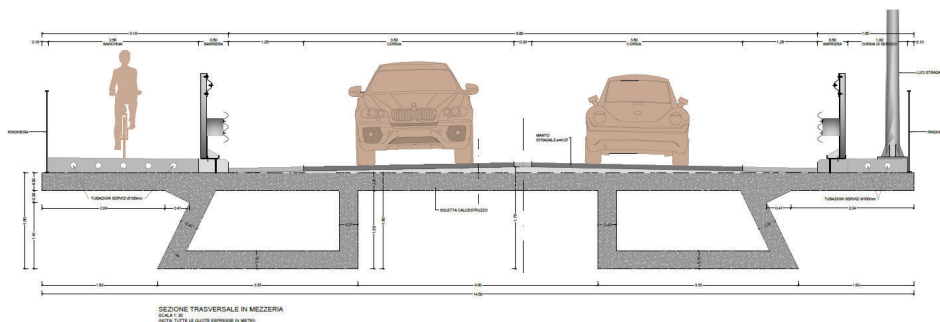


Figura 5. Sezione trasversale del nuovo ponte in mezzeria

La sezione trasversale in prossimità delle pile è simile a quella in mezzeria, ma vi è un incremento del braccio per poter resistere in modo più efficace gli elevati momenti flettenti. L'elemento inferiore che lavora a compressione è costituito da una soletta a sezione piena.

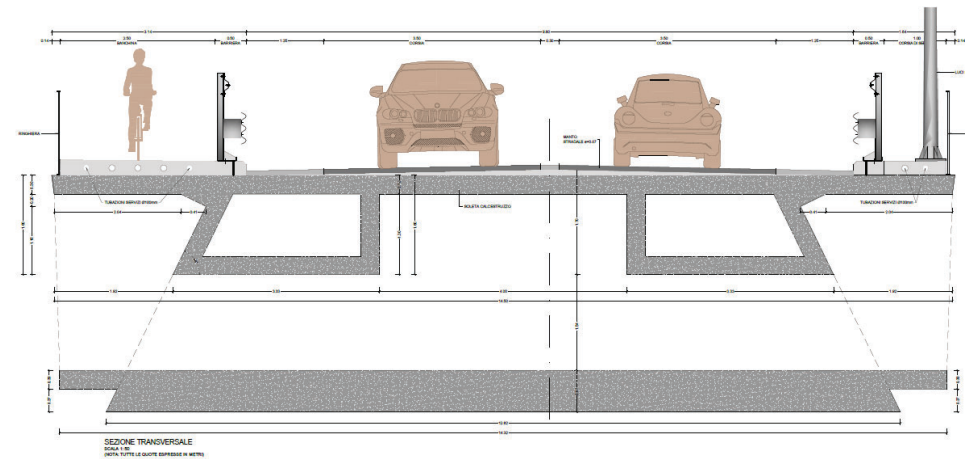


Figura 6. Sezione trasversale del nuovo ponte nei pressi della pila

Le pile e le spalle sono costituite da setti in calcestruzzo armato, con fondazioni su pali. La forma prevista per la pila ha un duplice scopo: minimizzare le interferenze con l'acqua dell'Arno in caso di inondazioni, e disporre dello spazio necessario per ospitare il sentiero adiacente al fiume. La soluzione strutturale proposta è di tipo integrale (non sono previsti né giunti né appoggi).

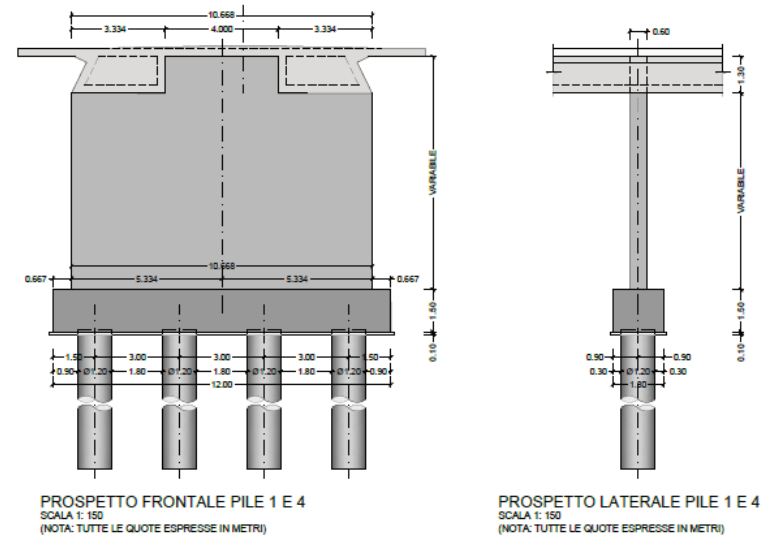


Figura 7. Prospetti di pile 1 e 4 dove si mostra il comportamento integrale del ponte (senza apparati di appoggio)

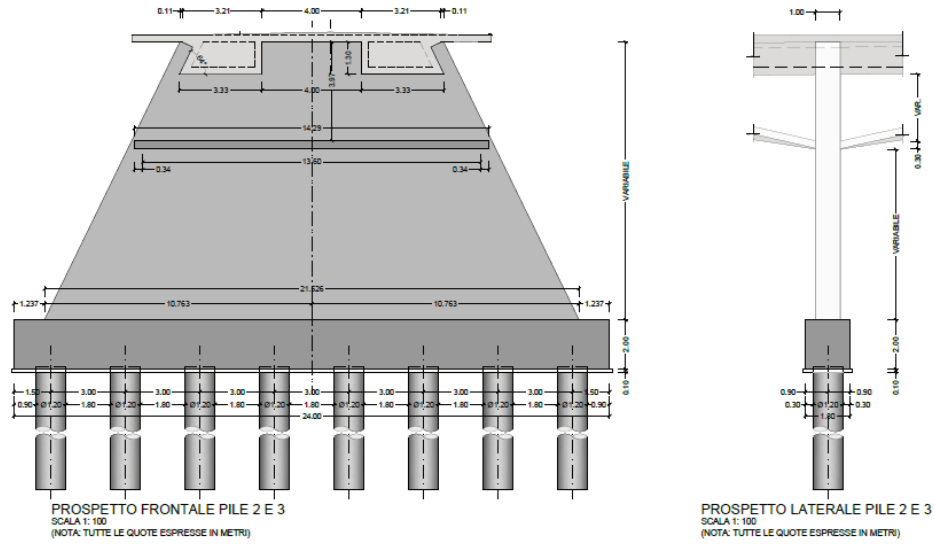


Figura 8. Prospetti di pile 2 e 3 dove si mostra il comportamento integrale del ponte (senza apparati di appoggio)



Figura 10. Render pila campata principale

Il carattere integrale del ponte fornisce una grande rigidezza che si rivela essenziale per far fronte alle performance strutturali derivanti dalla natura sismica della zona.

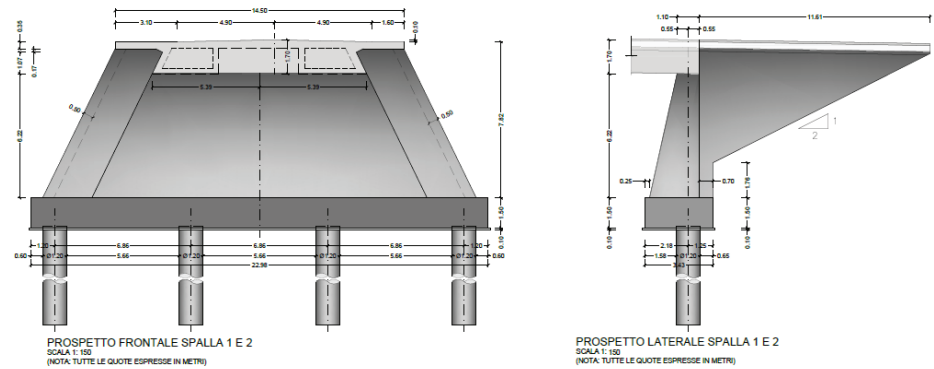


Figura 9. Prospetti di spalle dove si mostra il comportamento integrale del ponte (senza apparati di appoggio)



Figura 11. Render spalla di connessione tra attraversamento principale e rilevato di accesso

1.3 VERIFICHE STRUTTURALI PRELIMINARI

1.3.1 Introduzione

La struttura proposta si contraddistingue per proporzioni e materiali abituali in ponti di queste dimensioni. Questo assicura la fattibilità tecnica della soluzione progettuale.

Ad ogni modo, gli autori hanno cercato di identificare le situazioni critiche da un punto di vista strutturale ed hanno realizzato una serie di verifiche preliminari.

L'analisi del comportamento resistente del ponte si realizza con l'ausilio di un modello di elementi finiti, come si mostra nelle successive figure. Si tratta di un modello realizzato con elementi monodimensionali.

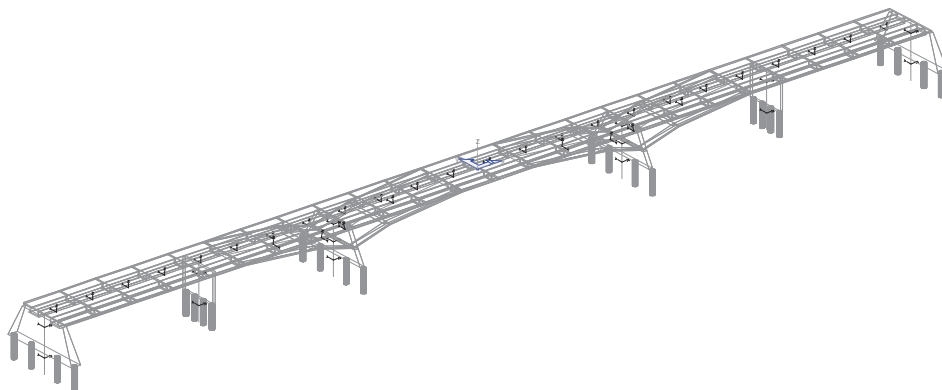


Figura 12. Vista del modello FEM in 3D

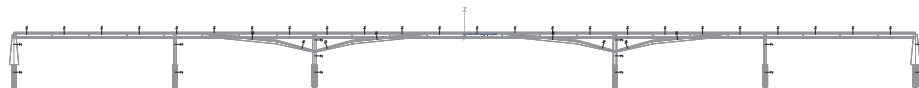


Figura 13. Vista del modello FEM in prospettiva

Con questo modello i progettisti hanno analizzato preliminarmente il comportamento sia statico che dinamico del ponte.

1.3.2 Verifiche allo SLU

Nelle successive figure si mostrano i diagrammi di involuppo del momento flettente e degli sforzi assiali allo SLU.

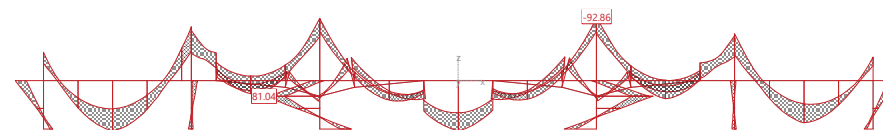


Figura 14. Diagrammi di involuppo del momento flettente allo SLU

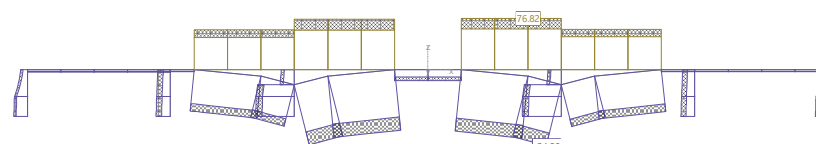


Figura 15. Diagrammi di involuppo degli sforzi assiali allo SLU

Con i valori ottenuti dagli involuppi dei diagrammi momenti flettenti e sforzi assiali, è stato possibile realizzare una verifica di 3 sezioni critiche da un punto di vista strutturale:

1. Sezione di impalcato della campata principale nella zona di appoggio con la pila principale
2. Sezione di impalcato della campata principale in mezzeria
3. Sezione della soletta inferiore del punto di unione con la pila

Nei successivi paragrafi si indicano sia l'armatura dei vari elementi così come i risultati delle verifiche della sicurezza nei riguardi degli stati limite ultimi (SLU) espresse dall'equazione E_d/R_d , dove E_d rappresenta il valore di progetto della domanda, mentre R_d indica la capacità di progetto. Un valore $E_d/R_d < 1$ indica una verifica soddisfatta correttamente.

1. Sezione di impalcato della campata principale nella zona di appoggio con la pila principale

- $M_{Ed} = -92860$ kNm
- $N_{Ed} = +76820$ kN
- $A_{tp} = 690$ cm²
- $A_{st} = 740$ cm²

$E_d/R_d = 0,95 < 1,00$ (verifica soddisfatta). Inoltre, non si è considerato l'effetto positivo della componente iperstatico del precompressione.



Figura 16. Verifica sezionale dell'impalcato della campata principale nella zona di appoggio con la pila principale

2. Sezione di impalcato della campata principale in mezzeria

- $M_{Ed} = 70860 \text{ kNm}$



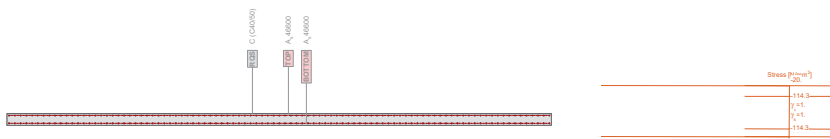
Figura 17. Verifica sezionale dell'impalcato della campata principale in mezzeria

$E_d/R_d = 0,79 < 1,00$ (verifica corretta).

3. Sezione della soletta inferiore nel punto di unione con la pila

- $N_{Ed} = -94000 \text{ kN}$

Armatura prevista: D24/150 mm (simmetrica)



$E_d/R_d = 0,64 < 1,00$ (verifica corretta).

1.3.3 Verifiche per azione sismica

Comportamento dinamico

La direzione dell'azione sismica determinante per la progettazione sismica è la longitudinale.

Il primo modo di vibrazione è longitudinale, e corrisponde ad un periodo di $T=0,85s$. La massa partecipante a questo primo modo è di circa l'80% della massa totale.

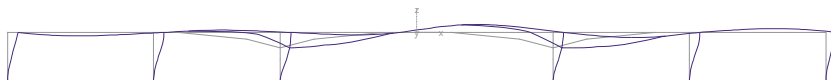


Figura 18.Modo principale di vibrazione longitudinale

Azione sismica

Per determinare l'azione sismica sulla struttura, è stato impiegato lo spettro seguente corrispondente allo Stato Limite di prevenzione del Collasso (S.L.C.) per la zona di Arezzo. È stato considerato un ponte di classe d'uso III, con coefficiente d'uso CU di 1.5. Il periodo di riferimento per l'azione sismica considerato è $V_R=75$ anni. Il tempo di ritorno per lo spettro allo S.L.C. è di 1462 anni.

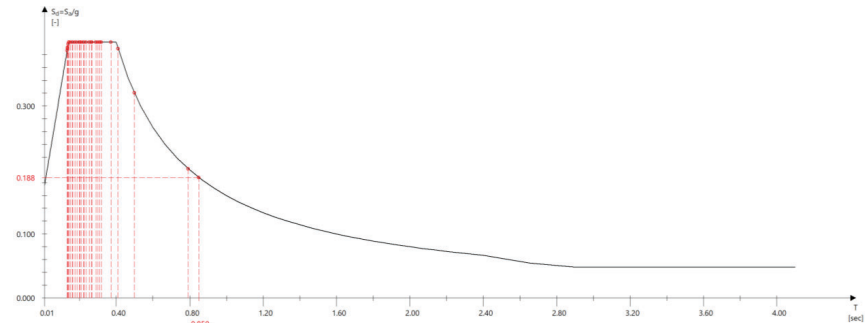


Figura 19.Spettro di risposta orizzontale (SLC)

I risultati dell'analisi modale realizzato si descrivono con le seguenti figure.



Figura 20.Movimenti della struttura per azione sismica longitudinale

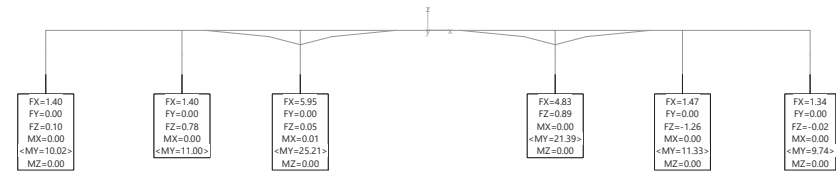


Figura 21.Reazioni in appoggi per azione sismica longitudinale

Verifica elementi critici

A partire dai risultati precedenti si deduce che gli elementi critici per azione sismica sono i pali, ed in maniera più specifica quelli corrispondenti alle fondazioni delle pile laterali. I valori delle caratteristiche delle sollecitazioni risultano:

$N_{Ed} = 350 \text{ kN}$

$M_{Ed,y} = 2750 \text{ kNm}$

Utilizzando un armatura di $A_s = 212 \text{ cm}^2$, si ottiene $E_d/R_d = 0,68 < 1,00$. La sezione così progettata risulta chiaramente sufficiente per resistere l'azione sismica.

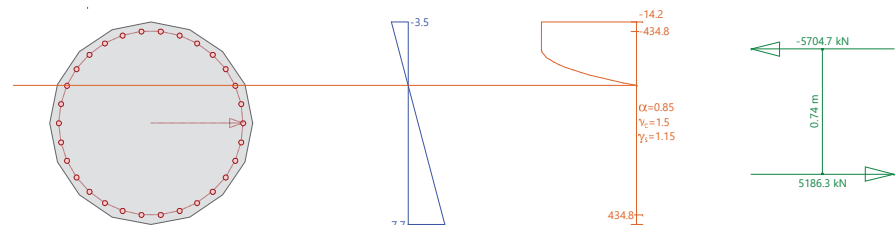


Figura 22.Verifica strutturale pali per azione sismica

1.4 ASPETTI GEOTECNICI

L'area su cui insisterà il nuovo attraversamento sul fiume Arno è localizzata su terreni alluvionali corrispondenti all'ultimo ciclo alluvionale del fiume, consistente in uno strato ghiaioso-sabbioso di circa 4-6 metri al di sopra del banco argilloso. Al di sotto si estende una successione fluvio-lacustre argilloso-limosa fino alla profondità di 25 metri dal piano campagna; a questa profondità è stato rinvenuto uno strato di argille torbose di buona qualità di circa 8 metri. Fino a circa 50-55 metri dal piano campagna torna ad essere presente una successione fluvio-lacustre, argilloso-limosa e sabbioso-limosa. Infine, a 54 metri dal piano campagna è stato rinvenuto il substrato lapideo pre-pliocenico, localmente rappresentato da una facies pelitico-argillitica delle Arenarie del Cervarola Falterona.

Con le caratteristiche sopracitate, le fondazioni del nuovo ponte si realizzeranno mediante pali trivellati per raggiungere lo strato di terreno al di sotto dello strato di argille torbose. Si prevede l'utilizzo di pali di 1,20 m. di diametro ed una lunghezza variabile in funzione delle sollecitazioni nei vari elementi. Per quanto concerne i rilevati imprescindibili per la nuova viabilità, sarà necessario studiare la massima pendenza degli stessi così come la condizioni di appoggio del terreno e le possibili misure da adottare per ridurre la deformabilità dello stesso (accelerare i cedimenti o migliorare la capacità resistente del terreno) in modo da assicurare il corretto funzionamento delle bretelle di collegamento durante tutta la vita utile dell'opera.

1.5 ASPETTI IDROLOGICI

La zona oggetto di studio è caratterizzata da una elevata pericolosità idraulica e rischio alluvioni secondo, rispettivamente, il Piano Stralcio Assetto Idrogeologico (PAI) ed il Piano di Gestione del Rischio Alluvioni (PGRA). Quindi lo studio dettagliato degli aspetti idrologici è di fondamentale importanza per definire correttamente non solo la tipologia strutturale della soluzione progettuale ma anche la posizione di pile e spalle. La realizzazione di un attraversamento in condizioni di sicurezza idraulica è imprescindibile per acquisire il parere favorevole dell'Autorità di Bacino.

A partire dagli idrogrammi associati alla sezione RS955 del fiume Arno ottenuti dall'Autorità di Bacino è stato possibile calcolare che, per un tempo di ritorno di 200 anni, la portata massima è 1999,89 m³/s, mentre il livello del pelo libero di massima piena corrisponde ad una quota di 208,50 m. A questa quota è necessario sommare un franco aggiuntivo di 1,5 m; pertanto la quota massima di progetto è 210,00 m.

Come si può osservare nella seguente figura, l'intera struttura dell'impalcato è stato definita geometricamente in modo da essere sempre ad una quota superiore ai 210,00 m, e quindi risulta in secco anche in caso di piena straordinaria.

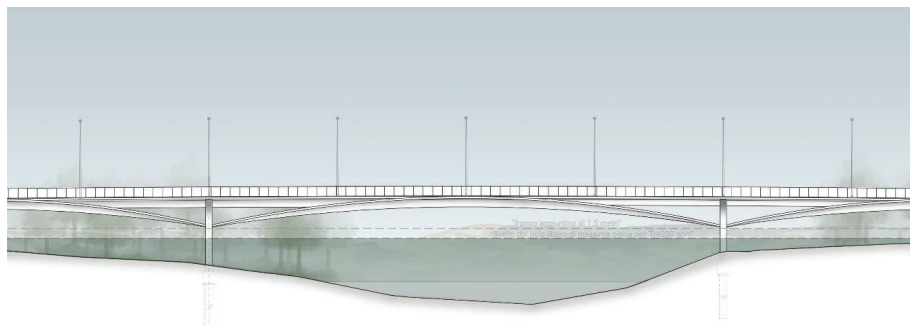


Figura 23. Posizione della struttura rispetto al livello del pelo libero di massima piena e franco aggiuntivo di 1,5 m.

Come si descriverà successivamente, un criterio simile è stato applicato anche per definire la quota altimetrica del piano stradale associato alla viabilità necessaria per raggiungere il ponte.

1.6 RIORGANIZZAZIONE DELLA VIABILITÀ

1.6.1 Nuova viabilità

Si definisce come nuova viabilità la variante della S.P. n° 1 Setteponti che permette collegare la S.P. 56 con la S.P. n° 1, ovviamente attraversando il nuovo ponte sull'Arno.

La posizione in planimetria di questa nuova bretella di collegamento è stata definita da studi preliminari al concorso. Si è ritenuto che la migliore soluzione fosse localizzare il nuovo attraversamento a circa 855 metri a monte dall'attuale ponte medievale. In questo modo, si riduce drasticamente l'impatto paesaggistico della nuova opera ed, allo stesso tempo, si migliora sensibilmente la connessione tra Arezzo e la zona dell'Alto Valdarno.

Un'analisi preliminare di questa area conferma che la nuova bretella di collegamento si trova ad una distanza sufficiente da edifici esistenti così come da altri elementi significativi, con l'unica eccezione della zona sud dove vi è un incremento significativo di strade ed edifici dovuto alla presenza della SP n° 1 e alla zona urbana di Quarata, frazione di Arezzo.

A sud, come punto di inizio della nuova viabilità, è possibile inserire una rotonda in una zona libera da edifici, nei pressi della SP n° 1, all'intersezione con Via Quarata 2, strada di uscita della frazione verso ovest. A partire da questa rotonda è necessario sviluppare un percorso che permetta raggiungere il nuovo ponte sull'Arno con i requisiti normativi descritti nella documentazione di concorso per una strada di categoria C2 (velocità di progetto = 100 km/h). Il tracciato è praticamente perpendicolare all'Arno per minimizzare la lunghezza del nuovo attraversamento. Il percorso continua in direzione nord per poi raggiungere la S.P. n° 56 dello Spicchio, alla quale si allaccia con una ulteriore rotonda.

Una volta definito il tracciato in planimetria, è necessario definire il profilo longitudinale che è condizionato dalla scelta di mantenere il piano stradale (così come il nuovo ponte) ad una quota superiore rispetto al livello di massima piena dell'Arno. Come detto in precedenza, il livello del pelo libero di massima piena (tempo di ritorno di 200 anni) corrisponde ad una quota di 208,50 m, ed è questo il valore limite che si adotta per la quota della nuova bretella di collegamento in rilevato. Nella zona del ponte, a questo livello deve sommarsi lo spessore strutturale del proprio ponte così come un franco aggiuntivo di sicurezza di 1,5 m. Per queste ragioni la quota della spalla è a 213,7 m.

Tutti questi requisiti portano alla definizione del profilo longitudinale altimetrico tra la rotonda 1 e 2 (rispettivamente con S.P. n° 1 Setteponti e S.P. n° 56 dello Spicchio). Si tratta di un profilo dolce che considera tutti i requisiti idraulici descritti, così come quelli normativi per una strada di categoria C2.

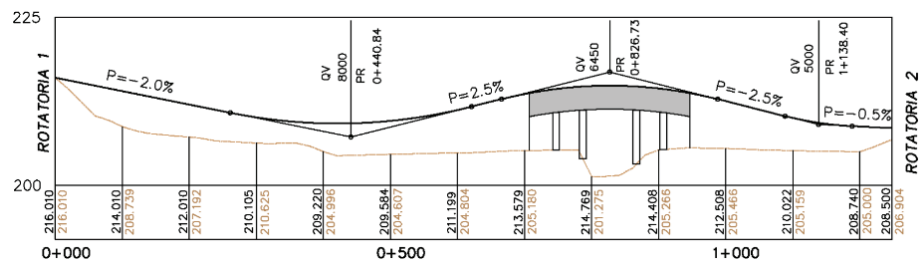


Figura 24. Profilo altimetrico longitudinale nuova viabilità

1.6.2 Adeguamento viabilità esistente

Per poter garantire i requisiti normativi di tutti i tratti della futura viabilità, è necessario anche prevedere l'adeguamento della viabilità esistente della S.P. n° 56 dello Spicchio tra la rotonda 2 e la rotonda 3, di unione con la S.P. n° 1.

Trattandosi di adeguamento di una infrastruttura esistente, il primo criterio di progetto è stato quello di utilizzare al massimo la strada esistente. Ciò nonostante, le analisi svolte dimostrano che la strada attuale ha delle caratteristiche non in linea con i requisiti associati ad una strada di categoria C2 (velocità di progetto di 100 km/h, raggio minimo in pianta di 400 m.). Basti pensare che la strada attuale ha un tracciato sinuoso con dei raggi di curvatura inferiori ai 50 m.; in definitiva, l'adeguamento della stessa risulta imprescindibile.

Il tracciato planimetrico proposto si approssima il più possibile alla strada attuale, in modo che si possa minimizzare l'impatto paesaggistico della stessa.

Nell'accesso alla zona urbana a nord del Ponte Buriano, l'applicazione del criterio precedente è più complicata da realizzare visto che vi è un'abbondante presenza di edifici ed altre costruzioni che condizionano la definizione geometrica del tracciato. Per questo motivo risulta impossibile mantenere la velocità di progetto sempre a 100 km/h su tutto il tratto della S.P. n° 56, e la velocità degli utenti dovrà inevitabilmente ridursi nella zona urbana a 60 km/h fino a raggiungere la rotatoria 3, di unione con la S.P. n° 1.

Anche nella definizione del profilo altimetrico si è utilizzato come criterio quello di ottenere la massima approssimazione tra la strada attuale e quella di progetto in modo da minimizzare possibili movimenti di terra.

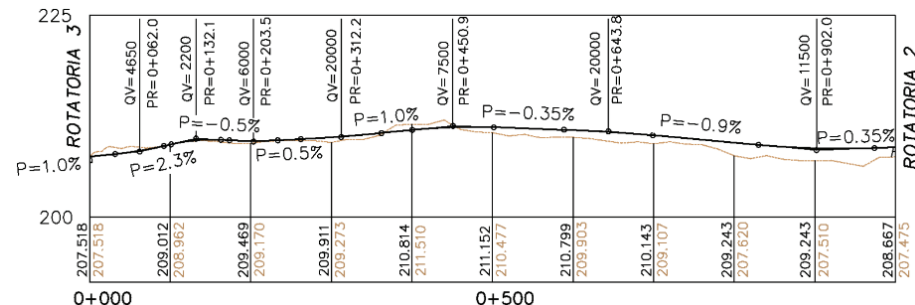
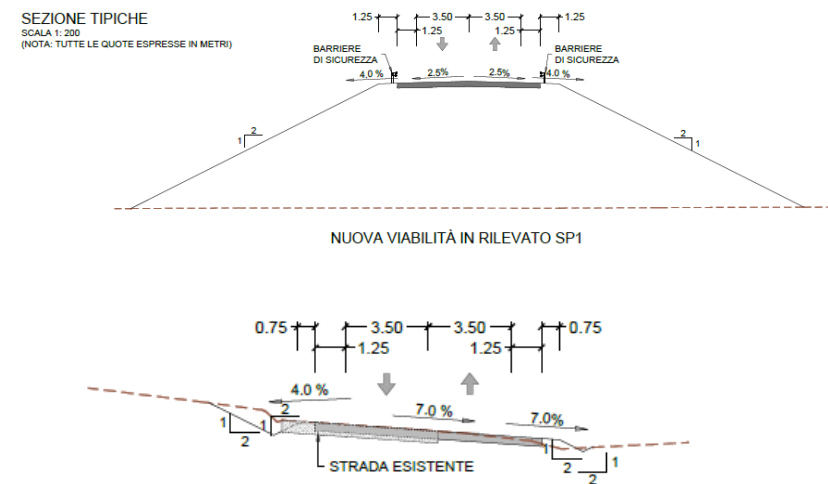


Figura 25. Profilo altimetrico longitudinale di adeguamento viabilità esistente (S.P. n° 56 dello Spicchio)

Tutte le proposte descritte in precedenza rispondono quindi ai seguenti criteri normativi per una strada di categoria C2: velocità di progetto massima 100 km/h (ridotta a 60 km/h solo nella zona urbana di Ponte Buriano), pendenza trasversale massima in curva 7%, raggio planimetrico minimo 400 m; pendenza longitudinale massima 7%.

Per la definizione geometrica della piattaforma si adotta una larghezza di corsia pari a 3,50 m. per ogni senso di marcia ed una larghezza di banchina più cunetta di 1,25 m. ad entrambi i lati. Nella figura si mostra una sezione tipica della nuova viabilità con piattaforma stradale in rilevato (a sinistra) e una dell'adeguamento della strada esistente (a destra).



**ADEGUAMENTO DELLA VIABILITÀ ESISTENTE SP56
NUOVA STRADA CON UTILIZZO PARZIALE DELLA STRADA ESISTENTE**

Figura 26. Definizione geometrica della piattaforma stradale in rilevato (nuova viabilità) e corrispondente all'adeguamento della S.P. n° 1 dello Spicchio.

1.6.3 Rotatorie

Uno degli obiettivi principali del progetto è migliorare il sistema di accesso al nuovo ponte, tanto dei nodi di connessione con la S.P. n° 56 (a nord) e con la S.P. n° 1 (a sud), così come l'intersezione tra la S.P. n° 56 e la S.P. n° 1 in località Ponte Buriano. Al trattarsi di un traffico moderato, si ritiene che la realizzazione di rotatorie sia la soluzione più adeguata.

Si definisce Rotatoria 1 quella situata a sud del nuovo attraversamento, come intersezione tra la S.P. n° 1 Setteponti e la nuova viabilità. Trovandosi in una zona urbana, ad ovest di Quarata (frazione di Arezzo), vi è un'abbondante presenza di strade ed edifici che ne rendono complessa la definizione geometrica. Infatti, la Rotatoria 1 deve prevedere differenti sbocchi: verso il nuovo attraversamento (a nord), verso via Quarata 2 (a nord ovest), verso S.P. n° 1 in direzione Arezzo (a sud est) ed in direzione Ponte Buriano (a nord ovest). Si propone quindi la realizzazione di una rotatoria con 5 accessi, uno dei quali destinato alla connessione con una strada di servizio che permette l'accesso ad edifici limitrofi. La rotatoria ha un diametro di 50 metri, è ubicata alla quota altimetrica attuale dell'intersezione, e gli accessi sono distribuiti in maniera uniforme lungo il perimetro esterno, senza necessità di modifiche rilevanti alle differenti strade che attualmente accedono all'intersezione.

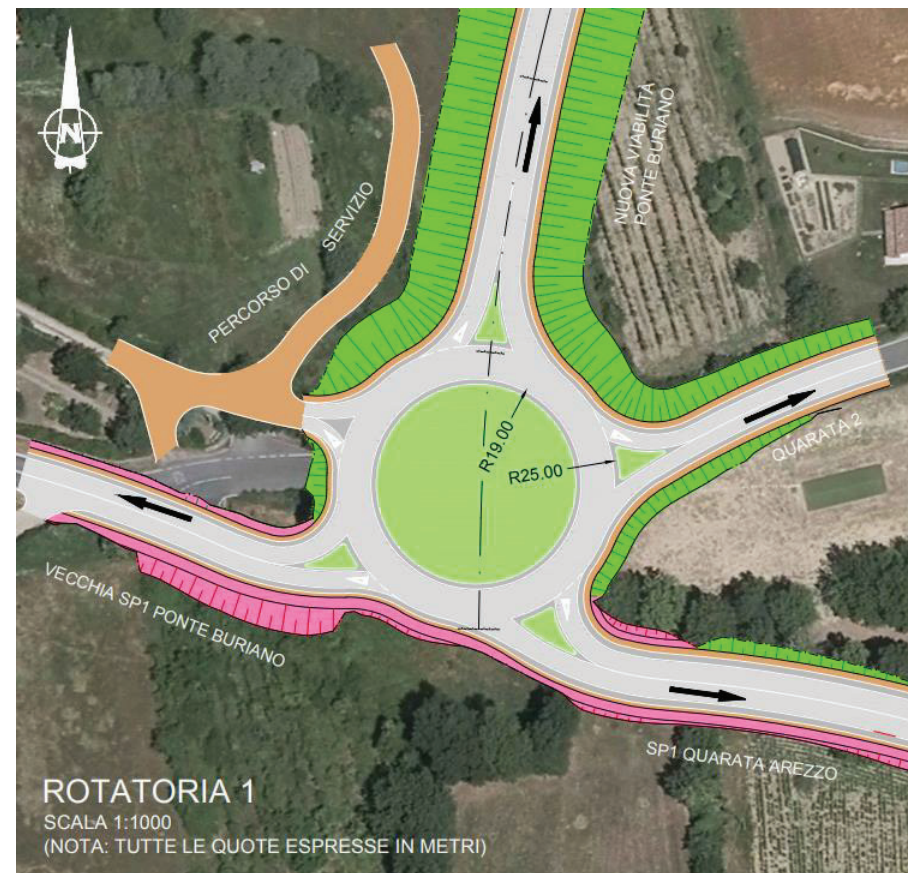


Figura 27. Rotatorie 1 (a sud del nuovo attraversamento sull'Arno)

Si definisce Rotatoria 2 quella ubicata a nord del nuovo attraversamento, all'intersezione con la S.P. n° 56 dello Spicchio. La Rotatoria 2 è la più semplice da progettare, infatti si localizza in una zona senza costruzioni nelle vicinanze. Si propone un diametro di 50 m e 4 accessi equidistanti: verso il nuovo attraversamento sull'Arno (a sud), verso la S.P. n° 56 in direzione Castelluccio (ad est), ed infine in direzione Ponte Buriano (ad est). Inoltre vi è un piccolo accesso a nord per dare servizio ad una piccola stradina che si collega ad un edificio limitrofo. Questa rotatoria si trova ad una quota superiore rispetto al terreno esistente per assicurare che non venga inondata durante una piena dell'Arno.

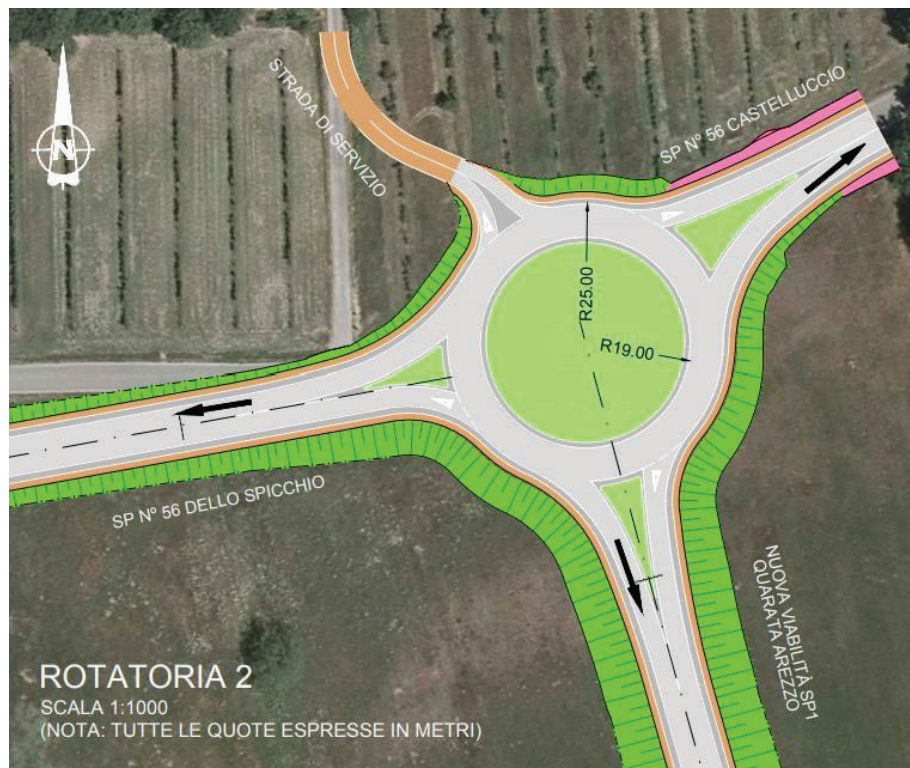


Figura 28. Rotatoria 2 (a nord del nuovo attraversamento sull'Arno)

Per quanto concerne la Rotatoria 2, potrebbe proporsi anche una soluzione differente che si basa sulla sostituzione della rotatoria con una intersezione a T, dando priorità all'itinerario tra il nuovo attraversamento sull'Arno e la S.P. n°56 verso Ponte Buriano. In questo modo si potrebbe mantenere la velocità di progetto di 100 km/h senza la necessità di ridurla nei pressi della rotatoria. Ciò nonostante, questa soluzione alternativa potrebbe risultare interessante solo nel momento in cui si dimostrasse che il traffico nella tratta della S.P. n°56 verso Castelluccio risultasse molto ridotto.

Infine, vi è la Rotatoria 3, nei pressi di Ponte Buriano che fa da intersezione tra la S.P. n° 1 con la adeguata S.P. n° 56. Quest'ultima rotatoria è probabilmente la più complessa da realizzare in quanto è localizzata in una zona urbana con poco spazio a disposizione, ed edifici molto prossimi all'intersezione.

La rotatoria presenta 3 accessi, di cui sono destinati alla S.P. n° 1 (a sud e a ovest) ed un ultimo alla S.P. n° 56 (a nord). Si propone un diametro di 30 m., leggermente inferiore ai precedenti, tipico di una rotatoria compatta, e valore valido per le strade di categoria C2. La rotatoria è alla stessa quota delle diverse strade di accesso, minimizzando i lavori da eseguire.

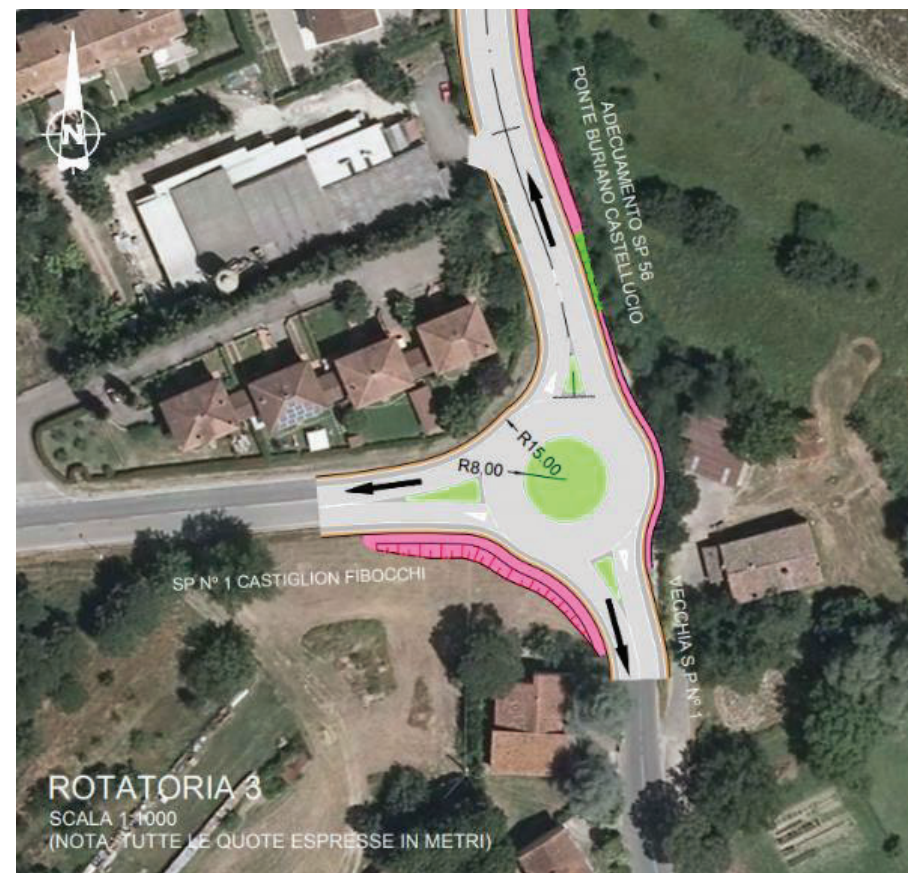


Figura 29. Rotatoria 3 (in località Ponte Buriano)

1.6.4 Servizi complementari

Il ponte è provvisto di un sistema di raccolta acque che consiste di una serie di pozzetti e ombrinali disposti lungo le banchine. Nel caso della pista ciclabile, è prevista la disposizione di un sistema di raccolta connesso in maniera puntuale con il sistema di drenaggio della carreggiata.

Si prevede l'illuminazione dell'attraversamento principale e delle rotatorie, mediante l'utilizzo di sostegni in acciaio zincato (altezza fuori terra 9,0 m.) e corpi illuminanti a LED in linea con l'attuale stato dell'arte che prevede sorgenti luminose ad elevata efficienza nell'ottica di contenere il consumo energetico.

Nella rotatoria si prevede una installazione degli elementi illuminanti unilaterale sul lato esterno della carreggiata. Sul ponte il tipo di installazione è unilaterale sul lato est del piano stradale, nel marciapiede destinato alla manutenzione, oltre le barriere di sicurezza stradali. Questo criterio permette evitare l'ingombro dei sostegni nella zona riservata a pedoni e ciclisti, ed inoltre permette proteggere gli stessi da eventuali urti dovuti a possibili incidenti, salvaguardando così la durabilità degli stessi e la incolumità delle persone.

1.7 MOBILITÀ CICLO-PEDONALE

Il nuovo attraversamento sull'Arno pretende giocare un ruolo strategico nella riorganizzazione dei percorsi ciclopedonali della zona, in un contesto paesaggistico di alta qualità ambientale.

I ciclisti che sopraggiungono da sud attraverso la Ciclopista dell'Arno, una volta raggiunto l'incrocio con la S.P. n°1 Setteponti, possono scegliere di continuare il proprio percorso lungo al Ciclopista o, come nuova alternativa, svoltare a sinistra e dirigersi verso il Ponte Buriano. Una volta raggiunto il Ponte Buriano, si prevede la creazione di una nuova bretella di collegamento ciclopedonale con la Ciclopista dell'Arno. Nel punto in cui questa bretella si avvicina all'Arno si propone la realizzazione di un belvedere, punto di sosta per ammirare Ponte Buriano da una prospettiva inedita. Non si tratta solo di un punto di mera contemplazione, bensì una vera e propria area di interpretazione della configurazione del ponte medievale. L'idea consiste nel trasmettere al visitatore il valore architettonico, storico e simbolico del Ponte Buriano con l'ausilio di totem e pannelli descrittivi.

Questa nuova bretella permette raggiungere la Ciclopista dell'Arno, che dopo circa 800 metri incrocia il nuovo ponte; qui, il percorso ciclopedonale lo attraversa nella parte inferiore dell'impalcato, evitando qualsiasi forma di interferenza.

Inoltre si prevede la costruzione di una nuova rampa di accesso al ponte per dare la possibilità anche di godere di una vista privilegiata del Ponte Buriano, oltre che la realizzazione di un percorso ad anello con la possibilità di attraversare anche la pianura in destra idrografica. Infatti, si prevede la realizzazione di un nuovo percorso parallelo al fiume che farà da connessione tra il Ponte Buriano ed il nuovo attraversamento anche in destra idrografica, e darà integrità e coerenza al progetto nel suo complesso. Per permettere un attraversamento sicuro sul nuovo ponte, la carreggiata è equipaggiata, solo sul lato sinistro (che si affaccia verso Ponte Buriano) di una generosa pista ciclopedonale di 2,5 m. di ampiezza, adatta al doppio senso di marcia, e separata dal traffico da barriere di sicurezza.

Infine, vi è una strada esistente (in verde) che incrocia il rilevato associato alla nuova viabilità. Per risolvere tale interferenza si prevede un sottopasso che permetta la continuità di questa connessione.

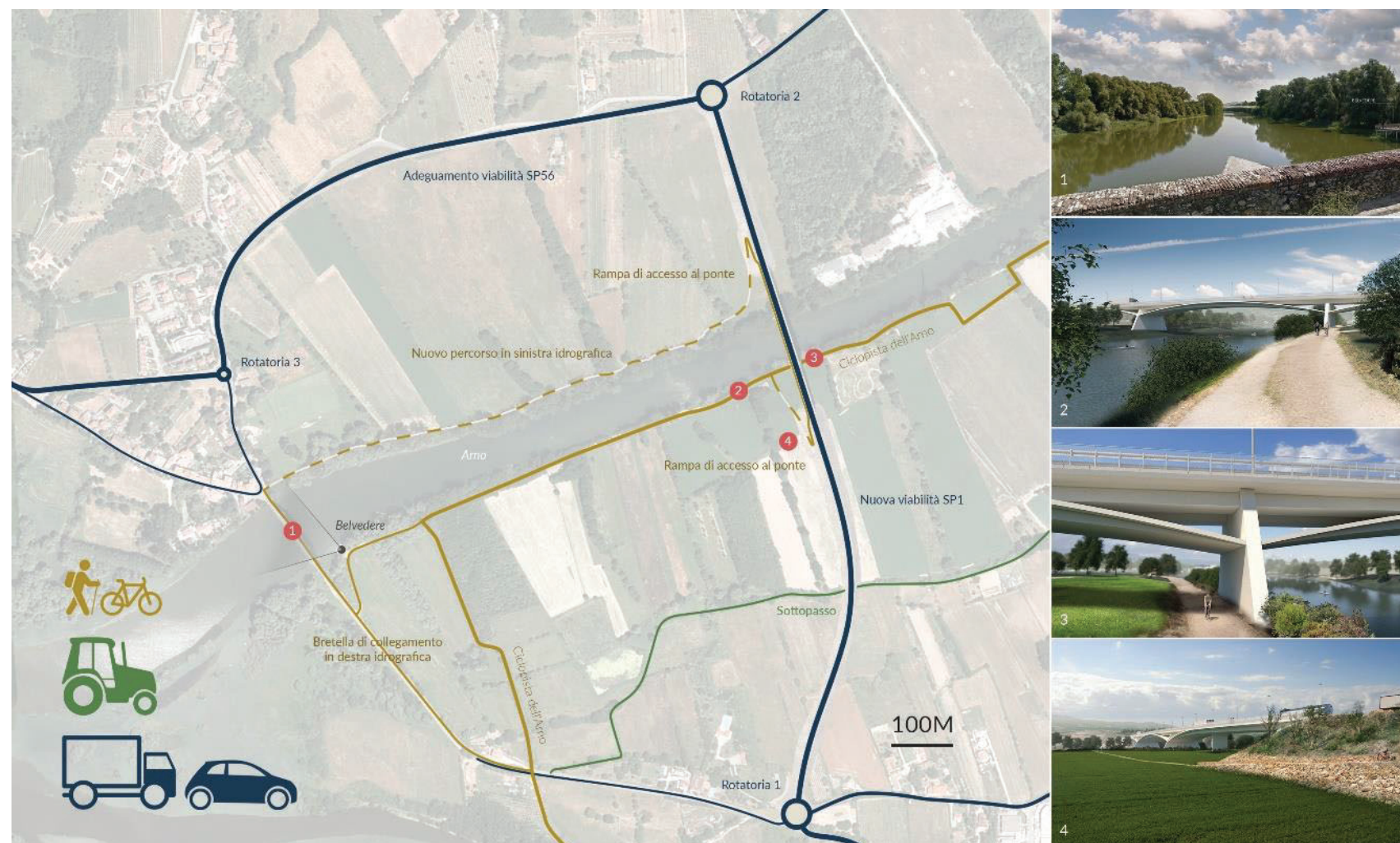


Figura 30. Organizzazione percorsi

2 MATERIALI

La proposta del nuovo attraversamento sull'Arno si basa sull'utilizzo del calcestruzzo armato e precompresso come materiale principale. In maniera più specifica, le pile e le spalle son previste in calcestruzzo armato, mentre l'impalcato è previsto in calcestruzzo precompresso.

La scelta del calcestruzzo come materiale principale non è casuale. Una struttura correttamente progettata in calcestruzzo permette mantenere una serie di requisiti prestazionali per un lungo periodo di tempo, così come previsto dalle normative vigenti.

Durante la vita utile, il calcestruzzo e l'acciaio sono esposti a condizioni aggressive, tra cui anche condizioni meteorologiche estreme associate al cambio climatico. La scelta del calcestruzzo come materiale da costruzione principale del ponte risponde principalmente ad un requisito di durabilità, dato che, se dotato di un opportuno copriferro e protezione dagli agenti esterni, può raggiungere senza problemi la vita utile desiderata.

Gli autori di questa proposta hanno adottato una serie di accorgimenti per quanto concerne i materiali.

1. Il calcestruzzo che si prevede utilizzare nei vari elementi strutturali ha una capacità resistente variabile proprio per ottimizzarne costo ed impatto ambientale. In maniera specifica, per le fondazioni di spalle e pile si prevede l'utilizzo di calcestruzzo C25/30, mentre per i corpi fuori terra si prevede l'uso di un calcestruzzo C32/40, fatta eccezione dell'impalcato dove si utilizzerà C35/45.
2. I suddetti calcestruzzi saranno di basso impatto ambientale. Ad esempio, la produzione di un calcestruzzo standard di classe C35/45 genera emissioni quantificabili in circa $386 \text{ kgCO}_2\text{eq/m}^3$ (fonte: Institution of Civil Engineers). La maggior parte di queste emissioni sono dovute al contenuto di cemento. In questo progetto si specificherà che parte del cemento (fermo restando i requisiti prestazionali necessari) dovrà essere sostituito per altri materiali di minor impatto ambientale. Una possibilità è rappresentata dalle ceneri volanti, infatti la sostituzione del 40% del cemento per ceneri volanti farebbe ridurre le emissioni da 386 a $275 \text{ kgCO}_2\text{eq/m}^3$ (fonte: Institution of Civil Engineers). Simili risultati si ottengono anche con l'utilizzo di scorie d'altoforno, infatti sostituendo il 50% del cemento con questo prodotto, si otterrebbe una riduzione ancora maggiore valutata in $228 \text{ kgCO}_2\text{eq/m}^3$ (fonte: Institution of Civil Engineers). In definitiva, adottando accorgimenti specifici per quanto concerne la produzione del calcestruzzo, è possibile ridurre le emissioni di quasi il 40%. Il tutto senza dover compromettere i requisiti prestazionali previsti dalla normativa.
3. Un approccio simile è previsto anche per l'acciaio. Infatti, l'impiego di acciaio realizzato con materiale riciclato permette una riduzione drastica delle emissioni, da 1.99 a $0.77 \text{ kgCO}_2\text{eq /kg}$. Sarà necessario porre una importante attenzione alle EPD (Environmental Product Declaration) dei vari prodotti ad utilizzare durante la costruzione.
4. L'utilizzo del calcestruzzo precompresso garantisce un miglior comportamento in servizio, infatti l'apertura di fessure (che favoriscono la carbonatazione del calcestruzzo) è più limitata. Il risultato è una struttura dotata di maggiore durabilità, con garanzie di poter perdurare nel tempo.
5. L'impiego di calcestruzzo precompresso permette la costruzione di elementi più snelli rispetto a quelli realizzati con calcestruzzo armato. Questo porta a una importante riduzione del materiale necessario e quindi dell'impatto visuale associato al nuovo attraversamento.
6. L'applicazione di questi materiali è prevista mediante l'utilizzo di soluzioni costruttive standard, in modo che si possano utilizzare elementi già presenti nel mercato e non doverli realizzare in maniera specifica per questo progetto.
7. Infine, la produzione del calcestruzzo deve essere realizzata nelle località limitrofe al ponte, quindi inevitabilmente la scelta di questo materiale porta da un beneficio sociale. Questo non sarebbe accaduto nel caso in cui il ponte fosse stato in acciaio, materiale che può essere prodotto solo in stabilimenti specifici e poi trasportato in cantiere.

3 FASI REALIZZATIVE

Le fasi di costruzione del nuovo ponte si pianificano tenendo in conto non solo la necessità di mantenere inalterata la regolare circolazione del traffico attuale, ma anche l'esigenza di ridurre l'impatto ambientale e conservare l'ecosistema fluviale.

Si espongono le principali fasi necessarie alla realizzazione della soluzione proposta:

FASE PRELIMINARE: Preparazione area predisposta ad ospitare lavori, con ricerca preliminare di oggetti metallici nelle zone interessate dagli scavi, segnaletica per istituzione traffico. Ricerca e messa in sicurezza dei sottoservizi pubblici.

FASE 1: Realizzazione degli scavi nella zona di spalle e pile, e realizzazione delle fondazioni. Realizzazione delle fondazioni mediante argine provvisorio in alveo, per dare appoggio alle centine necessarie al getto della campata principale.

FASE 2: Realizzazione delle spalle (SP-1 e SP-2) e delle pile (P-1, P-2, P-3 e P-4). Realizzazione del rilevato.

FASE 3: Montaggio di centine, collocazione casseformi e getto impalcato nelle campate laterali (tra P-3 e P-4 e tra P-1 e P-2) e nella campata centrale fino a raggiungere le impalcature a torre in alveo.

FASE 4: Montaggio di centine, collocazione casseformi e getto impalcato nei pressi della pila 2 e 3. Introduzione dei trefoli ed applicazione della precompressione.

FASE 5: Smontaggio delle centine e delle casseformi utilizzate in Fase 4. Montaggio di centine, collocazione casseformi e getto impalcato nelle campate laterali 1 e 4 e nella campata centrale ed applicazione della precompressione.

FASE 6: Ritiro argine provvisorio nel letto del fiume, ed eliminazione completa fondazioni provvisorie con integrale ripristino dei luoghi allo stato originario.

FASE 7: Completamento dell'impalcato, esecuzione dei rivestimenti finali del ponte. Integrazione della nuova struttura con la rete viaria (rotatorie). Realizzazione e sistemazione percorsi ciclopedonale lungofiume in destra e sinistra idrografica. Spostamento del traffico da Ponte Buriano (o guado provvisorio) al nuovo Ponte. Adeguamento della viabilità esistente. Smontaggio del cantiere.

Durante la Fase 3, si realizza il getto anche un quinto della luce delle campate laterali estreme. Questa scelta costruttiva riflette l'intenzione del progettista di realizzare l'unione nel punto in cui il momento flettente è nullo, o quasi nullo, per una distribuzione uniforme di carichi permanenti.

Si fa notare che la costruzione della campata centrale richiede prima di tutto la realizzazione di una cassaforma, dotata di una struttura metallica di supporto nel letto del fiume, motivo per il quale si consiglia che questa fase venga eseguita durante i mesi estivi. La struttura di supporto si realizza mediante impalcature a torre con fondazioni provvisorie (pali) di dimensioni ridotte al fine di minimizzare l'impatto ambientale con il fiume. Si prevede l'utilizzo di due impalcature a torre, a circa 20 metri di distanza dalle pile.

I lavori relativi al nuovo ponte sull'Arno possono essere svolti in parallelo ai lavori riguardanti la nuova viabilità (il rilevato) tra la rotatoria 1 e 2. Durante questa fase, che rappresenta la maggior parte del periodo previsto per il cantiere, non vi sarà interferenza con la viabilità esistente. Una volta terminato l'attraversamento principale, la nuova viabilità e le rotatorie 1 e 2, e quindi permettendo il passaggio dei veicoli sul nuovo ponte, si procederà con l'adeguamento della viabilità in destra idrografica. Così facendo si ritiene che le fasi costruttive siano ottimali per ridurre i tempi di cantiere ed, allo stesso tempo, interferire con la viabilità esistente durante il minor periodo possibile.

In sintesi, la tipologia strutturale selezionata e il procedimento costruttivo corrispondente rispondono ad una flessibile sequenza dei lavori). Tutti i mezzi previsti per la costruzione del ponte sono ordinari e non prevedono particolari difficoltà che possano dilungare i tempi di costruzione. Inoltre la realizzazione dell'opera non pregiudica l'accessibilità, l'utilizzo degli impianti e strutture esistenti e la mobilità dell'area. La costruzione della campata principale richiede la realizzazione di una centina dotata di 2 impalcature a torre nel letto del fiume. Le fondazioni provvisorie di tali strutture verranno completamente eliminate una volta terminati i lavori con integrale ripristino dei luoghi allo stato originario. Nel caso in cui questa soluzione fosse incompatibile con il rilascio della autorizzazione idraulica si può prevedere un procedimento alternativo mediante conci a sbalzo con stralli provvisori, soluzione che non richiede l'utilizzo di strutture provvisorie nel letto del fiume.

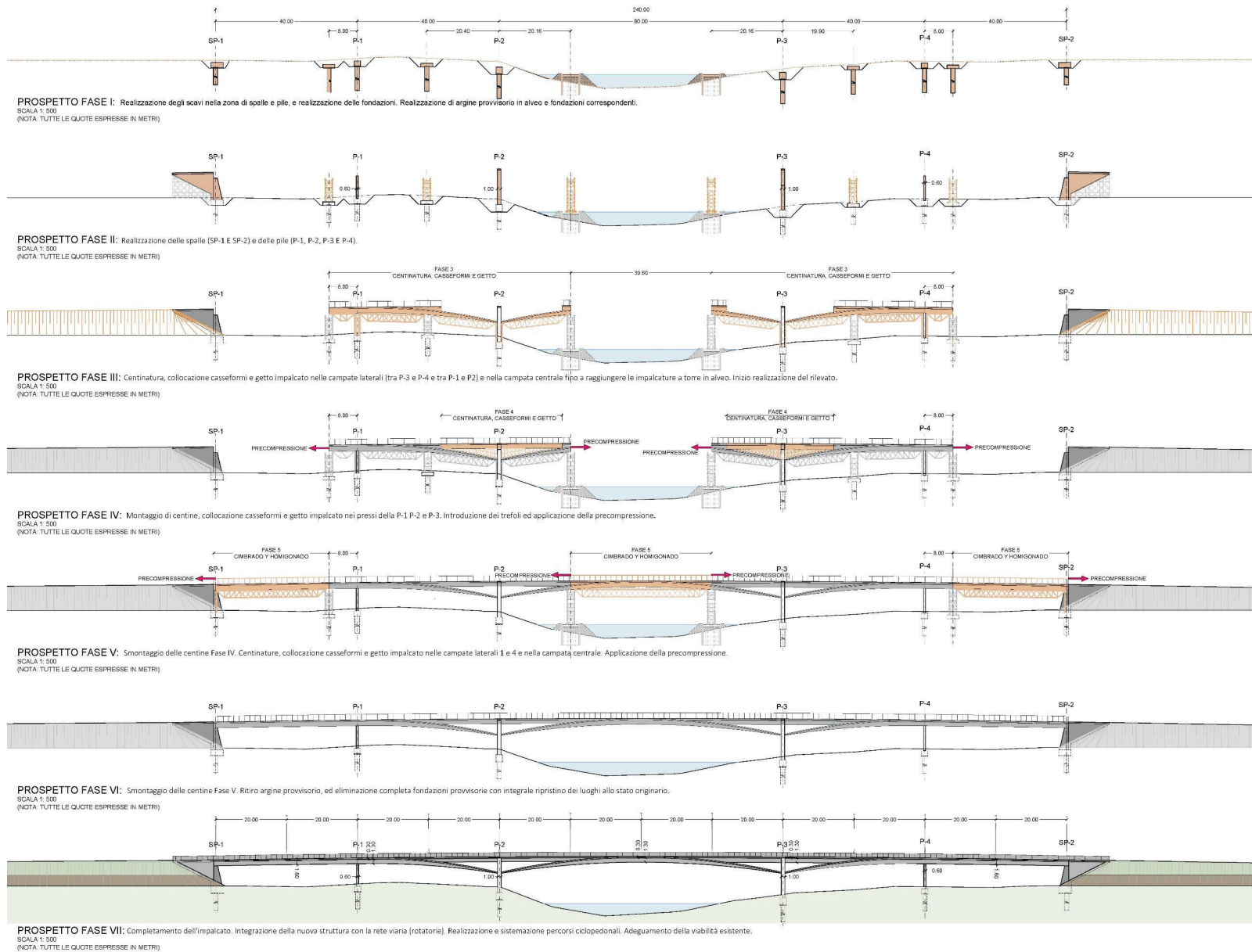


Figura 31. Schema grafico della principali fasi realizzative del nuovo Ponte

4 SOSTENIBILITÀ AMBIENTALE, SOCIALE ED ECONOMICA

Il nuovo attraversamento sull'Arno è progettato per essere una infrastruttura sostenibile sia durante la costruzione, che durante tutta la vita utile.

La strategia di sostenibilità ambientale si articola in diversi aspetti:

1. Materiale da costruzione. La scelta del calcestruzzo come materiale da costruzione principale del ponte risponde principalmente ad un requisito di durabilità, dato che, se dotato di un opportuno copriferro e protezione dagli agenti esterni, può raggiungere senza problemi la vita utile desiderata. Tale vantaggio non sarebbe stato possibile nel caso in cui si fosse optato per una struttura metallica, dove è necessario mantenere una serie di attività di manutenzione onerose e costanti nel tempo.

2. Procedimento costruttivo. La costruzione del ponte se realizza mediante centine che poggiano sul suolo solo in pochi punti in modo da non deturpare il terreno.

3. Tipologia strutturale. La scelta di progettare un ponte integrale, senza né giunti, né dispositivi di appoggio nelle pile e nelle spalle, permette ridurre drasticamente la manutenzione in questi elementi strutturali così sensibili a fenomeni di corrosione e patologie varie.

Per analizzare il contributo delle scelte progettuali alla sostenibilità si utilizza lo schema proposto dalla "The Institution of Structural Engineers". La figura mostra le varie fasi di una valutazione di ciclo di vita.

Le attività descritte in questa proposta progettuale sono riconducibili ai 3 pilastri dello sviluppo sostenibile: sostenibilità ambientale, sostenibilità sociale e sostenibilità economica.

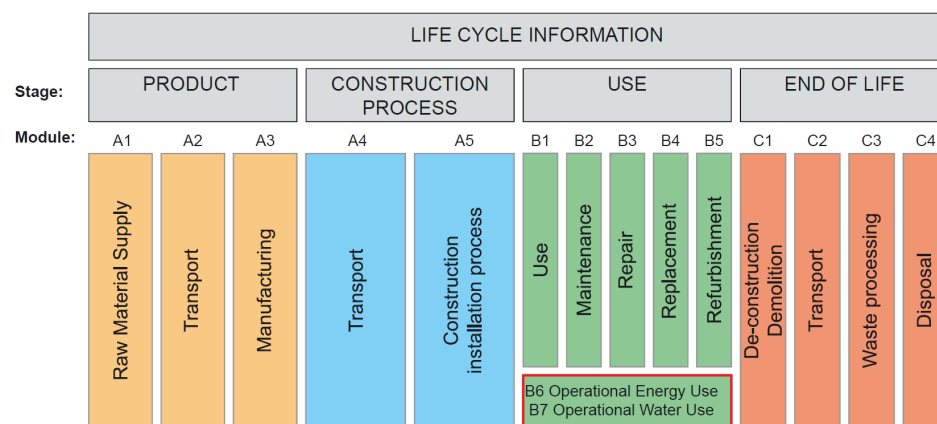


Figura 32. Fasi principali di una valutazione di ciclo di vita per una costruzione (The Institution of Structural Engineers,

<https://www.istructe.org/istructe/media/Public/Resources/istructe-how-to-calculate-embodied-carbon.pdf>)

A1-A2-A3: MATERIE PRIME, TRASPORTO E PRODUZIONE DEI MATERIALI

- L'utilizzo di un calcestruzzo di basso impatto ambientale (come descritto precedentemente) ha una influenza diretta sulle emissioni generate durante la produzione (sostenibilità ambientale).
- L'utilizzo di materiali standard, come il calcestruzzo, rappresenta una garanzia affinché non vi siano variazioni rilevanti di prezzo e che il costo reale dell'opera sia in linea con quello previsto (sostenibilità economica).
- Il calcestruzzo è un materiale affidabile con garanzie prestazionali adeguate al progetto (sostenibilità sociale)

A4: TRASPORTO

- Il calcestruzzo è un materiale con ampia disponibilità su tutto il territorio nazionale e questo implica che potrà essere prodotto localmente, riducendo le emissioni legate al trasporto (sostenibilità ambientale).

A5: COSTRUZIONE

- La proposta contempla tecniche realizzative di basso impatto per l'ambiente; infatti è previsto che le centine poggino solo in punti specifici e non in maniera continua sul suolo (sostenibilità ambientale)
- Il procedimento costruttivo è standard e quindi non presenta rischi per gli operatori coinvolti (sostenibilità sociale)
- L'impiego di una tipologia strutturale comune permette l'utilizzo di operatori che già conoscono le modalità di esecuzione, a vantaggio della sicurezza durante il cantiere (sostenibilità sociale)

B1: USO

- La costruzione di un nuovo attraversamento garantisce una maggior sicurezza per i cittadini, riduce possibili danni al ponte Buriano, e, in definitiva, migliora la qualità della vita rendendo minori i tempi di percorrenza di determinati tragitti (sostenibilità sociale).

B2: MANUTENZIONE

- La strategia di adottare un ponte integrale (senza né giunti, né appoggi) permette aumentare l'intervallo temporale tra le attività di manutenzione programmata, ottenendo così un costo totale minore per tutta la durata di vita della struttura (sostenibilità economica). Per lo stesso motivo si propone un progetto senza isolatori. Arezzo si trova in una zona con pericolosità sismica moderata quindi non è necessario l'utilizzo di questi elementi, che inoltre richiedono manutenzione rilevante.
- Il minor numero di attività di manutenzione implica la riduzione dei rallentamenti di traffico (sostenibilità sociale).

B3: RIPARAZIONI

- L'utilizzo del calcestruzzo precompresso migliora le performance della struttura durante la vita utile, infatti l'apertura delle fessure è limitata. Quindi anche le possibili attività di riparazione sono ridotte al minimo (sostenibilità economica).
- Il numero limitato di riparazioni ha una influenza diretta nel tempo di chiusura della corsia del ponte che porterebbe ad un rallentamento del traffico (sostenibilità sociale)

B4: SOSTITUZIONE

- L'assenza di appoggi fa che non ne sia necessaria la sostituzione, con imprescindibile interruzione del traffico, una volta terminata la loro vita utile. Ciò rappresenta un notevole risparmio nei costi generali del ciclo di vita del ponte (sostenibilità economica).
- L'assenza di attività di sostituzione di elementi implica l'assenza di interruzioni del traffico (sostenibilità sociale).

B5: CAMBIO D'USO

- Non applica

B6-B7: USO DELL'ENERGIA E DELL'ACQUA

- L'utilizzo di una illuminazione LED permette ridurre i consumi energetici associati (sostenibilità ambientale)
- Specifica attenzione sarà prestata alla gestione delle acque reflue con un sistema di drenaggio all'avanguardia e compatibile con le normative vigenti (sostenibilità ambientale)

C1-C2-C3-C4: DEMOLIZIONE, TRASPORTO, GESTIONE DEI RESIDUI, SMALTIMENTO

- Il calcestruzzo può essere riciclato ed utilizzato come inerte di reimpiego per la confezione dei nuovi calcestruzzi. L'impiego di inerti riciclati per un 20% rispetto agli inerti naturali non genera riduzioni rilevanti in termini di performance del calcestruzzo. Il riciclo implica una riduzione del materiale destinato alla discarica così come costi ed impatti ridotti dei trasporti.

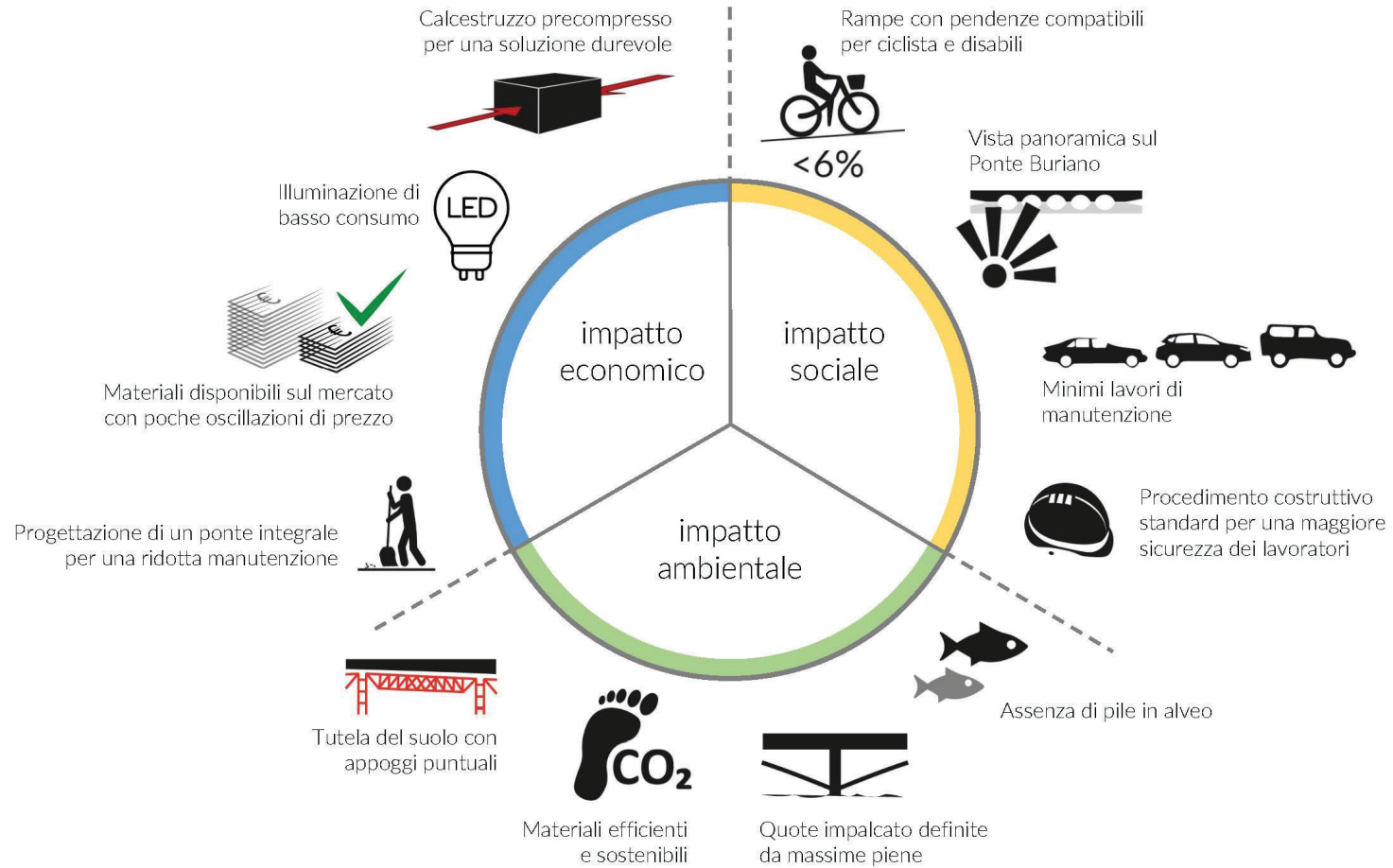


Figura 33. Impatto delle scelte di progetto da un punto di vista sociale, ambientale ed economico

EPILOGO

L'intero approccio metodologico, così come la soluzione progettuale descritti in questa relazione illustrativa si sono basati sul dialogo, senza prevaricazioni, tra il nuovo ponte sul fiume Arno ed il Ponte Buriano.

L'obiettivo principale è stato quello di ideare un'opera che fosse capace di instaurare un rapporto visuale armonioso con il territorio e con il Ponte Buriano, che ha straordinaria rilevanza storica e simbolica.

Ciò nonostante il nuovo ponte è dotato di un intrinseco pregio architettonico. Si tratta di un ponte che ha l'aspirazione di essere elegante, rilevante da un punto di vista ingegneristico, in definitiva un'opera moderna proiettata al futuro ma in costante dialogo con il passato, rappresentato dal magnifico Ponte Buriano.

La forma architettonica del nuovo ponte basata sulla rigorosa analisi geometrica e strutturale in accordo con le ultime tecnologie disponibili nonché dal minimo impatto ambientale ma con una precisa personalità architettonica propria,

possono divenire un elemento attrattivo della zona nel pieno rispetto del contesto circostante e dei valori ambientali cui si innesta.

Si tratta di un progetto all'avanguardia, improntato a soluzioni tecnologiche rappresentate dalla totale assenza di appoggi per minimizzare e rendere più economica la manutenzione, ed a soluzioni costruttive mirate a minimizzare l'impatto sull'ambiente durante l'esecuzione dei lavori, così come il contenimento dei costi e dei tempi realizzativi. L'interferenza dell'intera opera sarà minima, non pregiudicando l'utilizzo degli impianti e strutture esistenti e la mobilità nell'area fino al termine dei lavori.

Infine, la riflessione progettuale si è estesa alla viabilità con annesso rotatorie, sviluppate per garantire un'efficiente circolazione viaria, ma allo stesso minimizzandone l'impatto ambientale sul territorio.

La mobilità viaria si raccorda con quella ciclo-pedonale per la quale sono stati studiati specifici percorsi, oltre ad un belvedere, che permettono ammirare il magnifico Ponte Buriano da prospettive del tutto inedite.



Figura 34. Immagine del nuovo ponte sull'Arno con vista da monte.



Figura 35. Vista aerea del ponte Buriano. A destra si mostra il nuovo belvedere e sullo sfondo si intravede il nuovo attraversamento



Figura 36. Vista laterale, da valle, del nuovo ponte sull'Arno.



Figura 37. Vista aerea del nuovo attraversamento sul fiume Arno. Un marciapiede è destinato a lavori di manutenzione, l'altro (con affaccio verso ponte Buriano) permette il transito di pedoni e ciclisti.

CONCORSO A PROCEDURA APERTA A DUE GRADI, PER LA PROGETTAZIONE DEL PONTE DEFINITIVO E VIABILITÀ ALTERNATIVA IN SOSTITUZIONE DEL PONTE STORICO BURIANO

ELABORATO 3

VERIFICA DI COERENZA CON IL PROGRAMMA FUNZIONALE (2° GRADO)

COERENZA CON GLI INDIRIZZI PER LA PROGETTAZIONE	PROGETTO Sintetiche indicazioni sulla coerenza del progetto rispetto agli indirizzi progettuali desunti dal Documento di indirizzo alla progettazione
Il rispetto per il bene "vincolato"	<p>Il progetto del nuovo ponte ha considerato fattori funzionali e costruttivi, ottenendo una soluzione che minimizza l'impatto ambientale e rispetta il contesto circostante ed i valori culturali nel quale si innesta.</p> <p>La proposta progettuale prevede un ponte a via superiore, ossia con una struttura al di sotto del piano stradale. Questa scelta fa sì che l'impatto visivo del nuovo attraversamento sia molto limitato, soprattutto se considerato in relazione al ponte Buriano. Inoltre è stata confermata la posizione prevista in concorso del nuovo attraversamento in quanto ad una distanza più che sufficiente per risultare discreta rispetto al bene "vincolato". La creazione di un passaggio pedonale e ciclabile sul nuovo ponte permette che si possa godere di viste inedite, raggiungendo un altro obiettivo immateriale: accrescere il valore monumentale del ponte Buriano.</p> <p>Il progetto della sistemazione dell'area è indirizzato ad una riqualificazione più generale dell'area, rispettando l'identità del territorio. Si tratta di una rigenerazione che agisce nella sfera della sostenibilità ambientale e sociale.</p>
La velocità di realizzazione dell'opera	<p>La definizione dei lavori è descritta nella relazione tecnico-scientifica e nel cronoprogramma.</p> <p>La tipologia strutturale selezionata e il procedimento costruttivo corrispondente rispondono ad una flessibile sequenza dei lavori). Tutti i mezzi previsti per la costruzione del ponte sono ordinari e non prevedono particolari difficoltà che possano dilungare i tempi di costruzione</p> <p>Il procedimento costruttivo è stato dettagliatamente studiato per minimizzare l'impatto ambientale e garantire il massimo rispetto dell'intorno.</p> <p>La tipologia selezionata (ponte a travata continua) e il procedimento costruttivo rispondono ad una chiara sequenza dei lavori. Tutti i mezzi previsti per la costruzione del ponte sono ordinari e non prevedono particolari difficoltà che possano dilungare i tempi di costruzione.</p> <p>Infine, l'impiego di una tipologia strutturale comune permette l'utilizzo di operatori che già conoscono le modalità di esecuzione, a vantaggio della sicurezza durante il cantiere ed anche ad una più vasta scelta di imprese costruttrici nel territorio.</p>
Un giusto rapporto costi benefici	<p>Il costo stimato per la proposta progettuale rientra nei limiti dei costi indicati nel bando.</p> <p>Il costo totale per le varie opere (strutture, lavori viabilità esistente, lavori nuova viabilità, lavori impianti) è di 8.489.067,96€ , inferiore al limite del concorso 8.930.000,00€.</p> <p>Ove possibile, per il calcolo dei prezzi è stato utilizzato il Prezziario ufficiale della Regione Toscana. Per i prezzi non disponibili, indicati come "nuovo prezzo" è stato utilizzato un prezzo ottenuto in altri prezziari regionali. In pochissimi casi è stata fatta una stima a corpo.</p> <p>Infine, l'utilizzo di materiali standard, come il calcestruzzo, rappresenta una garanzia affinché non vi siano variazioni rilevanti di prezzo e che il costo reale dell'opera sia in linea con quello previsto in progetto.</p>
La possibilità di occupare la minor porzione di territorio	<p>Il procedimento costruttivo previsto nella proposta progettuale contempla tecniche realizzative di basso impatto per l'ambiente; infatti è previsto che le cantine poggino solo in punti specifici e non in maniera continua sul suolo.</p>
La necessità di un attraversamento adatto a tutti i carichi normalmente circolanti	<p>Il ponte è stato pensato per poter sopportare tutti i carichi previsti dalle normative vigenti (NTC 2018). In particolare, nella relazione tecnico-descrittiva si include una breve descrizione di un modello di calcolo semplificato che è servito per confermare il valore degli sforzi dovuti a carichi gravitazionali (carichi permanenti strutturali, carichi permanenti non strutturali, e sovraccarico di uso) e azioni sismiche.</p>
Il minor costo necessario per la demolizione e il ripristino dei luoghi in corrispondenza delle opere temporanee realizzate	<p>Una volta terminato il getto della campata centrale sarà possibile ritirare l'argine provvisorio creato nel letto del fiume, e saranno eliminate completamente le fondazioni provvisorie con integrale ripristino dei luoghi allo stato originario.</p> <p>Il tutto si ritiene compatibile con la conservazione dell'ecosistema fluviale del fiume.</p>
L'uso di materiali presenti in loco	<p>L'attraversamento principale è previsto in calcestruzzo armato e calcestruzzo armato precompresso. La produzione del calcestruzzo deve essere realizzata nelle località limitrofe al ponte, quindi inevitabilmente la scelta di questo materiale porta da un beneficio sociale ed ambientale. Questo non sarebbe accaduto nel caso in cui il ponte fosse stato in acciaio, materiale che può essere prodotto solo in stabilimenti specifici e poi trasportato in cantiere</p>
Il minor costo di manutenzione	<p>La scelta del calcestruzzo come materiale da costruzione principale del ponte risponde principalmente ad un requisito di durabilità, dato che, se dotato di un opportuno copriferro e protezione dagli agenti esterni, può raggiungere senza problemi la vita utile desiderata.</p> <p>Inoltre, l'utilizzo del calcestruzzo precompresso garantisce un miglior comportamento in servizio, infatti l'apertura di fessure (che favoriscono la carbonatazione del calcestruzzo) è più limitata. Il risultato è una struttura dotata di maggiore durabilità, con garanzie di poter perdurare nel tempo.</p> <p>Infine, l'assenza di appoggi e giunti tra campate fa che non ne sia necessaria la sostituzione, con imprescindibile interruzione del traffico, una volta terminata la loro vita utile. Ciò rappresenta un notevole risparmio nei costi generali del ciclo di vita del ponte.</p> <p>Inoltre, la conseguente limitata manutenzione ha una influenza diretta nel tempo di chiusura della corsia del ponte che porterebbe ad un rallentamento del traffico.</p>

La possibilità di avere la disponibilità delle aree necessarie dal minor numero possibile di proprietari	Il nuovo attraversamento sull'Arno interessa principalmente tre parcelle: 134 (in destra idrografica), 21 e 36 (in sinistra idrografica). Nelle zone estreme della nuova viabilità così come nei pressi della viabilità esistente da adeguare, vi sono altre parcelle interessate però con aree molto ridotte. Sarà necessario verificare la proprietà dei terreni così come il livello di protezione degli stessi per la concessione dei permessi necessari.
La funzione dell'infrastruttura per il traffico veicolare, ciclabile e pedonale	La funzione dell'infrastruttura si articola a più livelli: 1. Traffico veicolare: per quanto concerne la bretella di collegamento tra la S.P. n°1 Setteponti e la S.P. 56 dello Spicchio, l'idea progettuale si basa nella realizzazione di un nuovo tracciato in rilevato fino a raggiungere il nuovo ponte a 5 campate sull'Arno. Alle estremità di questa bretella si prevedono due rotonde di grandi dimensioni per adeguata connessione con la viabilità esistente. Le posizioni delle rotonde nord e sud sono state ottimizzate in modo da facilitare l'ingresso dei veicoli ed allo stesso tempo ridurre drasticamente le modifiche da effettuare agli accessi esistenti. Per quanto riguarda invece il tratto della S.P. 56 dello Spicchio tra la nuova rotonda e la località Ponte Buriano, si prevede un adeguamento della stessa in modo da poter raggiungere gli standard di sicurezza corrispondenti ad una strada di categoria C2. In quest'ultimo caso, il percorso deve essere leggermente modificato configurandosi ad una distanza minima rispetto all'esistente, in modo da minimizzare le modifiche da apportare. 2. Traffico ciclabile e pedonale: per quanto concerne invece la mobilità ciclo-pedonale, oltre ad un miglioramento delle percorsi esistenti, si propone un incremento degli stessi in destra idrografica e la possibilità che si possa attraversare il nuovo ponte in modo da offrire una vista privilegiata ed inedita del Ponte Buriano. Inoltre, una volta raggiunto il Ponte Buriano, si prevede la creazione di una nuova bretella di collegamento ciclopedonale con la Ciclopista dell'Arno. Nel punto un cui questa bretella si avvicina all'Arno si propone la realizzazione di un belvedere, punto di sosta per ammirare Ponte Buriano da una prospettiva inedita. Non si tratta solo di un punto di mera contemplazione, bensì una vera e propria area di interpretazione della configurazione del ponte medievale.
Ridefinizione della viabilità di accesso e dei raccordi con la viabilità principale (ottimizzare le rotonde, ridurre al minimo le interferenze con la viabilità esistente, migliorare la funzionalità delle rotonde)	In figura 2 della relazione tecnico-descrittiva si mostra la planimetria generale del ponte e della viabilità associata. La posizione del ponte e dei percorsi ciclo-pedonali considera le restrizioni riguardanti le intersezioni con le altre infrastrutture viarie. Uno degli obiettivi principali del progetto è migliorare il sistema di accesso al nuovo ponte, tanto dei nodi di connessione con la S.P. n° 56 (a nord) e con la S.P. n° 1 (a sud), così come l'intersezione tra la S.P. n° 56 e la S.P. n° 1 in località Ponte Buriano. Al trattarsi di un traffico moderato, si ritiene che la realizzazione di rotonde sia la soluzione più adeguata. In particolare, sono state studiate 3 rotonde: <ul style="list-style-type: none"> • Rotatoria 1 situata a sud del nuovo attraversamento, come intersezione tra la S.P. n° 1 Setteponti e la nuova viabilità. • Rotatoria 2 ubicata a nord del nuovo attraversamento, all'intersezione con la S.P. n° 56 dello Spicchio • Rotatoria 3, nei pressi di Ponte Buriano che fa da intersezione tra la S.P. n° 1 con la adeguata S.P. n° 56. Le posizioni plano-altimetriche delle rotonde sono state definite in modo da facilitare la funzionalità globale della viabilità e minimizzare i lavori da eseguire sulla viabilità esistente.
Le nuove infrastrutture viarie dovranno rispettare le seguenti specifiche tecniche previste con riferimento alle strade di categoria "C2" ai sensi del D.M.I.T. del 5 novembre 2001 "Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle strade" e ss.mm. e ii.: <ul style="list-style-type: none"> • larghezza delle corsie paria 3,50 m; • larghezza minima complessiva della banchina più l'eventuale cunetta: 1,25 m in destra e in sinistra; • velocità di progetto: minima 60 Km/h – massima 100 km/h; • pendenza trasversale massima in curva: 7%; • raggio planimetrico minimo: 400 m; • pendenza longitudinale massima: 7%. 	Dalla relazione tecnico-descrittiva e dagli elaborati grafici si evince che la soluzione progettuale è in linea con i criteri normativi per una strada di categoria C2: <ul style="list-style-type: none"> • velocità di progetto massima 100 km/h (ridotta a 60 km/h solo nella zona urbana di Ponte Buriano), • pendenza trasversale massima in curva 7%, • raggio planimetrico minimo 400 m; • pendenza longitudinale massima 7%. Inoltre, per la definizione geometrica della piattaforma si adotta una larghezza di corsia pari a 3,50 m. per ogni senso di marcia ed una larghezza di banchina più cunetta di 1,25 m. ad entrambi i lati.
Illuminazione pubblica	Si prevede l'illuminazione dell'attraversamento principale e delle rotonde, mediante l'utilizzo di sostegni in acciaio zincato (altezza fuori terra 9,0 m.) e corpi illuminanti a LED in linea con l'attuale stato dell'arte che prevede sorgenti luminose ad elevata efficienza nell'ottica di contenere il consumo energetico

CONCORSO A PROCEDURA APERTA A DUE GRADI, PER LA PROGETTAZIONE DEL PONTE DEFINITIVO E VIABILITÀ ALTERNATIVA IN SOSTITUZIONE DEL PONTE STORICO BURIANO

ELABORATO 4

DOCUMENTO DI VALUTAZIONE DELLE ALTERNATIVE PROGETTUALI
CONSIDERATE (2° GRADO)

1 INTRODUZIONE

La riflessione critica, promossa dai progettisti, per definire possibili soluzioni progettuali si basa sul dialogo tra infrastruttura e paesaggio. Infatti, la straordinaria rilevanza del contesto fisico e culturale nel quale si inserisce il nuovo attraversamento sull'Arno ha una influenza enorme sulla definizione di possibili soluzioni progettuali.

La luce della campata principale, definita a partire da considerazioni idrauliche, è di circa 80 metri. Un ponte di queste dimensioni può essere costruito mediante soluzioni di tipologia ad arco o a travata, senza evidenti difficoltà dato che si tratta di una luce moderata.

In aggiunta, oltre alla campata principale è imprescindibile preveder campate laterali che permettano il transito dei veicoli durante le massime piene del fiume Arno. Queste campate laterali non presentano nessun requisito specifico, anche se le Norme Tecniche per le Costruzioni (NTC 2018, paragrafo 5.1.2.3) specificano che la luce non deve essere inferiore ai 40 metri.

Indipendentemente quindi dalla tipologia strutturale ad adottare per la campata centrale, i progettisti ritengono imprescindibile dotare l'attraversamento di campate laterali che rappresentino una soluzione di continuità rispetto alla campata principale. Questa continuità strutturale permette ottimizzare la distribuzione delle caratteristiche della sollecitazione, eliminare i giunti di dilatazione tra le varie campate e conferire una immagine di continuità formale che si considera gradevole da una prospettiva plastica.

A seguito di tali premesse, sono state analizzate tre soluzioni tipologiche che si considerano essere idonee per l'attraversamento:

- Alternativa 1: ponte ad arco a via inferiore
- Alternativa 2: ponte a travata continua con sezione a cassone
- Alternativa 3: ponte a travata continua con sezione a cassone ed anime alleggerite

2 PONTE AD ARCO A VIA INFERIORE

La prima alternativa si basa sull'utilizzo di un ponte ad arco a via inferiore per la campata centrale. Infatti, questa tipologia strutturale può essere considerata come idonea per campate di 80 metri di luce. Questa soluzione strutturale non trasmette reazioni orizzontali al terreno (il contrario succederebbe nel caso in cui il ponte ad arco fosse a via superiore). Inoltre, questa soluzione permette la continuità dell'impalcato con le campate laterali e risulta esteticamente interessante in quanto il funzionamento resistente-strutturale ad arco è in perfetta consonanza con l'espressione formale del ponte.

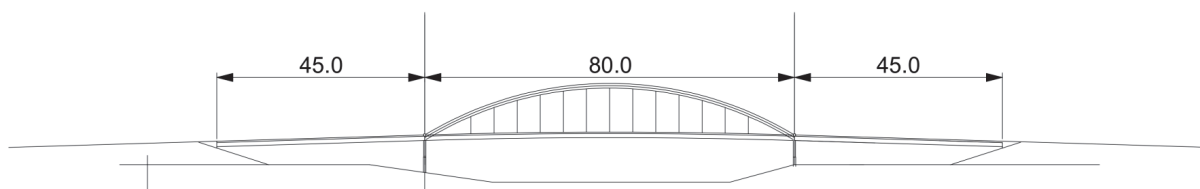


Figura 1. Soluzione progettuale di ponte ad arco a via inferiore

Nonostante i vantaggi discussi precedentemente, gli autori considerano che la soluzione del ponte ad arco non è compatibile con la presenza del ponte storico di Buriano. Per una campata di 80 metri, il ponte ad arco dovrebbe raggiungere una quota di oltre 10 metri rispetto all'impalcato, e di oltre 18 metri rispetto al terreno.

Il nuovo ponte passerebbe ad essere un elemento significativo nel paesaggio generando così una sorta di competizione/rivalità con il ponte esistente. Questo aspetto ha un peso molto importante nella scelta progettuale ed ha portato a scartare questa soluzione, che a priori sembrava interessante da un punto di vista tecnico, ma che d'altra parte inevitabilmente genererebbe una prevalenza visuale negativa sul territorio.

3 PONTE A TRAVATA CONTINUA CON SEZIONE A CASSONE

La seconda proposta progettuale è quella del ponte a travata continua con spessore variabile. Tale soluzione è perfettamente valida per risolvere l'attraversamento centrale di 80 metri. Infatti, da un punto di vista tecnico-strutturale la soluzione è idonea per la luce della campata centrale, ed inoltre risolve il problema implicito del ponte ad arco; in questo caso si tratta di una soluzione a via superiore con un impatto visivo decisamente inferiore rispetto alla soluzione precedente.

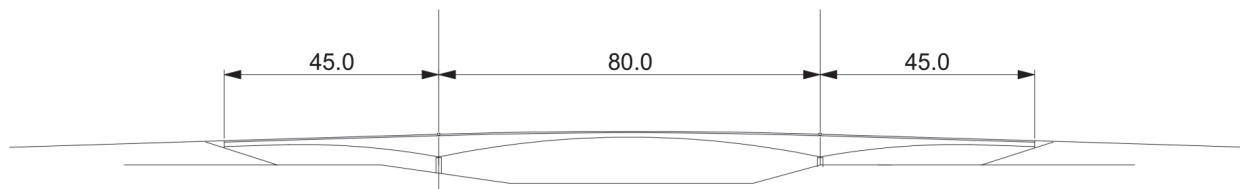


Figura 2. Soluzione progettuale di ponte a travata continua con sezione a cassone

Il principale svantaggio di questa soluzione è la mole della soluzione strutturale. Non bisogna dimenticare che il ponte permette la circolazione sia di pedoni che di ciclisti mediante l'utilizzo di piste ciclabili esistenti, così come mediante la creazione di nuove in destra idrografica.

Sia i pedoni che i ciclisti godrebbero di viste molto ravvicinate del ponte, e la struttura così pensata disporrebbe di uno spessore eccessivo. Per questo motivo si ritiene che questa soluzione possa essere notevolmente migliorata alleggerendo lo spessore strutturale, ed adattarsi così alla scala umana. Questo aspetto si considera imprescindibile quando ciclisti e pedoni possono passare ad una distanza molto ridotta dal ponte.

4 PONTE A TRAVATA CONTINUA CON SEZIONE A CASSONE ED ANIME ALLEGGERITE

L'alternativa progettuale 3 cerca di risolvere l'elevato impatto visivo della soluzione precedente, mediante l'eliminazione di parte delle anime della sezione a cassone. La soluzione così pensata presenta un impatto estetico minore e risulterebbe molto più gradevole anche a distanze ravvicinate.

Il taglio, che nella soluzione precedente si trasmetteva mediante le anime piede, ora si trasmette come parte della compressione inclinata della soletta inferiore.

Questa soluzione, quindi, si adatta meglio ad entrambi i criteri considerati: da un parte, la struttura è a via superiore e quindi non genera una rivalità estetica con il ponte esistente, e dall'altra, la struttura si alleggerisce, risultando più idonea con il passaggio di pedoni e ciclisti che circolano nella parte inferiore del ponte.

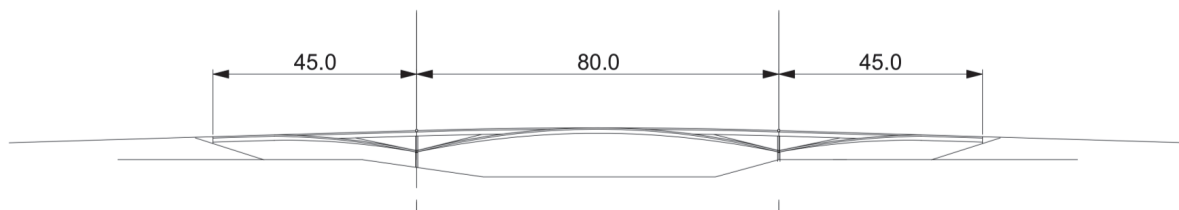


Figura 3. Soluzione a travata continua con sezione a cassone ed anime alleggerite

Infine, è stata analizzata, per poi essere proposta, l'estensione della stessa soluzione ad altre due campate laterali, in modo che l'attraversamento sia il più possibile diafano e generi il minimo ostacolo all'acqua durante possibili piene. Quest'ultima soluzione progettuale è quella che si presenta al concorso.

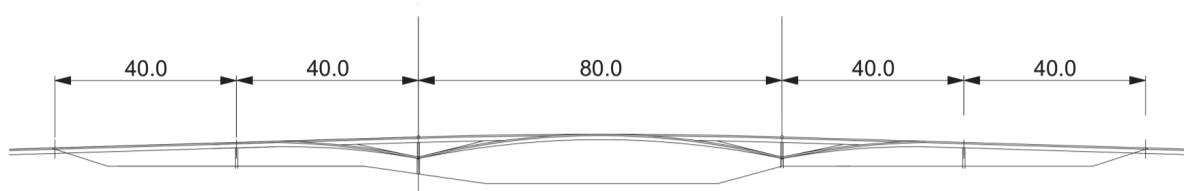


Figura 4. Soluzione ampliata a travata continua con sezione a cassone ed anime alleggerite

CONCORSO A PROCEDURA APERTA A DUE GRADI, PER
LA PROGETTAZIONE DEL PONTE DEFINITIVO E
VIABILITÀ ALTERNATIVA IN SOSTITUZIONE DEL PONTE
STORICO BURIANO

ELABORATO 5
STIMA ECONOMICA (2° GRADO)

1 COSTO DELL'INTERVENTO

In questa sezione si realizzano una serie di valutazioni preliminari di coerenza economica del costo dell'intervento rispetto all'importo previsto per il costo complessivo delle opere.

QUADRO ECONOMICO		
Voce	Importo massimo (quadro economico di concorso)	Proposta progettuale
A1 - Strutture	€ 4.250.000,00	€ 4.195.729,42
A2 - Lavori Viabilità esistente	€ 1.045.000,00	€ 758.274,86 €
A3 - Lavori Viabilità nuova	€ 3.515.000,00	€ 3.440.063,68 €
A4 - Lavori Impianti	€ 105.000,00	€ 95.000,00
A1 + A2 + A3 + A4	€ 8.930.000,00	€ 8.489.067,96

La voce A1 fa riferimento alla spesa di realizzazione del nuovo ponte sul fiume Arno, comprese le sistemazioni finali e la sistemazione del terreno in corrispondenza del manufatto.

La voce A2 fa riferimento alla spesa di adeguamento della S.P. n°56, compresa la Rotatoria 3 in zona urbana Ponte Buriano

La voce A3 fa riferimento alla spesa di realizzazione della nuova viabilità principale tra la S.P. n°1 e la S.P. n°56, comprese le Rotatorie 1 e 2.

La voce A4 fa riferimento alla spesa di realizzazione dell'illuminazione del ponte e delle rotatorie

I costi di manutenzione e gestione in un ponte di calcestruzzo armato precompresso integrale (senza apparati di appoggio in pile e spalle) risultano essere sempre inferiori rispetto ad altre soluzioni strutturali perchè riducono notevolmente le patologie associate al calcestruzzo e permettono evitare la sostituzione di apparati con vita utile limitata, eliminando quindi la necessità di interrompere il traffico per attività di manutenzione straordinaria.

Ove possibile, per il calcolo dei prezzi è stato utilizzato il Prezziario ufficiale della Regione Toscana. Per i prezzi non disponibili, indicati come "nuovo prezzo" è stato utilizzato un prezzo ottenuto in altri prezziari regionali. In pochissimi casi è stata fatta una stima a corpo.

Nr.Ord	DESIGNAZIONE DEI LAVORI	Codice prezzo (prezziario Toscana)	Quantità	Unità di misura	IMPORTI	
					unitari	TOTALE
A1 - STRUTTURE					4,195,729.42 €	
Lavori preliminari						
1	PREPARAZIONE CANTIERE CON FONDAZIONI PROVVISORIE PER CENTINE DURANTE ESECUZIONE CAMPATA CENTRALE E SUCCESSIVA ELIMINAZIONE	Nuovo prezzo	A corpo	-	1.00 €	80,000.00 €
Spalle						
Fondazioni						
2	SCAVO DI SBANCAMENTO CON MEZZI MECCANICI.	TOS21_04.A04.008.001	1700.0	m3	3.47 €	5,899.00 €
3	CONGLOMERATO CEMENTIZIO C A DOSAGGIO IN OPERA DOSAGGIO16/20	TOS21_16.B04.003.005	54.0	m3	117.09 €	6,322.86 €
4	CASSERATURA METALLICA PER STRUTTURE IN C.A. PER ALTEZZA FINO A M. 4,00.	TOS21_01.B02.002.001	198.0	m2	23.19 €	4,591.62 €
5	CALCESTRUZZO DUREVOLE PRECONFEZIONATO M³ XC2 CLASSE DI LAVORABILITÀ S3 (SEMIFLUIDA), CLASSE DI ESPOSIZIONE XC2, C 25/30	TOS21_16.B04.005.001	810.0	m3	122.42 €	99,160.20 €
6	ACCIAIO IN BARRE TIPO B450C.	Nuovo prezzo	64800.0	kg	1.43 €	92,664.00 €
7	PALI TRIVELLATI DIAMETRO 1200 MM	TOS21_14.R01.001.004	240.0	m	239.12 €	57,388.80 €
Corpo fuori terra						
8	CASSERATURA METALLICA PER STRUTTURE IN C.A. PER ALTEZZA FINO A M. 4,00.	Nuovo prezzo	570.0	m2	23.19 €	13,218.30 €
9	CASSERATURA METALLICA PER STRUTTURE IN C.A. PER ALTEZZA FINO A M. 4,00 + SOVRAPREZZO FACCIA ACCIAIO A VISTA IN PANNELLI.	Nuovo prezzo	643.0	m2	27.58 €	17,733.94 €
10	CALCESTRUZZO DUREVOLE PRECONFEZIONATO M³ XC2 CLASSE DI LAVORABILITÀ S3 (SEMIFLUIDA), CLASSE DI ESPOSIZIONE XC2, C 32/40	TOS21_16.B04.006.006	970.6	m3	142.47 €	138,281.38 €
11	ACCIAIO IN BARRE TIPO B450C.		87354.0	kg	1.43 €	124,916.22 €
12	FORNITURA E POSA IN OPERA DI BITUMINOSA IDROSOLUBILE EMULSIONE + FORNITURA E POSA DI GEOCOMPOSITO X REAL.		570.0	m3	12.23 €	6,971.10 €
Pile campate laterali						
Fondazioni						
13	SCAVO DI SBANCAMENTO CON MEZZI MECCANICI.	TOS21_04.A04.008.001	175.5	m3	3.47 €	608.99 €

14	CONGLOMERATO CEMENTIZIO C A DOSAGGIO IN OPERA DOSAGGIO16/20 .	TOS21_16.B04.003.005	6.5	m3	117.09 €	761.09 €
15	CASSERATURA METALLICA PER STRUTTURE IN C.A. PER ALTEZZA FINO A M. 4,00.	Nuovo prezzo	88.2	m2	23.19 €	2,045.36 €
16	CALCESTRUZZO DUREVOLE PRECONFEZIONATO M³ XC2 CLASSE DI LAVORABILITÀ S3 (SEMIFLUIDA), CLASSE DI ESPOSIZIONE XC2, C 25/30	TOS21_01.B04.005.001	97.2	m3	122.42 €	11,899.22 €
17	ACCIAIO IN BARRE TIPO B450C.	Nuovo prezzo	11664.0	kg	1.43 €	16,679.52 €
18	PALI TRIVELLATI DIAMETRO 1200 MM	TOS21_14.R01.001.004	144.0	m	239.12 €	34,433.28 €
Corpo fuori terra						
19	CASSERATURA METALLICA PER STRUTTURE IN C.A. PER ALTEZZA FINO A M. 4,00 + SOVRAPREZZO FACCIA ACCIAIO A VISTA IN PANNELLI.	Nuovo prezzo	219.1	m2	27.58 €	6,042.78 €
20	CALCESTRUZZO DUREVOLE PRECONFEZIONATO M³ XC2 CLASSE DI LAVORABILITÀ S3 (SEMIFLUIDA), CLASSE DI ESPOSIZIONE XC2, C 32/40	TOS21_16.B04.006.006	59.8	m3	142.47 €	8,519.71 €
21	ACCIAIO IN BARRE TIPO B450C.	Nuovo prezzo	8970.0	kg	1.43 €	12,827.10 €
Pile campata centrale						
Fondazioni						
22	SCAVO DI SBANCAMENTO CON MEZZI MECCANICI.	TOS21_04.A04.008.001	780.0	m3	3.47 €	2,706.60 €
23	CONGLOMERATO CEMENTIZIO C A DOSAGGIO IN OPERA DOSAGGIO16/20 .	TOS21_16.B04.003.005	14.4	m3	117.09 €	1,686.10 €
24	CASSERATURA METALLICA PER STRUTTURE IN C.A. PER ALTEZZA FINO A M. 4,00.	Nuovo prezzo	216.0	m2	23.19 €	5,009.04 €
25	CALCESTRUZZO DUREVOLE PRECONFEZIONATO M³ XC2 CLASSE DI LAVORABILITÀ S3 (SEMIFLUIDA), CLASSE DI ESPOSIZIONE XC2, C 25/30	TOS21_01.B04.005.001	288.0	m3	122.42 €	35,256.96 €
26	ACCIAIO IN BARRE TIPO B450C.	Nuovo prezzo	28800.0	kg	1.43 €	41,184.00 €
27	PALI TRIVELLATI DIAMETRO 1200 MM	TOS21_14.R01.001.004	288.0	m	239.12 €	68,866.56 €
Corpo fuori terra						
28	CASSERATURA METALLICA PER STRUTTURE IN C.A. PER ALTEZZA FINO A M. 4,00 + SOVRAPREZZO FACCIA ACCIAIO A VISTA IN PANNELLI.	Nuovo prezzo	767.8	m2	27.58 €	21,175.92 €
29	CALCESTRUZZO DUREVOLE PRECONFEZIONATO M³ XC2 CLASSE DI LAVORABILITÀ S3 (SEMIFLUIDA), CLASSE DI ESPOSIZIONE XC2, C 32/40	TOS21_16.B04.006.006	383.9	m3	142.47 €	54,694.23 €
30	ACCIAIO IN BARRE TIPO B450C.	Nuovo prezzo	38390.0	kg	1.43 €	54,897.70 €
Impalcato						

31	IMPALCATURA DI SOSTEGNO e TORRI DI SOSTEGNO.	Nuovo prezzo	1.0	a corpo	1,200,000.00 €	1,200,000.00 €
32	CASSERATURA METALLICA PER STRUTTURE IN C.A. PER ALTEZZA FINO A M. 4,00 + SOVRAPREZZO FACCIA ACCIAIO A VISTA IN PANNELLI.	Nuovo prezzo	6480.0	m2	27.58 €	178,718.40 €
33	VERNICIATURA ANTICARBONATAZIONE.	Nuovo prezzo	6480.0	m2	17.04 €	110,419.20 €
34	CALCESTRUZZO DUREVOLE PRECONFEZIONATO XC4 CLASSE DI LAVORABILITÀ S3 (SEMIFLUIDA), CLASSE DI ESPOSIZIONE XC4, C 35/45.	TOS21_16.B04.007.005	4536.0	m3	150.24 €	681,488.64 €
35	ACCIAIO IN BARRE TIPO B450C.	Nuovo prezzo	544320.0	kg	1.43 €	778,377.60 €
36	TREFOLO PER STRUTTURE IN C.A. PRECOMPRESSO (fptk minimo = 1.800N/mm²).	Nuovo prezzo	104400.0	kg	2.11 €	220,284.00 €
A2 - Lavori VIABILITÀ ESISTENTE						758,274.86 €
37	SCOTICAMENTO	TOS21_04.A04.001.001	9097.0	m3	1.59 €	14,464.23 €
38	SCAVO DI SBANCAMENTO CON MEZZI MECCANICI	TOS21_04.A04.002.002	1974.0	m3	2.91 €	5,744.34 €
39	RILEVATO STRADALE CON MATERIALE PROVENIENTE DA CAVA	TOS21_04.A05.007.002	11267.0	m3	25.29 €	284,942.43 €
40	OPERE DI DRANAGGIO	Nuovo prezzo	56.0	m	400.00 €	22,400.00 €
41	BARRIERA STRADALE DI SICUREZZA A PROFILO METALLICO CLASSE H3	TOS21_04.E08.004.001	1038.0	m	151.17 €	156,914.46 €
42	PAVIMENTAZIONE STRADALE	TOS21_04.E02.001.001	9637.0	m2	28.20 €	271,763.40 €
43	SEGNALETICA VERTICALE	Nuovo prezzo	30.0	n	26.80 €	804.00 €
44	SEGNALE DI INDICAZIONE EXTRAURBANO IN LAMIERA DI ALLUMINIO	Nuovo prezzo	18.0	n	69.00 €	1,242.00 €
A3 - Lavori VIABILITÀ NUOVA						3,440,063.68 €
45	SCOTICAMENTO	TOS21_04.A04.001.001	19079.0	m3	1.59 €	30,335.61 €
46	SCAVO DI SBANCAMENTO CON MEZZI MECCANICI.	TOS21_04.A04.002.002	707.0	m3	2.91 €	2,057.37 €
47	RILEVATO STRADALE CON MATERIALE PROVENIENTE DA CAVA	TOS21_04.A05.007.002	128296.0	m3	20.05 €	2,572,334.80 €
48	OPERE DI DRANAGGIO	Nuovo prezzo	50.0	m	400.00 €	20,000.00 €
49	PAVIMENTAZIONE STRADALE	Nuovo prezzo	13536.0	m2	28.20 €	381,715.20 €

50	SEGNALETICA VERTICALE	Nuovo prezzo	64.0	n	26.80 €	1,715.20 €
51	SEGNALE DI INDICAZIONE EXTRAURBANO IN LAMIERA DI ALLUMINIO	Nuovo prezzo	41.0	n	69.00 €	2,829.00 €
52	BARRIERA STRADALE DI SICUREZZA A PROFILO METALLICO CLASSE H3	TOS21_04.E08.004.001	2530.0	m	151.17 €	382,460.10 €
53	STRATO DI USURA PER MARCIAPIEDI O PISTE CICLABILI	TOS21_04.E02.003.001	600.0	m2	6.75 €	4,050.00 €
54	STRATO DI COLLEGAMENTO IN CONGLOMERATO BITUMINOSO	TOS21_04.E02.002.001	2880.0	m2	14.78 €	42,566.40 €
A4 - Lavori IMPIANTI						
55	ILLUMINAZIONE STRADALE	Nuovo prezzo	1.0	a corpo	95,000.00 €	95,000.00 €