



# Provincia di Parma

Servizio Viabilità e Infrastrutture

PROGETTO DI FATTIBILITÀ  
TECNICA ED ECONOMICA

## PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA DELLA PEDEMONTANA FRA LA SP121R (NUOVA PEDEMONTANA) E LA SP15 IN COMUNE DI SALA BAGANZA

## CALCOLO SOMMARIO DELLA SPESA

### RILIEVI TOPOGRAFICI



GEO 3 s.r.l.  
PARMA  
Topografia-Progettazione-Cantieristica  
Via Edison - Volta n° 25/A - 43125 Parma (PR)

### GEOLOGIA-GEOTECNICA



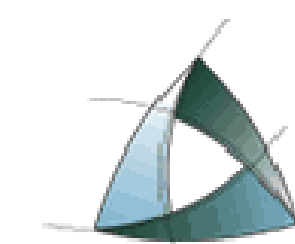
Via Suor Maria Adorni, 2 - 43100 Parma

### ARCHEOLOGIA



Via Nove Martiri, 11/A - 42124 Reggio Emilia

### INSERIMENTO AMBIENTALE



AMBITER S.R.L.  
Via A. Nicolodi 5/A - 43126 Parma

### PROGETTAZIONE



Via V. Simeoni n° 12  
66036 Orsogna (CH)  
Tel. 0871/869652  
Email info@studiomontepara.it

Prof. Ing. Antonio Montepara

## ALLEGATO

# 4

Questo elaborato non può essere riprodotto né integralmente, né in parte per scopi diversi da quelli per cui è stato fornito.

DATA :

IL RESPONSABILE DEL PROCEDIMENTO  
Dott. Ing. Elisa Botta

IL RESPONSABILE DEL SERVIZIO  
VIABILITÀ E INFRASTRUTTURE  
Dott. Ing. Gianpaolo Monteverdi

174	P	A	I	A	04.00	R0
-----	---	---	---	---	-------	----

Revisione	Data	Descrizione	Redatto	Controllato	Approvato
REV0					
REV1					
REV2					



**PROVINCIA  
DI PARMA**

**Settore: Patrimonio, Viabilità e Infrastrutture**

Viale Martiri della Libertà, 15

Resp. del servizio: Ing. Gianpaolo Montepverdi – [g.monteverdi@provincia.parma.it](mailto:g.monteverdi@provincia.parma.it)

Resp. del Procedimento: Ing. Elisa Botta - [e.botta@provincia.parma.it](mailto:e.botta@provincia.parma.it)

**PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA DELLA  
PEDEMONTANA FRA LA SP121R (NUOVA PEDEMONTANA) E LA  
SP15 IN COMUNE DI SALA BAGANZA**

**PROGETTO PRELIMINARE  
*RELAZIONE IDRAULICA***

IL PROGETTISTA

Prof. Ing. Antonio Montepara

## INDICE

---

<b>1. PREMESSA .....</b>	<b>3</b>
<b>2. ANALISI IDROLOGICA PRELIMINARE.....</b>	<b>4</b>
2.1 LINEE SEGNALETRICI DI POSSIBILITÀ PLUVIOMETRICA	ERRORE. IL SEGNALEBRO NON È DEFINITO.
2.2 METODO RAZIONALE .....	ERRORE. IL SEGNALEBRO NON È DEFINITO.
2.3 STIMA DEL TEMPO DI CORRIVAZIONE.....	ERRORE. IL SEGNALEBRO NON È DEFINITO.
<b>3. DIMENSIONAMENTO IDRAULICO PRELIMINARE DEL SISTEMA DI DRENAGGIO</b>	<b>5</b>
3.1 GENERALITÀ .....	5
3.2 ELEMENTI MARGINALI .....	6
3.3 FOSSI AL PIEDE .....	7
<b>4. SISTEMA DI TRATTAMENTO DELLE ACQUE SCOLANTI NEL FIUME ENZA.....</b>	<b>8</b>
4.1 SCHEMA FUNZIONALE.....	8
4.2 SCHEMA DI TRATTAMENTO.....	9
<b>5. RETICOLO IDROGRAFICO MINORE .....</b>	<b>11</b>
<b>6. NUOVO PONTE SUL FIUME ENZA .....</b>	<b>12</b>
6.1 RICHIAMI NORMATIVI.....	12
6.2 ANALISI IDROLOGICA ED IDRAULICA .....	15
6.3 IL NUOVO MANUFATTO DI ATTRAVERSAMENTO IN PROGETTO .....	18
6.4 SISTEMA DI PROTEZIONE DALL'EROSIONE DELLE PILE .....	19
6.4.1 Erosione generalizzata .....	19
6.4.2 Erosione localizzata.....	20

## 1. PREMESSA

La presente relazione viene redatta nell'ambito dello studio di fattibilità tecnico-economica della *"Pedemontana fra la SP121R (Nuova Pedemontana) e la SP15 in comune di Sala Baganza"* al fine di fornire le indicazioni progettuali preliminari relativamente alla:

- verifica preliminare di compatibilità idraulica del nuovo manufatto di attraversamento con il deflusso delle portate di piena del torrente Baganza;
- verifica preliminare di compatibilità idraulica degli attraversamenti sui corsi d'acqua del reticolo idrografico minore (naturale e/o irriguo);
- integrazione delle opere idrauliche a servizio della nuova infrastruttura (reti di canali/condotte, manufatti, vasche, dispositivi di controllo quali-quantitativo) con il reticolo idrografico esistente, con particolare riferimento all'analisi statistica degli eventi pluviometrici intensi ed all'individuazione dei recapiti delle acque di piattaforma e di scarpata.

Per quanto attiene i riferimenti normativi sulle verifiche di compatibilità idrauliche verranno considerate le diverse direttive emanate in materia dall'*Autorità di Bacino del Fiume Po*, ed in particolare:

- la "Direttiva contenente i criteri per la valutazione della compatibilità idraulica delle infrastrutture pubbliche e di interesse pubblico all'interno delle fasce A e B" (approvata con deliberazione del Comitato Istituzionale n. 2 dell'11 maggio 1999 – aggiornata con deliberazione del Comitato istituzionale n. 10 del 5 aprile 2006 - nell'ambito del Piano Stralcio delle Fasce Fluviali, estesa all'ambito territoriale di riferimento del Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico);
- la "Direttiva sulla piena di progetto da assumere per le progettazioni e le verifiche di compatibilità idraulica" (deliberazione n. 18 del Comitato Istituzionale in data 26 aprile 2001).
- Autorità di Bacino del Fiume Po' - Progetto di Variante al PAI Torrente Baganza da Calestano a confluenza Parma e Torrente Parma da Parma a confluenza Po' - 22 dicembre 2015.

## 2. ANALISI IDROLOGICA PRELIMINARE

L'indagine di carattere idrologico e idraulico del bacino del Baganza ai fini della redazione del progetto di fattibilità non è stata condotta in quanto è stato utilizzato l'articolato ed esaustivo studio effettuato in sede di progettazione della Cassa di Espansione del Baganza,

Nello specifico al fine di verificare la compatibilità idraulica del tracciato e del viadotto in attraversamento del torrente si è fatto riferimento ai seguenti elaborati:

AIPO - CASSA DI ESPANSIONE DEL TORRENTE BAGANZA NEI COMUNI DI FELINO, SALA BAGANZA, COLLECCHIO E PARMA (PR-E-1047)

- BAG2\_02IDR\_D\_SC\_01\_A IDROLOGIA, MORFOLOGIA E IDRAULICA  
ATLANTE GEOMORFOLOGICO
- BAG2\_02IDR\_D\_RE\_01\_A IDROLOGIA, MORFOLOGIA E IDRAULICA  
RELAZIONE IDROLOGICA E IDRAULICA DELL'ASTA  
FLUVIALE
- BAG2\_02IDR\_D\_RE\_02\_A IDROLOGIA, MORFOLOGIA E IDRAULICA  
RELAZIONE IDROLOGICA E IDRAULICA DELLA CASSA DI  
ESPANSIONE
- BAG2\_02IDR\_D\_RE\_03\_A IDROLOGIA, MORFOLOGIA E IDRAULICA  
RELAZIONE GEOMORFOLOGICA

### 3. DIMENSIONAMENTO IDRAULICO PRELIMINARE DEL SISTEMA DI DRENAGGIO

#### 3.1 Generalità

Le soluzioni per lo smaltimento delle acque meteoriche ricadenti sulla pavimentazione stradale dipendono dalle diverse situazioni ed esigenze che si riscontrano nello studio della rete drenante e devono soddisfare due requisiti fondamentali:

- garantire, ai fini della sicurezza degli utenti in caso di forti precipitazioni, un immediato smaltimento delle acque meteoriche, evitando il formarsi di ristagni sulla pavimentazione autostradale: questo è possibile assegnando alla pavimentazione un'adeguata pendenza trasversale, come da norme vigenti, e predisponendo un adeguato sistema di raccolta integrato negli elementi marginali e centrali rispetto alle carreggiate;
- convogliare, ove necessario, tutte le acque di piattaforma ai punti di recapito presidiati.

Gli elementi di drenaggio da inserire nell'infrastruttura dipendono strettamente dal tipo di sezione su cui sono posti. Nell'infrastruttura considerata sono presenti: sezioni in rilevato oppure in viadotto.

Un'importante componente del sistema di drenaggio delle acque meteoriche è costituita dal controllo qualitativo: in funzione delle caratteristiche dell'idrografia interferita e della sensibilità del ricettore, per lo smaltimento possono essere impiegati presidi atti a controllare i parametri qualitativi. Nel presente progetto preliminare il fiume Enza viene considerato un recapito "*sensibile*", pertanto si prevederà l'installazione di un sistema di raccolta delle acque di tipo "*chiuso*" con dispositivo di trattamento qualitativo.

Il sistema di drenaggio che prevede il convogliamento dell'acqua di piattaforma ai presidi idraulici è denominato "sistema chiuso", in quanto permette di ottenere una separazione delle acque meteoriche ricadenti sulla piattaforma stradale da quelle del reticolo idrografico esterno e garantisce la salvaguardia nei confronti dell'inquinamento corrente e accidentale. Viceversa il sistema in cui il recapito delle acque di piattaforma avviene direttamente nei recettori finali è denominato "*sistema aperto*".



### 3.2 Elementi Marginali

Gli elementi marginali idraulici rappresentano il sistema primario di raccolta delle acque di pioggia. Possono essere elementi continui, longitudinali alla carreggiata, o discontinui con interassi dimensionati per soddisfare in modo corretto la loro funzione che è quella di limitare i tiranti idrici sulle pavimentazioni a valori compatibili con la loro transitabilità, per garantire la dovuta sicurezza del sistema infrastruttura. Il tempo di ritorno di riferimento assunto per il dimensionamento idraulico è pari a 20 anni.

Considerando, nel caso in esame, una carreggiata larga 10.50 m, la portata affluente nell'asola per unità di lunghezza della carreggiata risulta pari a:

$$q = \frac{1}{3600} \varphi \cdot B \cdot a \cdot t_c^{n-1}$$

dove:

- $\varphi$ : coefficiente di afflusso ( $\varphi=1$ , poiché si è presa in considerazione la sola carreggiata);
- $B$ : larghezza della carreggiata,  $B=10.50\text{ m}$ , (considerando i punti di maggior larghezza della carreggiata);
- $t_c$ : tempo di corrivazione ( $t_c=5\text{ min}$ );
- $a, n$  parametri della curva di possibilità pluviometrica calcolati per un tempo di ritorno di 20 anni.

Sostituendo nella formula razionale risulta, quindi,  $q=0.500\text{ l}/(s \cdot m)$ , portata unitaria affluente a lato della carreggiata.

La sezione in rilevato, in un sistema aperto, prevede la raccolta delle acque ricadenti sulla piattaforma tramite gli embrici e il convogliamento per mezzo di fossi di guardia al piede del rilevato (vedi tav. particolari idraulici). In un primo momento l'acqua che defluisce sulla piattaforma è incanalata dal cordolo laterale; in corrispondenza dell'embrice l'acqua segue il percorso creato dall'embrice stesso e defluisce nel fosso al piede.

L'interasse degli embrici deve essere calcolato al fine di evitare che si verifichino allagamenti eccessivi della carreggiata. Supponendo una sezione di deflusso con una larghezza massima  $b$  di 2.0 m dal cordolo esterno della carreggiata, una pendenza trasversale della carreggiata  $j$  pari a 2.5%, ed una pendenza longitudinale  $i$  pari a 0.1%, un coefficiente di scabrezza di *Gauckler – Strickler* pari a  $70\text{ m}^{1/3}\text{s}^{-1}$  si ha che la portata  $Q_a$  defluente nella sezione triangolare che si forma a margine

della carreggiata è pari a 9.3 l/s. L'interasse da assegnare agli embrici si ricava tramite il rapporto  $Q_a/q$  che risulta pari a 18.6 m circa. Si è scelto di fissare cautelativamente **l'interasse degli embrici pari a 20 m.**

### 3.3 Fossi al piede

I fossi al piede rappresentano il sistema di raccolta secondario, ove gli elementi del sistema primario scaricano, garantendo quella capacità necessaria per evitare rigurgiti in piattaforma che possono dar luogo ad allagamenti localizzati. Essi garantiscono inoltre il trasferimento della portata defluente verso i recapiti. Anche in questo caso si è assunto un tempo di ritorno di riferimento pari a 20 anni, non accettando gradi di riempimento superiori a 0.8.

Per ciascuna sezione di chiusura dei bacini idrologici della strada in progetto è stato effettuato il calcolo della portata critica  $Q_c$  attraverso la formula razionale. Quindi, una volta definita la sollecitazione idrologica, si è proceduto al dimensionamento delle canalizzazioni.

Per i fossi al piede è possibile determinare la portata  $Q$  che transita nella condotta utilizzando la formula di moto uniforme, fissato un certo valore del diametro  $d$  ed assunto il grado di riempimento  $y/d$  pari a 0.8:

$$Q = A\chi\sqrt{R_H \cdot i}$$

dove:

- $A$ , area della sezione idrica corrispondente al grado di riempimento pari a 0.8;
- $\chi$  fattore di scabrezza ( $m^{1/2} \cdot s^{-1}$ ) che, secondo la formulazione di Gauckler – Strickler assume la forma:  $\chi = c \cdot R_H^{1/6}$  dove  $c$  si assume pari a  $40 m^{1/3}/s$  per i fossi non rivestiti;
- $R_H$ : raggio idraulico della sezione corrispondente ad un grado di riempimento  $y/d$  pari a 0.8 (m);
- $i$ : pendenza della condotta assunta generalmente pari alla pendenza della carreggiata al di sotto della quale è ubicata la condotta.

Considerando una pendenza pari allo 0.1% risulta quindi che il fosso non rivestito di dimensioni ridotte FI1 (vedi tavola dei particolari costruttivi) è sufficiente per raccogliere le acque di circa 500 m di carreggiata, mentre per lunghezze maggiori verrà adottato il fosso inerbito FI2 di dimensioni maggiori.



## 4. SISTEMA DI TRATTAMENTO DELLE ACQUE SCOLANTI NEL TORRENTE BAGANZA

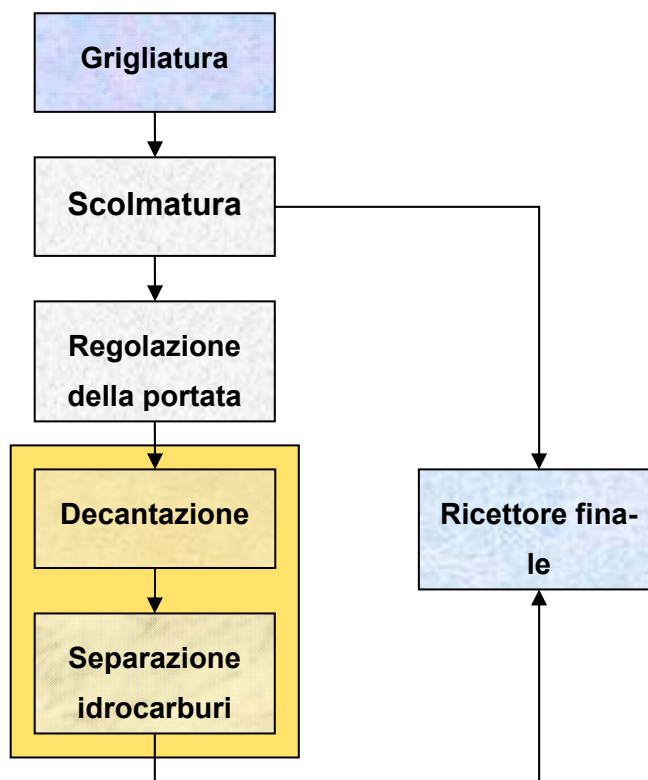
### 4.1 Schema funzionale

Al fine di ridurre il carico inquinante delle acque di piattaforma è stata prevista l'installazione di un trattamento (sedimentazione e rimozione dei liquidi leggeri) posto immediatamente a monte dei recapiti delle acque di piattaforma che afferiscono direttamente al fiume Enza. Al fine di minimizzare l'impatto ambientale tale sistema è installato completamente interrato.

I disoleatori sono in grado di ridurre l'inquinamento dovuto all'azione di dilavamento della piattaforma stradale e presentano anche una capacità di trattenimento degli sversamenti accidentali, a tal fine è stato assegnato un volume minimo alla vasca di sedimentazione pari a 35 m<sup>3</sup>.

La portata di dimensionamento dei dispositivi di trattamento è pari a circa il 30% della portata di punta per cui è stata dimensionata al rete. Studi recenti dimostrano infatti co-

me questo criterio di permetta di trattare circa l'80% dei volumi annui in ingresso al depuratore.



## 4.2 Schema di trattamento

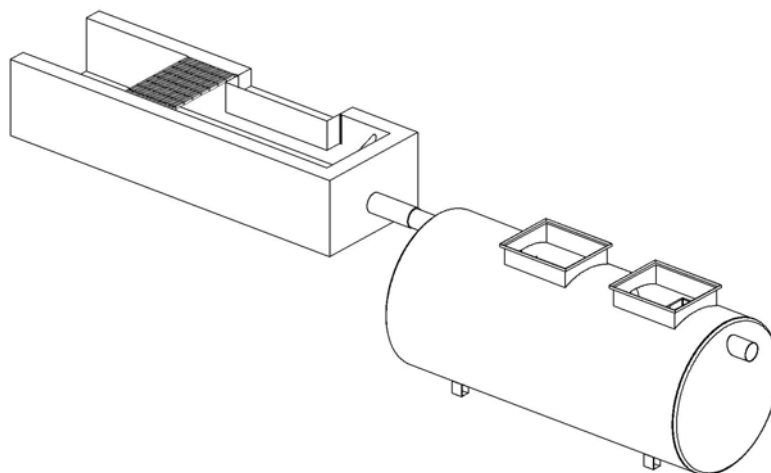


Figura 1: Assonometria del presidio qualitativo: sedimentatore e disoleatore.

Lo schema riportato nella pagina precedente riassume le diverse fasi della depurazione; la portata convogliata viene inizialmente sottoposta a grigliatura avendo cura di disporre la griglia inclinata di circa  $45^\circ$  rispetto alla verticale per prevenire un eventuale parzializzazione della sezione di deflusso per effetto dell'intercettazione di materiale grossolano.

La grigliatura grossolana a barre a pulizia manuale viene calcolata per far fronte a portate anche superiori a quelle previste per la regolazione della portata (valore stabilito per il dimensionamento del separatore di idrocarburi) in modo da pretrattare anche i volumi che verranno successivamente scolmati.

Lungo la parete laterale viene ricavata una soglia sfiorante per la derivazione delle portate eccedenti quelle ammesse al successivo trattamento di decantazione e separazione degli idrocarburi; la soglia sfiorante viene protetta da un deflettore con la funzione di trattenere all'interno del sistema eventuali sostanze galleggianti. Per non sovraccaricare le sezioni a valle della grigliatura, si prevede l'installazione di un regolatore meccanico che mantiene la portata a valori inferiori o uguali a quelli previsti nel dimensionamento del trattamento. Questo dispositivo permette quindi di svincolare il dimensionamento dello scolmatore di piena dal battente che si instaura a monte della luce di deflusso e quindi, se non ci sono problemi di rigurgito a monte, si possono ridurre le lunghezze delle soglie sfioranti.

Il regolatore di portata proposto è di tipo meccanico con parzializzazione della luce di deflusso crescente all'aumentare del battente che si instaura a monte. La varia-

zione del livello viene rilevata da un galleggiante solidale con una lama incernierata al di sopra della luce di deflusso. L'innalzamento del livello idrico viene seguito dal galleggiante che induce la rotazione della lama la quale, grazie alla particolare sagomatura, porta ad una opportuna riduzione della sezione di deflusso.

Grazie a questo dispositivo, la portata ammessa al trattamento può superare quella di targa al massimo del 5-8% di quest'ultima.

Il decantatore - separatore di idrocarburi ha lo scopo di rimuovere e trattenere i solidi sedimentabili ed i liquidi leggeri che sono presenti nel refluo da trattare. L'impianto è costruito in conformità con le norme UNI - EN 858. Il separatore è di tipo monoblocco prefabbricato in officina, realizzato in acciaio S 235 JR opportunamente protetto mediante verniciatura a più strati, la sua conformazione è quella di un serbatoio cilindrico ad asse orizzontale con fondi bombati.

Il sistema a coalescenza è costituito da pacchi lamellari a nido d'ape in polipropilene che permettono la costanza del rendimento di rimozione dei liquidi leggeri; inoltre, non essendo soggetti ad intasamento, non richiedono la loro periodica sostituzione.

Il dimensionamento del separatore è eseguito in modo da ottenere in uscita un tenore di idrocarburi minore di 5 mg/l, misurato secondo le procedure di prova previste dalla norma sopra citata.

## 5. RETICOLO IDROGRAFICO MINORE

L'infrastruttura in esame attraversa, per la maggior parte del suo sviluppo, un territorio a vocazione agricola in cui è presente l'Ente competente: il "*Consorzio della Bonifica Parmense*" che gestisce i canali irrigui e di scolo.

I corsi d'acqua presenti sul territorio assolvono alla duplice funzione di approvvigionare l'acqua necessaria nel periodo irriguo primaverile ed estivo e di fungere da rete di scolo durante gli eventi piovosi. Poiché il reticolo presenta un elevato grado di artificializzazione per la presenza di diversi manufatti di regolazione risulta di fatto impossibile svolgere l'analisi idrologica volta alla definizione delle portate al colmo di piena per i singoli corsi d'acqua poiché nella realtà non esistono bacini idrologici univocamente definiti.

Il tracciato del corso d'acqua esistente è stato sovrapposto alla planimetria dell'infrastruttura viaria in progetto, con l'obiettivo di individuare le interferenze presenti fra le due infrastrutture. Nell'elaborato sono stati individuati tutti i tratti di corso d'acqua che sarà necessario riprofilare nonché tutti i manufatti di attraversamento dell'opera in progetto che dovranno essere previsti al fine di garantire la piena funzionalità della rete di canali esistente.

Nei successivi gradi di progettazione saranno svolti i necessari approfondimenti per il dimensionamento e la verifica dei manufatti stessi, in accordo con le direttive e le buone prassi progettuali che saranno indicate dagli uffici tecnici dei consorzi di bonifica sopra citati.

## 6. NUOVO VIADOTTO SUL TORRENTE BAGANZA

### 6.1 Richiami Normativi

Il *Piano stralcio per l'Assetto Idrogeologico (PAI)*, redatto dall'Autorità di Bacino del Po e approvato con DPCM del 24/05/2001, all'art. 38 delle Norme di attuazione disciplina gli *"interventi per la realizzazione di opere pubbliche o di interesse pubblico"* che ricadono all'interno delle Fasce A e B:

*"1. Fatto salvo quanto previsto agli artt. 29 e 30, all'interno delle Fasce A e B è consentita la realizzazione di opere pubbliche o di interesse pubblico, riferite a servizi essenziali non altrimenti localizzabili, a condizione che non modifichino i fenomeni idraulici naturali e le caratteristiche di particolare rilevanza naturale dell'ecosistema fluviale che possono aver luogo nelle fasce, che non costituiscano significativo ostacolo al deflusso e non limitino in modo significativo la capacità di invaso, e che non concorrano ad incrementare il carico insediativo. A tal fine i progetti devono essere corredati da uno studio di compatibilità, che documenti l'assenza dei suddetti fenomeni e delle eventuali modifiche alle suddette caratteristiche, da sottoporre all'Autorità competente, così come individuata dalla direttiva di cui al comma successivo, per l'espressione di parere rispetto la pianificazione di bacino.*

*2. L'Autorità di bacino emana ed aggiorna direttive concernenti i criteri, gli indirizzi e le prescrizioni tecniche relative alla predisposizione degli studi di compatibilità e alla individuazione degli interventi a maggiore criticità in termini d'impatto sull'assetto della rete idrografica. Per questi ultimi il parere di cui al comma 1 sarà espresso dalla stessa Autorità di bacino.*

*3. Le nuove opere di attraversamento, stradale o ferroviario, e comunque delle infrastrutture a rete, devono essere progettate nel rispetto dei criteri e delle prescrizioni tecniche per la verifica idraulica di cui ad apposita direttiva emanata dall'Autorità di bacino."*

Ai sensi del comma 2 dell'art. 38 delle Norme di attuazione del PAI, sono da sottoporre a specifico parere dell'Autorità di bacino gli interventi relativi a infrastrutture pubbliche e di interesse pubblico appartenenti alle categorie di opere di seguito elencate:

- i ponti e i viadotti di attraversamento e i relativi rilevati di accesso, costituenti parti di qualsiasi infrastruttura a rete;
- le linee ferroviarie e le strade a carattere nazionale, regionale e locale;
- i porti e le opere per la navigazione fluviale.

I criteri di compatibilità definiti all'art. 38 delle Norme di attuazione del PAI prescrivono che gli interventi *“non modificchino i fenomeni idraulici naturali e le caratteristiche di particolare rilevanza naturale dell'ecosistema fluviale che possono aver luogo nelle fasce, che non costituiscano significativo ostacolo al deflusso e non limitino in modo significativo la capacità di invaso, e che non concorrano ad incrementare il carico insediativo”*. Tale indicazione rappresenta l'elemento principale per la valutazione di compatibilità, nell'ambito della quale devono essere presi in considerazione i singoli effetti dell'opera sull'assetto del tronco di corso d'acqua interessato.

La verifica di compatibilità idraulica deve identificare e quantificare gli effetti dell'intervento in progetto sul corso d'acqua rispetto alle condizioni fisiche e idrologiche precedenti alla realizzazione dello stesso.

La Direttiva 4 del PAI fornisce i criteri, le prescrizioni e gli indirizzi di natura tecnica per la verifica di compatibilità idraulica delle opere, ed in special modo dei manufatti di attraversamento, da realizzarsi all'interno delle fasce fluviali.

I ponti che attraversano un corso d'acqua interferiscono con le condizioni di deflusso quando le pile siano collocate in alveo e quando le spalle o i rilevati di accesso diano luogo a un restringimento dell'alveo stesso.

In generale gli effetti sull'assetto di un corso d'acqua derivanti dalla presenza di un ponte sono facilmente classificabili, trattandosi di opere la cui tipologia rientra in canoni definiti e le cui interazioni con l'idrodinamica della piena sono altrettanto definibili.

E' possibile, di conseguenza, stabilire a priori i criteri di compatibilità specifici che si traducono in una serie di prescrizioni da rispettare in modo tassativo ed in indirizzi alle scelte di natura progettuale, finalizzati a orientare il progetto per il migliore inserimento dell'opera all'interno del corso d'acqua.

Nel caso particolare dei ponti la Direttiva 4 del PAI si applica sia alle nuove opere in progetto che a quelle esistenti, in sede di verifica di compatibilità ai sensi e per gli effetti dell'art. 19, comma 2, Titolo I delle Norme di attuazione del Piano stralcio per l'Assetto Idrogeologico.

Nel caso di una nuova opera le prescrizioni e gli indirizzi individuati sono rivolti a garantire:

- che l'inserimento della struttura sia coerente con l'assetto idraulico del corso d'acqua e non comporti alterazioni delle condizioni di rischio idraulico;

- che siano valutate in modo adeguato le sollecitazioni di natura idraulica cui è sottoposta l'opera, in rapporto alla sicurezza della stessa.
- Sono di conseguenza definiti:
- i criteri di compatibilità idraulica da rispettare;
- le procedure di verifica idraulica da attuare.

Di seguito si riportano i criteri di compatibilità che assumono carattere di prescrizioni.

1. Portata di piena di progetto. Il tempo di ritorno della piena di progetto per le verifiche idrauliche dei ponti su corsi d'acqua interessati dalla delimitazione delle fasce fluviali deve essere non inferiore a quello assunto per la delimitazione della Fascia B ( $T = 200$  anni).
2. Franco minimo. Il minimo franco tra la quota idrometrica relativa alla piena di progetto e la quota di intradosso del ponte deve essere non inferiore a 0.5 volte l'altezza cinetica della corrente e comunque non inferiore a un 1.00 m; il valore del franco deve essere assicurato per almeno 2/3 della luce quando l'intradosso del ponte non sia rettilineo e comunque per almeno 40 m, nel caso di luci superiori a tale valore.

Il franco minimo tra la quota idrometrica relativa alla piena di progetto e la quota di sommità del rilevato di accesso al ponte (piano viabile) deve essere non inferiore a 0.5 volte l'altezza cinetica della corrente e comunque non inferiore a 1.00 m.

3. Posizionamento del ponte rispetto all'alveo. Deve essere considerato l'orientamento delle pile (ed eventualmente delle spalle) rispetto all'alveo e verificato che le interazioni tra le opere e la corrente non diano luogo a fenomeni incompatibili con l'assetto morfologico dell'alveo o la stabilità dell'opera.
4. Effetti idraulici indotti dal ponte. Gli elementi strutturali del ponte e i relativi rilevati di accesso non devono comportare effetti negativi sulle modalità di deflusso in piena del corso d'acqua; in particolare il profilo idrico di rigurgito eventualmente indotto dall'insieme delle opere di attraversamento deve essere compatibile con l'assetto difensivo presente e non deve comportare un aumento delle condizioni di rischio idraulico per il territorio circostante. Va inoltre verificata la compatibilità dell'opera e delle eventuali sistemazioni



idrauliche connesse con gli effetti indotti da possibili ostruzioni delle luci ad opera di corpi flottanti trasportati dalla piena ovvero di deposito anomalo di materiale derivante dal trasporto solido, soprattutto nel caso possano realizzarsi a monte invasi temporanei di dimensione significativa.

5. Condizioni di sicurezza del ponte e delle opere collegate. Il manufatto e le opere connesse devono essere sottoposti a verifica della stabilità strutturale rispetto ai seguenti aspetti:

- scalzamento massimo sulle fondazioni delle pile, delle spalle;
- urti e abrasioni provocate dalla corrente sulle pile in alveo;
- scalzamento massimo sui rilevati di accesso per effetto dell'erosione della corrente;
- spinta idrodinamica per effetto del sovrizzo indotto dalla struttura; ove opportuno la valutazione deve essere condotta anche con riferimento a condizioni di tracimazione del ponte stesso per effetto di ostruzione delle luci.

## **6.2 Analisi idrologica ed idraulica**

Il tracciato dell'opera in progetto interessa un territorio caratterizzato, dal punto di vista idraulico, dalla presenza del torrente Baganza, della nuova opera costituita dalla Casa di espansione del Baganza e del reticolo idrografico minore costituito dal sistema di fossi, canali di scolo e di irrigazione.

Per quanto attiene l'interferenza con il torrente Baganza e la casa di espansione, il tracciato prevede l'attraversamento in diagonale, in direzione sudovest-nordest, rispetto all'andamento della golenia e dei rilevati arginali ivi presenti. Tale tratto ricade all'interno della Fascia B così come delimitata dal Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico – P.A.I. dell'Autorità di bacino del fiume Po e dal P.T.C.P.–Variante parziale della Provincia di Parma (vedi tavola C.1.7 – Tutela ambientale, paesistica e storico culturale).

La compatibilità idraulica della nuova infrastruttura con il deflusso delle portate di piena del Baganza è stata verificata tramite lo studio idraulico allegato al progetto definitivo della cassa di espansione del torrente Baganza:

BAG2\_02IDR\_R\_RE\_01\_A Relazione Idrologica e Idraulica dell'asta fluviale

BAG2\_02IDR\_R\_RE\_02\_A Relazione Idrologica e Idraulica della cassa di espansione

## BAG2\_02IDR\_R\_RE\_03\_A Relazione Geomorfologica

### BAG2\_02IDR\_D\_SC\_01\_A Atlante Geomorfologica

Lo studio è stato sviluppato applicando i criteri indicati nelle seguenti Direttive dell'Autorità di Bacino del fiume Po: "Direttiva contenente i criteri per la valutazione della compatibilità idraulica delle infrastrutture pubbliche e di interesse pubblico all'interno delle fasce A e B" e "Direttiva sulla piena di progetto da assumere per le progettazioni e le verifiche di compatibilità idraulica", nonché secondo gli articoli di interesse (12, 12bis e 13) delle Norme Tecniche di Attuazione del già citato P.T.C.P., approvate con Del.C.P. n. 118 del 22.12.2008.

In particolare, è stata effettuata l'analisi e la validazione della documentazione disponibile in letteratura e presso gli Enti di gestione e tutela del territorio relativamente alle problematiche idrologiche ed idrauliche del torrente Baganza nel tratto di interesse. La stima delle portate di massima piena per diversi valori del tempo di ritorno è stata approfondita applicando diverse metodologie, di tipo diretto ed indiretto, riferite alla sezione di interesse.

Per quanto attiene l'analisi idraulica, è stato implementato un modello matematico monodimensionale, in moto permanente, finalizzato ad affinare l'individuazione delle quote idriche associate al transito della piena di riferimento duecentennale nel tratto di Baganza interessato dalla costruzione della cassa di espansione, opportunamente esteso sia a monte che a valle in relazione ai caratteri idrodinamici della corrente, al fine di considerare gli effetti dei diversi manufatti presenti in alveo (ponte stradale S.P.15 a monte del sito della Cassa di espansione), con relative soglie di presidio eventualmente presenti a valle degli stessi).

Per la rappresentazione della geometria dell'alveo sono state utilizzate le sezioni appositamente elaborate per lo studio, ovvero rilevate nell'ambito del presente progetto preliminare.

Sono state seguite due serie di simulazioni:

1. STATO DI FATTO, per ricavare il "livello idrico indisturbato" prodotto dal transito della piena duecentennale nell'alveo attuale, in assenza del manufatto in progetto;
2. STATO DI PROGETTO, per ricavare il "livello idrico di progetto" prodotto dal transito della piena duecentennale nell'alveo attuale, in presenza della cassa di espansione, il quale determina, attraverso il bacino di accumulo, il controllo della portata di piena da far defluire verso il torrente Parma e, di conseguenza, un controllo locale delle quote idriche.

Nel grafico che segue sono riportati in corrispondenza del tracciato stradale i risultati delle simulazioni che sono state fatte nei casi di:

- ⇒ presenza di cassa (e quindi di alveo risagomato, linee arancioni del grafico);
- ⇒ assenza della cassa (e quindi con alveo naturale nello stato di fatto, linee verdi del grafico).

Si nota che le quote idriche sono più basse nel caso di alveo risezionato (linea tratteggiata arancione) poiché poco più a valle del viadotto strada è previsto un salto di fondo.

Dalla simulazione si ottiene una quota di massima piena senza cassa pari a circa 148 m s.l.m. e una quota di massima piena in alveo risagomato in presenza di cassa pari a circa 147 m s.l.m..

**Ai fini della sicurezza è opportuno considerare nel dimensionamento idraulico del viadotto una quota di massima piena pari a 149 m s.l.m.**

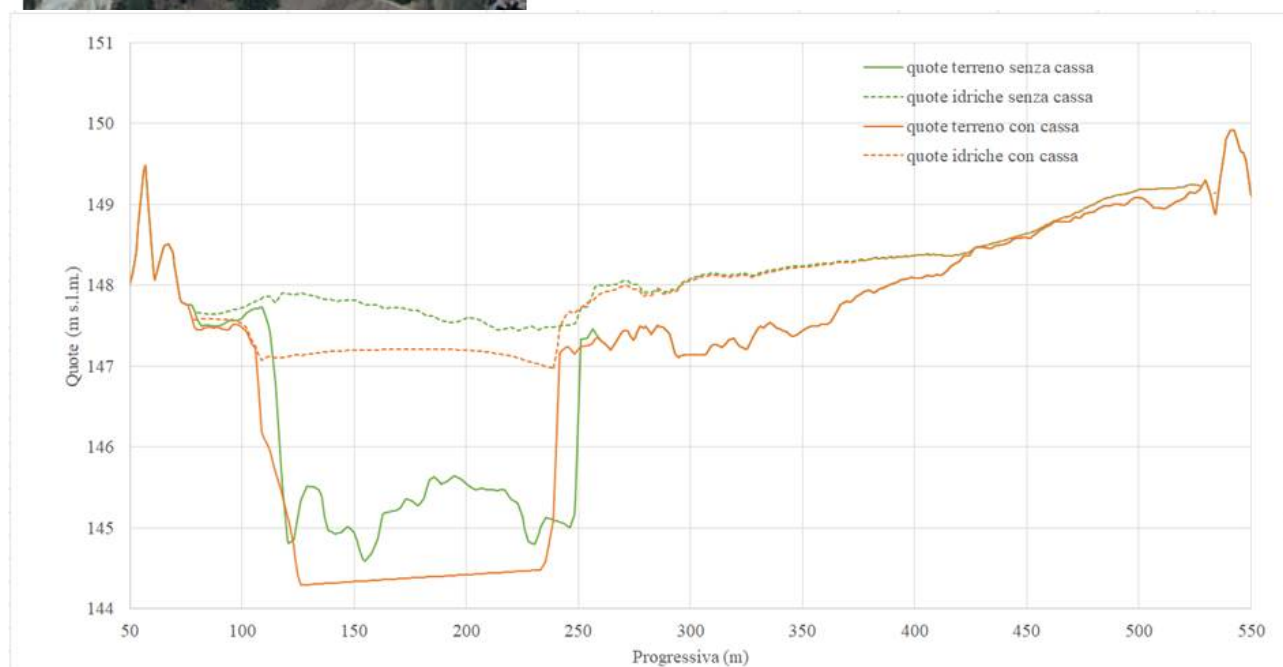


Fig. 3 – Simulazione piena duecentennale - Sezione trasversale alveo Baganza

### 6.3 *Il nuovo manufatto di attraversamento in progetto*

Il manufatto in progetto a servizio della nuova infrastruttura viaria ha una quota minima dell'intradosso pari a 153.00 m s.l.m. Il manufatto si regge su 24 pile poste all'interno della fascia A e B del corso d'acqua con interasse pari a 30 m.

Nel caso in cui la corrente si mantenga lenta e non si verifichi quindi il passaggio della corrente attraverso lo stato critico la sopraelevazione  $\Delta y$  del profilo idrico a monte del restringimento rispetto all'altezza idrica  $y_0$  della corrente indisturbata può essere calcolata con la formula empirica proposta da Yarnell

$$\frac{\Delta y}{y_0} = k_2 (k_2 - 0.6 + 5Fr_0^2) \left\{ 1 - \frac{b}{b_0} + 15 \left( 1 - \frac{b}{b_0} \right)^4 \right\} Fr_0^2$$

dove  $k_2$  è un coefficiente che dipende dalla forma geometrica della sezione delle pile ed è assunto, per pile a sezione rettangolare e fronti circolari, pari a 0.90;  $Fr_0$  è il numero di froude della corrente indisturbata,  $b_0$  e  $b$  sono, rispettivamente la larghezza naturale dell'alveo e la larghezza di restringimento.

Per quanto riguarda il calcolo del rigurgito indotto dal manufatto in progetto con la formulazione di Yarnell, è stato considerato cautelativamente un angolo di attacco delle pile pari a  $25^\circ$ . Il numero di Froude indisturbato ed il rapporto di restringimento  $b/b_0$  risultano  $Fr_0 = 0.04$  e  $b/b_0 = 0.85$ . Considerando una profondità idrica  $y = 5.00$  m, **il rigurgito  $\Delta y$  generato dal ponte in progetto risulta essere inferiore ad 1 cm e, di fatto, trascurabile.**

La presenza delle opere di presa della cassa di espansione poste in prossimità del manufatto in progetto, condiziona fortemente le caratteristiche idrodinamiche della corrente poiché rappresenta un regolatore del flusso idraulico con regolazione della sezione di deflusso. Questo aspetto rende l'assunzione di deflusso monodimensionale affidabile. Si ritiene pertanto opportuno nei successivi gradi di progettazione, la realizzazione di un modello matematico calibrato sulla presenza della cassa al fine di poter meglio descrivere gli effetti del manufatto in progetto. In questo modo sarà possibile definire in maniera ottimale l'orientazione da assegnare alle pile per minimizzare l'effetto di rigurgito.

## 6.4 Sistema di protezione dall'erosione delle pile

### 6.4.1 Erosione generalizzata

Per la stima dell'erosione generalizzata, applicando, almeno in prima approssimazione, i risultati ottenuti per i restringimenti d'alveo "lunghi", i Proff. Ingg. S. Franzetti e F. Ballio (*"Sulla vulnerabilità idraulica dei ponti per erosione generalizzata"* D.I.I.A.R., Politecnico di Milano, 1997) hanno ricavato la formulazione seguente che esprime la profondità di erosione in funzione della profondità d'acqua nella sezione ristretta e al di fuori di essa, nella forma:

$$\frac{h_p}{h_a} = \left( \frac{Q_p}{Q_a} \cdot \frac{W_a}{W_p} \right)^{6/7} \quad \text{per } \frac{h_p}{h_a} > 1$$

dove:

- $h_p$  e  $h_a$  sono le profondità medie dell'acqua rispettivamente al ponte e nell'alveo a monte del ponte;  $h_i = A_i/W_i$  essendo  $A_i$  le sezioni trasversali della corrente e  $W_i$  le larghezze sotto definite;
- $W_p$  e  $W_a$  sono le larghezze in superficie della corrente al ponte e nell'alveo; in presenza di golene si consideri solo il filone principale; si noti che per il caso di ponte non perpendicolare alla corrente,  $W_p$  deve essere proiettato su tale sezione;
- $Q_p$  e  $Q_a$  sono le portate d'acqua al ponte e nella parte centrale dell'alveo (escluse, cioè, le golene); i due valori di portata non coincidono necessariamente a causa della porzione di portata eventualmente transitante lungo le zone golenali e costretta a fluire nella sezione principale del ponte nel caso di ingombro parziale o totale delle golene da parte del ponte o del rilevato d'accesso.

Per  $W_a \leq W_p$  si può porre  $W_p = W_a$ .

La relazione sopra riportata può essere considerata valida sotto le seguenti ipotesi:

- la corrente che investe il ponte è lenta, e si mantiene lenta nel passaggio sotto al ponte;
- il passaggio sotto al ponte non avviene in pressione;
- la granulometria del materiale nella sezione del ponte è uguale a quella dell'alveo a monte e a valle.

I valori di scavo ottenuti dalla precedente relazione rappresentano valori medi sulla sezione e devono pertanto essere corretti per tenere conto della non uniformità delle azioni erosive, al fine di stimare le profondità massime locali.

La metodologia di calcolo indicata può essere applicata unicamente per alveo in materiale sciolto incoerente. Non esistono modelli consolidati di calcolo per il caso di materiali coesivi; per fondo in roccia o protezioni di fondo in corrispondenza del ponte la quota del fondo alveo deve essere considerata fissa, o comunque diversamente verificata.

Nel caso in esame si ritiene che tale formulazione non sia significativa a causa delle futura presenza della soglia di fondo e del manufatto della cassa di espansione, che provvedono a mantenere una quota di fondo alveo nel tratto di interesse che sia costante nel tempo.

#### 6.4.2 *Erosione localizzata*

La presenza di un ostacolo immerso in una corrente fluida, quale una pila od una spalla di un ponte, provoca una distorsione localizzata del campo di moto, con generazione di vortici di vario tipo. In alvei a fondo mobile ciò comporta quasi sempre l'instaurarsi di un fenomeno erosivo localizzato intorno all'ostacolo stesso che, se la corrente si mantiene inalterata, si sviluppa nel tempo fino al raggiungimento di una situazione di equilibrio. Nel caso di corsi d'acqua naturali tale condizione di equilibrio si modifica dinamicamente in funzione delle variazioni di portata e del tirante idrico.

Al fine di evitare che l'erosione localizzata nell'intorno delle pile sia causa del crollo strutturale del ponte è possibile procedere in due differenti modi:

1. porre la fondazione delle pile al di sotto della quota di massima erosione, in modo da preservare la stabilità dell'opera;
2. proteggere la fondazione spessa mediante ricoprimento del fondo alveo con massi di idonea pezzatura che non sono movimentati dalla corrente.

Nel presente progetto preliminare si propone una soluzione del tipo 2, di seguito sono riportati i calcoli necessari per definire la dimensione minima da assegnare ai massi per la protezione delle pile.

Una volta fissato il valore della portata di progetto, per tenere in conto possibili incrementi locali di velocità si assume cautelativamente un valore di velocità indisturbata pari a 1.10 m/s.

Al fine di definire quale sia il peso minimo dei massi necessario affinché questi non vengano asportati dalla piena di progetto si è fatto inizialmente riferimento alla teoria dell'equilibrio delle forze agenti su un cubetto di materiale di lato  $d$  posto su un piano inclinato secondo cui la velocità critica  $v_{cr}$  di moto incipiente è pari a:

$$v_{cr} = 0.85 \sqrt{2gd \frac{(\gamma_s - \gamma)}{\gamma}}$$

dove  $\gamma_s$  e  $\gamma$  sono i pesi specifici rispettivamente del grano e dell'acqua; nel caso in esame si è assunto per la roccia un peso di volume pari a  $2650 \text{ kg/m}^3$ .

Ne deriva che, se la velocità di deflusso nell'intorno della pila è maggiore di  $v_{cr}$ , il materiale di diametro  $d$  viene movimentato.

Al fine di evitare la movimentazione del materiale nell'intorno della pila si introduce, così come suggerito in letteratura, un fattore di sicurezza pari a 2, per tenere conto del fatto che la velocità della corrente nell'intorno della pila è sicuramente maggiore della velocità della corrente indisturbata  $v_0$ :

$$2 \cdot v_0 \leq v_{cr}$$

Nel caso in esame il diametro minimo  $d$  da assegnare ai massi sulla base della teoria precedentemente esposta risulterebbe quindi pari a:

$$d \geq \frac{(2 \cdot v_0)^2}{0.85^2 \cdot 2g \left( \frac{\gamma}{\gamma_s - \gamma} \right)} = \frac{(2 \cdot 1.1)^2}{0.85^2 \cdot 2 \cdot 9.81 \cdot 1.65} = 0.17 \text{ m}$$

La posa in opera della protezione flessibile avverrà avendo cura di disporre preventivamente sul fondo dello scavo un geotessuto ( $500 \text{ g/m}^2$ ) con funzioni di filtro rovescio.

Così come risulta dalle indicazioni riportate in letteratura e desunte da esperimenti effettuati su modelli fisici, la protezione è realizzata intorno a ciascuna pila per una larghezza non inferiore a due volte la sua dimensione trasversale; longitudinalmente la protezione si estende oltre il fronte della pila per una lunghezza non inferiore a due volte la dimensione trasversale della pila stessa.

Si ottiene quindi un'area protetta intorno alla pila pari a  $38 \text{ m} \times 48 \text{ m} = 1824 \text{ m}^2$