

COMMITTENTE:



RETE FERROVIARIA ITALIANA S.P.A.
DIREZIONE INVESTIMENTI

SOGGETTO TECNICO:

RFI - DIREZIONE TERRITORIALE PRODUZIONE DI FIRENZE
S.O. INGEGNERIA

PROGETTAZIONE:

MANDATARIA



MANDANTI



PROGETTO DEFINITIVO

LINEA PISTOIA - LUCCA - VIAREGGIO/PISA
RADDOPPIO DELLA LINEA PISTOIA - LUCCA - PISA S.R.
TRATTA PESCIA - LUCCA

5 - IDROLOGIA E IDRAULICA

Relazione Idraulica opere di attraversamento minori

SCALA -

Foglio

di

PROGETTO/ANNO

SOTTOPR.

LIVELLO

NOME DOC.

PROGR.OP. FASE FUNZ.

NUMERAZ.

1 3 4 6 P O

S 1 1

P D

T G I D

0 0

0 1

E 0 0 2

Revis.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	Autorizzato	Data
A	Prima emissione	G.Tanzi	18/09/2018						

POSIZIONE ARCHIVIO

LINEA

L 5 4 2

SEDE TECN.

L O 1 1 1 6

NOME DOC.

T B 0 0

NUMERAZ.

1 0 / 0 1

Verificato e trasmesso	Data	Convalidato	Data	Archiviato	Data

INDICE

1	PREMESSA	1
2	NORMATIVA DI RIFERIMENTO	2
2.1	PRESCRIZIONI NORMATIVE DEL MINISTERO DEI LAVORI PUBBLICI	2
3	SINTESI TECNICO DESCRITTIVA	3
4	ANALISI IDRAULICA ATTRAVERSAMENTI MINORI	4
4.1	METODOLOGIA DI CALCOLO.....	4
4.2	CRITERI DI VERIFICA	6
4.3	METODOLOGIA DI VERIFICA IDRAULICA	7
5	VERIFICHE IDRAULICHE DEGLI ATTRAVERSAMENTI MINORI	8
5.1	SISTEMAZIONI IDRAULICHE	11
6	ALLEGATI	12

1 PREMESSA

La presente relazione riferisce lo studio idraulico degli attraversamenti minori eseguito nell'ambito della progettazione definitiva del raddoppio della linea Pistoia – Lucca – Pisa San Rossore, nella tratta da Pescia a Lucca dal Km 20+423 al Km 42+200 della Linea Pistoia – Lucca – Pisa S. Rossore, recependo quanto richiesto nel Decreto n. 6565 del 02/05/2018 della Regione Toscana.

Il progetto, di estensione pari a circa 22 Km, prevede la realizzazione della nuova sede ferroviaria a doppio binario in affiancamento alla sede ferroviaria esistente.

Lungo il tracciato vi è la presenza di un reticolo idrografico superficiale molto complesso e pertanto, in corrispondenza di corsi d'acqua secondari o del reticolo di bonifica, è prevista la realizzazione di opere di attraversamento costituite da tombini circolari di dimensione minima di diametro pari a 1.50 m, tombini scatolari di dimensione minima pari a 2.00x2.00 m e ponticelli.

In alcuni casi l'idrografia esistente non presenta incisioni significative; inoltre scelte progettuali hanno imposto la realizzazione della linea ferroviaria con piano ferro pressoché coincidente con l'attuale linea ferroviaria. Tali aspetti hanno portato inevitabilmente alla definizione di interventi di riprofilatura, raccordo, inalveazione a valle degli attraversamenti di progetto con l'idrografia esistente.

Si rimanda alla Relazione Idrologica (elaborato 1346-PO-S11-PD-TGID-00-01-E001) per la classificazione delle interferenze idrografiche maggiori e minori e per la definizione delle portate di progetto.

Nella presente relazione si descrivono gli interenti previsti sugli attraversamenti minori.

Mandataria

TECH PROJECT
ingegneria integrata ®



Mandanti



2 NORMATIVA DI RIFERIMENTO

Gli approfondimenti necessari allo studio idraulico e alla valutazione delle condizioni di rischio conseguenti la realizzazione dell'opera in esame sono stati effettuati facendo riferimento alle seguenti norme:

- Regio Decreto 25/07/1904 n°523 "Testo unico delle disposizioni di legge intorno alle opere idrauliche delle diverse categorie";
- Piano di Assetto Idrogeologico del Bacino Idrografico del Fiume Arno (P.A.I. 11/11/2004);
- Piano di Assetto Idrogeologico del Bacino Pilota del Fiume Serchio (P.A.I. 09/03/2005);
- "Norme Tecniche per le Costruzioni" (D.M. 17/01/2018);
- Legge Regionale n. 21/2012 della Regione Toscana- "Disposizioni urgenti in materia di difesa dal rischio idraulico e tutela dei corsi d'acqua";
- Piano di Gestione del Rischio Alluvioni del Distretto Idrografico del fiume Serchio (P.G.R.A. 03/03/2016);
- Piano di Gestione del Rischio Alluvioni del Distretto dell'Appennino Settentrionale (P.G.R.A. 06/03/2016 - UoM Arno);
- "Manuale di Progettazione delle Opere Civili" della Rete Ferroviaria Italiana (RFI) aggiornato all'anno 2018.

2.1 Prescrizioni normative del Ministero dei Lavori Pubblici

In Italia i riferimenti normativi ai quali si deve attenere il progettista degli attraversamenti fluviali sono contenuti nel Decreto Ministeriale del 2 agosto 1980 e in quello del 4 maggio 1990, ai quali ha fatto seguito la Circolare n. 34233 emanata in data 25 febbraio 1991 dal Ministero dei Lavori Pubblici, recante "Istruzioni relative alla normativa tecnica dei ponti stradali". Recentemente il DM 14/01/08 più noto come "Norme Tecniche per le Costruzioni" e successivamente la Circolare esplicativa n. 617 del 2-2-2009 ha integrato in alcune parti, riguardanti prevalentemente le azioni da prevedere per i calcoli statici, le norme dei precedenti decreti.

Nello studio idraulico dell'opera, devono essere oggetto d'indagine i seguenti problemi: classificazione del corso d'acqua ai fini dell'esercizio della navigazione interna; valutazione dello scavo localizzato con riferimento alle forme ed alle dimensioni delle pile, delle spalle, delle fondazioni nonché dei rilevati; valutazione degli effetti dovuti all'eventuale presenza di correnti veloci; esame delle conseguenze della presenza di eventuali corpi natanti, flottanti e trasportati dalle acque, ove ricorra detta possibilità, nonché delle conseguenze di eventuali ostruzioni delle luci, specie se queste possono creare invasi anche temporanei a monte, sia in fase costruttiva, sia durante l'esercizio delle opere. In situazioni particolarmente complesse si suggerisce di sviluppare le indagini anche con l'ausilio di modelli fisici in scala ridotta.

Nel complesso, le norme emanate dal Ministero dei Lavori Pubblici fissano il quadro di riferimento per lo sviluppo della relazione sugli aspetti idrologici, idrografici ed idraulici prescritta a corredo della progettazione dell'attraversamento fluviale, delineando anche i criteri generali che devono guidare l'articolazione di tale relazione.

3 SINTESI TECNICO DESCRITTIVA

L'area interessata dal presente lavoro si colloca nella parte settentrionale della regione Toscana, tra le province di Pistoia e Lucca. I comuni interessati sono Pescia, Montecarlo, Altopascio, Porcari, Capannori e Lucca.

Quest'area comprende tutti i corsi d'acqua che confluiscono, da nord verso sud, nella conca del "Padule di Fucecchio" al confine con la provincia di Firenze. Si tratta di una zona caratterizzata da importanti opere di bonifica dei terreni palustri delle conche di Fucecchio e Bientina. Il reticolo idrografico risulta quindi sostanzialmente artificiale ad eccezione dei ridotti tratti collinari e montuosi del reticolo collocati a nord (rilievi preappenninici) e a est (Monte Montalbano). A ovest il territorio lascia spazio alla Piana di Lucca, della quale può essere considerata la continuazione orientale. A sud/sud-ovest l'area è limitata dal rilievo dei Monti Pisani e dalle Colline delle Cerbaie, elemento caratterizzante sia dal punto di vista strutturale che storico-archeologico-paesaggistico, risalente al periodo pliocenico e originatesi dal rialzamento tettonico dell'ex lago di Bientina.

L'area in esame prende origine a nord dalla Valdnievole (cd. "Vallis Nebulae", valle della nebbia o delle nuvole, a causa del terreno paludoso poi bonificato) attraverso la quale le acque del T. Nievole si fondono prima, nel Padule di Fucecchio, con quelle del Pescia di Pescia, e Pescia di Collodi; quindi con i corsi d'acqua provenienti dal Montalbano, dando origine al canale Maestro (di natura antropica, posto nel Comune di Fucecchio). Il canale Maestro, dopo il ponte di Cappiano - importantissima opera idraulica realizzata ad opera di Cosimo I de' Medici nel 1550 con lo scopo di regolare i deflussi, la navigazione e le attività di pesca nel padule -, diventa canale di Usciana e scorre parallelamente all'Arno per circa 18 km. In origine, l'Usciana confluiva in Arno presso Pontedera attraverso delle cateratte che avevano il compito di evitare il rigurgito nel canale delle acque in piena dell'Arno. Negli anni '80 è stato costruito un canale aggiuntivo di 4km che disconnette il canale Usciana dall'Arno e fa defluire le sue acque nello Scolmatore dell'Arno mediante una bocca sifone realizzata sotto l'Arno, immediatamente a valle dell'incile dello Scolmatore.

Nell'area a ovest la regimazione idraulica ha caratterizzato, fin dai secoli scorsi, tutta l'idrografia della piana lucchese. Prima con la regimazione dei canali Ozzeri-Rogio e Ozzeretto, poi con la bonifica del lago di Sesto-Bientina conclusasi nel 1930, e quindi la realizzazione del canale Fossa Nuova, conseguente al procedere delle colmate di Porcari, per regimare le acque provenienti dal monte Serra. In particolare il bacino idrografico, prima della bonifica tributario dell'Arno, raccoglie alcuni torrenti dei Monti Pisani ed altri provenienti dalle Pizzorne e dalle Cerbaie; tutte le acque confluiscono infine nel canale Emissario di Bientina (inizio area omogenea 8), poco a nord dell'abitato di Bientina. Il canale infine, passando anche lui sotto il letto dell'Arno a San Giovanni alla Vena attraverso una botte sifone realizzata con una imponente opera idraulica verso la metà del 1850, raggiunge, correndone quasi parallelamente, il canale Scolmatore d'Arno in prossimità del suo sbocco in mare.

I corsi d'acqua mostrano una molteplice varietà nelle caratteristiche fisiografiche. Sono, infatti, presenti corsi d'acqua con caratteristiche prettamente torrentizie nella parte montana e collinare per quanto attiene, ad esempio, la pendenza ed il grado di

Mandataria

Mandanti

confinamento, altri con proprietà di fondovalle, con pendenze mediamente inferiori allo 0.5% e reticolo non confinato, altri ancora con aspetti specifici da reticolo di bonifica, quali pendenze molto basse, lunghi tratti rettificati ed arginati, portelle, derivazioni, etc.

Tale variabilità nei valori di pendenza si riflette anche sui singoli sottobacini presenti nell'area omogenea. Secondo il criterio generale sono stati suddivisi i bacini sottesi ai corpi idrici principali in bacini con caratteristiche prevalenti montane oppure vallive.

4 ANALISI IDRAULICA ATTRAVERSAMENTI MINORI

4.1 Metodologia di calcolo

Come previsto dal Manuale di Progettazione ferroviario ogni tipo di manufatto idraulico verrà verificato utilizzando i seguenti tempi di ritorno T_r :

Manufatti di attraversamento (ponti e tombini):

- Linea ferroviaria $T_r=300$ anni per $S > 10 \text{ km}^2$
- Linea ferroviaria $T_r=200$ anni per $S < 10 \text{ km}^2$
- Deviazioni stradali $T_r=200$ anni

(dove S è l'estensione del bacino).

Per la verifica idraulica delle opere di attraversamento principali il manuale prevede quanto segue:

“Relativamente ai requisiti idraulici nei confronti dei livelli di massima piena di specifica quanto segue:

- Franco minimo tra intradosso dell'opera e la quota di carico idraulico totale corrispondente al livello idrico di massima piena, calcolato come precedentemente descritto, pari a 0.50 m e comunque non inferiore ad 1.5 m sul livello idrico;
- Posizionamento delle spalle del viadotto in modo tale da non ridurre significativamente la sezione di deflusso in alveo ed in golena;
- Posizionamento e geometria delle pile in alveo ed in golena in modo da non provocare significativi fenomeni di rigurgito ovvero fenomeni di erosione localizzati sulle sponde ed in alveo;
- Il calcolo dello scalzamento localizzato introdotto dalle opere di sostegno deve essere valutato considerando le dimensioni delle pile; nel caso in cui il plinto di fondazione venga messo allo scoperto dall'erosione, le dimensioni maggiori e le forme più tozze dello stesso provocano un ulteriore scalzamento e pertanto, in tale condizione, il calcolo dell'erosione localizzata va ripetuto considerando le dimensioni del plinto invece che quelle della pila.”

Per la verifica idraulica delle opere di attraversamento secondarie il manuale prevede quanto segue:

Mandataria

Mandanti

“Le tipologie ammesse sono:

- Tombini circolari in c.a. con diametro minimo 1.50m;*
- Tombini scatolari in c.a. con dimensione minima 2.00.*

Sono ammessi fino a due tombini affiancati.

In nessun caso saranno ammessi attraversamenti con opere a sifone.

La pendenza longitudinale del fondo dell'opera non dovrà essere inferiore al 2‰ e ciò al fine di impedire la sedimentazione di eventuale materiale solido trasportato.

La sezione di deflusso complessiva del tombino dovrà consentire lo smaltimento della portata massima di piena con un grado di riempimento non superiore al 70% della sezione totale.

Dovranno essere previsti gli opportuni accorgimenti per evitare, in corrispondenza delle fondazioni del manufatto, fenomeni di scalzamento o erosione.”

Come previsto dalla Norme Tecniche per le Costruzioni e la relativa circolare Applicativa, tutti gli attraversamenti maggiori dovranno rispettare le seguenti prescrizioni:

- NTC 2008: 5.2.1.2 Compatibilità idraulica

Quando il ponte interessa un corso d'acqua naturale o artificiale, il progetto dovrà essere corredato da una relazione idrologica e da una relazione idraulica riguardante le scelte progettuali, la costruzione e l'esercizio del ponte.

L'ampiezza e l'approfondimento della relazione e delle indagini che ne costituiscono la base saranno commisurati all'importanza del problema.

Di norma il manufatto non dovrà interessare con spalle, pile e rilevati il corso d'acqua attivo e, se arginato, i corpi arginali. Qualora eccezionalmente fosse necessario realizzare pile in alveo, la luce minima tra pile contigue, misurata ortogonalmente al filone principale della corrente, non dovrà essere inferiore a 40 metri. Soluzioni con luci inferiori potranno essere autorizzate dall'Autorità competente, previo parere del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici.

Nel caso di pile e/o spalle in alveo cura particolare è da dedicare al problema delle escavazioni dell'alveo e alla protezione delle fondazioni delle pile e delle spalle.

La quota idrometrica ed il franco dovranno essere posti in correlazione con la piena di progetto riferita ad un periodo di ritorno non inferiore a 200 anni.

Il franco di sottotrave e la distanza tra il fondo alveo e la quota di sottotrave dovranno essere assunte tenendo conto del trasporto solido di fondo e del trasporto di materiale galleggiante.

Mandataria

Mandanti

Il franco idraulico necessario non può essere ottenuto con il sollevamento del ponte durante la piena.

- Circolare applicativa: C5.1.2.4 Compatibilità idraulica

Le questioni idrauliche, da trattare con ampiezza e grado di approfondimento commisurati alla natura dei problemi ed al grado di elaborazione del progetto, devono essere oggetto di apposita relazione idraulica, che farà parte integrante del progetto stesso...omissis...

La quota idrometrica ed il franco devono essere posti in correlazione con la piena di progetto anche in considerazione della tipologia dell'opera e delle situazioni ambientali.

*In tal senso può ritenersi normalmente che il valore della portata massima e del relativo franco siano riferiti ad un tempo di ritorno non inferiore a **200 anni**; è di interesse stimare i valori della frequenza probabile di ipotetici eventi che diano luogo a riduzioni del franco stesso. Nel caso di corsi di acqua arginati, la quota di sottotrave deve essere comunque non inferiore alla quota della sommità arginale.*

A titolo di indicazione, in aggiunta alla prescrizione di un franco normale minimo di 1,50÷2,00 m, è da raccomandare che il dislivello tra fondo e sottotrave sia non inferiore a 6÷7 m quando si possa temere il transito d'alberi d'alto fusto, con l'avvertenza di prevedere valori maggiori per ponti con luci inferiori a 40 m o per ponti posti su torrenti esposti a sovralti d'alveo per deposito di materiali lapidei provenienti da monte o dai versanti.

Quando l'intradosso delle strutture non sia costituito da un'unica linea orizzontale tra gli appoggi, il franco previsto deve essere assicurato per una ampiezza centrale di 2/3 della luce, e comunque non inferiore a 40 m.... omissis.

4.2 Criteri di verifica

Sulla base di quanto riportato nel precedente paragrafo, le nuove opere di attraversamento sono state progettate secondo i seguenti criteri:

	Manuale di progettazione ferroviaria	NTC 2008 e relativa circolare applicativa
Manufatti di attraversamento principali (ponti e viadotti)	<ul style="list-style-type: none"> • Linea ferroviaria <i>Tr=300 anni per $S > 10 \text{ km}^2$</i> • Linea ferroviaria <i>Tr=200 anni per $S < 10 \text{ km}^2$</i> • Deviazioni stradali <i>Tr=200 anni</i> 	<i>Tr = 200 anni</i>

Verifica Franco di Progetto ponti.	<i>Franco minimo tra l'intradosso dell'opera e la quota del carico idraulico totale corrispondente al livello idrico di massima piena, pari a 0.50 m e comunque non inferiore ad 1.5 m sul livello idrico.</i>	<i>1,50÷2,00 m</i>
Dislivello tra fondo e sottotrave		<i>Non inferiore a 6÷7 m quando si possa temere il transito d'alberi d'alto fusto</i>
Posizione spalle	<i>Posizionamento delle spalle del viadotto in modo tale da non ridurre significativamente la sezione di deflusso in alveo ed in golena.</i>	<i>Di norma il manufatto non dovrà interessare con spalle, pile e rilevati il corso d'acqua attivo e, se arginato, i corpi arginali.</i>

4.3 Metodologia di verifica idraulica

Il profilo idrico nei canali interessati e negli attraversamenti secondari viene calcolato, in prima battuta adottando le condizioni di deflusso in moto uniforme utilizzando la seguente relazione proposta da Gauckler-Strickler

$$Q = \frac{1}{n} * A * R_H^{2/3} * i^{1/2}$$

dove

Q = portata in m³/s,

n = coefficiente di scabrezza di Manning,

R_H = raggio idraulico,

i = pendenza,

A = sezione bagnata in m².

5 VERIFICHE IDRAULICHE DEGLI ATTRAVERSAMENTI MINORI

Di seguito vengono riportati i risultati delle verifiche idrauliche condotte sui corsi d'acqua interferiti dall'asse ferroviario in progetto.

Le verifiche idrauliche sono state sviluppate sulla base dei valori di portata corrispondenti agli scenari di riferimento studiati nella Relazione Idrologica (elaborato 1346-PO-S11-PD-TGID-00-01-E001).

Si sottolinea che dalle analisi fornite dalle Autorità di Bacino competenti, il reticolo idrografico risulta per la maggior parte, insufficiente al deflusso delle acque meteoriche e che sono già in previsione una serie di opere strutturali (casse di espansione e risistemazioni d'alveo) atte a diminuire le criticità della zona e di competenza di differenti enti locali.

In questa sede vengono indicati come Attraversamenti minori, tutti quei compluvi minori che non sono caratterizzati da un vero e proprio reticolo idrografico di superficie.

Nella progettazione di un'infrastruttura è necessario verificare che questa non rappresenti un ostacolo al naturale deflusso delle acque superficiali. In particolare, si deve garantire che:

- l'inserimento dell'opera non comporti un aumento del rischio idraulico, ma lasci inalterate le modalità di espansione delle piene in corrispondenza di eventi critici;
- ci sia continuità idraulica dei compluvi minori e sia consentito l'attraversamento dei canali esistenti;
- sia presente un sistema di drenaggio e smaltimento delle acque funzionante, adeguando, se necessario, le opere esistenti con le vigenti norme.

A questo scopo, si prevede l'inserimento lungo il tracciato in esame di tombini, classificabili in tombini di continuità e di trasparenza, a seconda della funzione che svolgono. Nello specifico:

- **Tombini di continuità**
In corrispondenza di quei compluvi minori che non risultano di pertinenza dei bacini idrografici maggiori o minori limitrofi e che non sono caratterizzati da una rete idrografica superficiale si prevede l'inserimento di tombini denominati "di continuità". Questi hanno lo scopo di garantire la continuità del reticolo idrografico, consentendo il normale deflusso delle acque. Tali opere d'arte, inoltre, sono funzionali sia per il recapito delle acque meteoriche provenienti dai fossi di guardia del rilevato ferroviario sia per garantire lo smaltimento saltuario delle portate in caso di eventi meteorici rilevanti.
- **Tombini di trasparenza**
Laddove si riscontra la presenza di estesi tratti di linea ferroviaria in assenza di manufatti di attraversamento sono previsti dei tombini denominati "di trasparenza", atti a garantire la "permeabilità" dell'infrastruttura ferroviaria nei confronti del reticolo idrografico minore circostante. Tali opere d'arte sono funzionali sia per le

interconnessioni dei fossi di guardia del rilevato ferroviario, sia per garantire lo smaltimento saltuario delle portate in caso di alluvioni.

Vista la ristretta estensione delle aree che confluiscono all'interno degli attraversamenti minori, questi sono stati studiati con una modellazione semplificata, adottando l'ipotesi di regime di moto uniforme e monodimensionale. Per questo stesso motivo, inoltre, si è scelto di operare un dimensionamento di massima dei manufatti, utilizzando inizialmente tombini circolari in calcestruzzo con diametro $\Phi 1500$, pari a quello minimo previsto dal Manuale di Progettazione di RFI.

Le verifiche idrauliche consistono nel garantire che la portata di piena di riferimento, calcolata per $T_R=200$ anni, sia inferiore a quella che può defluire all'interno dei tombini, rispettando il vincolo di massimo riempimento. Secondo il Manuale di Progettazione di RFI infatti, il manufatto risulta verificato da un punto di vista idraulico se:

$$\frac{Y_m}{D} \leq 70\%$$

con D altezza interna del tombino durante il normale funzionamento. La portata massima che può transitare nel manufatto è stata calcolata, come già detto, mediante la relazione di Gauckler-Strickler, avendo preso come pendenza quella minima ammissibile, pari allo 0.2%.

Nei casi in cui le verifiche hanno evidenziato un'insufficienza dei manufatti, si è scelto di sostituire i tombini circolari con quelli scatolari aventi dimensioni 2.00 m x 2.00 m e 5.00 x 3.00, essendo 2.00 x 2.00 la dimensione minima prevista dal Manuale di RFI.

Di seguito si riporta la tabella degli interventi di natura idraulica da realizzare al fine di rendere l'infrastruttura idraulicamente compatibile con il territorio circostante:

ID.	COMUNE	PROGRESSIVA	OPERA DI PROGETTO	DIMENSIONI [m]
1	PESCIA	21+480.92	Tombino scatolare	2.00x2.00
2		21+633.19	Tombino circolare	ϕ 1500
3		21+700.00	Tombino scatolare	2.00x2.00
4		22+265.10	Tombino scatolare	2.00x2.00
5	MONTECARLO	22+409.20	Ponticello	
6		23+293.50	Tombino scatolare	2.00x2.00
7		23+363.70	Tombino scatolare	2.00x2.00
8		23+464.55	Tombino scatolare	2.00x2.00
9		23+953.30	Ponticello	
10		24+022.50	Tombino circolare	ϕ 1500
11		24+115.55	Tombino circolare	ϕ 1500
12		24+278.00	Tombino scatolare	2.00x2.00
13		24+517.00	Ponticello	
14		25+437.40	Tombino scatolare	2.00x2.00
15	25+786.90	Tombino scatolare	2.00x2.00	
16	25+920.00	Tombino scatolare	2.00x2.00	
17	26+370.40	Tombino scatolare	2.00x2.00	

Mandataria

Mandanti

Relazione Idraulica Opere di Attraversamento Minori

ID.	COMUNE	PROGRESSIVA	OPERA DI PROGETTO	DIMENSIONI [m]
18	ALTOPASCIO	26+980.00	Tombino circolare	φ 1500
19		27+281.25	Tombino circolare	φ 1500
20		27+961.25	Tombino circolare	φ 1500
21		28+074.60	Tombino circolare	φ 1500
22		28+265.75	Ponticello	
23		28+367.40	Tombino scatolare	2.00x2.00
24		28+878.20	Tombino circolare	φ 1500
25		30+100.00	Tombino circolare	φ 1500
26		30+173.95	Tombino scatolare	2.00x2.00
27		30+677.60	Tombino circolare	φ 1500
28		30+735.00	Tombino scatolare	5.00x3.00
29		31+554.00	Tombino scatolare	2.00x2.00
30		31+911.10	Tombino circolare	φ 1500
31		32+291.65	Tombino scatolare	2.00x2.00
32		32+752.90	Tombino scatolare	2.00x2.00
33		32+927.30	Tombino scatolare	2.00x2.00
34		33+002.65	Tombino scatolare	2.00x2.00
35	PORCARI	33+422.65	Tombino scatolare	2.00x2.00
36	CAPANNORI	36+238.00	Tombino circolare	φ 1500
37		36+310.90	Tombino circolare	φ 1500
38		36+452.80	Tombino circolare	φ 1500
39		36+526.75	Tombino circolare	φ 1500
40		36+625.80	Tombino circolare	φ 1500
41		36+703.00	Tombino circolare	φ 1500
42		36+783.70	Tombino circolare	φ 1500
43		36+874.45	Tombino circolare	φ 1500
44		37+000.00	Tombino scatolare	2.00x2.00
45		37+093.00	Tombino scatolare	2.00x2.00
46		37+226.70	Tombino scatolare	2.00x2.00
47		37+648.00	Tombino circolare	φ 1500
48		37+759.00	Tombino circolare	φ 1500
49		37+985.00	Tombino circolare	φ 1500
50		39+961.05	Tombino circolare	φ 1500
51		40+307.40	Tombino circolare	φ 1500
52		LUCCA	42+378.00	Tombino circolare
53	42+517.35		Tombino circolare	φ 1500
54	42+628.00		Tombino circolare	φ 1500

Mandataria

TECH PROJECT
ingegneria integrata ©



Mandanti



5.1 Sistemazioni idrauliche

Gli interventi che prevedono la costruzione di opere in alveo andranno definiti nelle successive fasi progettuali applicando criteri di ingegneria naturalistica ed utilizzando laddove possibile, opere di protezione di tipo "elastico" quali massi sciolti, gabbioni e materassi tipo Reno, che costituiscono un'affidabile protezione degli stessi dall'azione erosiva della corrente di piena. Al fine di garantire una maggiore durabilità e minori criticità dal punto di vista manutentivo si consiglia di mettere in opera soluzioni in massi sciolti o scogliere in pietrame per quanto riguarda le sistemazioni in alveo o delle sponde.

Gli interventi di sistemazione ripropongono la sagoma delle sezioni attuali d'alveo, e incidono solo localmente sulle pendenze longitudinali dei corsi d'acqua.

Alcuni attraversamenti sono pertanto caratterizzati da riprofilatura dei fossi a valle fino a raccordarsi idraulicamente ad un recapito esistente; gli attraversamenti interessati da tale sistemazione interessano le seguenti progressive:

- PK 21+480.92 Tombino scatolare 2.00x2.00 m
- PK 21+633.19 Tombino circolare ϕ 1500
- PK 21+700.00 Tombino scatolare 2.00x2.00 m
- PK 24+022.50 Tombino circolare ϕ 1500
- PK 24+115.55 Tombino circolare ϕ 1500
- PK 24+278.00 Tombino scatolare 2.00x2.00m
- PK 27+281.25 Tombino circolare ϕ 1500
- PK 27+961.31 Tombino circolare ϕ 1500
- PK 28+074.64 Tombino circolare ϕ 1500
- PK 30+100.00 Tombino circolare ϕ 1500
- PK 30+173.95 Tombino scatolare 2.00x2.00
- PK 30+735.00 Tombino scatolare 5.00x3.00
- PK 40+307.40 Tombino circolare ϕ 1500

Si rimanda agli elaborati grafici per la riprofilatura delle canalizzazioni.

La sistemazione idraulica ha in generale lo scopo di:

- Assicurare con il periodo di ritorno previsto la sicurezza dell'infrastruttura ferroviaria;
- Diminuire le eventuali condizioni di rischio, eliminando o riducendo eventuali esondazioni nella zona di intervento;
- Non alterare le condizioni di deflusso idrico e solido nel tratto oggetto di studio;
- Impedire divagazioni della savanella che possano andare ad interessare le opere di fondazione delle pile o delle spalle;
- Assicurarsi che l'evoluzione della livelletta d'alveo, non approfondisca l'incisione esistente in corrispondenza dell'opera di attraversamento;
- Evitare le conseguenze derivanti dai fenomeni di erosione localizzata.

6 ALLEGATI

PK	AREA TOT m ²	CNII	CNIII	IDROLOGIA 200		Q RAZIONALE mc/s	B [m]	H [m]	Φ [m]	Tirante idrico h* [m]	Area bagnata Ab [m ²]	Contorno bagnato C [m]	Raggio idraulico Rh [m]	Scabrezza X [m ^{1/3} /s]	Q Chezy [mc/s]	Q Chezy [l/s]	Velocità [m/s]	% RIEMP		
				a	n															
1	21+480,92	37838,00	81,84	91,29	85,530	0,306	2,86	2	2	1,5	0,35	0,71	2,71	2,71	0,26	56	2,86	2857	4,04	24%
2	21+633,19	85016,00	74,73	87,31	86,030	0,304	0,80	2	2	1,5	0,15	0,31	2,31	0,13	50	0,80	803	2,46	9%	
3	21+700,00	73910,00	74,73	87,31	86,030	0,304	0,70	2	2	1,5	0,14	0,28	2,28	0,12	49	0,70	695	3,02	13%	
4	22+265,10	177918,00	81,32	91,01	84,010	0,340	1,22	2	2	1,5	0,20	0,40	2,40	0,17	52	1,22	1222	1,28	3%	
5	23+293,50	22446,00	81,32	91,01	84,010	0,340	0,16	2	2	1,5	0,05	0,10	2,10	0,05	42	0,12	124	1,41	4%	
6	23+363,70	18653,00	81,32	91,01	84,010	0,340	0,23	2	2	1,5	0,06	0,11	2,11	0,05	43	0,16	160	1,62	5%	
7	23+464,55	29657,00	81,32	91,01	84,010	0,340	5,55	2	2	1,5										
8	24+022,50	507693,00	82,94	91,87	83,600	0,300	0,45	2	2	1,5										
9	24+115,55	69028,50	83,42	92,13	83,850	0,290	0,45	2	2	1,5										
10	24+278,00	69028,50	83,42	92,13	83,850	0,290	0,45	2	2	1,5	0,11	0,22	2,22	0,10	47	0,45	451	2,09	7%	
11	25+437,40	174684,00	83,58	92,21	83,550	0,290	0,78	2	2	1,5	0,11	0,22	2,22	0,10	47	0,45	451	2,57	10%	
12	25+920,00	174684,00	83,58	92,21	83,550	0,290	0,78	2	2	1,5	0,15	0,30	2,30	0,13	50	0,78	780	2,57	10%	
13	26+370,40	174684,00	83,58	92,21	83,550	0,290	0,78	2	2	1,5	0,15	0,30	2,30	0,13	50	0,78	780	2,57	10%	
14	27+281,25	802623,00	83,58	92,21	83,550	0,290	2,41	2	2	1,5										
15	27+961,25	66007,00	83,58	92,21	83,550	0,290	0,45	2	2	1,5										
16	28+074,60	66007,00	83,58	92,21	83,550	0,290	0,45	2	2	1,5										
17	28+367,70	21282,00	84,37	92,62	83,200	0,290	2,25	2	2	1,5	0,11	0,22	2,22	0,10	47	0,45	450	3,73	20%	
18	28+878,20	120745,00	84,37	92,62	83,200	0,290	0,68	2	2	1,5										
19	30+100,05	46528,00	84,00	92,43	83,430	0,290	0,54	2	2	1,5	0,12	0,24	2,24	0,11	48	0,54	537	2,35	9%	
20	30+173,95	57332,00	84,00	92,43	83,430	0,290	0,62	2	2	1,5	0,12	0,24	2,24	0,11	48	0,54	537	2,35	9%	
21	30+677,60	205718,00	84,00	92,43	83,430	0,290	1,83	2	2	1,5	0,26	0,53	2,53	0,21	54	1,83	1825	6,45	22%	
22	30+735,00	117000,00	84,00	92,43	83,430	0,290	2,150	5	3	1,5	0,26	0,53	2,53	0,21	54	1,83	1825	6,45	22%	
23	31+554,00	186228,00	87,93	94,43	83,790	0,290	2,14	2	2	1,5	0,67	3,33	6,33	0,53	63	21,50	21500	3,67	19%	
24	31+911,10	106218,00	87,93	94,43	83,790	0,290	1,02	2	2	1,5										
25	32+291,65	250977,00	87,93	94,43	83,790	0,290	1,78	2	2	1,5	0,18	0,36	2,36	0,15	51	1,02	1018	3,45	17%	
26	32+752,90	25335,33	60,39	78,00	84,640	0,290	0,58	2	2	1,5	0,26	0,52	2,52	0,21	54	1,781	2,31	8%		
27	32+927,30	25335,33	60,39	78,00	84,640	0,290	0,58	2	2	1,5	0,13	0,25	2,25	0,11	49	0,59	586	2,31	8%	
28	33+002,65	25335,33	60,39	78,00	84,640	0,290	0,58	2	2	1,5	0,13	0,25	2,25	0,11	49	0,59	586	2,31	8%	
29	33+422,65	146478,00	82,77	91,78	86,500	0,280	1,13	2	2	1,5	0,13	0,25	2,25	0,11	49	0,59	586	2,93	13%	
30	36+238,00	40410,00	73,00	86,28	90,220	0,310	2,78	2	2	1,5										
31	36+310,90	40410,00	73,00	86,28	90,220	0,310	2,78	2	2	1,5										
32	36+452,80	50109,67	73,00	86,28	90,220	0,310	1,59	2	2	1,5										
33	36+526,75	50109,67	73,00	86,28	90,220	0,310	1,59	2	2	1,5										
34	36+625,80	50109,67	73,00	86,28	90,220	0,310	1,59	2	2	1,5										
35	36+703,00	50109,67	73,00	86,28	90,220	0,310	1,59	2	2	1,5										
36	36+783,70	50109,67	73,00	86,28	90,220	0,310	1,59	2	2	1,5										
37	36+874,45	50109,67	73,00	86,28	90,220	0,310	1,59	2	2	1,5										
38	37+000,00	73275,00	73,00	86,28	90,220	0,310	1,18	2	2	1,5	0,24	0,48	2,48	0,19	53	1,59	1585	2,98	13%	
39	37+226,70	73275,00	73,00	86,28	90,220	0,310	1,18	2	2	1,5	0,20	0,40	2,40	0,16	52	1,18	1176	2,98	13%	
40	37+668,00	73275,00	73,00	86,28	90,220	0,310	1,18	2	2	1,5										
41	37+985,00	73275,00	73,00	86,28	90,220	0,310	1,18	2	2	1,5										
42	39+961,05	257174,00	73,00	86,28	90,220	0,310	0,71	2	2	1,5										
43	40+307,40	257174,00	73,00	86,28	90,220	0,310	0,71	2	2	1,5										
44	42+517,35	18984,50	73,00	86,28	96,190	0,303	0,90	2	2	1,5										
45	42+628,00	18984,50	73,00	86,28	96,190	0,303	0,90	2	2	1,5										

GEOMETRIA

SEZIONE SCATOLARE

PK	AREA TOT m ²	CNI I	CNI II	IDROLOGIA 200		Q RAZIONALE mc/s	B [m]	H [m]	Φ [m]	Tirante idrico h* [m]	ALFA	Area bagnata Ab [m ²]	Contorno bagnato C [m]	Raggio idraulico Rh [m]	Scabrezza X [m ^{1/3} /s]	Q Chery [mc/s]	Q Chery [l/s]	Velocità [m/s]	% RIEMP	
				a	n															
1	21+480.92	378358.00	81.84	91.29	85.530	0.306	2.86	2	2	1.5	0.50	1.86	0.25	1.39	0.18	52.67	0.80	803	3.17	20%
2	21+633.19	85016.00	74.73	87.31	86.090	0.304	0.80	2	2	1.5	0.30	1.86	0.25	1.39	0.18	52.67	0.80	803	3.17	20%
3	21+700.00	73910.00	74.73	87.31	86.090	0.304	0.70	2	2	1.5	0.30	1.86	0.25	1.39	0.18	52.67	0.80	803	3.17	20%
4	22+265.10	177918.00	81.32	91.01	84.010	0.340	1.22	2	2	1.5	0.28	1.80	0.23	1.35	0.17	52.17	0.71	706	3.06	19%
5	23+293.50	22446.00	81.32	91.01	84.010	0.340	0.12	2	2	1.5	0.28	1.80	0.23	1.35	0.17	52.17	0.71	706	3.06	19%
6	23+363.70	18653.00	81.32	91.01	84.010	0.340	0.16	2	2	1.5	0.42	2.24	0.41	1.68	0.24	55.33	1.59	1585	3.86	28%
7	23+464.55	29657.00	81.32	91.01	84.010	0.340	0.23	2	2	1.5	0.42	2.24	0.41	1.68	0.24	55.33	1.59	1585	3.86	28%
8	24+022.50	507693.00	82.94	91.87	83.600	0.300	5.55	2	2	1.5	0.85	3.40	1.03	2.55	0.40	60.16	5.55	5547	5.40	56%
9	24+115.55	69028.50	83.42	92.13	83.850	0.290	0.45	2	2	1.5	0.23	1.60	0.17	1.20	0.14	50.48	0.45	451	2.68	15%
10	24+278.00	69028.50	83.42	92.13	83.850	0.290	0.45	2	2	1.5	0.23	1.60	0.17	1.20	0.14	50.48	0.45	451	2.68	15%
11	25+437.40	174684.00	83.58	92.21	83.550	0.290	0.78	2	2	1.5	0.23	1.60	0.17	1.20	0.14	50.47	0.45	450	2.67	15%
12	25+920.00	174684.00	83.58	92.21	83.550	0.290	0.78	2	2	1.5	0.23	1.60	0.17	1.20	0.14	50.47	0.45	450	2.67	15%
13	26+370.40	174684.00	83.58	92.21	83.550	0.290	0.78	2	2	1.5	0.23	1.60	0.17	1.20	0.14	50.47	0.45	450	2.67	15%
14	27+281.25	802623.00	83.58	92.21	83.550	0.290	2.41	2	2	1.5	0.53	2.54	0.55	1.90	0.29	56.99	2.41	2411	4.35	35%
15	27+961.25	66007.00	83.58	92.21	83.550	0.290	0.45	2	2	1.5	0.23	1.60	0.17	1.20	0.14	50.47	0.45	450	2.67	15%
16	28+074.60	66007.00	83.58	92.21	83.550	0.290	0.45	2	2	1.5	0.23	1.60	0.17	1.20	0.14	50.47	0.45	450	2.67	15%
17	28+367.20	217282.00	84.37	92.62	83.200	0.290	2.25	2	2	1.5	0.28	1.78	0.23	1.34	0.17	52.06	0.68	685	3.03	19%
18	28+878.20	120745.00	84.37	92.62	83.200	0.290	0.68	2	2	1.5	0.25	1.67	0.19	1.25	0.15	51.13	0.54	537	2.82	16%
19	30+100.05	46528.00	84.00	92.43	83.490	0.290	0.54	2	2	1.5	0.25	1.67	0.19	1.25	0.15	51.13	0.54	537	2.82	16%
20	30+173.95	57332.00	84.00	92.43	83.490	0.290	0.62	2	2	1.5	0.46	2.33	0.45	1.75	0.26	55.89	1.82	1825	4.02	30%
21	30+677.60	205718.00	84.00	92.43	83.490	0.290	1.83	2	2	1.5	0.46	2.33	0.45	1.75	0.26	55.89	1.82	1825	4.02	30%
22	30+735.00	117000.00	84.00	92.43	83.490	0.290	21.50	5	3	1.5	0.34	1.98	0.30	1.49	0.20	53.59	1.02	1028	3.40	23%
23	31+554.00	186228.00	87.93	94.43	83.790	0.290	2.14	2	2	1.5	0.57	2.65	0.61	1.99	0.31	57.55	2.78	2777	4.52	38%
24	31+911.10	106218.00	87.93	94.43	83.790	0.290	1.02	2	2	1.5	0.57	2.65	0.61	1.99	0.31	57.55	2.78	2777	4.52	38%
25	32+291.65	250977.00	87.93	94.43	83.790	0.290	1.78	2	2	1.5	0.42	2.24	0.41	1.88	0.24	55.33	1.59	1585	3.86	28%
26	32+752.90	25335.33	60.39	78.00	84.640	0.290	0.58	2	2	1.5	0.42	2.24	0.41	1.88	0.24	55.33	1.59	1585	3.86	28%
27	32+927.30	25335.33	60.39	78.00	84.640	0.290	0.58	2	2	1.5	0.42	2.24	0.41	1.88	0.24	55.33	1.59	1585	3.86	28%
28	33+022.65	25335.33	60.39	78.00	84.640	0.290	0.58	2	2	1.5	0.42	2.24	0.41	1.88	0.24	55.33	1.59	1585	3.86	28%
29	33+422.65	146478.00	82.77	91.78	86.500	0.280	1.13	2	2	1.5	0.42	2.24	0.41	1.88	0.24	55.33	1.59	1585	3.86	28%
30	36+238.00	40410.00	73.00	86.28	90.220	0.310	2.78	2	2	1.5	0.57	2.65	0.61	1.99	0.31	57.55	2.78	2777	4.52	38%
31	36+310.90	40410.00	73.00	86.28	90.220	0.310	2.78	2	2	1.5	0.57	2.65	0.61	1.99	0.31	57.55	2.78	2777	4.52	38%
32	36+452.80	50109.67	73.00	86.28	90.220	0.310	1.59	2	2	1.5	0.42	2.24	0.41	1.88	0.24	55.33	1.59	1585	3.86	28%
33	36+526.75	50109.67	73.00	86.28	90.220	0.310	1.59	2	2	1.5	0.42	2.24	0.41	1.88	0.24	55.33	1.59	1585	3.86	28%
34	36+625.80	50109.67	73.00	86.28	90.220	0.310	1.59	2	2	1.5	0.42	2.24	0.41	1.88	0.24	55.33	1.59	1585	3.86	28%
35	36+703.00	50109.67	73.00	86.28	90.220	0.310	1.59	2	2	1.5	0.42	2.24	0.41	1.88	0.24	55.33	1.59	1585	3.86	28%
36	36+783.70	50109.67	73.00	86.28	90.220	0.310	1.59	2	2	1.5	0.42	2.24	0.41	1.88	0.24	55.33	1.59	1585	3.86	28%
37	36+874.45	50109.67	73.00	86.28	90.220	0.310	1.59	2	2	1.5	0.42	2.24	0.41	1.88	0.24	55.33	1.59	1585	3.86	28%
38	37+000.00	73275.00	73.00	86.28	90.220	0.310	1.18	2	2	1.5	0.42	2.24	0.41	1.88	0.24	55.33	1.59	1585	3.86	28%
39	37+226.70	73275.00	73.00	86.28	90.220	0.310	1.18	2	2	1.5	0.42	2.24	0.41	1.88	0.24	55.33	1.59	1585	3.86	28%
40	37+698.00	73275.00	73.00	86.28	90.220	0.310	1.18	2	2	1.5	0.42	2.24	0.41	1.88	0.24	55.33	1.59	1585	3.86	28%
41	37+985.00	73275.00	73.00	86.28	90.220	0.310	1.18	2	2	1.5	0.42	2.24	0.41	1.88	0.24	55.33	1.59	1585	3.86	28%
42	39+961.05	257174.00	73.00	86.28	90.220	0.310	0.71	2	2	1.5	0.28	1.80	0.23	1.35	0.17	52.17	0.71	706	3.06	19%
43	40+307.40	257174.00	73.00	86.28	90.220	0.310	0.71	2	2	1.5	0.28	1.80	0.23	1.35	0.17	52.17	0.71	706	3.06	19%
44	42+517.35	18984.50	73.00	86.28	96.190	0.303	0.90	2	2	1.5	0.32	1.92	0.27	1.44	0.19	53.12	0.90	900	3.28	21%
45	42+628.00	18984.50	73.00	86.28	96.190	0.303	0.90	2	2	1.5	0.32	1.92	0.27	1.44	0.19	53.12	0.90	900	3.28	21%

GEOMETRIA

SEZIONE CIRCOLARE