

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

PROGETTO DEFINITIVO

B	02/2018	Emissione a seguito dei rilievi del servizio di verifica (art. 26 D.Lgs. 50/2016)	MB	AB	DC
A	10/2016	Prima emissione	MC	AB	DC
INDICE	DATA	MODIFICHE	DISEGN.	CONTR.	APPROV.

IDROLOGIA, MORFOLOGIA E IDRAULICA RELAZIONE IDROLOGICA E IDRAULICA DELL'ASTA FLUVIALE

IL RAGGRUPPAMENTO TEMPORANEO DI PROFESSIONISTI:

MANDATARIA
PROGETTAZIONE GENERALE ED IDRAULICA

MAJONE&PARTNERS
ENGINEERING

Prof. Ing. Ugo Majone
Dott. Ing. Denis Cerlini
Dott. Ing. Marco Belicchi
Dott. Ing. Nicola Pessarelli
Dott. Ing. Michele Ferrari
Dott. Ing. Gaetano Di Franca

MANDANTE
STUDIO DI IMPATTO AMBIENTALE

AMBITER S.r.l.
società di ingegneria ambientale

Dott. Geol. Giorgio Neri
Dott. Amb. Gabriele Virgili
Dott. Amb. Alessio Ravera
Dott. Amb. Ecol. Adelia Sabatino
Dott. Nat. Silvia Del Fiore
Dott. Arch. Daniela Pisciotto
Dott. Leg. Rossana Valentini

MANDANTE
ASPETTI GEOLOGICI ED IDROGEOLOGICI

EG
ENGINEERING GEOLOGY

Prof. Geol. Giovanni Paolo Beretta
Dott. Geol. Maurizio Nespoli
Dott. Geol. Monica Avanzini
Dott. Geol. Anna Cantoni
Dott. Marta Maiocchi

MANDANTE
ANALISI DELL'ASTA FLUVIALE

Studio Prof. Ing.
Alberto Bizzarri

Prof. Ing. Alberto Bizzarri

MANDANTE
ASPETTI STRUTTURALI

Ing. Claudio Marcello S.r.l.
Dott. Ing. Carlo Claudio Marcello

MANDANTE
ASPETTI GEOTECNICI

colleselli & p.
INGEGNERIA GEOTECNICA
Prof. Ing. Francesco Colleselli

PER IL R.T.P.:

Dott. Ing. Denis Cerlini

(documento firmato digitalmente)

IL R.U.P.:

Dott. Ing. Mirella Vergnani

(documento firmato digitalmente)

CONSULENTI:

MODELLAZIONE FISICA E NUMERICA

DICATeA - Università degli studi di Parma
(Prof. Ing. Paolo Mignosa)

ASPETTI ARCHEOLOGICI

AR/S Archeosistemi società Cooperativa
(Archeologa Lorenza Bronzoni)

CODICE ELABORATO:

BAG202IDRRRE01B

ID (1)

CAP. (2)

TIPO (3)

DOC. (4)

PROGR. (5-6) REV. (7)

SCALA

OTTOBRE
2016

IL RESPONSABILE DELL'ATTIVITÀ SPECIALISTICA:

Prof. Ing. Alberto Bizzarri

(documento firmato digitalmente)

INDICE

1. PREMESSA	4
2. CARATTERISTICHE IDROGRAFICHE ED IDROLOGICHE DEL SISTEMA PARMA – BAGANZA ED IDRAULICA FLUVIALE	6
2.1 IDROGRAFIA	6
2.2 IDROLOGIA	11
2.3 IDRAULICA FLUVIALE.....	14
2.3.1 <i>Torrente Baganza da Calestano alla confluenza con il torrente Parma</i>	<i>14</i>
2.3.2 <i>Torrente Parma da Marano alla confluenza con il torrente Baganza</i>	<i>15</i>
2.3.3 <i>Torrente Parma a valle della confluenza Parma - Baganza.....</i>	<i>15</i>
3. IL MODELLO MATEMATICO	22
4. GEOMETRIA DEL MODELLO	24
4.1 BASI TOPOGRAFICHE	24
4.1.1 <i>Rilievo LiDAR.....</i>	<i>24</i>
4.1.2 <i>Rilievo a terra con strumentazione GPS</i>	<i>26</i>
4.2 DTM COMPLESSIVO ED ESTRAPOLAZIONE DELLE SEZIONI IDRAULICHE.....	26
4.3 MANUFATTI	27
4.3.1 <i>Torrente Baganza</i>	<i>27</i>
4.3.2 <i>Torrente Parma</i>	<i>28</i>
4.4 CALIBRAZIONE DEL MODELLO E CONSIDERAZIONI IN MERITO ALLA SCABREZZA	29
5. PORTATE DI RIFERIMENTO E SCENARI DI COMBINAZIONE DELLE PIENE	33
5.1 TORRENTE BAGANZA.....	33
5.1.1 <i>Portate al colmo - BAG</i>	<i>33</i>
5.1.2 <i>Idrogrammi di piena - BAG</i>	<i>33</i>
5.2 TORRENTE PARMA A MONTE DELLA IMMISSIONE DEL TORRENTE BAGANZA.....	37
5.2.1 <i>Portate al colmo - PR.....</i>	<i>37</i>
5.2.2 <i>Idrogrammi di piena - PR.....</i>	<i>37</i>
5.3 TORRENTE PARMA A VALLE DELLA IMMISSIONE DEL TORRENTE BAGANZA.....	37
5.3.1 <i>Portate al colmo – BAG+PR</i>	<i>37</i>
5.3.2 <i>Idrogrammi di piena – BAG TR100 +PR TR100</i>	<i>38</i>
5.3.2.1. <i>Onde artificiali – scenario 1.C.F e 1.C.M</i>	<i>38</i>
5.3.2.2. <i>Onde artificiali – scenario 2.B.F e 2.B.M</i>	<i>39</i>
5.3.2.3. <i>Onde artificiali – scenario 3.P.F e 3.P.M</i>	<i>40</i>
5.3.3 <i>Idrogrammi di piena – BAG TR200 + PR TR100</i>	<i>41</i>

5.3.4	<i>Idrogrammi di piena – BAG TR200 + PR TR200</i>	<i>43</i>
5.4	CONDIZIONI AL CONTORNO DI VALLE – PROFILI DI PIENA DEL FIUME PO	43
5.4.1	<i>Quota idrometrica TR200 anni (PAI).....</i>	<i>43</i>
5.4.2	<i>Profili di piena differenti regimi idrologici</i>	<i>44</i>
5.4.3	<i>Profili quote idrometriche evento di piena ottobre 2014</i>	<i>44</i>
5.5	CONCLUSIONI	45
5.5.1	<i>Onde di piena naturali</i>	<i>45</i>
5.5.2	<i>Onde di piena artificiali</i>	<i>45</i>
5.5.3	<i>Condizioni al contorno in Po</i>	<i>46</i>
6.	SIMULAZIONI E VERIFICHE.....	47
6.1	PORTATE COMPATIBILI SISTEMA PARMA E BAGANZA.....	47
6.1.1	<i>Condizioni di calcolo</i>	<i>47</i>
6.1.2	<i>Stato di fatto.....</i>	<i>47</i>
6.1.2.1.	Torrente Baganza: tratto Calestano – nuova cassa di espansione	47
6.1.2.2.	Torrente Baganza: tratto nuova cassa di espansione – immissione nel torrente Parma	53
6.1.2.3.	Torrente Parma: tratto cassa di espansione – confluenza con Baganza	55
6.1.2.4.	Torrente Parma: tratto cittadino da immissione Baganza a ponte ferrovia MI-BO	55
6.1.2.5.	Torrente Parma: tratto ponte ferrovia MI-BO – abitato Colorno.....	56
6.1.2.6.	Torrente Parma: tratto Colorno – confluenza in Po.....	59
6.1.3	<i>Stato di progetto</i>	<i>59</i>
6.1.3.1.	Torrente Baganza: tratto Calestano – nuova cassa di espansione di Casale	59
6.1.3.2.	Torrente Baganza: tratto nuova cassa di espansione – immissione nel torrente Parma	59
6.1.3.3.	Torrente Parma: tratto cassa di espansione – confluenza del torrente Baganza.....	61
6.1.3.4.	Torrente Parma: tratto cittadino da immissione del torrente Baganza al ponte della ferrovia MI-BO.....	61
6.1.3.5.	Torrente Parma: tratto ponte ferrovia MI-BO – abitato Colorno.....	63
6.1.3.6.	Torrente Parma: tratto Colorno – confluenza in Po.....	66
6.2	ANALISI A SUPPORTO DELLO STUDIO GEOMORFOLOGICO DELL'ASTA DEL BAGANZA.....	67
6.2.1	<i>Stato di fatto – geometria 2014 e 2016.</i>	<i>67</i>
6.2.2	<i>Il modello idraulico del Baganza anno 1972.....</i>	<i>67</i>
6.3	CONSIDERAZIONI AGGIUNTIVE SULL'ANALISI TORRENTE PARMA TRATTO A VALLE DELLA CITTA' DI PARMA	68
6.3.1	<i>Capacità di laminazione</i>	<i>68</i>
6.3.2	<i>Sollecitazione idraulica su sistema arginale con onde di piena artificiali.....</i>	<i>69</i>
7.	MONITORAGGIO DEL SISTEMA PARMA – BAGANZA.....	71
8.	SCHEMA DI PIANO DI LAMINAZIONE	72
8.1	CONTENUTI GENERALI	72

8.2	DAM-BREAK	73
9.	CONCLUSIONI	75
10.	BIBLIOGRAFIA	77

1. PREMESSA

Con Det. n°749 del 13.07.2016, L'AIPO - Agenzia interregionale per il fiume Po, ha reso efficace l'aggiudicazione della progettazione definitiva relativa ai *Lavori di realizzazione della Cassa di espansione del torrente Baganza nei comuni di Felino, Sala Baganza, Collecchio e Parma (PR-E-1047)* allo scrivente R.T.P. Majone & Partners S.r.l. – Ambiter S.r.l. – Studio Prof. Ing. Alberto Bizzarri – Studio Colleselli & Partners – EG Engineering Geology di G.P. Beretta e Associati – Ing. Claudio Marcello S.r.l. (di seguito RTP).

Il progetto preliminare (marzo 2015), trasmesso dall'AIPO a Regione e Autorità di Bacino del fiume Po, è stato validato ed inserito da questi ultimi, nel luglio 2015, tra le istanze di finanziamento per interventi di mitigazione del rischio idrogeologico proposte dalla Regione Emilia-Romagna, mediante la validazione delle schede istruttorie inserite nella piattaforma telematica ReNDIS-web, dando atto che l'intervento è coerente con gli atti di pianificazione territoriale e tra gli interventi prioritariamente individuati attraverso gli strumenti di analisi del rischio.

Con decreto del Presidente del Consiglio dei Ministri in data 15 settembre 2015 è stato approvato il Piano stralcio per le aree metropolitane e le aree urbane con alto livello di popolazione esposta al rischio di alluvioni, nel quale l'intervento in questione è stato inserito in tabella D¹ allegata all'atto, con la previsione di un finanziamento di 55.000.000,00 Euro, come da previsione del progetto preliminare.

Al fine di individuare, nei tempi ristretti assegnati per la progettazione, soluzioni condivise che perseguissero obiettivi a scala sovracomunale (di bacino) nel rispetto delle esigenze locali, è stato avviato un percorso progettuale in grado di definire le migliori opzioni d'intervento attraverso una progettazione integrata e multidisciplinare, che analizzasse ex ante in modo coordinato le esigenze tecniche, le esigenze territoriali e le esigenze ambientali e che consentisse un confronto costruttivo con le Amministrazioni coinvolte e con i portatori di interesse e più in generale con la cittadinanza attiva.

Tale percorso di partecipazione con i diversi stakeholder, avviato da AIPO nell'autunno 2015 e conclusosi nel novembre dello stesso anno, ha così permesso d'individuare gli elementi migliorativi da utilizzare nello sviluppo della progettazione definitiva della Cassa d'espansione sul Torrente Baganza. In particolare, è emersa da diversi soggetti la necessità di sviluppare la progettazione della cassa di laminazione con una visione complessiva di bacino Parma-Baganza che permettesse, oltre alla realizzazione dell'invaso, l'individuazione delle azioni complementari da attuare lungo le aste di Parma e Baganza al fine della riduzione e mitigazione del rischio residuale.

Nel presente progetto definitivo è pertanto contenuta, oltre al progetto dell'opera in senso stretto, anche una prima complessiva risposta alle suddette richieste, mediante un'analisi idraulica e geomorfologica a livello d'asta fluviale nel tratto di Torrente Baganza compreso tra Calestano e la confluenza con il T. Parma, ed una diagnosi sulle

¹ Nella tabella D sono indicati gli interventi di mitigazione del rischio alluvionale che presentano un livello di progettazione preliminare e per i quali è necessario raggiungere tempestivamente un livello di progettazione definitivo od esecutivo al fine di consentire l'utilizzo immediato delle risorse che si renderanno disponibili

arginature esistenti, eseguita per tratti omogenei, nel tratto d'alveo del T. Parma a valle della città sino alla confluenza con il Fiume Po.

Il presente progetto definitivo è stato predisposto in conformità con l'art. 23 c.7 del D.Lgs 50/2016 nonché, in applicazione dell'art. 216, c.4 dello stesso, con gli artt.24÷32 del D.P.R. 207/2010 e s.m.i., ed individua compiutamente i lavori da realizzare nel rispetto dei criteri, dei vincoli, degli indirizzi e delle indicazioni stabiliti dalla stazione appaltante nell'ambito del progetto preliminare e delle successive fasi di partecipazione sopra accennate e nel rispetto, laddove possibile e/o pertinente, delle *"Linee guida per le attività di programmazione e progettazione degli interventi per il contrasto del rischio idrogeologico (versione 2.0 del settembre 2016 - #italiasicura)"*.

La presente Relazione Idrologica ed idraulica della cassa (art. 25 del D.P.R. 207/2010) si articola nello specifico nei seguenti punti:

- Descrizione delle caratteristiche idrografiche del sistema Parma - Baganza (Capitolo 2);
- Descrizione del modello matematico utilizzato (Capitolo 3);
- La geometria del modello (Capitolo 4);
- Portate di riferimento e scenari di combinazione delle piene (Capitolo 5);
- Simulazioni e verifiche effettuate (Capitolo 6);
- Il sistema di monitoraggio previsto (Capitolo 7)
- Schema del piano di laminazione (Capitolo 8).

2. CARATTERISTICHE IDROGRAFICHE ED IDROLOGICHE DEL SISTEMA PARMA – BAGANZA ED IDRAULICA FLUVIALE

2.1 IDROGRAFIA

Si riprende nel seguito dalla relazione “AIPO – DICATeA – Completamento delle attività propedeutiche alla realizzazione della cassa di espansione sul torrente Baganza – luglio 2015” una sintetica descrizione della idrografia del sistema Parma – Baganza.

“Come riportato in Figura 3-1 il bacino del torrente Parma si estende dall’Appennino Tosco-Emiliano fino alla Pianura Padana: i suoi confini naturali sono a sud lo spartiacque appenninico che lo separa del bacino del fiume Magra, a est e sud-est lo spartiacque che lo separa dal bacino del torrente Enza, ad ovest e nord-ovest lo spartiacque che lo divide dalla valle del fiume Taro, infine a nord e nord est il corso stesso del fiume Po. Il bacino ha una forma decisamente stretta ed allungata; nella parte a monte della città di Parma i sottobacini del torrente Parma e del torrente Baganza sono pressoché paralleli sino alla loro confluenza, che avviene proprio in città.

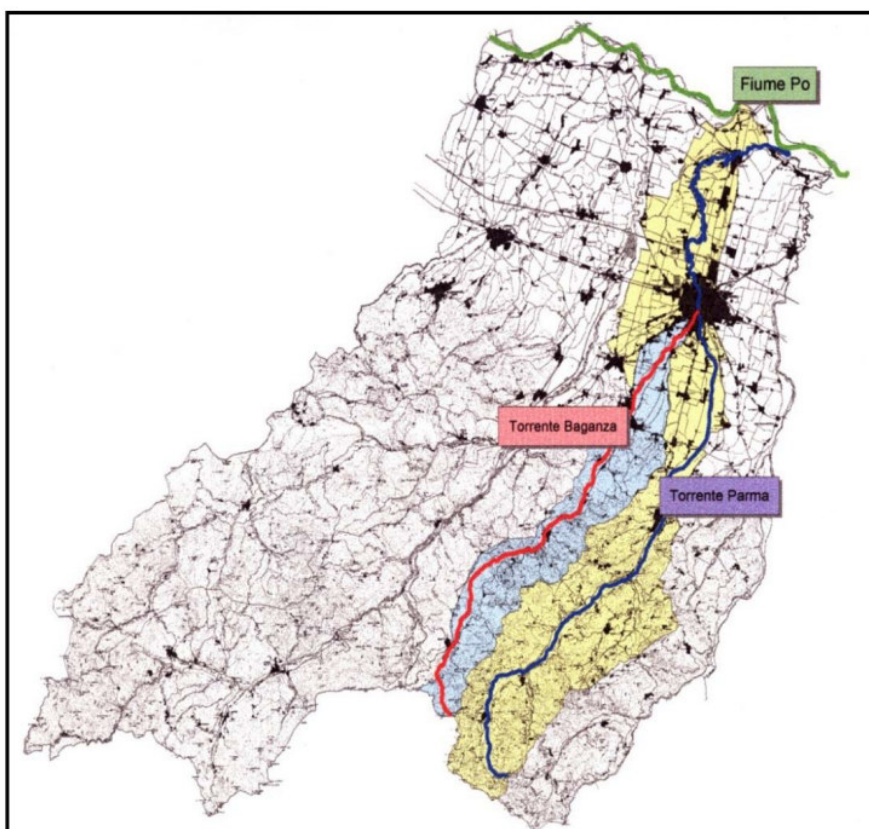


Figura 1 - Figura 3-1 Rappresentazione dei bacini idrografici del torrente Parma e del torrente Baganza

Il bacino può essere suddiviso in due parti:

- *una parte montana – collinare, che si estende dal crinale appenninico (con quote massime di 1830 m s.l.m. del Monte Orsaro) sino alla città di Parma (Figura 3-2);*

- una parte più pianeggiante, che comprende la zona a valle della città di Parma sino alla foce in Po, con quote da 60 m a 20 m s.l.m. per una lunghezza dell'asta torrentizia di circa 37 km.

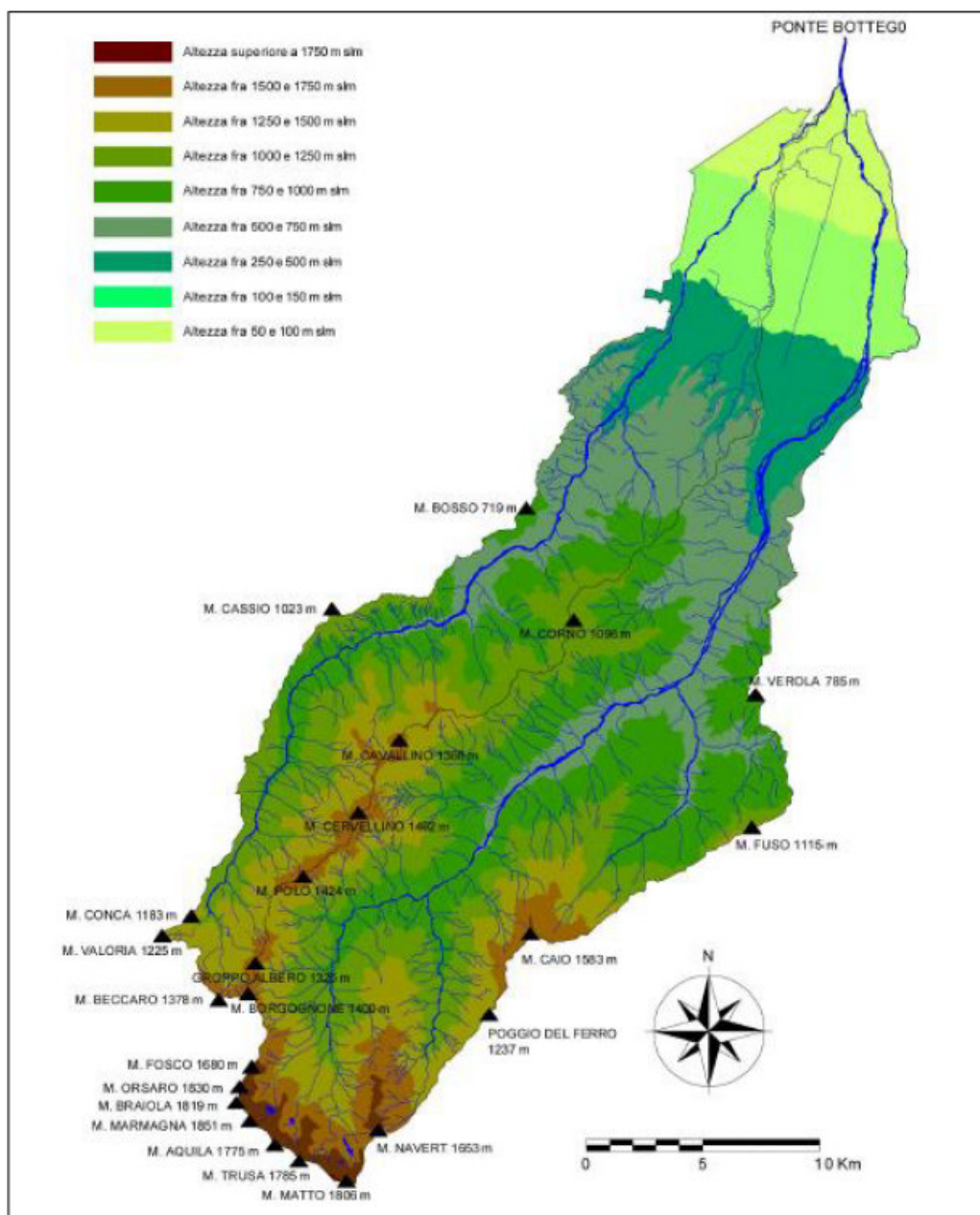


Figura 2 - Figura 3-2 Altimetria e rilievi principali del bacino Parma – Baganza

La parte montano-collinare, a causa della sua maggiore estensione, pendenza e altitudine (quindi interessata da precipitazioni generalmente più abbondanti), può ritenersi responsabile della formazione della quasi totalità (in termini di portate e volumi) di ciascun evento di piena che transita per la città di Parma. Viceversa la parte di bacino a valle della città ha pendenze modestissime, è composta da una rete fitta di canali artificiali, alcuni dei quali (finalizzati al drenaggio di bacini urbani di quartieri periferici) scaricano esigue portate in tempi piuttosto brevi; altri drenano terreni pianeggianti di campagna con deflussi piuttosto lenti.

Le parti alte dei due bacini presentano alcune affinità: un sostanziale parallelismo delle aste torrentizie, alcune comuni caratteristiche idrogeologiche, altitudini elevate, pressoché identici regimi pluviometrici. Questo non significa che necessariamente i due bacini vengano sollecitati da eventi meteorici contemporanei ed uniformi. In effetti, a causa anche delle discrete altitudini raggiunte dello spartiacque interno: (monte Borgognone 1401 m s.l.m. da cui nasce il torrente Baganza e poi, verso la pianura, il monte Polo 1419 m s.l.m., monte Cervellino 1492 m s.l.m., monte Montagnana 1313 m s.l.m. ed infine, come ultimo contrafforte montuoso a circa 25 km dalla confluenza, il monte Sporno 1058 m s.l.m.) si registrano spesso sollecitazioni meteoriche differenti.

Tuttavia, gli eventi meteorici intensi verificatisi negli ultimi decenni che hanno dato origine ad eventi di piena particolarmente gravosi sia per la città di Parma sia per il tratto di pianura del torrente Parma, hanno sempre interessato, anche se con precipitazioni differenti, entrambi i bacini montani o medio collinari.

Questo, di fatto, determina la generazione di due onde di piena distinte sui torrenti Parma e Baganza. Ne consegue che un aspetto importante è costituito dalla eventuale coincidenza temporale dei due colmi di piena alla confluenza che, come già ricordato, avviene proprio nel tratto di attraversamento della città di Parma.

3.1.1 Il torrente Parma

Il torrente Parma nasce dal complesso montuoso formato dal Monte Orsaro (1831 m s.l.m.) e dal Monte Marmagna (1851 m s.l.m.) che fa da spartiacque con il bacino del torrente Magra in provincia di Massa Carrara, dalla confluenza di tre rami iniziali: il torrente Parma del Lago Santo,

delle Guadine e di Badignana. Ad est la quota più alta dello spartiacque con la valle del torrente Enza è quella del Monte Caio (1580 m s.l.m.), mentre ad ovest il Monte Borgognone (1401 m s.l.m.) fa da spartiacque con il bacino del torrente Baganza. Poco a valle di Corniglio confluisce nel

Parma, in destra idraulica dalla omonima valle, il torrente Bratica (bacino di 33.6 km²), il più importante affluente per il tratto montuoso; nel tratto successivo non ci sono altre confluenze significative, ma solo rii secondari fino a Capoponte dove confluisce, sempre in destra idraulica, il torrente Parmossa (bacino di 32.6 km²). Appena a monte di Langhirano, in sinistra idraulica sfocia in Parma il rio Fabiola (bacino di 15.7 km²), ultimo affluente degno di nota. Successivamente tra Langhirano e Torrechiara sfociano in Parma solo rii secondari che sottendono bacini di piccola superficie; inoltre, in questa zona hanno inizio le maggiori derivazioni di canali irrigui verso la zona di media e bassa collina: in località Stadirano il canale Maggiore, il canale Comune poco più a valle e la canaletta di Monticelli in prossimità di Mariano.

A valle di Capoponte l'alveo è costituito da uno strato di ghiaie alluvionali di spessore rilevante e con dimensioni trasversali notevoli (fino a 600 m) e pendenza che si riduce rispetto al tratto montano: è la classica situazione in cui il corso d'acqua, abbandonando il fondovalle montano, genera una conoide alluvionale depositando materiale solido a causa della diminuzione della velocità della corrente.

All'altezza di Marano è ubicata la cassa di espansione sul torrente Parma. Il torrente entra nella zona dell'invaso attraverso quattro briglie, che ne riducono la quota del fondo alveo di circa otto metri. La cassa, in linea, è in grado di invasare, alla quota del ciglio sfiorante, circa dieci milioni di metri cubi).

Alla periferia sud della città confluisce nel torrente Parma, in destra idraulica, il cavo Ariana; poco più a valle, in sinistra idraulica, immediatamente a monte del Ponte Italia, si ha la confluenza con il torrente Baganza. La superficie del bacino idrografico, chiuso immediatamente prima della confluenza, è pari a circa 376 km².

Il tratto urbano del torrente Parma si sviluppa per una lunghezza di poco inferiore a 4 km e presenta un andamento pressoché rettilineo e canalizzato. Si riscontrano diversi progressivi restringimenti della sezione trasversale, dovuti alla presenza di ponti ma anche alla progressiva antropizzazione del territorio: è il caso della zona di ponte Dattaro, dove però l'altezza del piano stradale e dell'impalcato del ponte non provocano un'eccessiva ostruzione al moto della corrente.

Diversamente accade in prossimità del ponte di Mezzo, che collega il centro storico della città con la zona dell'Oltretorrente: l'esigua larghezza della sezione e l'ingombro delle pile del ponte ne fanno uno dei punti più critici del tratto cittadino.

A monte di Baganzola in sponda sinistra vi è l'immissione del Cavo Abbeveratoia, regolata da un manufatto di intercettazione, che adduce le acque di scarico della parte della città posta in sinistra idraulica del Torrente Parma provenienti dall'impianto di trattamento acque "Parma Ovest". La presenza di terreni impermeabili fa sì che le acque freatiche vengano in superficie talvolta in forma di fontanili ma più spesso per mezzo di piccole sorgenti che adducono le acque direttamente nell'alveo (il torrente Parma a valle di Baganzola difficilmente si trova in secca anche in periodo estivo).

Il tratto di corso d'acqua a valle della città è caratterizzato da pendenze modeste, con alcuni tratti in contropendenza in prossimità della foce.

Questo fatto provoca un progressivo rallentamento della corrente idrica che nel tempo ha determinato una situazione di alveo pensile rispetto al piano di campagna. Si distingue fino alla foce una morfologia caratterizzata da un alveo di magra con thalweg ad andamento meandriforme, da golena piuttosto alte e quasi ovunque aperte, invase solo in occasione di piene rilevanti, e da arginature maestre continue.

È proprio in questo tratto che si realizza una evidente laminazione del colmo di piena, effetto dovuto alla presenza di zone di golena che invasano consistenti volumi idrici. Già in prossimità di Colorno, e fino alla foce in Po, l'alveo si restringe ulteriormente divenendo ancor più pensile e perdendo gran parte delle aree golenali.

A Colorno confluiscono nel Parma i tre più importanti canali di pianura: il Lorno, il Galasso ed il Naviglio Navigabile. Durante gli eventi di piena più gravosi Colorno, per la presenza di questi quattro corsi d'acqua, diventa un nodo idraulico critico perché di frequente i suddetti canali sono soggetti ad evidenti fenomeni di rigurgito provocati dagli elevati livelli idrometrici del Parma che non permettono di scaricare le acque se non molto lentamente. Per evitare eccessivi rigurgiti, recentemente sono stati installati dei portoni vinciani prima dello sbocco in Parma, che vengono chiusi quando i livelli di quest'ultimo sono particolarmente elevati.

Il torrente Parma confluisce in Po in località Croce di Mezzani, circa 7 km a valle di Colorno.

Il regime delle precipitazioni, di tipo sub-litoraneo appenninico con piene nei periodi autunnali e primaverili² e magre più accentuate nel periodo estivo, è contraddistinto da elevata piovosità solo nelle zone prossime al crinale, dovuta alla particolare intensità dei fronti, che per ragioni orografiche e per la vicinanza del mar Ligure tendono ad amplificare la loro azione. Nella parte collinare e di pianura la piovosità è invece piuttosto modesta. Le portate più elevate risultano più ricorrenti nella stagione autunnale. In relazione alla forma particolarmente allungata e stretta del bacino, il torrente Parma è tipicamente soggetto a idrogrammi di piena con rami di concentrazione ripidi e colmi elevati. Nel bacino idrografico le precipitazioni medie variano da 800 mm/anno a circa 2.000 mm/anno con una media annua di circa 1100 mm, con valori gradualmente crescenti passando dalla pianura, alla collina ed infine alla zona montuosa, dove si registrano appunto le precipitazioni maggiori.

3.1.2 Il torrente Baganza

Il torrente Baganza ha origine dal complesso del Monte Borgognone (1375 m s.l.m.) e confluisce, dopo un percorso di circa 57 km, nel torrente Parma nella città omonima, poco a valle di Ponte Nuovo. La superficie del bacino del torrente Baganza, chiuso alla sezione di Ponte Nuovo, è di circa 230 Km². Lungo il suo percorso il torrente attraversa, in sequenza da monte verso valle, i comuni di: Berceto, Calestano, Terenzo, Sala Baganza, Collecchio, Felino e Parma.

Le caratteristiche idrologiche e morfologiche del bacino, caratterizzato da un regime pluviometrico sublitoraneo - appenninico, danno origine ad un corso d'acqua a carattere torrentizio. L'analisi morfometrica del bacino consente di individuare due tratti sostanzialmente omogenei: il tratto montano, dalla sorgente sino a Marzolaro, ed il successivo di bassa collina fino alla confluenza con il torrente Parma.

Il bacino del torrente Baganza presenta una forma allungata con direzione prevalente sud-ovest – nord-est. Nella morfologia del bacino si riscontra una sostanziale asimmetria tra destra e sinistra idrografica, che si riflette in un'altrettanto asimmetrica distribuzione delle aree drenate e della struttura del reticolo idrografico. Il corso d'acqua, soprattutto nella sua parte montana, scorre infatti molto più vicino alla Val Taro che alla Val Parma; lo spartiacque che lo separa dalla Val Taro presenta altitudini più modeste (Monte Formigare 1205 m s.l.m., Monte Marino 1068 m s.l.m.) rispetto allo spartiacque con il torrente Parma (Monte Cervellino 1492 m s.l.m., Monte Montagnana 1313 m s.l.m.). Ne consegue che nel tratto che va da Berceto a Calestano i versanti di sinistra sono poco estesi e molto pendenti: da questi si generano rii scoscesi e brevi in cui prevale il ruscellamento superficiale.

Le formazioni geologiche prevalenti sono di origine sedimentaria con elevate componenti argillose facilmente erodibili che danno origine nella alta e media collina ad una valle con profilo a "V" con versanti ripidi (calanchi argillosi).

In sponda destra i versanti sono più dolci, il reticolo afferente all'asta principale in fondovalle è ordinato in modo piuttosto elementare e presenta una maggiore densità di drenaggio rispetto al versante sinistro. A valle di

² Sempre più spesso, però, si assiste a precipitazioni intense, e corrispondenti piene, nel periodo invernale. A parte la piena del 13 ottobre 2014, nel mezzo della stagione autunnale, la più rilevante degli ultimi anni si è verificata infatti il 25 dicembre 2009.

Marzolarà l'alveo del torrente si allarga, per restringersi nuovamente a San Martino Sinzano fino alla confluenza, raggiungendo valori minimi di circa 50 m in prossimità di Ponte Nuovo. Poco a monte di Sala Baganza cessa completamente la funzione drenante del torrente nei confronti dei versanti e già da Marzolarà hanno inizio le derivazioni idriche superficiali quali il Canale del Vescovo ed il Canale di Felino. Unico ulteriore affluente degno di nota è lo scolmatore artificiale del torrente Cinghio, che si immette nel torrente Baganza nei pressi di Gaione.

Poco a monte di Ponte Nuovo, confluisce in sinistra lo scolmatore del Cavo Baganzale. Circa 500 m a valle di Ponte Nuovo il Baganza si immette nel torrente Parma, immediatamente a monte di Ponte Italia. Il bacino del torrente Baganza è contraddistinto da elevata piovosità, dovuta alla particolare intensità dei fronti, solo nelle zone prossime al crinale, che per ragioni orografiche e per la vicinanza al mar Ligure tendono ad amplificare la loro azione; nella parte collinare e di pianura la piovosità è invece piuttosto modesta. Quantitativamente, sul bacino idrografico le precipitazioni variano da 800 mm/anno a circa 2000 mm/anno con una media annua di circa 1100 mm.

Il clima può essere classificato di tipo marittimo nella parte meridionale, di tipo padano o sub-litoraneo appenninico in quella media e di alta collina, di tipo padano o sub-litoraneo padano nella zona pedecollinare e di pianura.

Il regime dei deflussi del torrente Baganza, come gli altri che hanno origine dagli Appennini, è di tipo torrentizio, con piene nei periodi autunnali e primaverili e magre più accentuate nel periodo estivo. Le portate più elevate risultano più ricorrenti nella stagione autunnale.

In relazione alla forma particolarmente allungata e stretta del bacino, il corso d'acqua è tipicamente soggetto a idrogrammi di piena con rami di concentrazione ripidi e colmi elevati.

Il bacino, per le formazioni litologiche di cui è costituito, è da classificare tra quelli poco permeabili. Per questa caratteristica, la parte delle acque meteoriche che perviene negli alvei della rete idrografica minore, e da questi viene condotta all'alveo recipiente del Baganza, ha un tempo di corrivazione relativamente breve, cui corrispondono elevate velocità di scorrimento superficiale e di deflusso nello stesso. Da queste condizioni e dalla conformazione del bacino (notevole pendenza dei versanti, degli affluenti minori e dell'alveo maggiore) deriva la rapida formazione delle piene ed il loro rapido trasferimento nelle parti inferiori del bacino.

2.2 IDROLOGIA

Ai fini progettuali, occorre prendere in esame gli idrogrammi di piena che caratterizzano le seguenti sezioni della rete idrografica:

- sezione del torrente Parma a monte della confluenza del torrente Baganza, la quale per la sua vicinanza al manufatto regolatore della cassa di espansione delle piene del torrente Parma a Marano, per l'assenza di significative affluenze, per la mancanza di capacità di laminazione nel tratto sotteso, può essere identificata con la sezione di rilascio delle portate a valle della cassa;
- sezione del torrente Baganza all'uscita dal bacino montano, all'altezza di Calestano;
- sezione del torrente Baganza a monte della cassa di espansione di Casale; anche in questo caso, per il ridotto potere di laminazione del Baganza da Calestano a Casale e per la modestia degli apporti dei

versanti collinari, a favore di sicurezza gli idrogrammi di piena a Casale possono essere estesi all'intero tratto Casale-Calestano;

- sezione del torrente Baganza a valle della cassa di Casale;
- sezione del torrente Baganza alla confluenza nel torrente Parma;
- sezione del torrente Parma dalla confluenza del torrente Baganza al termine del tratto canalizzato di attraversamento della città di Parma (ponte della ferrovia Milano-Bologna);
- sezione di Vicomero, al termine del tratto arginato caratterizzato dalla presenza di ampie golene, le quali con la loro significativa capacità di invaso (alcuni milioni di metri cubi) favoriscono la laminazione delle portate di piena al colmo in uscita dal tratto canalizzato cittadino, a favore della sicurezza idraulica a valle di Vicomero;
- sezione di Colorno-ponte di piazza Garibaldi, posta al termine del tratto arginato di bassa pianura del torrente Parma, privo di golene di estensione significativa e di conseguente capacità di laminazione delle piene;
- sezione di confluenza del torrente Parma nel fiume Po, al termine del tratto arginato lungo il quale le condizioni idrauliche sono condizionate non solo dalle portate in transito, ma anche dai livelli idrici nel ricettore finale e delle condizioni di manutenzione dell'alveo, variabili in funzione della vegetazione e di dissesti sulle sponde.

Le piene naturali del torrente Parma a Marano e del torrente Baganza a Casale definiscono gli input idrologici alle estremità di monte del sistema idrografico interessato dall'inserimento della cassa di espansione di progetto proposto lungo il torrente Baganza a Casale; per l'idrologia del torrente Parma a Marano occorre fare riferimento ai risultati delle analisi a suo tempo sviluppate in fase di progetto della cassa di espansione esistente ed in funzione da una decina di anni.

Le condizioni al contorno di valle del sistema sono determinate dai livelli idrici nel fiume Po che possono presentarsi in occasione delle piene nel sistema Parma-Baganza; a tale proposito, è opportuno segnalare che anche in assenza di portata nel tratto terminale del torrente Parma, a valle del ponte di Piazza Garibaldi a Colorno potrebbe essere superato il livello del coronamento del muro in sponda destra (32,05 m s.m. – vedi foto tratta da AIPo-DICATeA_modellazione 2D del torrente Parma – luglio 2012) in caso di transito nel fiume Po di una portata di circa 12.500 mc/s).

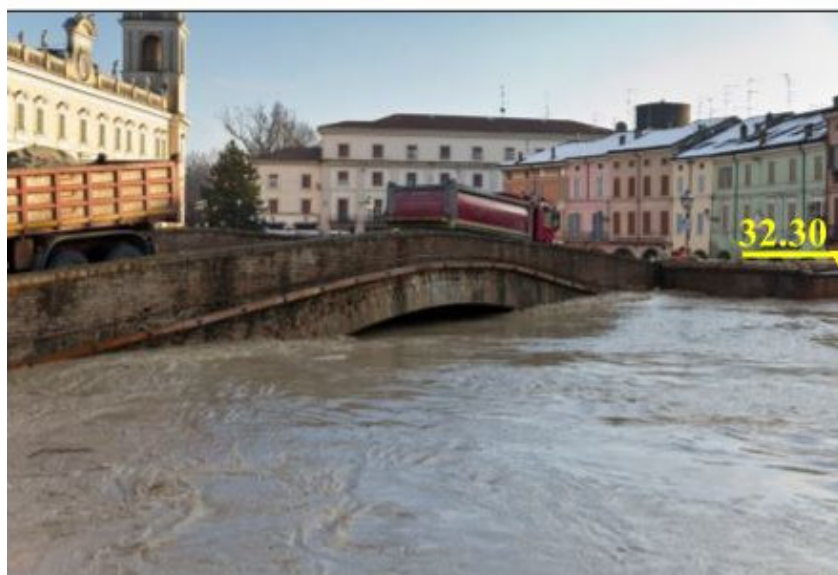


Figura 3-10: Punto a monte del ponte di piazza Garibaldi a Colorno utilizzato per l'elaborazione dei risultati della simulazione (Foto P. Mignosa).

Figura 3



Figura 3-11: Punto a valle del ponte di piazza Garibaldi a Colorno utilizzato per l'elaborazione dei risultati della simulazione

Figura 4

All'interno del sistema idrografico, sono tuttora presenti due significative capacità di invaso, in grado di garantire apprezzabili riduzioni dei colmi di piena trasferiti a valle: si tratta della cassa di espansione di Marano, di capacità utile di circa 12 Mmc, sul torrente Parma a monte della città capoluogo (il cui attraversamento tollera il passaggio al massimo di circa 1000 mc/s), e delle golene comprese fra la ferrovia Milano-Bologna e la località Vicomero, di capacità utile di alcuni milioni di metri cubi, in grado di decapitare i colmi di piena in arrivo dal tratto canalizzato di attraversamento dell'abitato, contribuendo a mettere in sicurezza il tratto arginato di bassa pianura, fino a Colorno,

ed il ponte di piazza Garibaldi, la cui officiosità idraulica in condizioni di alveo “pulito” a valle non supera i 600 mc/s (con franchi pressoché azzerati e senza poter rispettare il tirante di aria minimo di un metro sotto l'intradosso del ponte di Colorno imposto dalla normativa del PAI).

2.3 IDRAULICA FLUVIALE

Il tema dell'idraulica fluviale viene trattato considerando separatamente il torrente Baganza da Calestano alla confluenza nel torrente Parma, il torrente Parma dalla cassa di espansione di Marano alla confluenza del torrente Baganza, lo stesso torrente Parma dalla suddetta confluenza allo sbocco nel fiume Po.

2.3.1 Torrente Baganza da Calestano alla confluenza con il torrente Parma

Tale tratto si sviluppa per circa 28 km nella ampia fascia di fondovalle all'interno di versanti collinari e termina all'altezza del ponte di Felino – Sala Baganza, il quale segna il passaggio al tratto che solca il territorio di alta pianura.

Nel tratto da Calestano a Felino-Sala Baganza l'alveo di piena scorre con forte pendenza (1.5-2%) all'interno di terrazzi alluvionali caratterizzati dalla presenza di materiali grossolani sovrapposti ad un substrato praticamente impermeabile; la larghezza dell'alveo attivo è rilevante (normalmente superiore a 100 m, con massimi di quasi 250 metri) mentre l'altezza del bankfull è modesta (solitamente intorno a 2-3 m); l'aridità del greto e la violenza delle piene ostacolano la crescita della vegetazione entro l'alveo attivo, a differenza dei terrazzi, raramente interessati dal passaggio delle acque, i quali presentano invece condizioni favorevoli allo sviluppo di boschi ripariali.

La particolare morfologia dell'alveo non offre significative capacità di invaso, tali da garantire la laminazione naturale delle portate di piena (come dimostrato da recenti verifiche idrauliche effettuate per lo studio del fenomeno di disalveamento nel terrazzo destro ai piedi di Felino e dal confronto fra le condizioni di propagazione delle piene nell'alveo del torrente nella sua configurazione rilevata nel 1972 ed in quella rilevata dopo la piena del 2014).

La evoluzione morfologica dell'alveo attivo negli ultimi decenni, con frequenti restringimenti dovuti alla antropizzazione progressiva dei terrazzi e con abbassamento del fondo con punte fino ad un metro, è invece responsabile della accentuazione dei fenomeni di erosione spondale, restando invece sostanzialmente stabile il profilo di fondo.

Resta da considerare il tratto a valle del ponte di Felino-Sala Baganza, lungo il quale l'alveo scorre sempre inciso di due/tre metri almeno sotto la pianura.

L'andamento meandriforme del filone di corrente è responsabile di intensi fenomeni di erosione spondale: la demolizione delle “botte di corrente” del cordone di inerti grossolani che delimitano l'alveo attivo può favorire il disalveamento e la riattivazione di paleoalvei, i quali con tracciati radiali a partire dalla sezione di monte del torrente solcano il territorio di alta pianura e raggiungono il tracciato della tangenziale sud di Parma.

Entrando nell'abitato di Parma, l'alveo si restringe fortemente, fino ad un minimo di circa 40 m, e presenta due brusche variazioni di direzione, passando dal limite orientale di strada Farnese al limite occidentale di Via

Montanara; sono infine presenti gli ostacoli costituiti dal ponte della Navetta (crollato durante la piena del 2014 e ricostruito) e del ponte di Via Verdi.

Anche considerando gli effetti dei pronti interventi di sistemazione idraulica eseguiti dopo la piena del 2014, si può assegnare al tratto di torrente Baganza che attraversa il territorio di alta pianura una officiosità idraulica non superiore a 500 mc/s, corrispondente ad un tempo di ritorno di circa quarant'anni.

Per l'analisi di rischio, devono infine essere considerati i pericoli di erosione spondale e di disalveamento: tali dissesti sono collegati non solo ai livelli idrici, ma anche alle velocità della corrente, la quale anche in caso di decapitazione dei colmi di piena per l'intervento della cassa di Casale resta molto elevata (anche sopra i 4 m/s nel tratto cittadino) e tale da provocare profonde fosse di erosione ai piedi delle sponde in "botte di corrente".

2.3.2 Torrente Parma da Marano alla confluenza con il torrente Baganza

Tale tratto si sviluppa per 7 km nel territorio di alta pianura, a monte dell'abitato di Parma e solo nel tratto terminale attraversa l'area urbana.

Il largo greto ghiaioso e la forte pendenza del fondo assicurano una elevata officiosità idraulica, tale da garantire con franchi adeguati il trasferimento verso valle delle portate rilasciate a valle della cassa di espansione di Marano, la quale permette di decapitare il colmo della piena centenaria in arrivo alla cassa, generato da una pioggia di durata pari a dodici ore, da 850 a 350 mc/s; non si segnalano nel tratto considerato particolari problemi di erosione spondale i rischi di disalveamento.

2.3.3 Torrente Parma a valle della confluenza Parma - Baganza

Il tratto canalizzato del torrente Parma che attraversa la città di Parma presenta una officiosità idraulica del tutto inadeguata rispetto alle portate naturali al colmo provenienti dal bacino imbrifero dello stesso torrente e dal bacino del torrente Baganza, la cui confluenza è collocata poco a monte del ponte Italia.

Le grandi piene del 1968 e del 1969 hanno indotto nei primi anni '70 il Magistrato per il Po a verificare su modello fisico la officiosità idraulica di tale tratto canalizzato.

Le prove su modello hanno indicato in 900-1000 mc/s la massima portata smaltibile, sia pure con franchi ridotti, dall'alveo che attraversa la città.

Nel 1983 fu completato il progetto generale di massima della sistemazione idraulica del torrente, che, nella impossibilità di accrescere la portata smaltibile attraverso il tratto canalizzato urbano, proponeva il ricorso alla realizzazione a monte dello stesso tratto di un dispositivo di laminazione delle piene in arrivo dal torrente Parma e dal torrente Baganza, costituito da due serbatoi di piena.

Nel 1985, fu ultimata la progettazione della sola cassa di espansione sul torrente Parma in località Marano, pochi chilometri a monte della città.

Il progetto fu approvato dal Consiglio Superiore dei LL.PP. – IV Sezione – Servizio Dighe, che raccomandava di associare alla realizzazione della cassa di espansione sul torrente Parma quella della cassa di espansione sull'affluente torrente Baganza.

Alle controdeduzioni formulate dal Magistrato per il Po, favorevole alla costruzione della sola cassa sul torrente Parma, faceva seguito nel 1987 la presentazione di una soluzione alternativa, basata sull'incremento della capacità di invaso della cassa di Marano a valori tali, da rendere superflua la cassa sul torrente Baganza per limitare la portata in transito attraverso l'abitato.

Dopo ulteriori approfondimenti, il Magistrato per il Po si orientò per la soluzione di una sola cassa sul torrente Parma, avente le seguenti caratteristiche:

- capacità di invaso: 12 Mmc;
- tre luci fisse dello scarico di fondo, di officiosità idraulica con livello nella cassa pari a quello di massima ritenuta: 380 mc/s; in realtà, la Relazione generale del progetto dell'Ing. G. M. Susin del 05.12.1988 precisa: *"le 3 luci sono fornite di paratoie a scopo di collaudo, di presidio, controllo durante l'esercizio (Consiglio Superiore dei LL.PP, voto n° 343 del 18/07/85) e per possibili future calibrature delle luci stesse."*

Con la completa apertura delle tre luci, la portata scaricata a valle della cassa di Marano potrebbe essere incrementata fino a 510 mc/s.

La cassa di espansione sul torrente Parma in località Marano è stata ultimata nel 2005 ed è entrata più volte in funzione.

L'evento più gravoso che ha sollecitato la cassa di Marano è risultato certamente quello del 13 e 14 ottobre 2014, durante il quale la cassa ha avuto un ruolo fondamentale nel ridurre le portate rilasciate a valle del manufatto regolatore e nel limitare la portata in transito attraverso Parma (comprendente il contributo della piena del torrente Baganza) a circa 1000 mc/s, corrispondente al limite ammissibile indicato dal progetto della cassa di espansione di Casale per evitare esondazioni nell'area urbana.

È opportuno a tale riguardo richiamare per esteso la ricostruzione dell'evento e del funzionamento idraulico della cassa di Casale effettuato da AIPO e da DICATeA nel luglio 2015.

"Durante l'evento del 13 ottobre 2014 la cassa di espansione sul torrente Parma ha avuto un ruolo fondamentale nel ridurre le portate scaricate a valle. Anche l'imponente apporto di materiale fluitato (tronchi, ramaglie, ecc.) è stato quasi completamente trattenuto nell'invaso (Figura 2-5). Anche a seguito delle manovre effettuate da AIPO, la quota idrica nella cassa ha raggiunto i 104.25 m s.l.m., invasando circa 8.3 milioni di metri cubi."

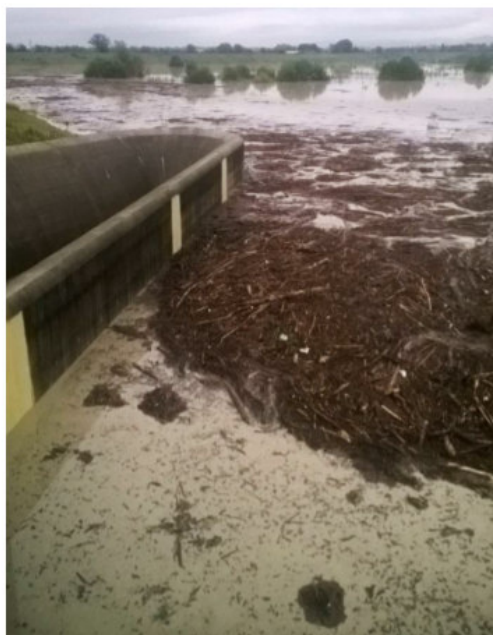


Figura 2-5 – Cassa di espansione sul torrente Parma alle ore 18:13 del 13 ottobre 2014 (foto Francesca Aureli).

Figura 5

Nel grafico di Figura 2-6 sono riportati gli andamenti temporali delle: 1) manovre alle tre paratoie che presidiano le luci del manufatto regolatore, 2) portata totale uscente dalle luci, 3) quote idriche nell'invaso e 4) portate entranti nella cassa. A parte le manovre e le quote idriche, oggetto di misura, tutti gli altri andamenti sono stati ricostruiti dal DICATeA.

1. Fino alle ore 12:00 del 13 ottobre 2014 le tre paratoie a presidio delle luci di fondo del manufatto regolatore erano aperte a 1.50 m, valore di poco inferiore al set-point (1.70 m). In previsione dell'onda di piena che sarebbe pervenuta alla cassa, i tecnici AIPO hanno provveduto, poco dopo le ore 12:00, a portare l'apertura al valore di set-point (1.70 m) per evitare il precoce ed inutile riempimento dell'invaso. Invasare la cassa precocemente, quando le portate in uscita sono ancora del tutto compatibili con l'alveo di valle, avrebbe infatti comportato lo "spreco" di parte del volume invasabile, che non sarebbe stato più disponibile per la decapitazione del colmo della piena, riducendo di conseguenza l'efficienza della cassa stessa. Quando, poco dopo le ore 15:00, si è avuta contezza della severità dell'evento che si stava manifestando sul torrente Baganza, i tecnici AIPO hanno provveduto a chiudere progressivamente – ma abbastanza rapidamente – tutte e tre le paratoie, che alle ore 16:00 presentavano un'apertura residua di soli 0.80 m. Le paratoie sono poi state ulteriormente parzializzate fino a 0.50 m (ore 17:00) e 0.25 m (ore 18:00). Si ricorda che il colmo della piena è transitato a Ponte Verdi alle ore 17:00 e che esso è stato quindi in massima parte alimentato dalle portate provenienti dal torrente Baganza, così come pressoché tutto il materiale fluitato, parte del quale si è addossato alle pile dei ponti cittadini, proveniva dal Baganza. Poco dopo le 19:00, continuando a salire i livelli nell'invaso a causa della quasi totale chiusura delle luci, ancora parzializzate a soli 0.25 m, i tecnici AIPO hanno provveduto gradualmente a riaprire le paratoie fino a portarle, alle ore 20:10, a 1.10 m. Ciò ha stabilizzato i livelli nella cassa, che hanno smesso di crescere. Al progressivo ridursi delle portate in ingresso, scongiurato il rischio di tracimazione del manufatto, i tecnici AIPO hanno provveduto a richiudere le

paratoie fino a portarle nuovamente a 0.50 m, per evitare di alimentare inutilmente la coda della piena. Le paratoie sono poi state mantenute, con piccole e irrilevanti variazioni, al medesimo grado di apertura fino alle ore 13:00 del 14 ottobre.

2. Le portate in uscita dal manufatto regolatore della cassa sono state ricostruite sulla base delle scale delle portate delle luci di fondo, ottenute attraverso prove su modello fisico effettuate dal DICATeA per conto di AIPO. Esse sono riportate nella medesima Figura 2-6 e sono funzione, ovviamente, sia del grado di apertura delle paratoie che del livello nell'invaso. I valori massimi sono di poco inferiori ai 300 m/s (ore 15:40 del 13 ottobre 2014). In concomitanza con il transito del picco di piena a Ponte Nuovo sul torrente Baganza (16:40) la portata scaricata dalle luci di fondo del manufatto era compresa tra i 180 m/s (ore 16:00) e 130 m/s (ore 17:00).

Si è poi ridotta a meno di 100 m/strale 18:00 e le 19:00, per poi risalire a 250 m/s, a seguito della parziale riapertura della paratoia, poco dopo le 20:00. Ciò conferma, come sarà meglio evidenziato più avanti, che il contributo proveniente dal torrente Parma alla piena in città, a valle della confluenza con il torrente Baganza, è stato percentualmente poco rilevante. Ciò grazie alla presenza della cassa e alle manovre di chiusura effettuate sulle paratoie.

3. L'andamento registrato delle quote idriche nella cassa è riportato nella medesima Figura 2-6 e va letto con riferimento all'asse delle ordinate riportato sulla destra. I livelli hanno cominciato a salire piuttosto rapidamente verso le ore 14:00 del 13 ottobre 2014 ed hanno continuato a crescere, con andamenti dettati dalle portate in ingresso e dalle manovre sulle paratoie, fino alle ore 21:00 dello stesso giorno, raggiungendo il valore di 104.15 m s.l.m. È seguito poi un lungo periodo di debolissime variazioni con un massimo assoluto alle ore 23:10 pari a 104.25 m s.l.m., al quale corrisponde un invasore stimato di 8.3×10^6 mc. Ha fatto poi seguito un lento svuotamento. Alle ore 14:00 del 14 ottobre la quota idrica era ancora assestata a 101.06 m s.l.m., con un volume di invasore residuo di circa 5×10^6 mc. Dalla sua entrata in funzione, si tratta sicuramente dell'evento più severo manifestatosi in ingresso alla cassa di espansione.

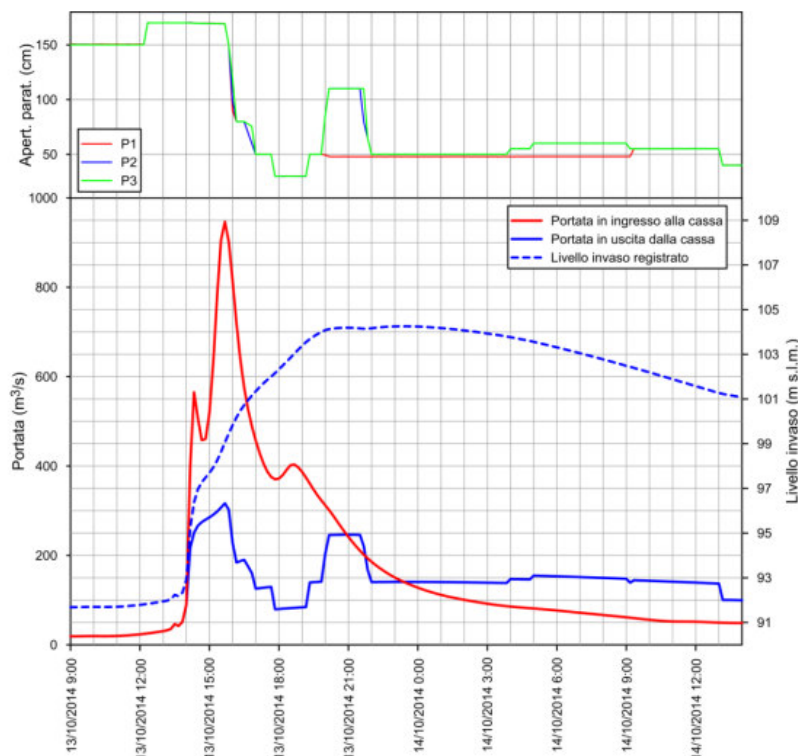


Figura 2-6 – Portate in ingresso, in uscita e livelli registrati nella Cassa di espansione sul torrente Parma nell'evento del 13-14 ottobre 2014.

Figura 6

4. L'andamento delle portate in ingresso alla cassa di espansione, riportato anch'esso nella Figura 2-6, è stato ricostruito, a partire dalle portate uscenti dal manufatto regolatore e dalle quote idriche nell'invaso, attraverso una procedura di de-laminazione basata su una tecnica Baresana originale sviluppata appositamente per queste problematiche. L'andamento presenta un picco principale, pari a circa 950 mc /s, intorno alle ore 15:40, in anticipo di circa un'ora rispetto al colmo del Baganza a Ponte Nuovo (16:40). Considerato però che tempi di percorrenza tra la cassa e la confluenza sono di circa 30 minuti, mentre tra Ponte Nuovo e la confluenza sono trascurabili, il reale anticipo del colmo dell'onda di piena sul torrente Parma è valutabile in soli 30 minuti.

È a questo punto il caso di sottolineare che, in assenza di manovre sulle paratoie le portate in uscita avrebbero raggiunto, nelle ore cruciali per il transito della piena a Ponte Verdi (ore 16:00-17:00 del 13 ottobre 2014) valori decisamente più elevati, provocando sicuramente un'esondazione molto più rilevante in destra idraulica, a valle del ponte della ferrovia MI-BO, rispetto a quella manifestatasi e, forse, anche modeste esondazioni in altri punti. La Figura 2-7 riporta l'onda di piena in uscita dal manufatto regolatore che si sarebbe verificata se le paratoie fossero sempre state mantenute all'apertura di riferimento (1.70 m).

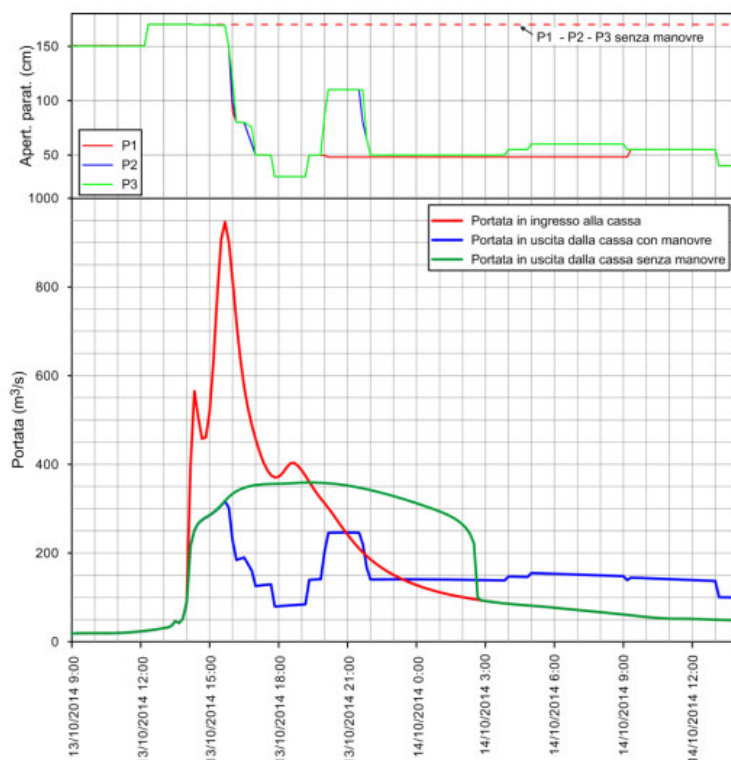


Figura 2-7 – Portate in ingresso e portate in uscita dal manufatto regolatore 1) in presenza delle manovre effettuate durante l’evento del 13 ottobre 2014 e 2) mantenendo le paratoie ad apertura costante di 1.70 m.

Figura 7

L’andamento è stato ricostruito a partire dalle portate in ingresso ipotizzando, appunto, di mantenere fissa l’apertura delle paratoie. Nel periodo critico, per la sovrapposizione con il colmo che stava provenendo dal torrente Baganza, le portate in uscita si sarebbero mantenute tra i 330 (16:00) e i 350 (17:00) mc/s, a fronte dei 220 (16:00) e i 125 (17:00) mc/s effettivamente esitati dal manufatto. Ciò mette in luce l’importanza di disporre di organi manovrabili sulle luci di fondo e, naturalmente, l’importanza di una ottimale, per quanto possibile in corso di evento, manovra delle paratoie.”

L’evento di piena nel sistema Parma-Baganza del 13 e 14 ottobre 2014 può rappresentare un caso di studio rappresentativo del funzionamento idraulico del tratto canalizzato del torrente Parma nella configurazione “senza” progetto, cioè in assenza della cassa di espansione delle piene del torrente Baganza in località Casale.

Nella configurazione “con” progetto, ovviamente, la condizione non potrà che migliorare, sia per la limitazione della portata laminata dalla cassa sul torrente Parma (380 mc/s massimi attraverso le tre luci fisse, incrementabili fino a 510 mc/s), che per la moderazione del colmo di piena proveniente dal torrente Baganza (con rilascio a valle della cassa attraverso gli scarichi di fondo di soli 300 mc/s, incrementabili fino a 460 mc/s).

Con la gestione combinata delle due casse di Marano e di Casale, sarà quindi possibile limitare a non più di 990 mc/s la portata in transito lungo l’attraversamento dell’abitato di Parma, regolando i dispositivi di scarico delle due casse in modo da conservarne il più possibile le capacità di invaso disponibili. Tale esigenza dovrà essere

conciliata con quella di ridurre la durata del colmo di piena trasferito a valle del tratto cittadino con portate inferiori a 990 mc/s, ma superiori a 600 mc/s circa, poiché le ampie golene presenti fra il ponte della Ferrovia Mi-Bo e Vicomero potrebbero esaurire la loro funzione di laminazione prima che si sia raggiunto il valore di 600 mc/s a valle di Vicomero in grado di evitare esondazioni nel tratto arginato di bassa pianura del torrente Parma e la crisi delle difese idrauliche all'altezza di Colorno e del ponte di piazza Garibaldi.

Si segnala che la officiosità idraulica di 600 mc/s, individuata da AIPO-DICATeA nella ricostruzione dell'evento alluvionale del dicembre 2009, con alveo arginato non interessato da vegetazione di alto fusto, cioè in una situazione caratteristica del tardo autunno e dell'inverno, o di periodi successivi ad interventi di manutenzione dell'alveo con esportazione della vegetazione infestante, deve essere convenientemente ridotto se si fa riferimento a condizioni tardo-primaverili, estive e di primo autunno, con prolungata assenza di manutenzione delle sponde e delle golene.

3. IL MODELLO MATEMATICO

Il programma delle attività di studio progettuale in materia idraulica richieste dal bando e dal disciplinare di gara, ai fini della progettazione definitiva e dello studio di impatto ambientale della cassa di espansione delle piene del torrente Baganza in località Casale è stato rivisto e ampliato in misura significativa per tener conto delle indicazioni formulate dalla Autorità di Bacino del Fiume Po in fase di adozione della variante del PAI in data 17.12.2015 e dalla Regione Emilia Romagna nel corso della Conferenza Programmatica di Parma del 22.07.2016 ed a seguito della redazione del Progetto del Piano Regionale di Gestione delle Alluvioni (PRGA).

Per l'esame di dettaglio delle integrazioni apportate al programma iniziale delle attività di studio progettuale, si rinvia alla lettura delle premesse alla allegata relazione BAG2_02IDR_R_RE_03_A - Relazione Geomorfologica.

La presente relazione si limita pertanto ad illustrare le attività svolte così articolate:

- Oggetto dello studio idraulico – modelli utilizzati;
- Geometria del modello;
- Portate e scenari di combinazione delle piene;
- Simulazioni e verifiche idrauliche.

Il modello idraulico a supporto della progettazione della nuova cassa di espansione sul torrente Baganza, è relativo ai torrenti:

- Baganza, in un tratto di lunghezza pari a 29 km tra Calestano e la confluenza in Parma;
- Parma, in un tratto di lunghezza 48 km nel tratto compreso tra la cassa di espansione esistente e la confluenza in Po.

Il modello è stato implementato con il programma di calcolo numerico HEC-RAS (versione 5.0.2) sviluppato dalla HEC (Hydrologic Engineering Center dell'US. Army Corps of Engineers) ed è stato utilizzato in particolare per lo studio della propagazione delle onde di piena naturali ed artificiali nei due torrenti e come supporto per gli studi geomorfologici sull'asta del Baganza.

I risultati delle simulazioni sono stati confrontati con quelli di analoghe simulazioni con impiego di modelli 1D e 2D effettuate da AIPo-DICATeA, illustrati nei seguenti studi:

- Modellazione 2D del tratto di torrente Parma (luglio 2012):
 - da Colorno alla confluenza in Po, con possibili scenari di sistemazione;
 - da Parma a Colorno, con possibili interventi volti a migliorare l'effetto di laminazione;
- completamento delle attività propedeutiche alla realizzazione della cassa di espansione sul torrente Baganza (luglio 2015).

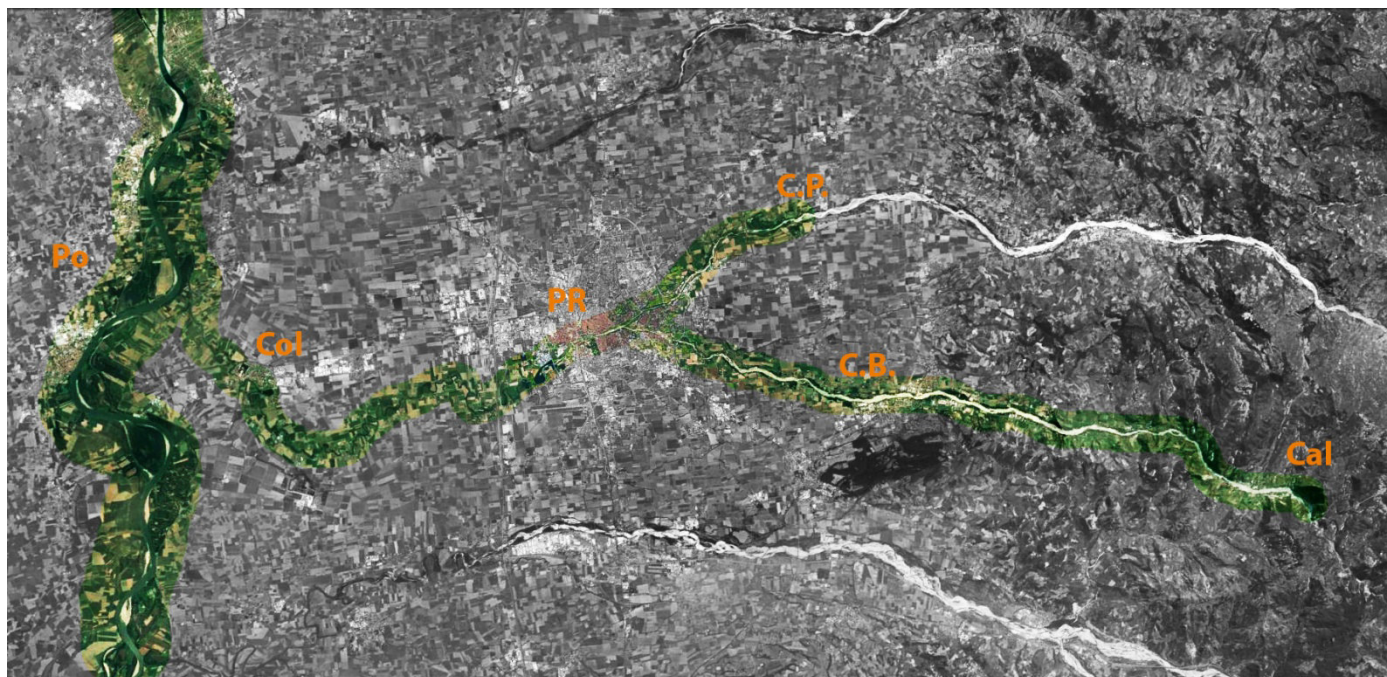


Figura 8 - Inquadramento modello 1D Parma-Baganza (Cal: Calestano; C.B.: Cassa Baganza in progetto; C.P.: Cassa Parma esistente; PR: città di Parma; Col: Colorno; Po: Fiume Po)

4. GEOMETRIA DEL MODELLO

4.1 BASI TOPOGRAFICHE

La geometria del modello idraulico è stata ricostruita utilizzando tutte le più recenti informazioni topografiche messe a disposizione da AIPO (Agenzia Interregionale per il fiume Po).

4.1.1 Rilievo LiDAR

Alla data odierna sono disponibili due rilievi a scala di asta e bacino Parma-Baganza ottenuti da LiDAR (Light Detection and Ranging), tecnica di telerilevamento per l'esecuzione di rilievi topografici ad alta risoluzione effettuati tramite mezzo aereo sul quale è installato un laser scanner composto da un trasmettitore, un ricevitore ed un sistema di acquisizione dati.

Entrambe le campagne di rilievo sono state realizzate dalla società CGR Spa (Compagnia Generale Riprese aeree) rispettivamente nel:

- 2014 sull'asta del Baganza da Calestano fino alla confluenza in Parma, nei giorni immediatamente successivi all'alluvione del 13 ottobre
- 2016 sulle aste del Baganza, dal ponte di Sala Baganza fino alla immissione in Parma, e del Parma, dalla cassa di espansione alla confluenza in Po, con un'estensione areale non limitata alla sola fascia di pertinenza dei torrenti

Dalle due nuvole di punti ottenute dal LiDAR, sono stati elaborati dalla società CGR Spa un Modello Digitale di Superficie (DSM, Digital Surface Model) ed un modello Digitale del Terreno (DTM, Digital Elevation Model).

Tabella 1 - Principali caratteristiche rilievi LiDAR e elaborazioni DSM e DTM

Caratteristiche	2014	2016
LiDAR – densità di punti al suolo	1.5 punti/mq	0.7 punti /mq
DSM/DTM – risoluzione spaziale	1.0 x 1.0 metri	1.0 x 1.0 metri

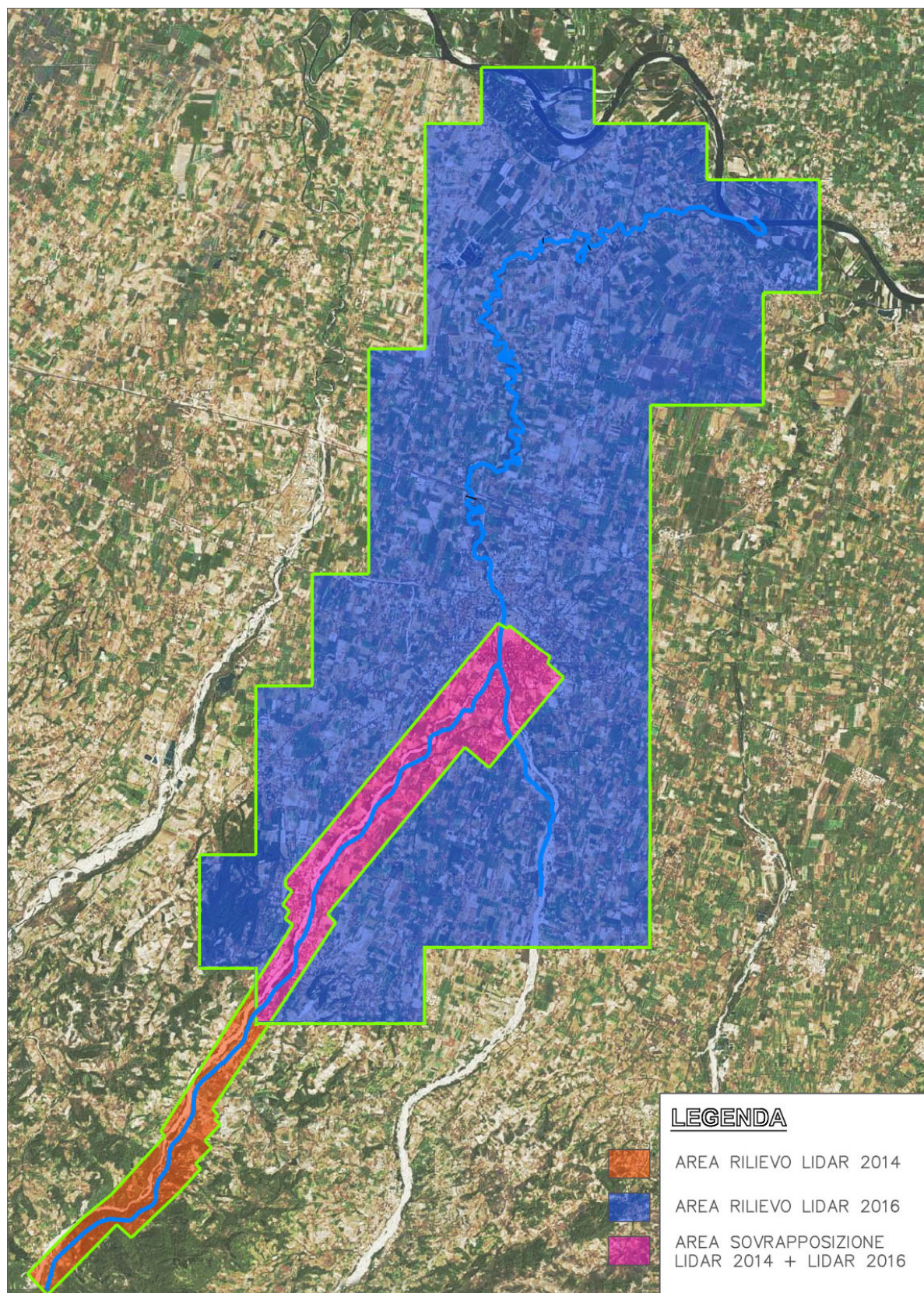


Figura 9 - Limite aree di rilievo LiDAR

4.1.2 Rilievo a terra con strumentazione GPS

AIPO ha messo a disposizione un rilievo eseguito con strumentazione GPS nel 2016 relativo a 17 sezioni trasversali ubicate nel tratto tra Colorno e la confluenza in Po; le geometrie rilevate sono state utili per una verifica di congruenza tra le quote arginali fornite dal LiDAR e dal relativo DTM e delle quote più depresse dell'alveo, non rilevabili attraverso la strumentazione laser.



Figura 10 – Sezioni rilievo GPS AIPO 2016 – tratto Colorno confluenza Po

4.2 DTM COMPLESSIVO ED ESTRAPOLAZIONE DELLE SEZIONI IDRAULICHE

I dati dei due grigliati DTM e delle nuvole di punti dei dati grezzi codificati in formato LAS (LiDAR 2014 e 2016) sono stati importati in applicazione CAD parametrica Autocad Civil 3D. Nell'ambito di questa piattaforma software il database di nuvola di punti ricavato dai dati DTM importati, è stato utilizzato per le restituzioni per modelli di superficie TIN.

Sulle superfici sono stati tracciati gli allineamenti corrispondenti agli assi dell'alveo attivo fluviale e le linee di sezioni utili al modello idraulico.

I dati geometrici degli allineamenti e delle sezioni sono stati esportati mediante apposito modulo di Civil3D direttamente in formato Hec-Ras. Si è proceduto quindi alla verifica puntuale di corrispondenza tra le sezioni estrapolate e la documentazione in particolare ortofoto e all'aggiustamento manuale delle sezioni laddove l'estrapolazione non fosse sufficientemente accurata, in particolare nel tratto tra Colorno e la confluenza in Po (con riferimento alle sezioni rilevate a terra da AIPO nel 2016) per il fondo alveo.

In questo tratto in particolare è stato inoltre eseguito un confronto incrociato tra le geometrie ricavate dal LiDAR 2016, le geometrie di un modello ricostruito dall'Università degli Studi di Parma (Dipartimento DICATeA) sulla base di un rilievo LiDAR del 2008 (commissionato dal Ministero per l'ambiente nell'ambito del Piano Straordinario di telerilevamento Ambientale) integrato per il fondo alveo con i dati di un rilievo batimetrico effettuato nel 2011 da AIPO e le geometrie da rilievo GPS di 2016. Il confronto ha evidenziato una sostanziale coerenza per i fondi alveo

tra la ricostruzione DICATeA da LiDAR 2008 basata su batimetrie 2011 e i rilievi a terra AIPO GPS del 2016. Le quote di fondo alveo del LiDAR 2016 sono state pertanto adeguate di conseguenza.

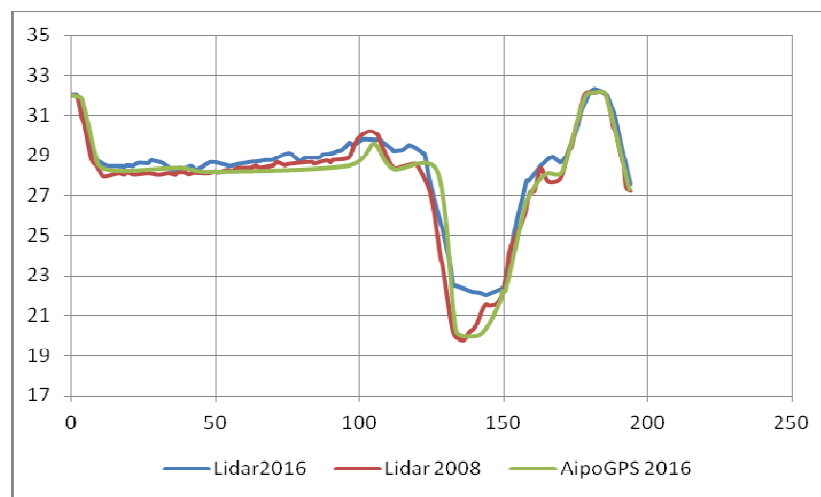


Figura 11 – Confronto LiDAR 2016, 2008 (+batimetrie2011), GPS 2016 : sezione 4.870 fiume Parma

4.3 MANUFATTI

4.3.1 Torrente Baganza

Le strutture presenti sul tratto di asta indagato da Calestano fino alla confluenza in Parma, sono, da monte verso valle:

Tabella 2 - Manufatti Torrente Baganza

Manufatto	Progressiva modello (m)
Ponte Nuovo	544
Metanodotto	1859
Ponte della Tangenziale	2.479
Ponte di Sala Baganza	12.313
Passerella pedonale di San Vitale	18.705
Ponte di Marzolarà	22.555
Ponte di Calestano	28.617

Le geometrie delle strutture sono state ricavate da un modello idraulico implementato dall'Università degli Studi di Parma (Dipartimento DICATeA) per conto di AIPO nell'ambito del "Completamento delle attività propedeutiche alla

realizzazione della cassa di espansione sul torrente del Baganza” nel luglio del 2015. Il rilievo dei ponti è stato fornito dalla sede di Parma del Servizio Tecnico dei Bacini degli affluenti del Po.

4.3.2 Torrente Parma

Le strutture presenti sul tratto di asta indagato dalla cassa di espansione fino alla confluenza in Po, sono, da monte verso valle:

Tabella 3 - Manufatti Torrente Parma

Manufatto	Progressiva modello (m)
Ponte Dattaro	42.101
Ponte Italia	40.961
Ponte Caprazucca	40.538
Ponte di mezzo	40.105
Ponte Verdi	39.755
Ponte Bottego	39.335
Ponte della ferrovia MI-BO	39.132
Ponte Strada Matteotti	19932
Ponte tangenziale Colorno	10838
Ponte Piazza Garibaldi	6525
Ponte via Roma	6273
Ponte ferrovia Brescia-PR	5495
Ponte Albertelli	2000

Le geometrie delle strutture sono state ricavate da un modello idraulico implementato dall'Università degli Studi di Parma (Dipartimento DICATeA) per conto di AIPO nell'ambito del “Completamento delle attività propedeutiche alla realizzazione della cassa di espansione sul torrente del Baganza” nel luglio del 2015. Il rilievo dei ponti è stato eseguito nell'ambito di campagne topografiche effettuate in passato da enti competenti, compreso DICATeA, in convenzione con l'Amministrazione Provinciale di Parma.

Il ponte della ferrovia Brescia-PR è in fase di rifacimento da parte dell'ente gestore RFI (Rete Ferroviaria Italiana) con previsione anche di un risezionamento delle sponde in corrispondenza del manufatto stesso. Si riporta di seguito una sezione schematica delle tavole di progetto e si suggerisce al termine dei lavori un aggiornamento delle sezioni del modello sulla base dei disegni as-built dell'opera.

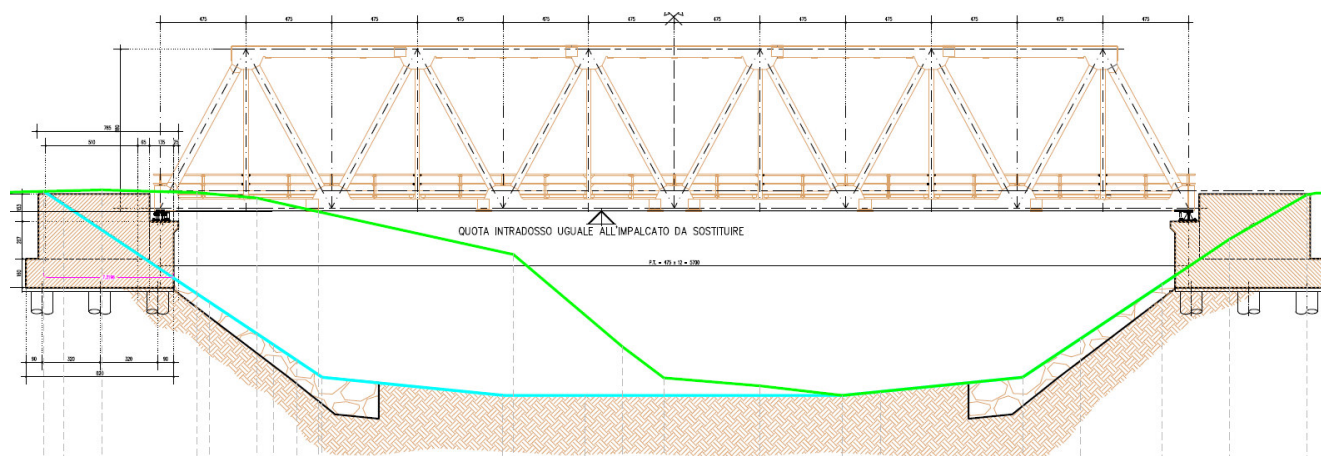


Figura 12 – Sezione di progetto RFI (Rete Ferroviaria Italiana) di adeguamento ponte ferroviario Parma-Brescia e sistemazione fluviale sponde

4.4 CALIBRAZIONE DEL MODELLO E CONSIDERAZIONI IN MERITO ALLA SCABREZZA

La calibrazione del modello idraulico è stata eseguita con le stesse metodologie utilizzate nelle attività relative al “Completamento delle attività propedeutiche alla realizzazione della cassa di espansione sul torrente Baganza” a cura di AIPo-DICATeA del Luglio 2015, con riferimento alla propagazione della piena dell'evento alluvionale del 13.10.2014. Vengono di seguito riportate le scabrezze di riferimento per i vari tratti di torrente implementate nel modello matematico 1D.

Tabella 4 – Coefficienti di scabrezza di Manning

Torrente	Tratto	Progressive modello (m)		Manning ($m^{-1/3}/s$)
		da	a	
Baganza	Calestano-Parma	29457	0	0.040
Parma	Cassa- Immissione Baganza	47892	41050	0.041
Parma	Immissione Baganza- Ponte ferrovia Parma	41050	31541	0.041
Parma	Ponte ferrovia Parma-Rivarolo	31541	19753	0.061
Parma	Rivarolo-Ponte ferrovia Colorno	19753	5476	0.097
Parma	Ponte ferrovia Colorno-Po	5476	0	0.076

La calibrazione del modello è stata eseguita per un evento di piena “autunnale”, con presenza di vegetazione su sponde, terrazzi e golene non trascurabile e con sensibile effetto sul deflusso delle piene (negativo in termini di officiosità idraulica nei tratti privi di golene e potenzialmente positivo in termini di effetto di laminazione sui picchi delle portate nei tratti con ampie golene).

Calibrazioni su eventi di piena “invernali”, con effetto della vegetazione sicuramente sensibilmente ridotto sul deflusso delle piene (positivo in termini di officiosità idraulica, potenzialmente negativo in termini di effetto di laminazione sui picchi delle portate) porterebbero a valori di scabrezza ridotti rispetto a quelli utilizzati nel modello

matematico implementato a supporto della progettazione preliminare e definitiva della cassa di espansione sul Baganza. Il modello idraulico 2D implementato da AIPo-DICATeA nel 2012 utilizzò ad esempio per la taratura del modello 2D sull'asta del torrente Parma la piena del 19 gennaio 2009, scelta a suo tempo per la disponibilità di dati di picchettatura dei livelli di piena e per la significatività in termini di portate e volumi transitati. La calibratura su un evento di piena "invernale" portò a definire scabrezze ridotte rispetto a quelle del modello 1D implementato a seguito della piena del 2014.

Le verifiche effettuate con valori di scabrezza più elevati risultano più cautelative in particolare per le sezioni di valle del Parma (l'effetto della scabrezza sui livelli idrici e sulla propagazione delle piene sull'asta del Baganza è meno significativo), per i quali, a seguito degli interventi in progetto con la propagazione di lunghe onde di piena laminate, la verifica dell'officiosità idraulica diventa di primaria importanza rispetto anche a quella sulla capacità naturale del torrente di laminazione dei picchi di piena.

A tale riguardo occorre segnalare che storicamente si registrano piene gravose sul bacino del Parma-Baganza anche nei periodi autunnali di ottobre e di inizio novembre, come riportato negli idrogrammi ricostruiti nello "Studio della messa in sicurezza del territorio Parmense, con particolare riferimento alla realizzazione della cassa di espansione sul Baganza" (Regione EMR-DICATeA, 2003) nell'appendice B *"Idrogrammi di piena dei principali eventi osservati nelle stazioni di Ponte Bottego (torrente Parma) e Ponte Nuovo (torrente Baganza)"*; in tali periodi, precedenti la caduta del fogliame, la vegetazione presente negli alvei costituisce un forte ostacolo al deflusso delle acque.

L'immagine in condizioni invernali di un tratto di asta del Parma a valle di Colorno riportata nel seguito, mette infine in evidenza una criticità di cui ovviamente il modello non può tenere conto: eventuali frane di sponda, fenomeno particolarmente diffuso nel tratto terminale dell'asta del Parma, potrebbero influenzare le modalità di deflusso di piene in particolare in condizioni non rigurgitate da Po; come poi richiamato nelle conclusioni del presente studio, anche la manutenzione e il monitoraggio dello stato del tratto di valle dovranno rientrare come fattori di orientamento delle decisioni per la gestione delle due casse di espansione, da prendere in considerazione nella redazione del piano di laminazione complessivo del sistema Parma-Baganza.



Figura 13 – Confronto su ortofoto fra la vegetazione di tarda estate/inizio autunno – inverno (meandro subito a monte di Colorno)



Figura 14 – Confronto su ortofoto fra la vegetazione di tarda estate/inizio autunno – inverno (meandro subito a monte di Colorno)

Casi simili sono stati affrontati in passato nella pianificazione di bacino per corsi d'acqua di caratteristiche morfologiche, idrologiche ed idrauliche sostanzialmente simili a quelle del sistema Parma Baganza, quali il fiume Reno e gli affluenti Samoggia e Senio.

Anche in questi casi si è riscontrata in fase di taratura dei modelli di propagazione delle piene delle sezioni di chiusura dei bacini montani alle sezioni terminali dei tratti arginati di bassa pianura la forte incidenza della manutenzione degli alvei (dovuta soprattutto alla presenza della vegetazione infestante) nella definizione della affinità idraulica dei tratti critici; basti citare a tale proposito il caso del tratto arginale privo di golene del torrente Senio:

"L'officiosità idraulica è fortemente condizionata dalle condizioni di manutenzione: con alveo pulito e quindi basse scabrezze è consentito con franchi non inferiori al metro di transito di circa 225 mc/s, mentre con alveo in cattive condizioni di manutenzione (situazione analoga a quella del 1992) nel tratto critico compreso fra il ponte della Chiusaccia ed il centro di S. Potito l'officiosità idraulica può ridursi a meno di 130 mc/s".

Sempre nel caso del bacino del Senio il PAI ha previsto le necessità di definire "un piano di manutenzione ordinaria dell'alveo di pianura che ne mantenga l'officiosità idraulica a valori non inferiori a 225 mc/s, essendo improponibile ma per vincoli di diversa natura e costi elevati, il ricorso ad interventi di tipo tradizionale, rivolti ad incrementare l'officiosità dell'alveo (rialzi ed ingrossi degli argini, risezionamenti degli alvei, drizzagni, ecc.), sia per maggiori costi l'aumento delle capacità di laminazione delle casse di espansione proposte all'uscita dal bacino montano, per adeguarle al minor rilascio a valle di portata al colmo (da 225 a 130 m³/s).

Sembra dunque opportuno anche nel caso del sistema Parma-Baganza associare alla realizzazione della nuova cassa di espansione sul torrente Baganza a Casale dimensionata per una officiosità idraulica dell'alveo arginato del Parma a valle di Vicomero da 600 mc/s (la cui capacità di comunicazione si somma a quella garantita dalla cassa sul torrente Parma a Marano ed alla capacità delle golene presenti nell'alveo di media pianura fra il ponte della ferrovia Milano-Bologna e Vicomero) la attivazione di un piano di manutenzione ordinaria dei tratti di bassa pianura Vicomero-Colorno e Colorno sbocco nel fiume Po, che assicura anche nei pieni critici da aprile alla prima metà di novembre la possibilità di trasferire al fiume Po attraverso l'alveo arginato di bassa pianura almeno 550-600 mc/s, rispetto ai 400-450 mc/s smaltibili in condizioni di alveo intasato dalla vegetazione o con fondo parzialmente ostruito da frane di sponda.

5. PORTATE DI RIFERIMENTO E SCENARI DI COMBINAZIONE DELLE PIENE

5.1 TORRENTE BAGANZA

5.1.1 Portate al colmo - BAG

Le portate naturali del torrente Baganza sono quelle individuate nelle analisi idrologiche a cura dell'Università degli Studi di Parma (Dipartimento DICATeA, Prof. P.Mignosa) che hanno costituito la base di riferimento per la progettazione preliminare e confermate nella presente fase di progettazione definitiva (si rimanda alla lettura della relazione BAG2_02IDR_R_RE_02 per ulteriori chiarimenti).

Per le portate al colmo si fa quindi riferimento ai picchi degli idrogrammi di piena sintetici alla sezione di Ponte Nuovo e di seguito riportati in tabella.

Tabella 5 – Portate al colmo naturali - sezione di Ponte Nuovo

Portate al colmo naturali - BAG								
TR	5	10	20	50	100	200	500	1000
Qmax (mc/s)	227	306	397	542	676	835	1093	1332

Ai fini di aumentare la resilienza degli interventi, e visto il limitato contributo idrologico del bacino del Baganza a valle di Marzolaro, le portate ricostruite a Ponte Nuovo sono state considerate valide dalla sezione di Calestano.

Le portate al colmo artificiali a valle della nuova cassa di espansione sono invece quelle individuate nelle simulazioni statiche del funzionamento della cassa di espansione (relazione BAG2_02IDR_R_RE_02).

Tabella 6 – Portate al colmo artificiali - sezione di Ponte Nuovo

Portate al colmo artificiali - BAG		
TR	100	200
Qmax (mc/s) - luci parzializzate	445	460
Qmax (mc/s) - luci mobili	300	430

5.1.2 Idrogrammi di piena - BAG

Come per le portate al colmo, per gli idrogrammi di piena naturali si fa riferimento alle analisi idrologiche dell'Università degli Studi di Parma (Dipartimento DICATeA, Prof. P.Mignosa) relative alla progettazione preliminare.

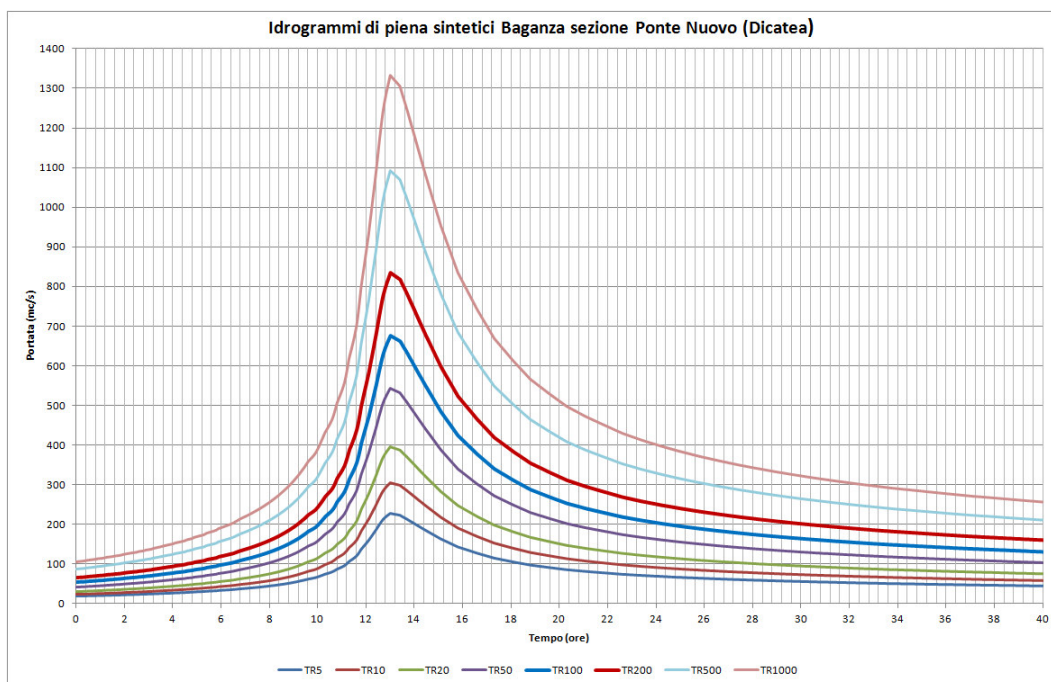


Figura 15 – Idrogrammi di piena sintetici portate naturali Baganza sezione di Ponte Nuovo

Ulteriori idrogrammi di piena utili per la calibratura del modello per le simulazioni a supporto dello studio geomorfologico dell'asta sul Baganza, sono quelli reali più gravosi registrati sul Baganza, in particolare quello ricostruito per l'evento di piena del 13 ottobre 2014 (DICATeA, 2015).

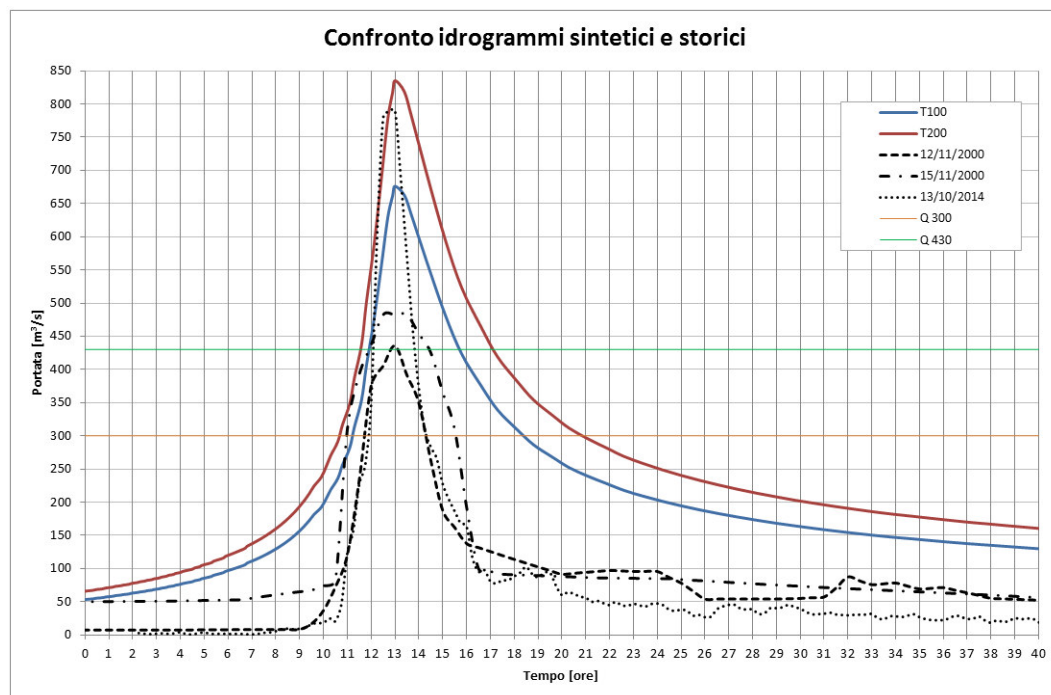


Figura 16 – Idrogrammi storici reali Baganza (200 e 2014) sovrapposti a quelli sintetici T100 e T200

Gli idrogrammi di piena artificiali a valle della nuova cassa di espansione sono invece quelli ricavati dallo studio dell'idraulica dei manufatti (simulazioni statiche del funzionamento della cassa di espansione - relazione BAG2_02IDR_R_RE_02), con paratoie ad apertura prefissata ovvero variabile.

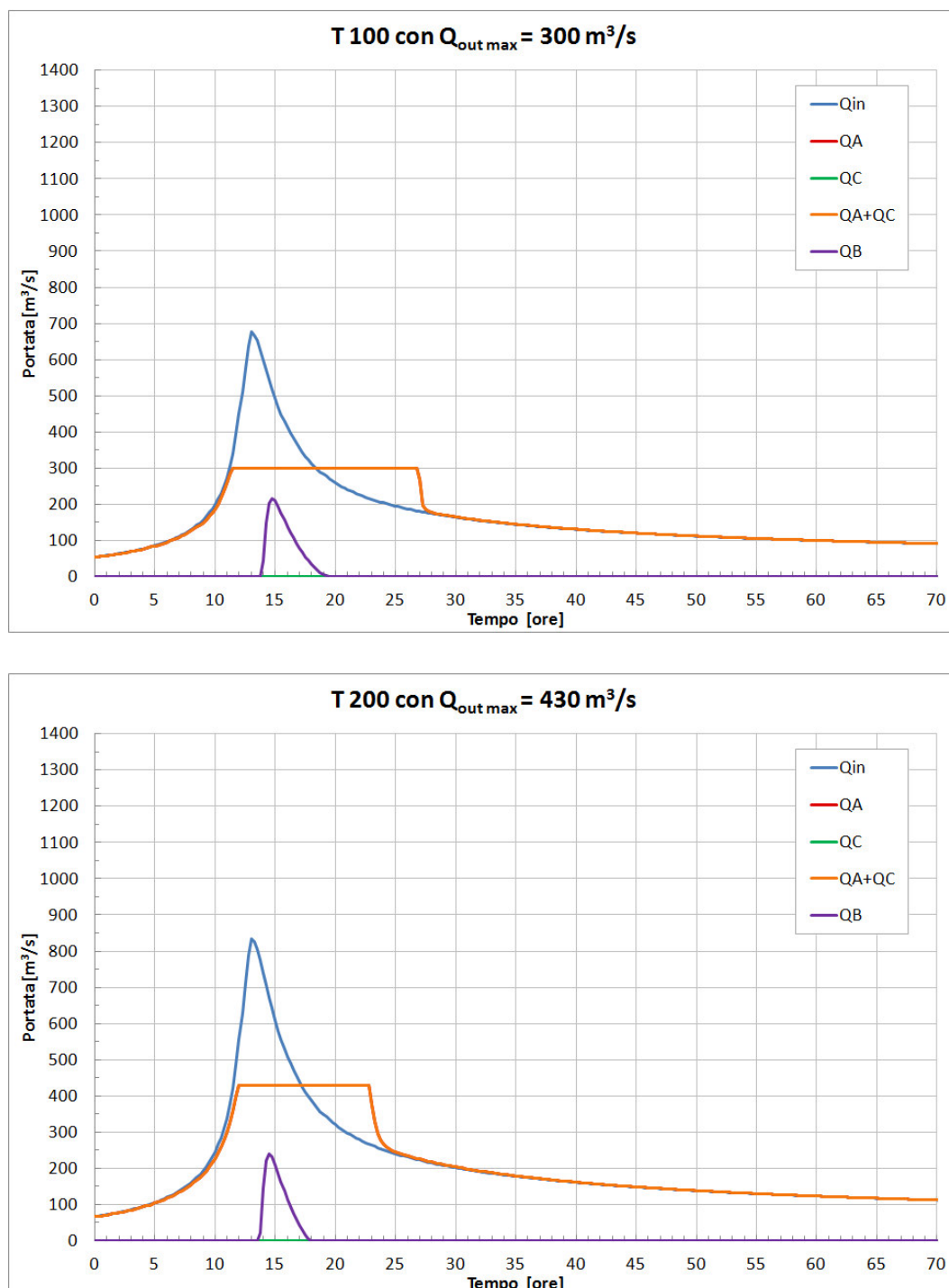


Figura 17 – Idrogrammi di piena artificiali Baganza luci mobili in uscita dalla cassa QA+QC
 (vedi relazione BAG2_02IDR_R_RE_02_Relazione idraulica della cassa di espansione allegata progetto definitivo)

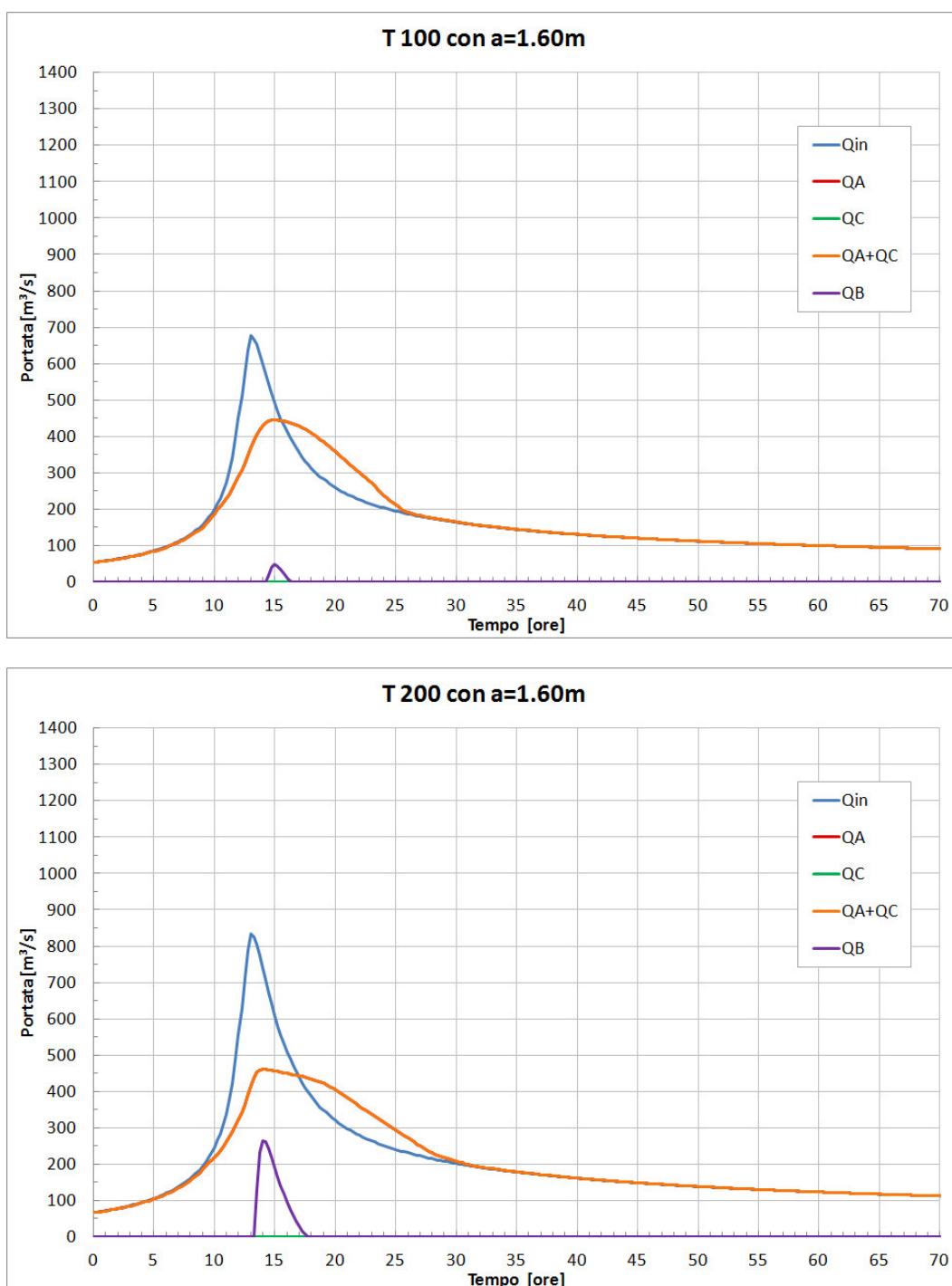


Figura 18 – Idrogrammi di piena artificiali Baganza luci parzializzate fisse in uscita dalla cassa QA+QC
(vedi relazione BAG2_02IDR_R_RE_02_Relazione idraulica della cassa di espansione allegata progetto definitivo)

5.2 TORRENTE PARMA A MONTE DELLA IMMISSIONE DEL TORRENTE BAGANZA

5.2.1 Portate al colmo - PR

Il valore di portata al colmo nella sezione immediatamente a valle della cassa di espansione assunto a base delle verifiche idrauliche di asta è quello indicato nelle relazioni tecniche allegate al progetto esecutivo dell'opera (ing. G.M. Susin, 1988) per un evento con tempo di ritorno 100 anni e tempo di pioggia 12 ore, ovvero **350 mc/s**.

5.2.2 Idrogrammi di piena - PR

L'idrogramma di piena assunto di riferimento alla base delle simulazioni è quello corrispondente alla scala di deflusso delle portate in uscita dalle luci di fondo della cassa nella sua configurazione più gravosa (ing. G.M. Susin, 1988, fig. 9 pag. 26 relazione generale progetto esecutivo Cassa Parma).

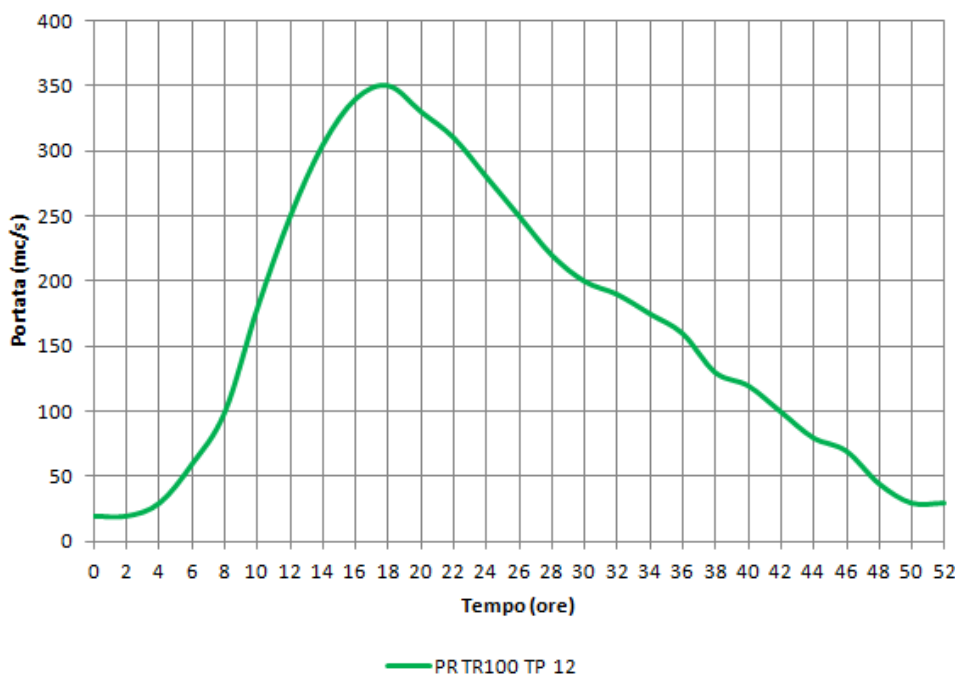


Figura 19 – Idrogramma di piena onda laminata TR 100 anni, tempo di pioggia 12 ore (Susin, 1988)

5.3 TORRENTE PARMA A VALLE DELLA IMMISSIONE DEL TORRENTE BAGANZA

5.3.1 Portate al colmo – BAG+PR

Le portate al colmo dello stato di fatto a valle della confluenza Parma-Baganza, derivano dalla somma tra le portate in arrivo dal Baganza e dalla cassa sul Parma, nell'ipotesi (a favore di resilienza degli interventi) di permanenza del colmo della portata monosecolare in arrivo dal tratto di Parma a monte della confluenza.

Tabella 7 – Portate al colmo a valle della confluenza Parma-Baganza

Portate al colmo a valle della confluenza Parma Baganza								
TR BAG	5	10	20	50	100	200	500	1000
Qmax (mc/s) BAG	227	306	397	542	676	835	1093	1332
Qmax (mc/s) PRmonte	350	350	350	350	350	350	-	-
Qmax (mc/s) PRvalle	577	656	747	892	1026	1185	-	-

5.3.2 Idrogrammi di piena – BAG TR100 +PR TR100

Nell'ipotesi di moto vario e in condizioni di progetto (onde di piena artificiali in arrivo dal Baganza TR100 anni, e ovviamente dalla cassa esistente sul Parma per TR100 anni e Tp 12 ore), gli scenari considerati sono sei.

5.3.2.1. Onde artificiali – scenario 1.C.F e 1.C.M

Lo scenario 1.C rappresenta il caso in cui i picchi di portata in uscita dalle casse siano contemporanei, nell'ipotesi di luci fisse sulla cassa del Baganza (scenario 1.C.F) e di luci mobili (scenario 1.C.M).

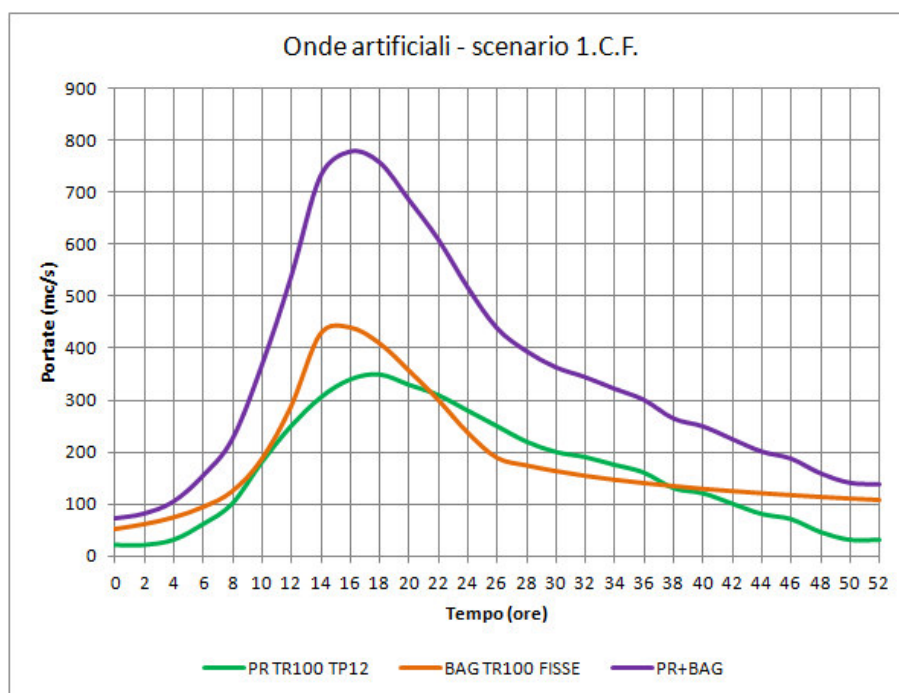


Figura 20 – Idrogramma di piena onde laminate TR 100 anni (Cassa Baganza a luci fisse), sovrapposizione colmi.

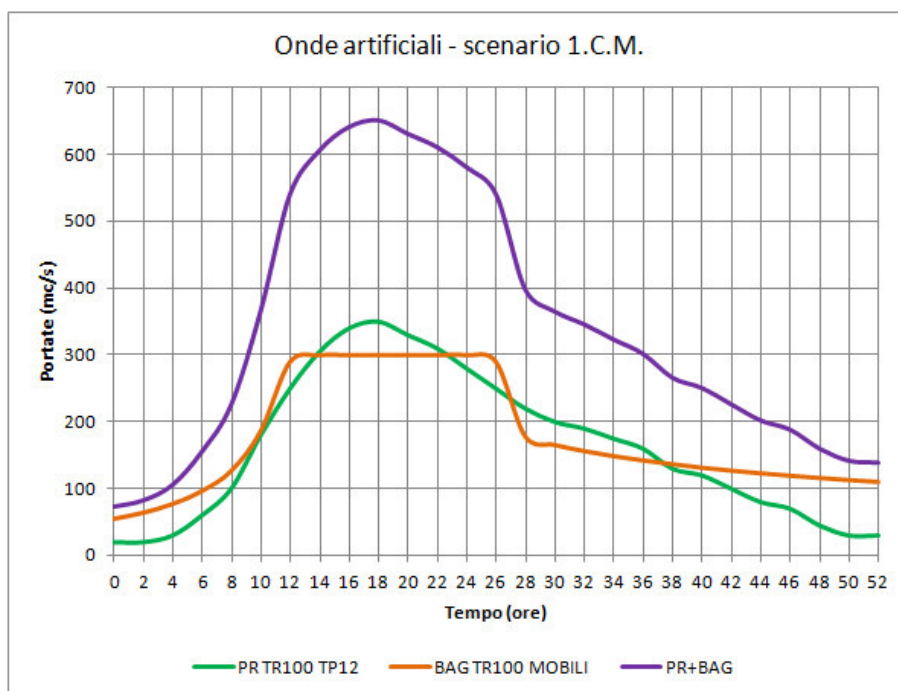


Figura 21 – Idrogramma di piena onde laminate TR 100 anni (Cassa Baganza a luci mobili), sovrapposizione colmi.

5.3.2.2. Onde artificiali – scenario 2.B.F e 2.B.M

Lo scenario 2.B rappresenta il caso in cui il picco di portata del Baganza preceda quello del Parma, nell'ipotesi di luci fisse sulla cassa del Baganza (scenario 2.B.F) e di luci mobili (scenario 2.B.M).

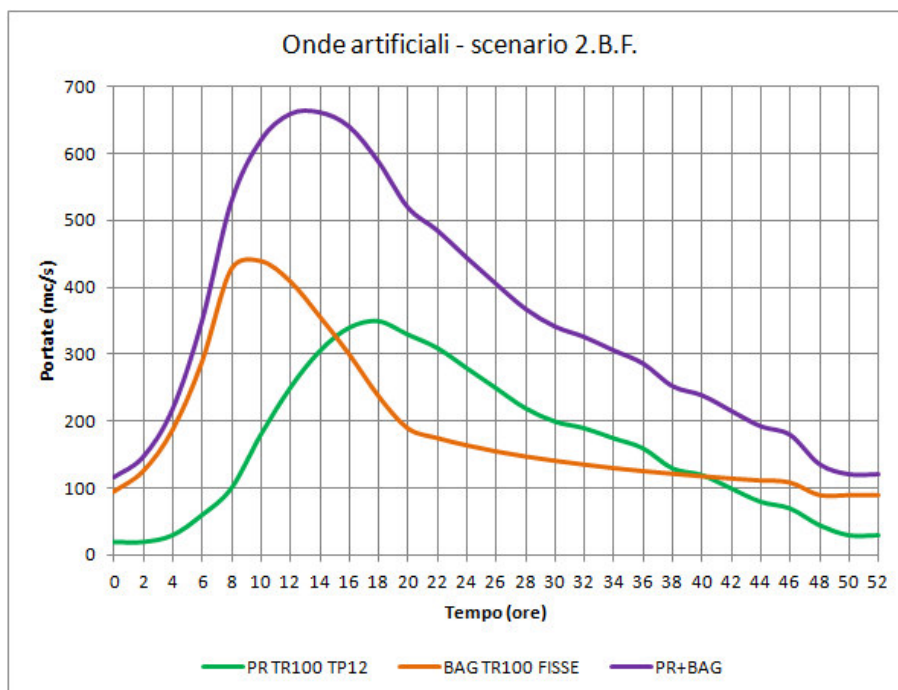


Figura 22 – Idrogramma di piena onde laminate TR 100 anni (Cassa Baganza a luci fisse), colmo Baganza in anticipo rispetto a Parma.

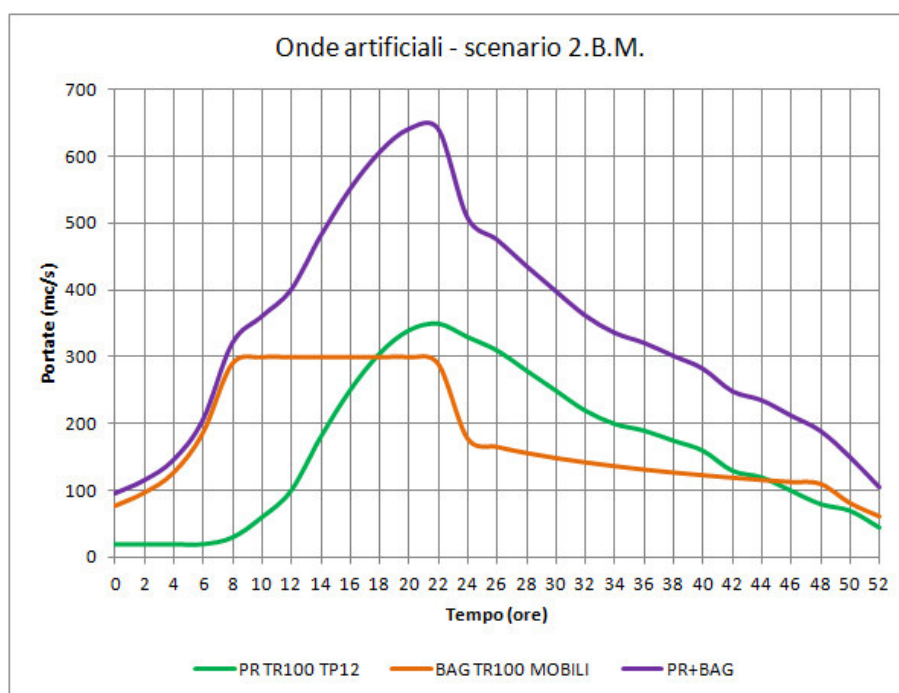


Figura 23 – Idrogramma di piena onde laminate TR 100 anni (Cassa Baganza a luci mobili), colmo Baganza in anticipo rispetto a Parma.

5.3.2.3. Onde artificiali – scenario 3.P.F e 3.P.M

Lo scenario 3.P rappresenta il caso in cui il picco di portata del Parma preceda quello del Baganza, nell'ipotesi di luci fisse sulla cassa del Baganza (scenario 3.P.F) e di luci mobili (scenario 3.P.M).

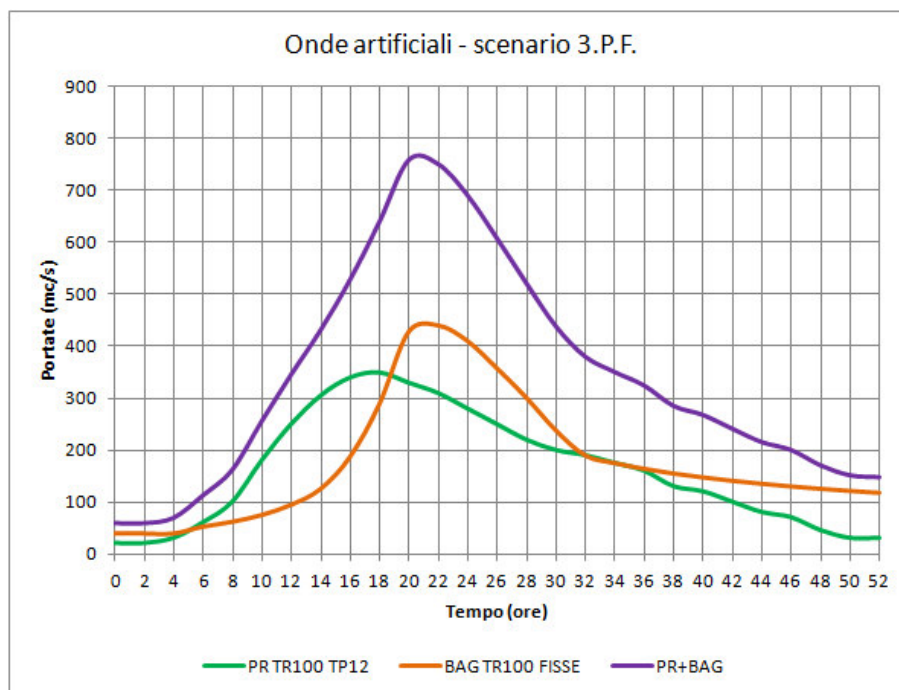


Figura 24 – Idrogramma di piena onde laminate TR 100 anni (Cassa Baganza a luci fisse), colmo Parma in anticipo rispetto a Baganza.

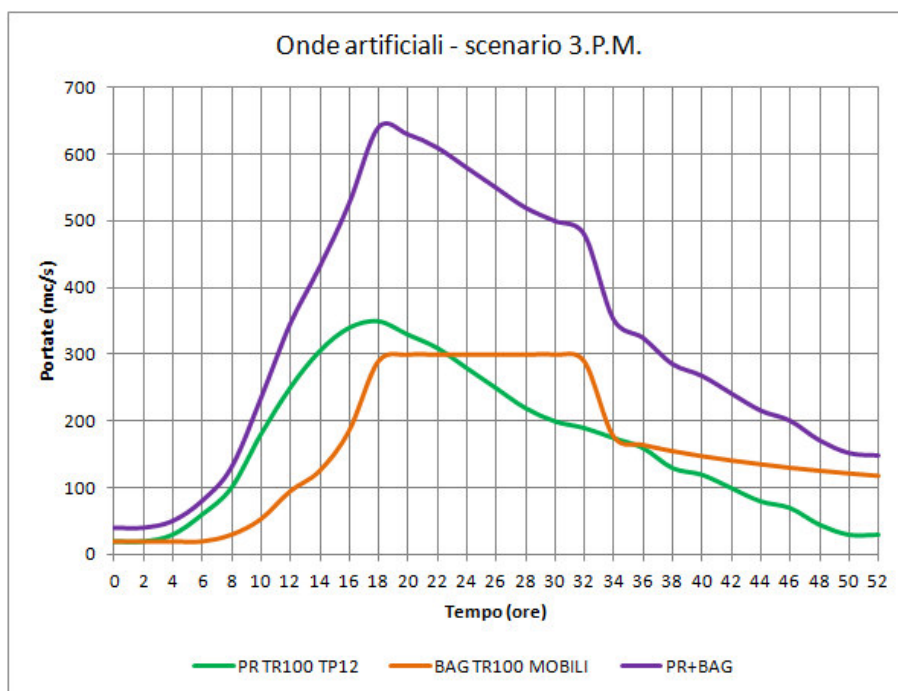


Figura 25 – Idrogramma di piena onde laminate TR 100 anni (Cassa Baganza a luci mobili), colmo Parma in anticipo rispetto a Baganza.

5.3.3 Idrogrammi di piena – BAG TR200 + PR TR100

Nell'ipotesi di moto vario e in condizioni di progetto (onde di piena artificiali in arrivo dal Baganza TR200 anni, e ovviamente dalla cassa esistente sul Parma per TR100 anni e T_p 12 ore), gli scenari considerati sono due, i più gravosi.

- lo scenario 1b.C.F rappresenta il caso in cui i picchi di portata in uscita dalle casse siano contemporanei, nell'ipotesi di luci fisse sulla cassa del Baganza;
- lo scenario 3b.P.F. rappresenta il caso in cui il picco di portata del Parma preceda quello del Baganza, nell'ipotesi di luci fisse sulla cassa del Baganza.

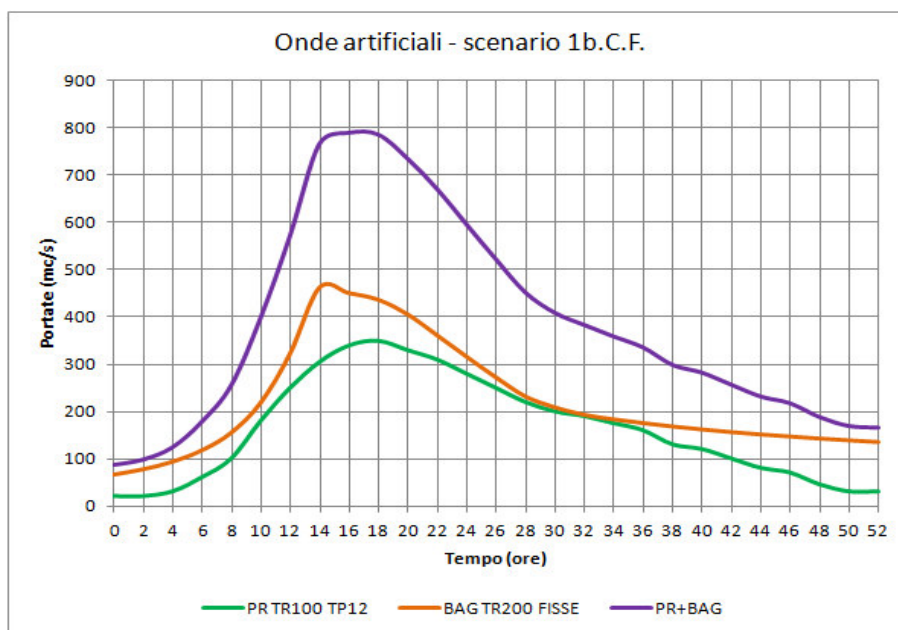


Figura 26 – Idrogramma di piena onde laminate TR 200 anni Cassa Baganza a luci fisse e TR100 Parma, sovrapposizione colmi.

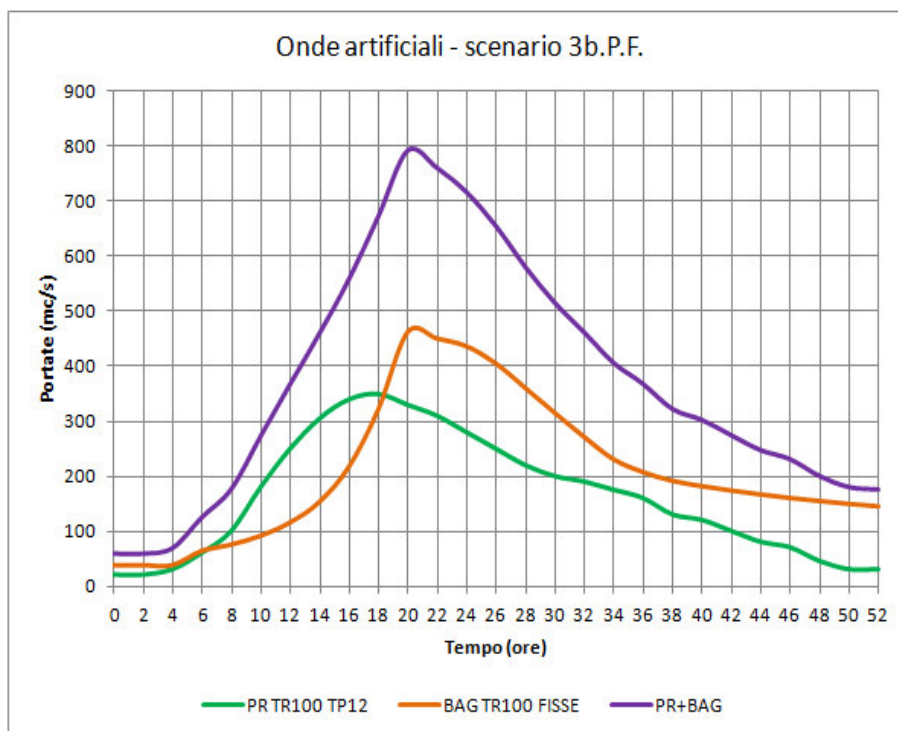


Figura 27 – Idrogramma di piena onde laminate TR 200 anni Cassa Baganza a luci fisse e TR100 Parma, colmo Parma in anticipo rispetto a Baganza.

5.3.4 Idrogrammi di piena – BAG TR200 + PR TR200

Un'ultima combinazione di portate, la più gravosa, è quella derivante dalla sovrapposizione degli idrogrammi di piena in uscita dalla cassa del Baganza per TR200 anni e luci fisse e dalla cassa del Parma per TR200 anni (idrogramma deflusso da studi DICATeA).

Lo scenario, a cui può essere associato complessivamente un tempo di ritorno superiore a 200 anni, può essere comunque preso in considerazione per valutazioni in merito alla resilienza dell'intervento.

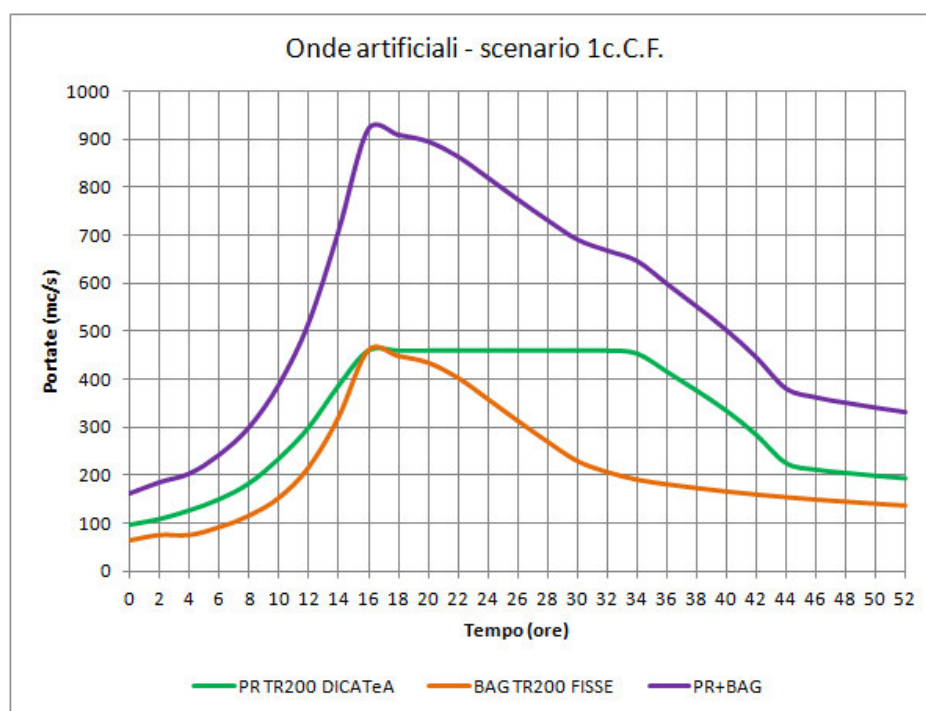


Figura 28 – Idrogramma di piena onde laminate TR 200 anni Cassa Baganza (luci fisse) e TR200 Parma (luci fisse), con sovrapposizione dei colmi (Q_{max} 920 mc/s).

5.4 CONDIZIONI AL CONTORNO DI VALLE – PROFILI DI PIENA DEL FIUME PO

5.4.1 Quota idrometrica TR200 anni (PAI)

La sezione di riferimento sul fiume Po per l'immissione del torrente Parma è la 35BIS (identificativo tabelle PAI e studi AIPO), subito a valle di Casalmaggiore in corrispondenza del ponte di strada Asolana.

La quota idrometrica corrispondente al tempo di ritorno di 200 anni è di **31.18 m s.m.** (PAI, Direttiva sulla piena di progetto da assumere per le progettazioni e le verifiche di compatibilità idraulica, Tabelle Profili di piena per i corsi d'acqua interessati dalla delimitazione delle fasce fluviali, tabella 33).

5.4.2 Profili di piena differenti regimi idrologici

AIPo ha poi fornito le quote idrometriche corrispondenti a diversi regimi idrologici calcolate dall'Ufficio per il Monitoraggio Idrografico ed il Coordinamento del Servizio di Piena e riportate nella tabella seguente limitatamente alla sezione 35BIS.

Tabella 8 – Profili di piena sezione 35 BIS (Ufficio Servizio Piene AIPo)

Profili Aipo - Ufficio Servizio Piene					
<i>Portata</i>	<i>Livello</i>	<i>Portata</i>	<i>Livello</i>	<i>Portata</i>	<i>Livello</i>
<i>mc/s</i>	<i>m s.m.</i>	<i>mc/s</i>	<i>m s.m.</i>	<i>mc/s</i>	<i>m s.m.</i>
5000	27.382	8500	30.07	11500	31.629
5500	27.858	9000	30.364	12000	31.857
6000	28.288	9500	30.641	12500	32.085
6500	28.691	10000	30.897	13000	32.277
7000	29.064	10500	31.157	13500	32.459
7500	29.425	11000	31.395	14000	32.627
8000	29.761	<u>Sezione 35BIS</u>			

5.4.3 Profili quote idrometriche evento di piena ottobre 2014

Il profilo idrometrico di piena del fiume Po nella sezione di interesse in occasione dell'evento di piena dell'ottobre 2014 è quello riportato nel grafico seguente, con un massimo in occasione dell'evento alluvionale che ha interessato i bacini del Parma e del Baganza pari a 24.097 m s.m.

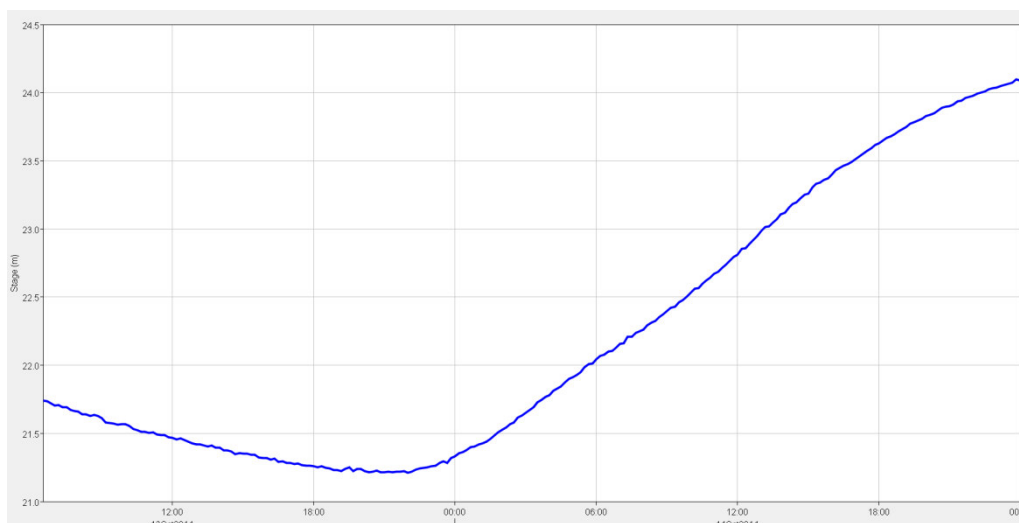


Figura 29 – Idrogramma livelli Po evento di piena 13.10.2014

5.5 CONCLUSIONI

5.5.1 Onde di piena naturali

Le onde di piena naturali sono quelle derivanti dagli idrogrammi di piena sintetici per il Baganza, e dalle onde di piena regolate dalla cassa di Marano per il Parma.

Le simulazioni più cautelative sono quelle con la sovrapposizione dei colmi. Si rimanda al capitolo seguente per i risultati.

5.5.2 Onde di piena artificiali

Gli scenari più gravosi, in funzione di diversi tempi di ritorno e combinazione dei colmi di piena su Baganza e Parma sono riportati nel grafico seguente, tutti relativi al rilascio delle portate a valle della cassa del Baganza mediante luci “fisse”, rispettivamente con colmi di portata in uscita dalle casse di Parma e Baganza contemporanei, o con colmo del Parma in anticipo di alcune ore rispetto a quello del Baganza.

I colmi di portata in entrambi i casi sono di poco inferiori agli 800 mc/s; la durata del picco arriva fino a 4 ore e le portate si mantengono sopra i 600 mc/s per 12 ore, in un moto assimilabile a un permanente.

Le verifiche idrauliche possono essere quindi condotte in moto permanente basandosi sui picchi di portata. Si rimanda al capitolo seguente per i risultati.

I restanti scenari elencati nei paragrafi precedenti determinano picchi di portata a valle della confluenza di Parma e di Baganza compresi fra 650 e 680 mc/s, con portate comunque superiori ai 400-450 mc/s anche di 18-20 ore in condizioni di luci mobili. Anche questi regimi di portata devono essere considerati nelle verifiche idrauliche in condizioni di moto permanente in particolare per le sezioni di valle e per la sollecitazione idraulica sul sistema arginale.

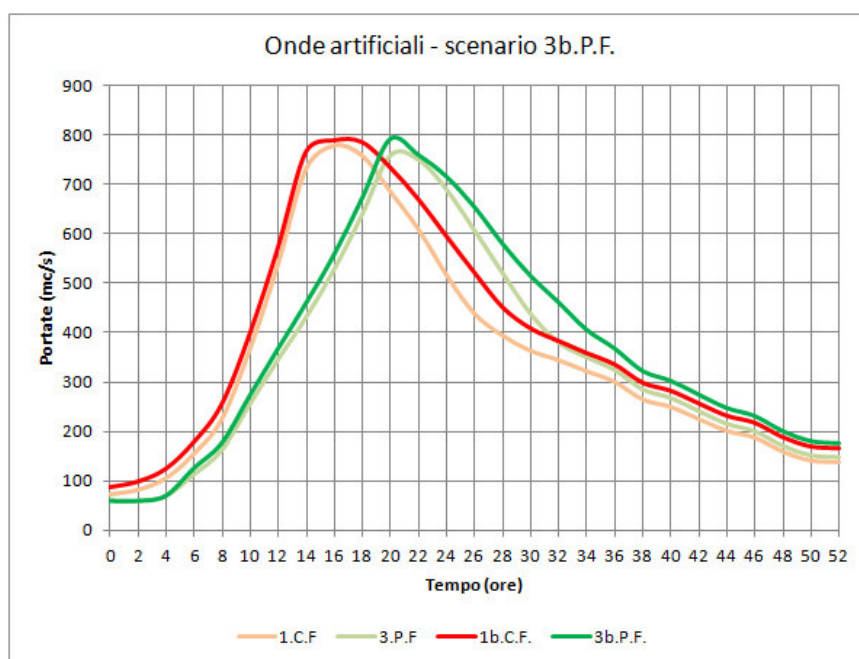


Figura 30 – Idrogramma di piena onde laminate TR 200 anni Cassa Baganza a luci fisse e TR100 Parma, colmo Parma in anticipo rispetto a Baganza.

5.5.3 Condizioni al contorno in Po

Precedenti studi a cura di AIPO-DICATeA hanno individuato livelli di Po critici tali da influenzare il normale deflusso delle piene nell'asta del Parma per un livello idrico pari a circa 28.5 m s.l.m (2.68 metri meno del livello in Po per TR200 anni).

La combinazione delle onde artificiali in uscita dal sistema Parma-Baganza con le piene in Po, in considerazione dei regimi e delle risposte alle sollecitazioni meteoriche notevolmente diverse dei bacini idrologici di riferimento, risulta di difficile determinazione e probabilmente poco significativa a livello di modello matematico utile alla gestione combinata delle casse.

Si ritiene invece più opportuno un aggiornamento delle scale di deflusso a Colorno in funzione dei diversi livelli di Po (grafici studio AIPO-DICATeA modello 2D 2012) da utilizzare ai fini dei piani di laminazione e gestione delle opere.

Le simulazioni del presente studio sono state quindi condotte con condizioni di Po tali da non condizionare il deflusso nelle sezioni terminali di valle del Parma (24.1 m s.l.m. – livello in Po durante l'evento alluvionale del 13.10.2014).

6. SIMULAZIONI E VERIFICHE

6.1 PORTATE COMPATIBILI SISTEMA PARMA E BAGANZA

6.1.1 Condizioni di calcolo

I calcoli per la verifica delle portate compatibili sulle aste dei torrenti Parma e Baganza sono effettuati cautelativamente in condizioni di moto permanente, sia nello stato di fatto (onde di piena naturali) che di progetto a cassa realizzata (onde di piena artificiali).

6.1.2 Stato di fatto

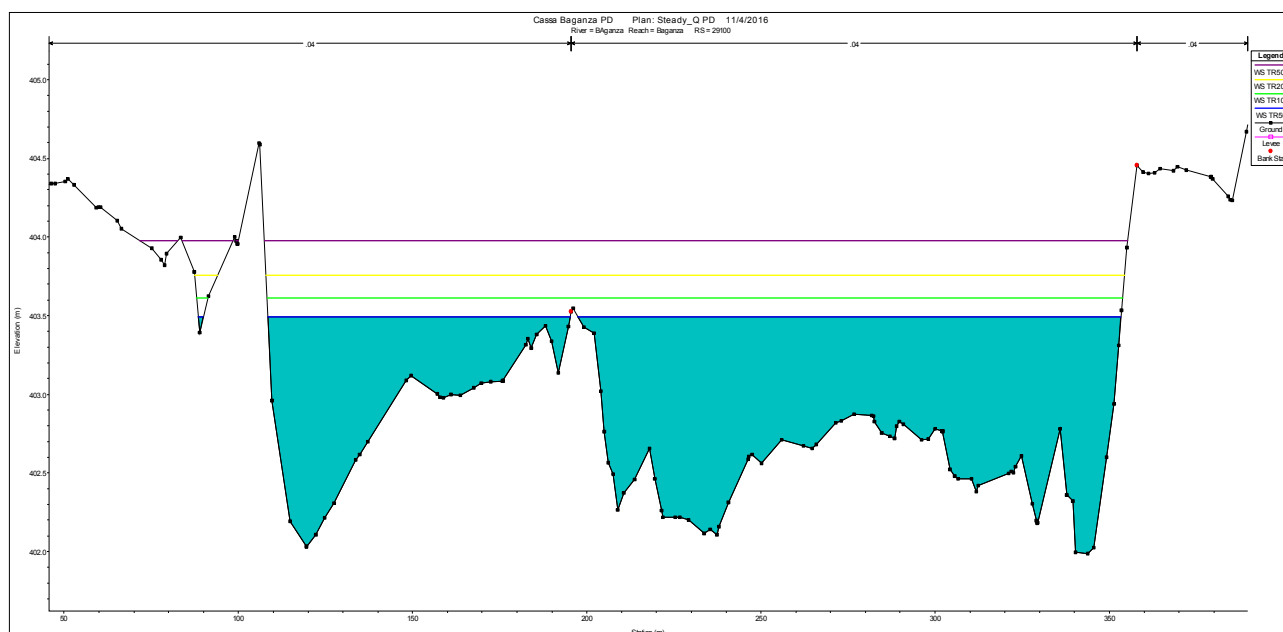
6.1.2.1. Torrente Baganza: tratto Calestano – nuova cassa di espansione

Parte dei terrazzi fluviali viene interessata da fenomeni di esondazione in particolare per regimi idrologici corrispondenti a portate con tempo di ritorno superiore ai 100 anni. Non si evidenziano sostanziali difformità rispetto alle aree esondabili indicate all'interno delle fasce di piena A e B individuate nello Schema di progetto di Variante al PAI dell'Autorità di Bacino del Po.

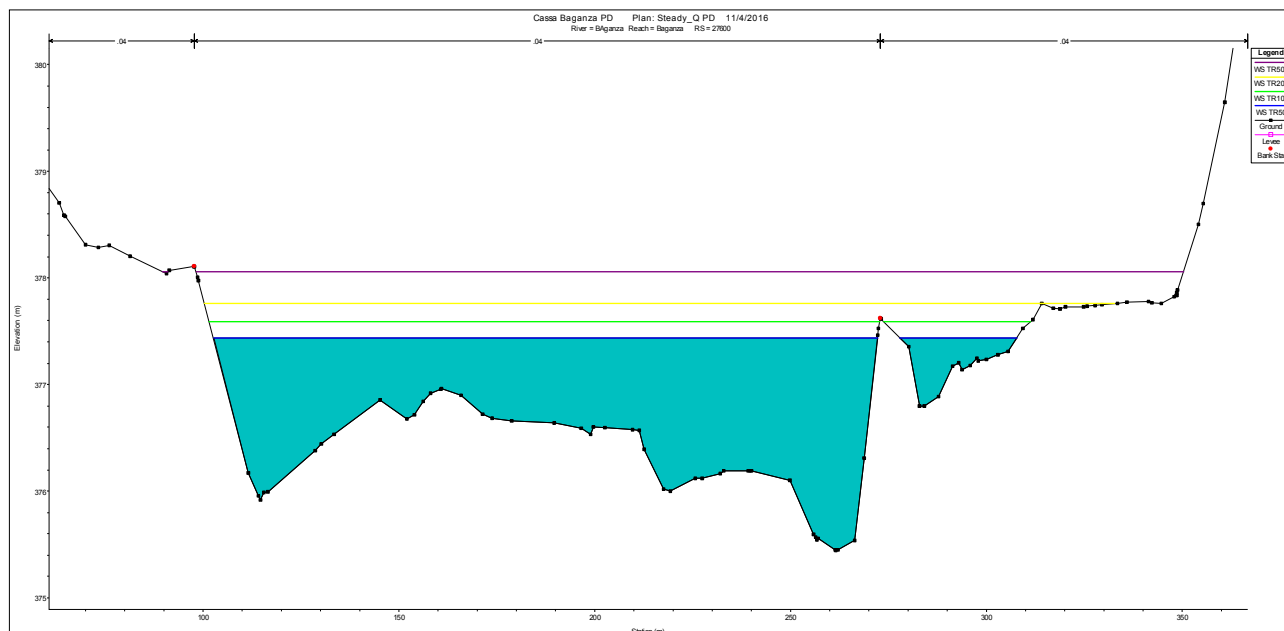
Le esondazioni interessano al più aree non urbanizzate e i tiranti idrici sono limitati. Tuttavia, come evidenziato nello studio geomorfologico di asta, eventuali fenomeni di erosione locale di sponda potrebbero favorire le esondazioni dei terrazzi anche per eventi di piena con tempi ritorno inferiori. Per portate con tempi di ritorno superiori ai 50 anni la velocità della corrente si mantiene sempre alta (>2.5 m/s fino a oltre 4 m/s) su tutto il tratto esaminato.

Si riportano di seguito le sezioni maggiormente significative ed esemplificative del tratto.

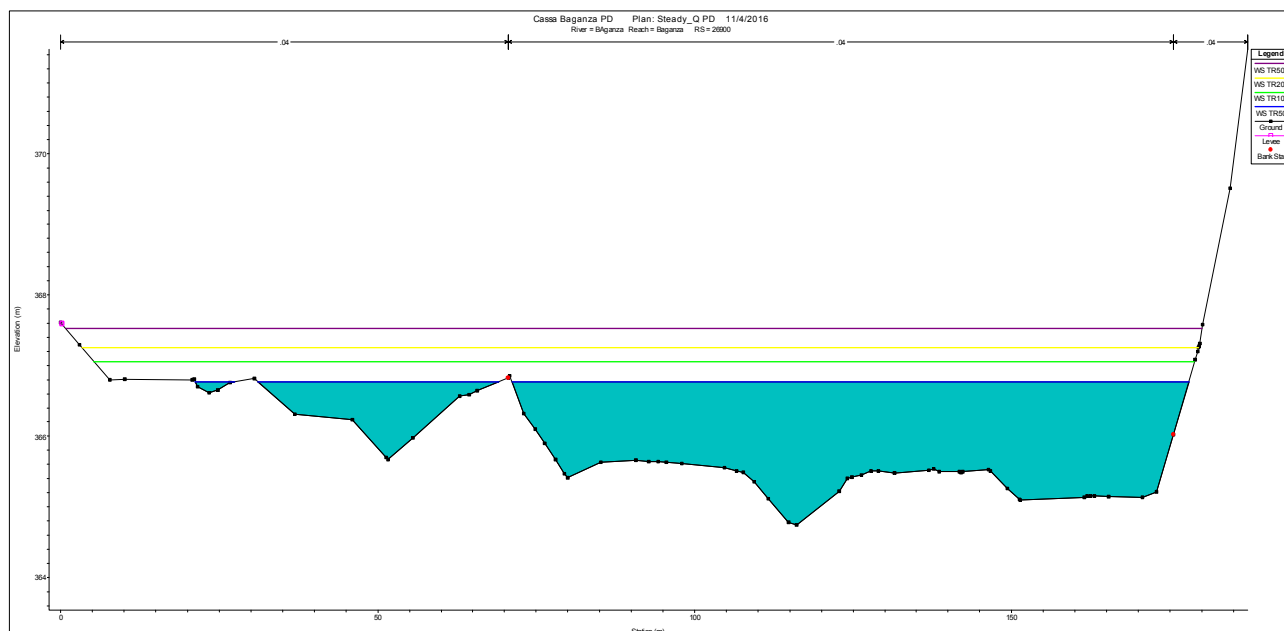
- Sez. prog. 29100: Allagamento terrazzo sinistro a monte del ponte di Calestano per portate con TR superiore a 50 anni.



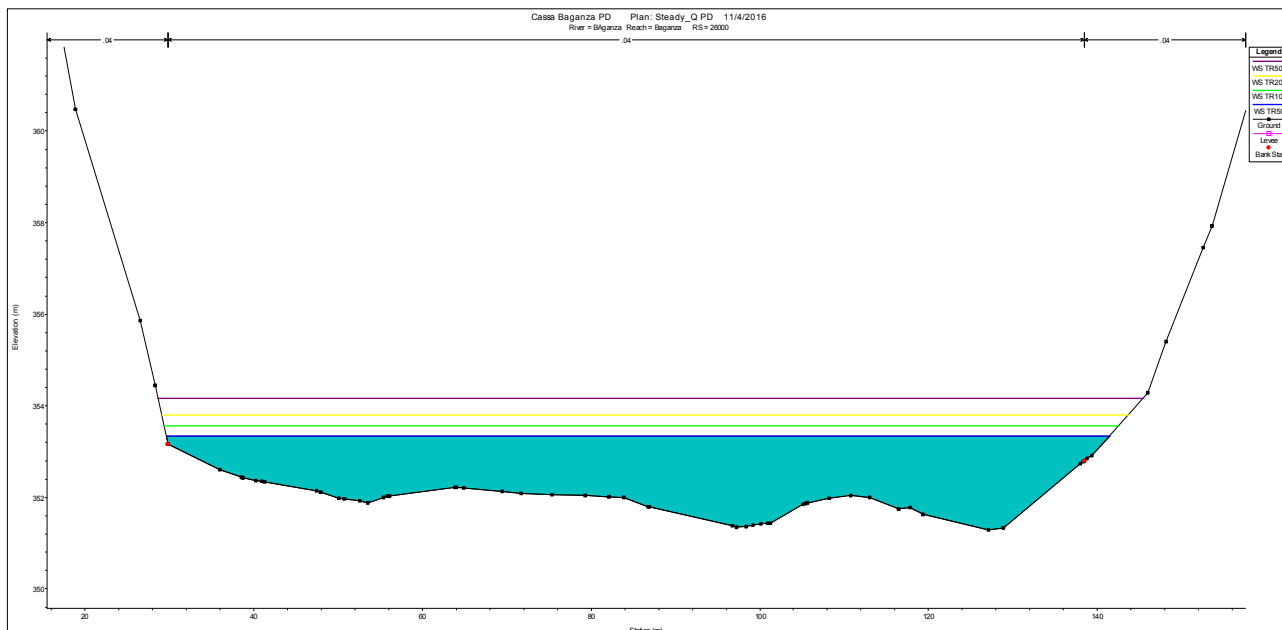
- Sez. prog. 27600: Allagamento terrazzo destro di estensioni contenute subito a valle di Calestano.



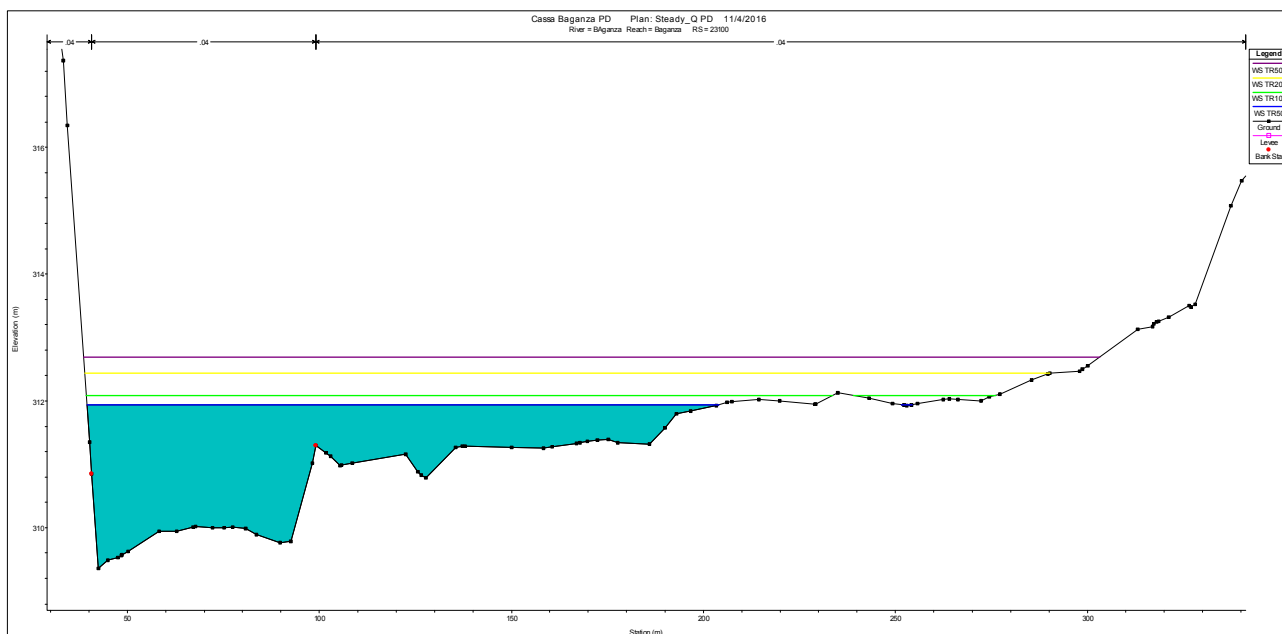
- Sez. prog. 26900: Allagamento terrazzo sinistro a valle di Calestano e a monte del tratto inciso compreso tra Calestano e Marzolarà.



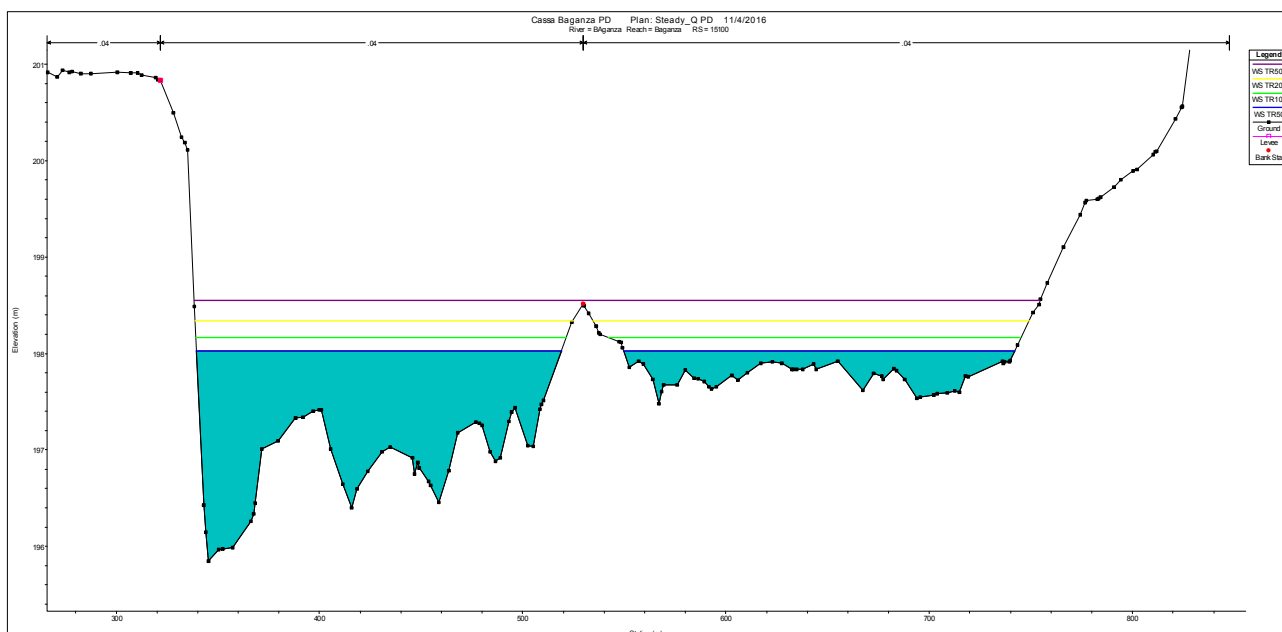
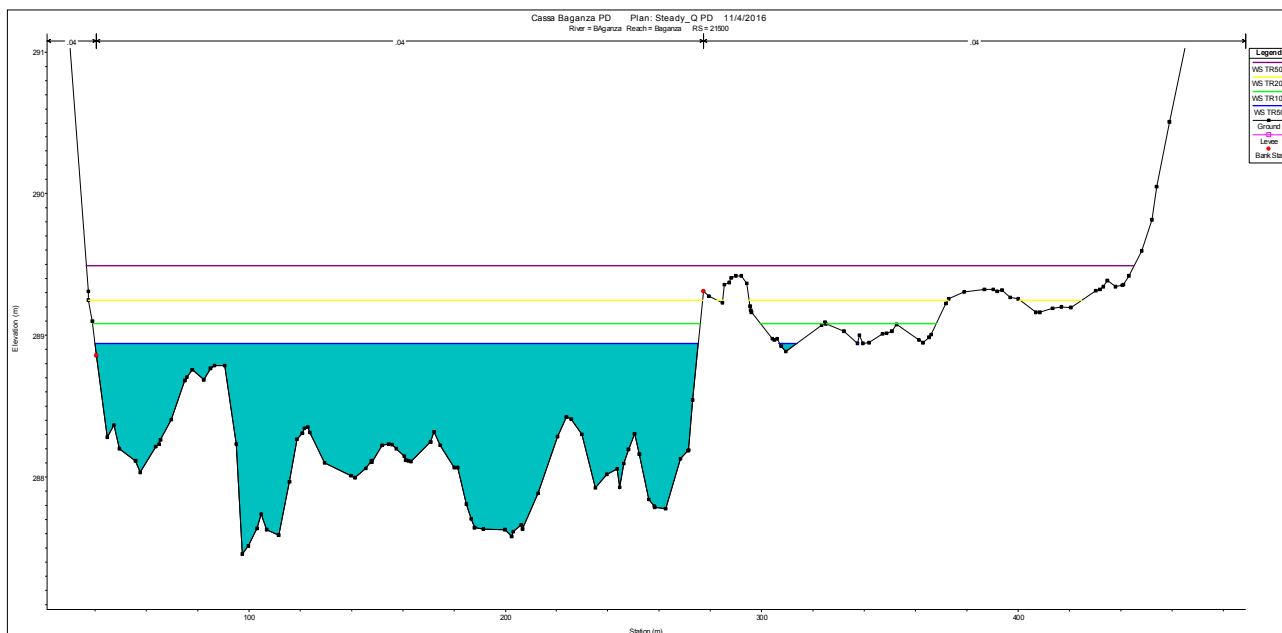
- Sez. prog. 26000: Tratto inciso tra Calestano e Marzolarà. Portate contenute in alveo.



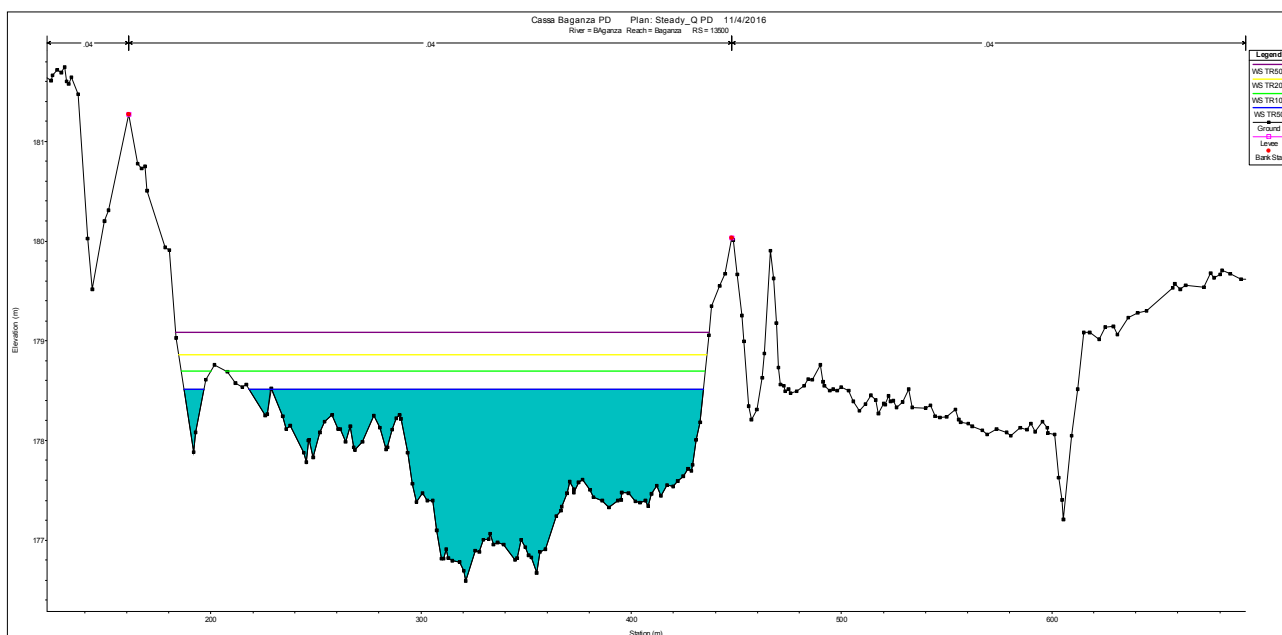
- Sez. prog. 23100: Esondazioni terrazzo destro a monte del ponte di Marzolarà per portate con tempo di ritorno superiore ai 50 anni.



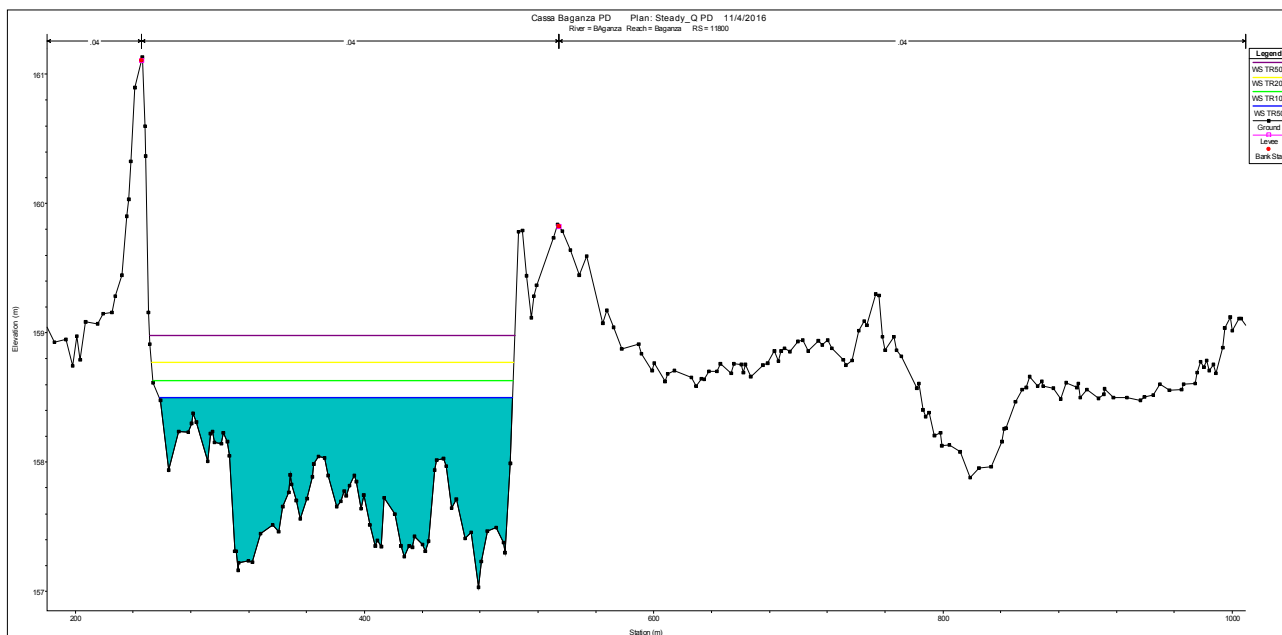
- Sez. prog. 21500 e 15100: Un caso tipico della geometria del Baganza nel tratto tra Calestano e Felino: il terrazzo in destra idraulica è interessato da un allagamento per una portata piena con TR500 anni; in caso di erosione di sponda localizzata (fenomeno diffuso su tutta l'asta) ed esportazione del cordone di sedimenti presente sul bordo del terrazzo; quest'ultimo potrebbe essere allagato anche per piene con tempo di ritorno inferiore (TR100 e 200) e verrebbe riattivata la depressione esistente come ramo secondario in parallelo all'alveo attivo.



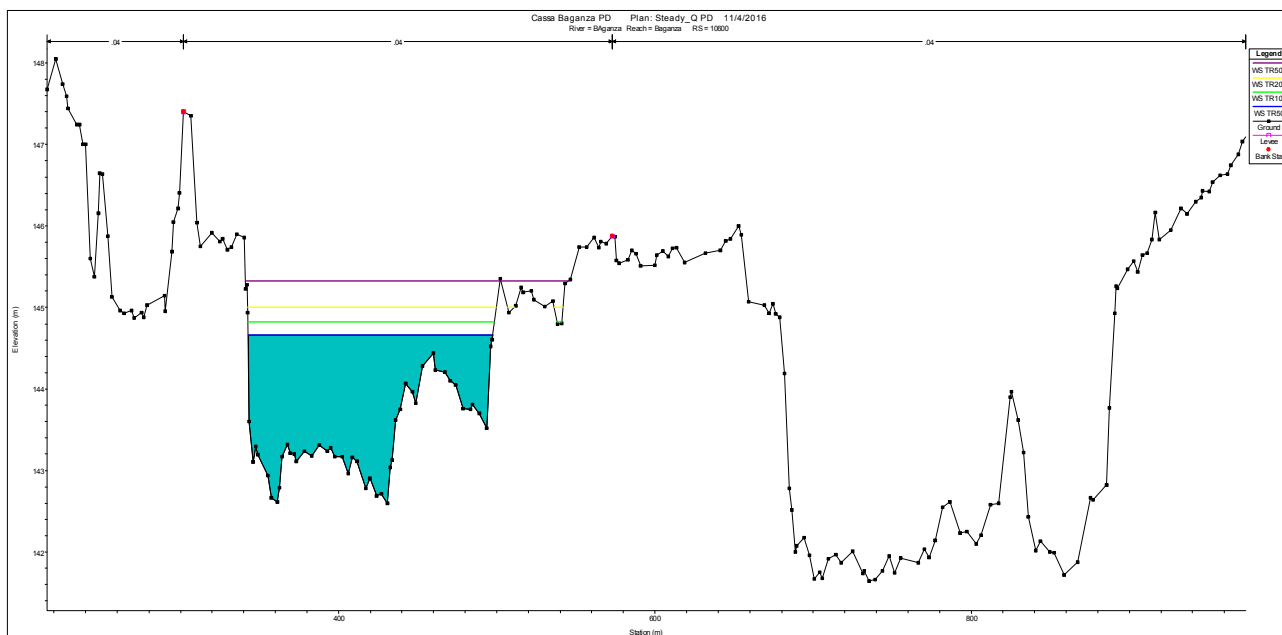
- Sez. prog. 13500: Come per le sezioni precedenti, anche in corrispondenza dell'abitato di Felino, sul terrazzo in destra idraulica è presente una depressione a tergo della sponda a rischio allagamento con conseguente riattivazione e funzionamento come corso d'acqua in parallelo al principale; a differenza dei casi precedenti, in cui le esondazioni interessano aree non urbanizzate, la depressione è in questo caso fortemente antropizzata con la presenza di un quartiere industriale. A seguito dell'esondazione del 13.10.2014, il Comune di Felino ha realizzato un argine di difesa a protezione del quartiere industriale, come da sezione riportata di seguito. Il funzionamento idraulico dello stato di fatto antecedente alla piena del 2014, di quello attuale e il confronto tra i due è stato analizzato nel dettaglio nello *"Studio progettuale degli interventi di messa in sicurezza delle aree sondabili del Torrente Baganza in Comune di felino (PR)"* (Novembre, 2015). Le conclusioni dello studio hanno confermato come la chiusura del terrazzo con il nuovo argine, ed il conseguente contenimento delle piene nell'alveo inciso senza possibilità di espansione laterale, comporti modeste variazioni di livello e velocità nell'alveo inciso nel tratto parallelo alla depressione in destra non più allagabile e una modestissima diminuzione nel colmo di piena in transito verso valle (la depressione viene attraversata dalla corrente con velocità sostenute, tali da non permettere un accumulo dei volumi idrici e quindi un effetto di laminazione vero e proprio sulle onde di piena in arrivo da monte).



- Sez. prog. 11800: Sezione tipica nel tratto compreso tra il ponte di Sala Baganza e la cava esistente in destra idraulica (area nuova cassa di espansione): è evidente la presenza di una depressione sul terrazzo destro con quote anche molto vicini al talweg del corso d'acqua. A differenza delle sezioni a monte, in questo caso lo spessore del cordone di sedimenti presente sul bordo del terrazzo garantisce una maggiore protezione dai possibili fenomeni di rottura per erosione laterale durante le piene con tempo di ritorno più elevato.



- Sez. prog. 10600: Sezione in corrispondenza della cava esistente.



6.1.2.2. Torrente Baganza: tratto nuova cassa di espansione – immissione nel torrente Parma

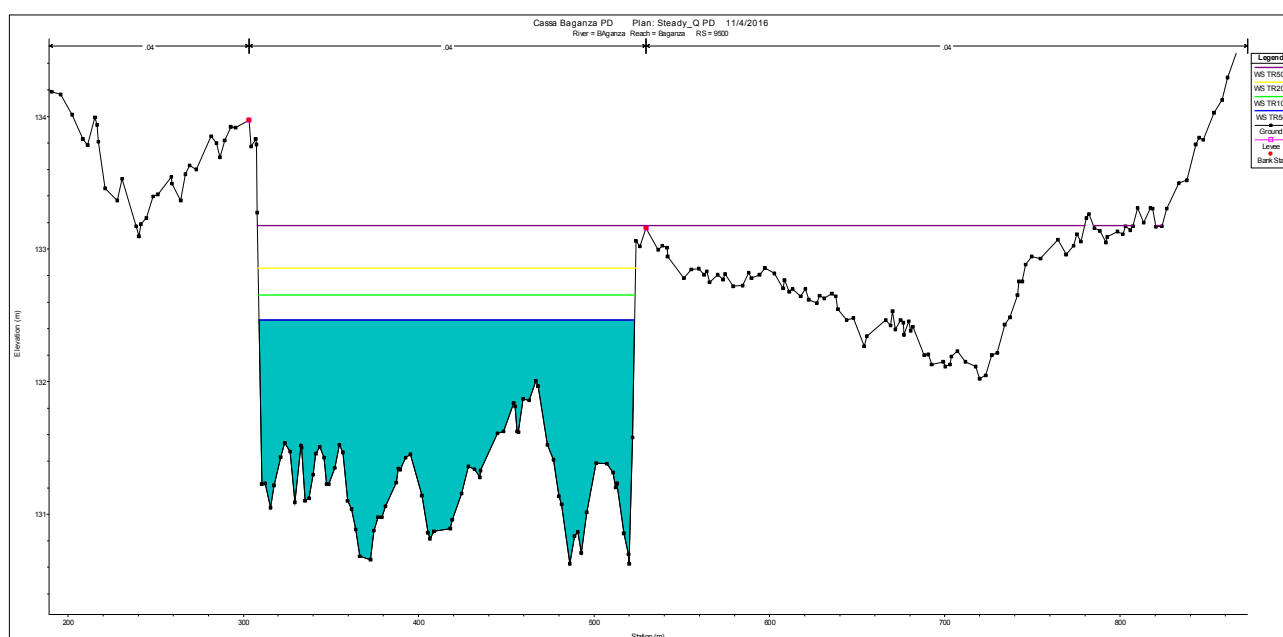
Anche nel tratto a valle della nuova cassa di espansione in progetto non si evidenziano sostanziali difformità rispetto alle fasce di esondabilità A e B individuate da AdBPo nello Schema di progetto di Variante al PAI.

Nel tratto a monte di Parma si evidenziano possibili rischi di esondazione localizzati ma con conseguente riattivazione di paleo alvei laterali e divagazione delle portate in aree anche non strettamente in prossimità del corso d'acqua principale. In corrispondenza del tratto cittadino di Parma, a valle della tangenziale, gli interventi effettuati dal Servizio Tecnico di Bacino a seguito dell'evento di piena del 13.10.2014, hanno aumentato la portata compatibile nel tratto; tuttavia per portate con tempi di ritorno superiori a 100 anni i franchi sono molto ridotti e in alcune sezioni si registrano esondazioni del corso d'acqua con tracimazione degli argini.

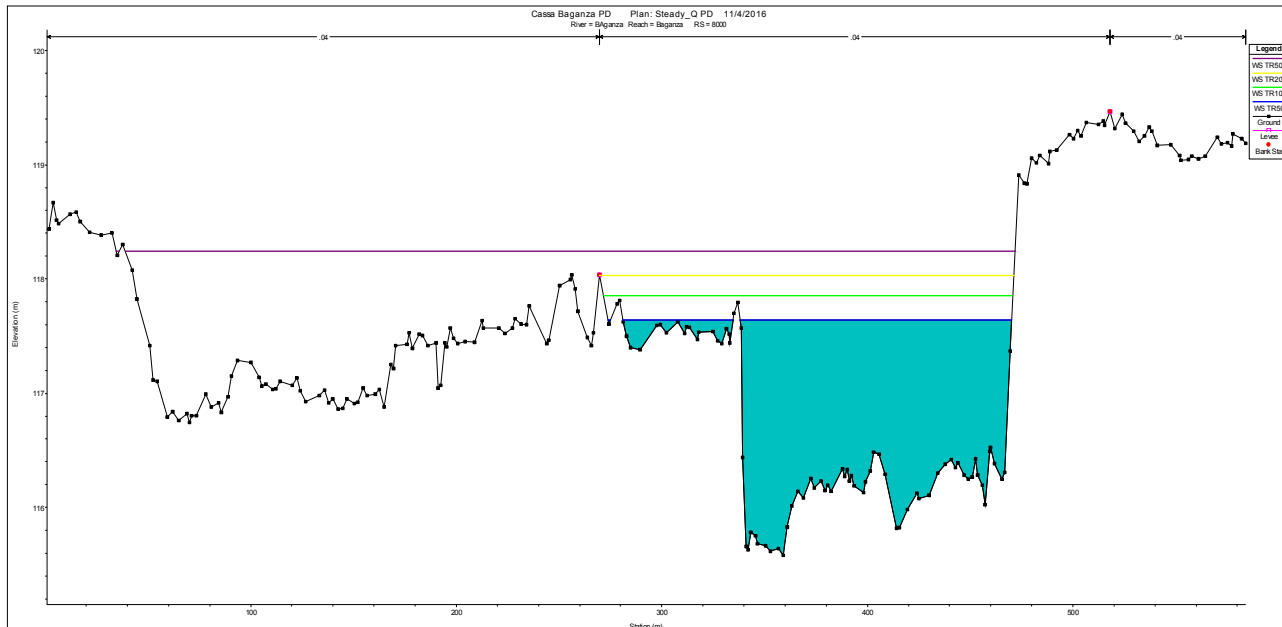
Per portate con tempi di ritorno superiori ai 50 anni la velocità della corrente si mantiene sempre alta (>2.5 m/s fino a oltre 4 m/s) su tutto il tratto esaminato.

Si riportano di seguito le sezioni maggiormente significative ed esemplificative del tratto.

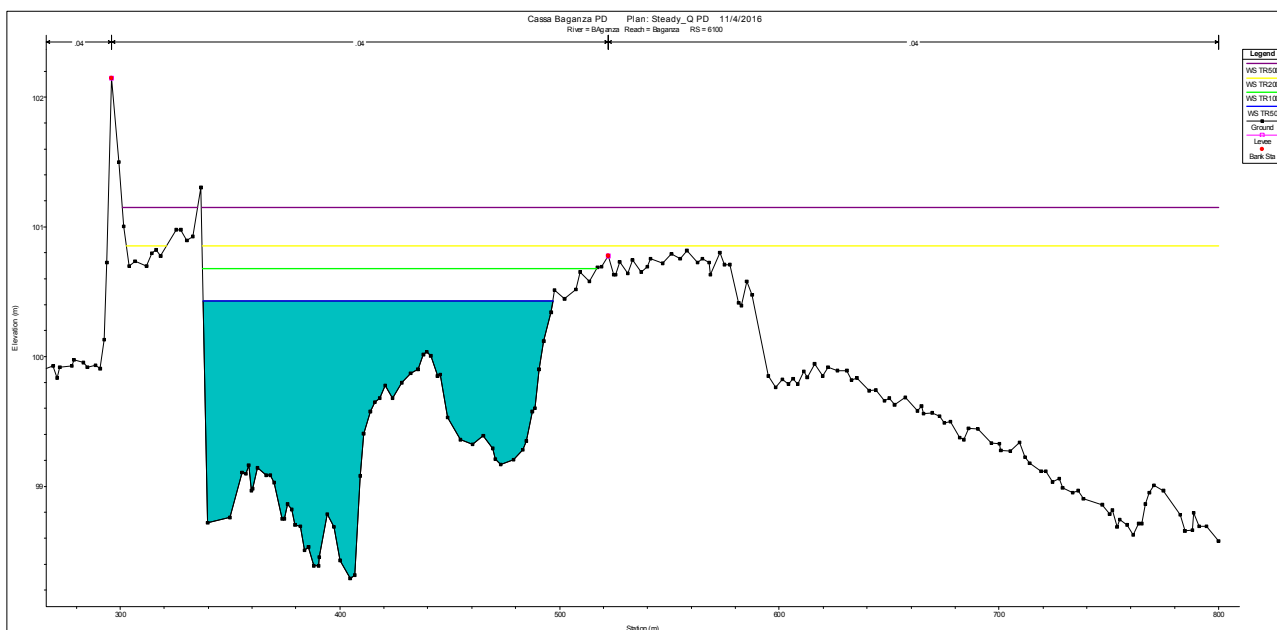
- Sez. prog. 9500: Subito a valle della cava esistente si evidenzia per le portate con tempo di ritorno più gravoso (TR500 anni ovvero 200 anni in caso di erosione di sponda e rottura cordone sedimenti di protezione) il rischio di allagamento del terrazzo in destra idraulica con riattivazione di un paleo alveo esistente.



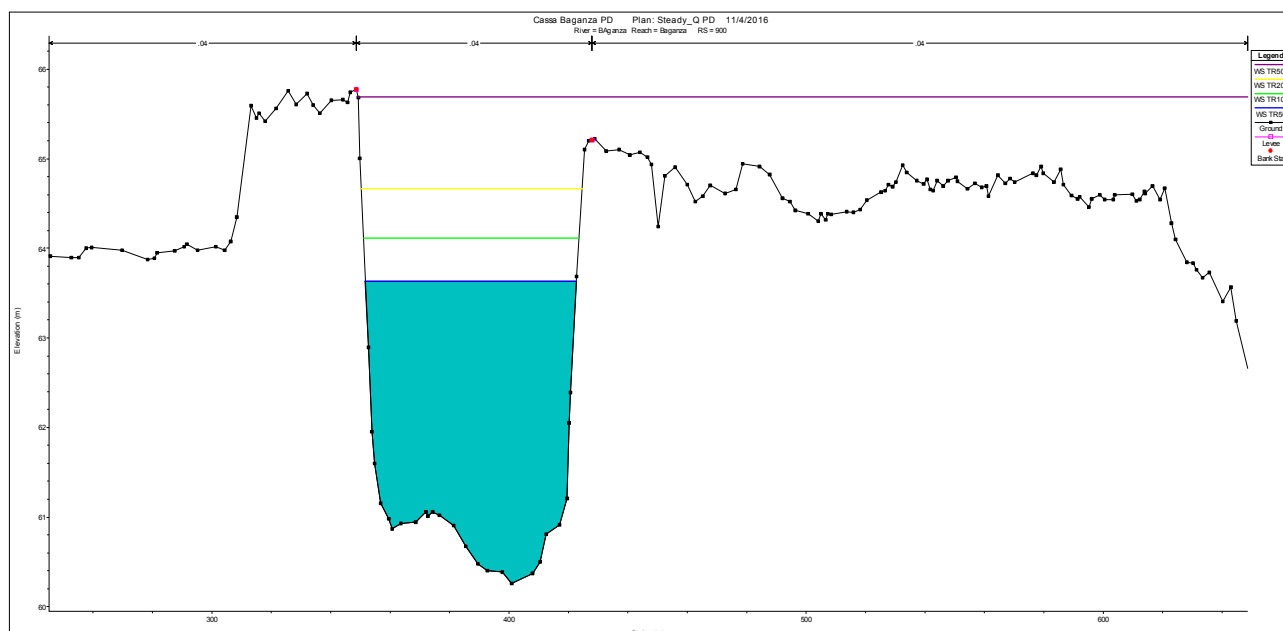
- Sez. prog. 8000: Località Beneficio - rischio disalveamento in sponda sinistra e riattivazione paleo alveo esistente (criticità confermata durante l'evento alluvionale dell'ottobre 2014 con divagazione delle poratte fino case Zingari e località Scarzara).



- Sez. prog. 6100: Località Gaione - rischio esondazione ed allagamento della depressione in destra idraulica per portate con tempi di ritorno superiori ai 200 anni.



- Sez. prog. 900: Tratto cittadino di Parma: esondazione in sinistra idraulica in corrispondenza della doppia curva compresa tra le sezioni alle progressive 2.400 e 2.000 ed esondazioni in destra e sinistra idraulica nel tratto subito a monte di Ponte Nuovo (criticità confermata durante l'evento alluvionale dell'ottobre 2014).



6.1.2.3. Torrente Parma: tratto cassa di espansione – confluenza con Baganza

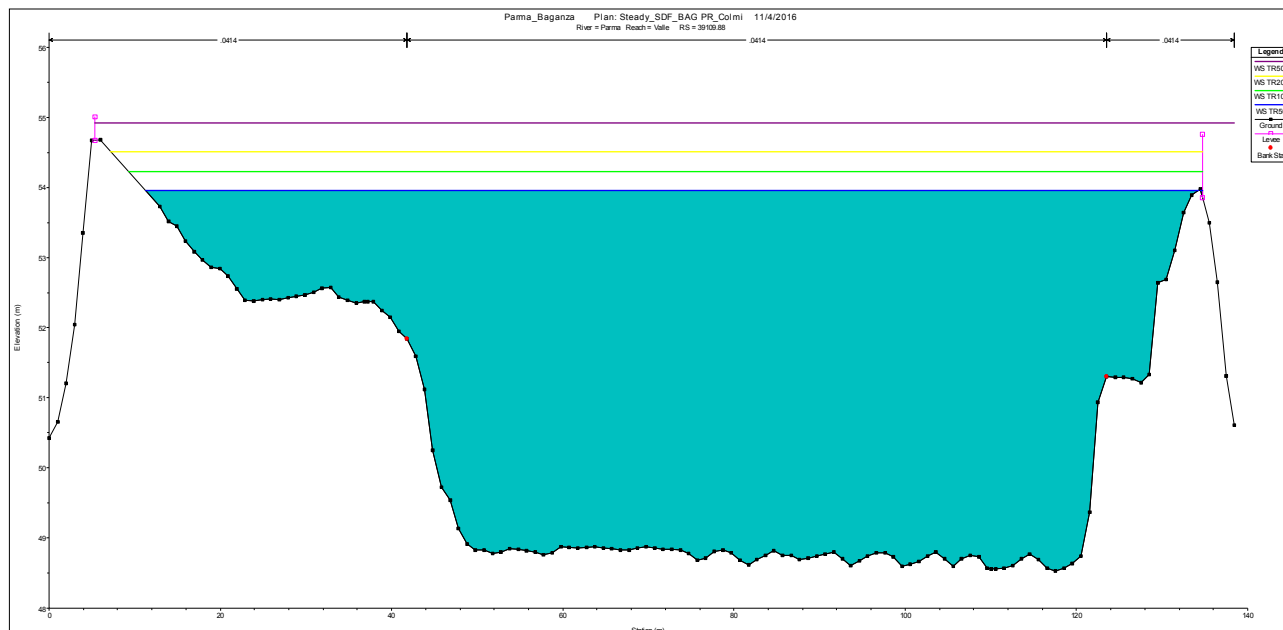
La portata massima è limitata artificialmente dalla cassa di espansione di Marano; i franchi di sicurezza rispetto alle quote arginali sono sempre superiori al metro. Non si segnalano particolari criticità.

6.1.2.4. Torrente Parma: tratto cittadino da immissione Baganza a ponte ferrovia MI-BO

La portata compatibile con adeguati franchi di sicurezza nel tratto cittadino del torrente Parma è di 900-950 mc/s.

La concomitanza di un evento di piena con tempo di ritorno superiore o uguale ai 100 anni sul Baganza con uno pari a 100 anni sul Parma e tempo di pioggia 12 ore (Susin, 1988), nell'ipotesi di sovrapposizione dei colmi di piena, fa registrare picchi di portata superiori ai 1000 mc/s e quindi l'azzeramento dei franchi di sicurezza sul tratto e l'esondazione in alcune sezioni.

- Sez. prog. 39109: Sezione subito a valle del ponte della ferrovia MI-BO; esondazioni in destra idraulica per una piena con tempo di ritorno pari a 500 anni sul Baganza e franchi ridotti (10-15 cm) per una piena con tempo di ritorno 200 anni.

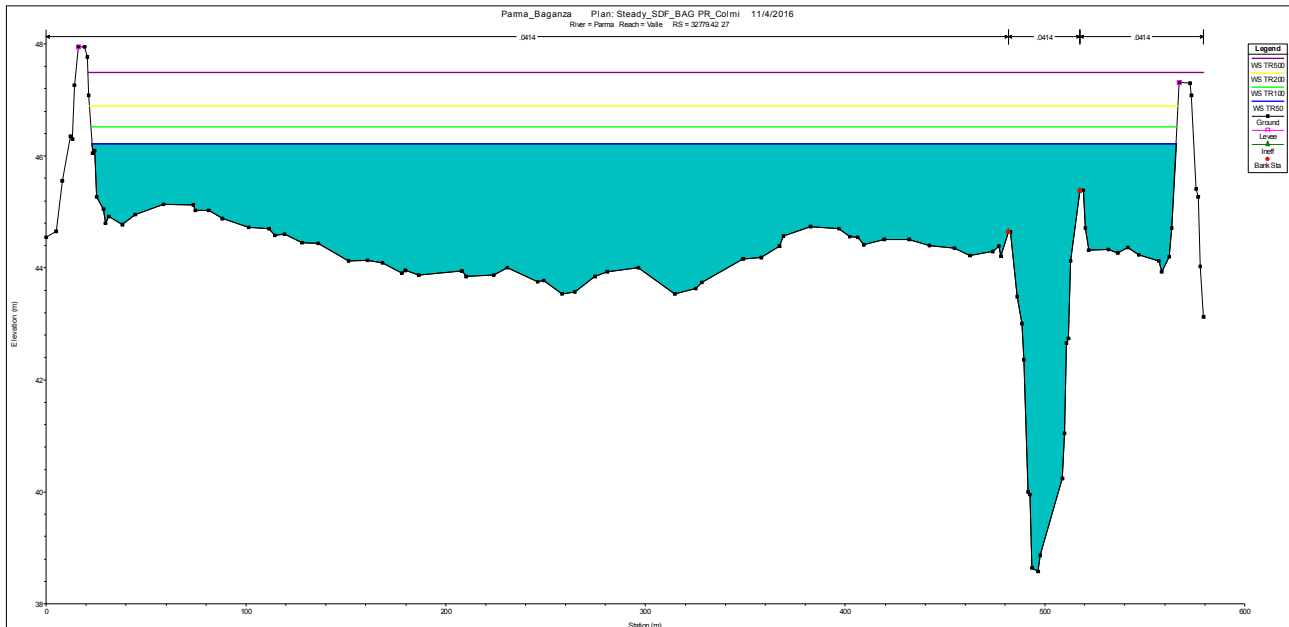


6.1.2.5. Torrente Parma: tratto ponte ferrovia MI-BO – abitato Colorno

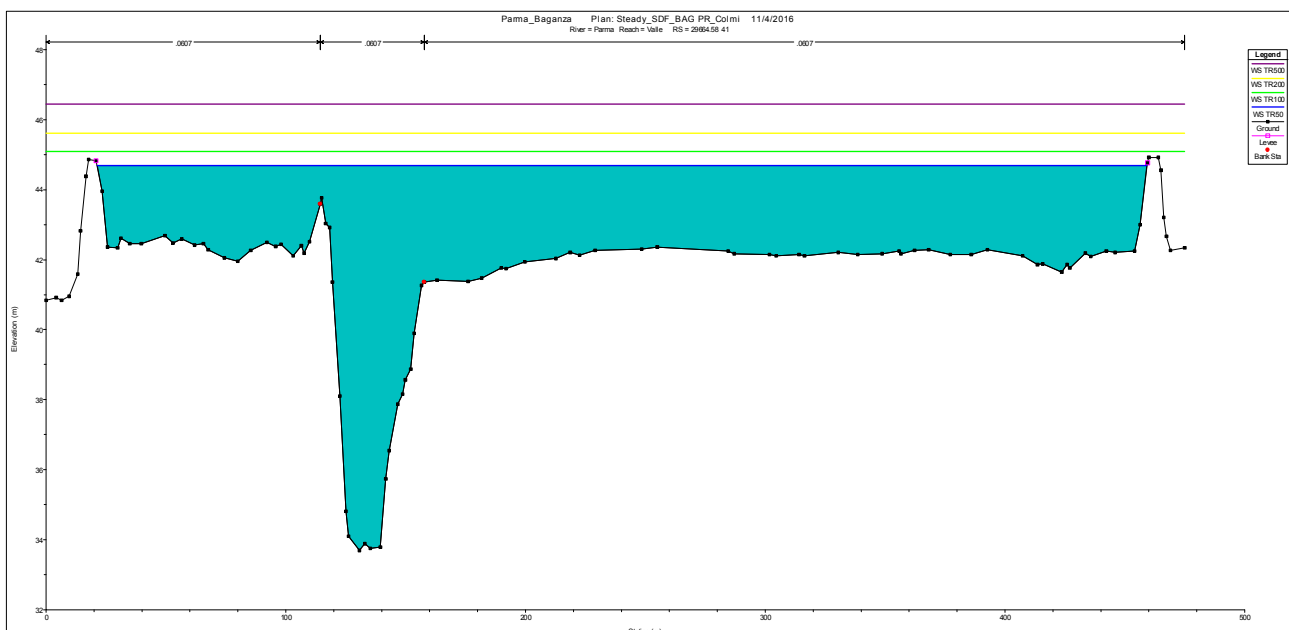
La portata compatibile nel tratto tra Parma e Colorno è pari a un valore mediamente compreso tra i 500-600 mc/s a franco nullo (il tratto compreso tra la ferrovia MI-BO e l'autostrada presenta invece un'officiosità idraulica simile a quella del tratto cittadino); la combinazione di un evento di piena pari a 100 anni sul bacino del Parma (limitato a 350 mc/s dalla cassa di Marano) e di eventi di piena superiori ai 10 anni sul Baganza fa registrare superamenti delle quote arginali diffusi su gran parte del tratto. Nello stesso modo la combinazione di eventi di piena con tempi di ritorno superiori ai 50 anni sul Baganza ($Q > 550$ mc/s) e limitate portate nel Parma mettono in crisi gran parte del tratto.

Si riportano di seguito le sezioni maggiormente significative ed esemplificative del tratto.

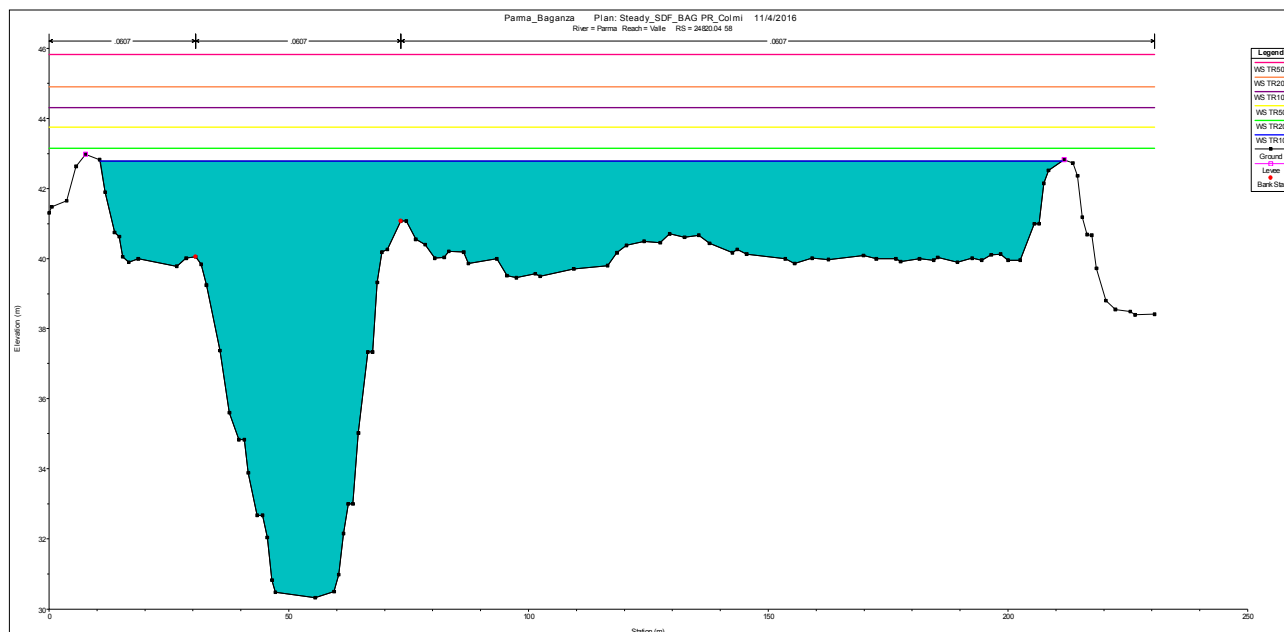
- Sez. prog. 32779: Sezione nel tratto compreso tra la ferrovia MI-BO e l'autostrada A1: in questo tratto l'officiosità idraulica è simile a quella del tratto cittadino di Parma (900-950 mc/s). Si evidenziano, in particolare nelle sezioni terminale a monte del ponte sull'A1 limitati franchi di sicurezza rispetto all'argine destro (quota sommità più bassa rispetto ad argine sinistro) per picchi di piena sul Baganza di TR 200 anni ed esondazioni per TR 500 anni.



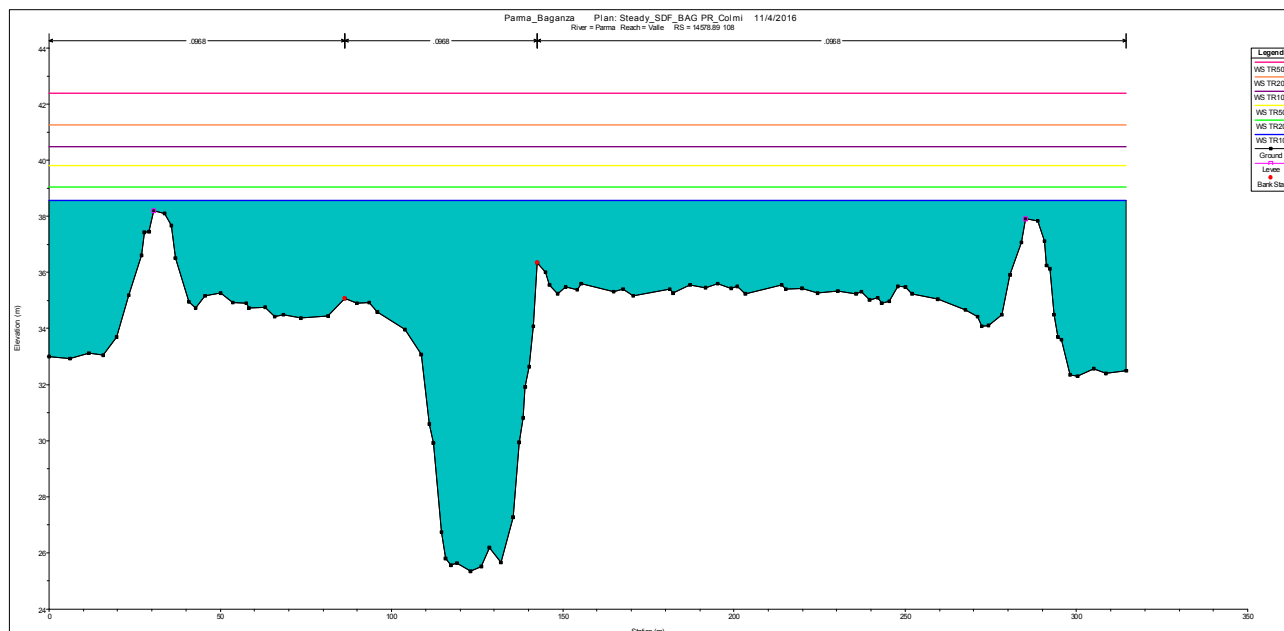
- Sez. prog. 29664: Sezione subito a valle di Baganzola: esondazioni per portate sul Baganza con tempo di ritorno superiore a 50 anni e franchi di sicurezza praticamente azzerati per portate con TR 50 anni.



- Sez. prog. 24820: Sezione nel tratto compreso tra Baganzola e Rivarolo: esondazioni in destra e sinistra idraulica per portate superiori ai 600 mc/s.



- Sez. prog. 14578. Sezione nel tratto compreso tra Rivarolo e Colorno: esondazioni in destra e sinistra idraulica per portate superiori ai 600 mc/s.



6.1.2.6. Torrente Parma: tratto Colorno – confluenza in Po

Una delle criticità maggiori di questo tratto è legata alla presenza di quattro ponti di cui uno, quello di Piazza Garibaldi con sezione notevolmente ristretta rispetto alle sezioni aperte a monte dell'abitato di Colorno (si ricorda che le simulazioni sono state condotte nell'ipotesi di ponte della ferrovia Brescia-Parma ricostruito con rizezionamento delle sezioni di alveo a monte e valle secondo gli schemi di progetto dell'ente gestore della rete RFI).

Le nuove simulazioni idrauliche condotte con alveo "scabro" (vedi paragrafo relativo alla calibrazione del modello – capitolo 4) hanno evidenziato una riduzione dell'officiosità idraulica del tratto rispetto a quelle con alveo "pulito" (condizione invernale). A favore di sicurezza, in condizioni di moto permanente, non è stato considerato l'effetto benefico di laminazione che una scabrezza più elevata in alveo avrebbe sulla riduzione dei picchi di piena naturali (condizione verificatasi ad esempio nell'evento alluvionale del 13.10.2014).

Le simulazioni eseguite nel presente studio individuano una non compatibilità delle portate in transito per nessuno dei tempi di ritorno simulati, compreso il TR5 anni sul Baganza sommato al TR100 anni sul Parma (577 mc/s).

6.1.3 Stato di progetto

6.1.3.1. Torrente Baganza: tratto Calestano – nuova cassa di espansione di Casale

I profili idraulici rimangono inalterati rispetto allo stato di fatto, a meno di eventuali interventi di valorizzazione dei terrazzi fluviali a fini di laminazione delle piene non considerati nelle verifiche idrauliche.

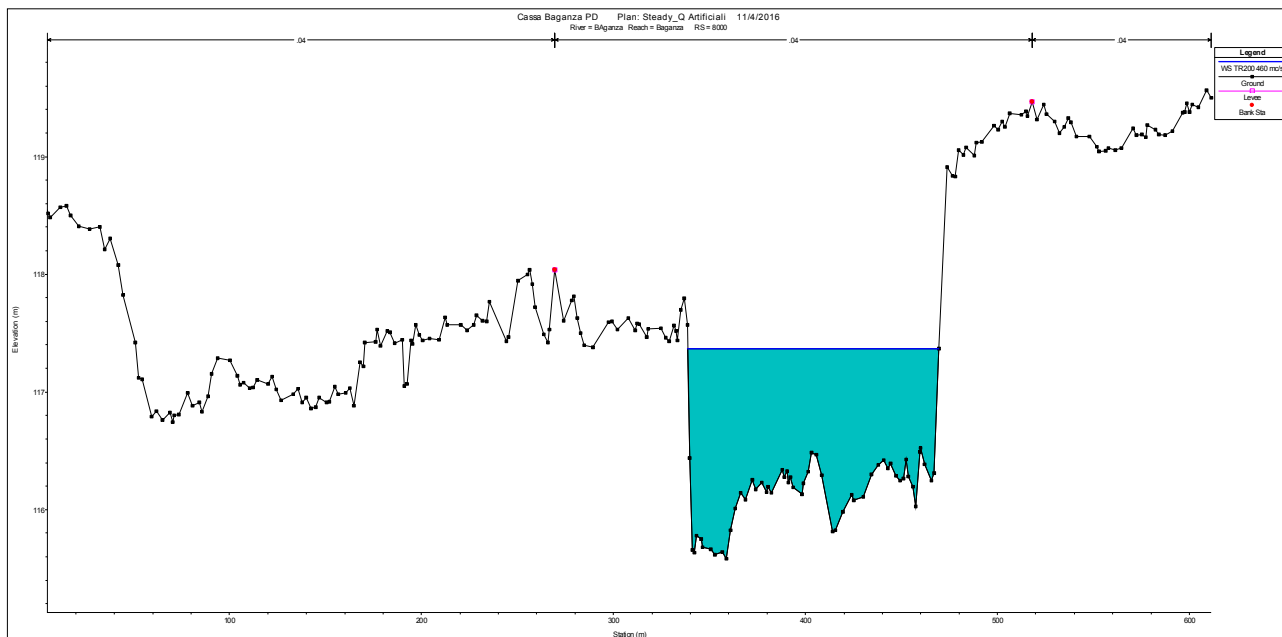
6.1.3.2. Torrente Baganza: tratto nuova cassa di espansione – immissione nel torrente Parma

Con la nuova portata massima transitabile nel tratto in esame (460 mc/s per un TR200 anni – luci manufatto cassa Baganza parzializzate) vengono eliminate le criticità legate alle possibili esondazioni e disalveamenti in destra e sinistra idraulica e i possibili superamenti delle quote arginali nel tratto cittadino compreso tra la tangenziale e l'immissione in Parma.

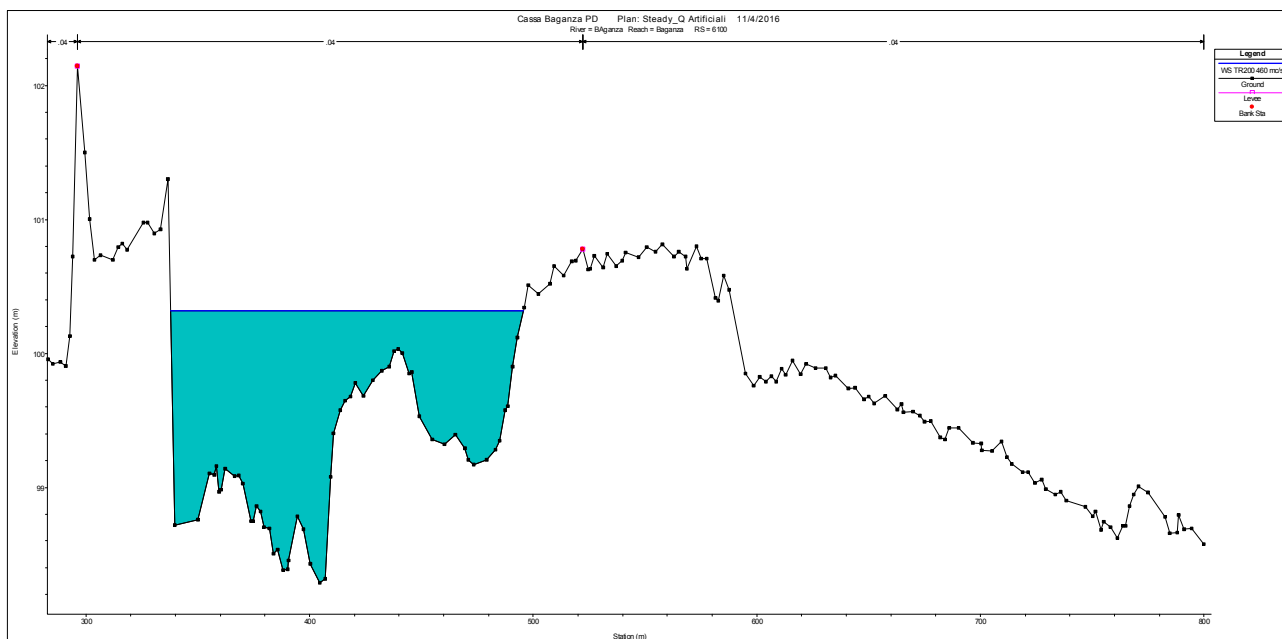
Le velocità della corrente rimane tuttavia sostenuta (tra i 2.5 e i 3 m/s) per cui le criticità individuate a livello di geomorfologia dell'alveo devono comunque essere tenute in considerazione, in particolare per quanto riguarda la difesa delle sponde.

Si riportano di seguito le sezioni maggiormente significative ed esemplificative del tratto.

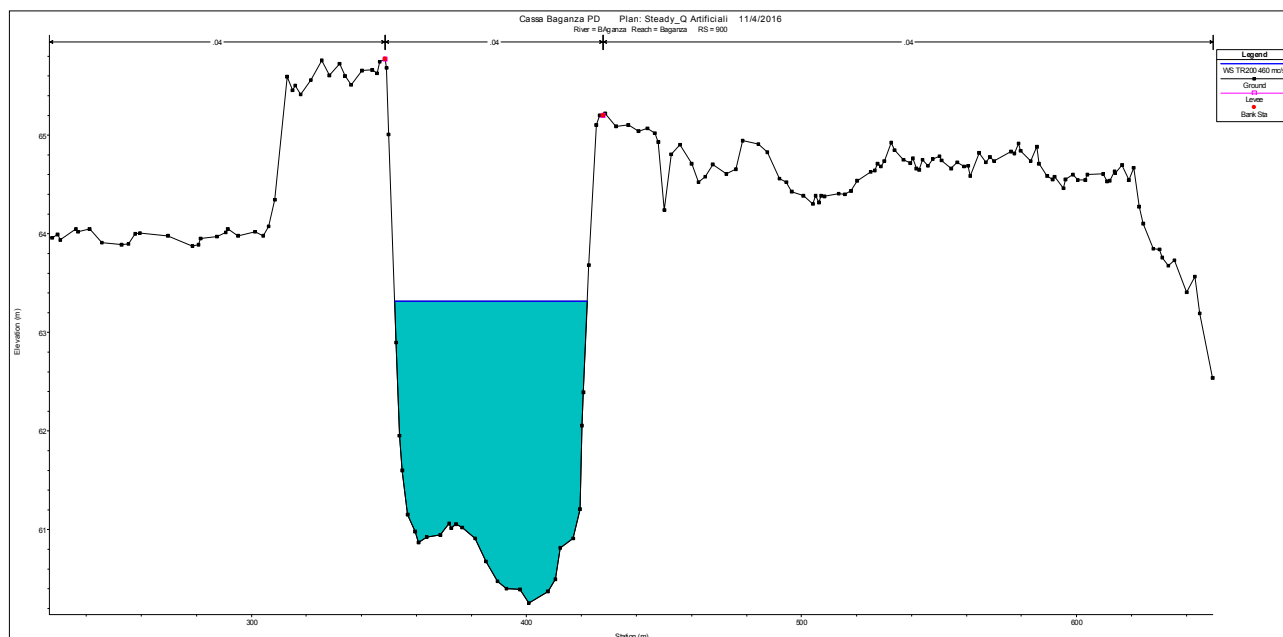
- Sez. prog. 8000: Località Beneficio: franco di sicurezza di circa 40 cm rispetto al ciglio di sponda sinistro.



- Sez. prog. 6100: Località Gaione: franco di sicurezza di circa 40 cm rispetto al ciglio di sponda destra



- Sez. prog. 900: Tratto cittadino di Parma: i franchi di sicurezza rimangono superiori al metro su tutto il tratto.



6.1.3.3. Torrente Parma: tratto cassa di espansione – confluenza del torrente Baganza

I profili idraulici rimangono inalterati rispetto allo stato di fatto.

6.1.3.4. Torrente Parma: tratto cittadino da immissione del torrente Baganza al ponte della ferrovia MI-BO

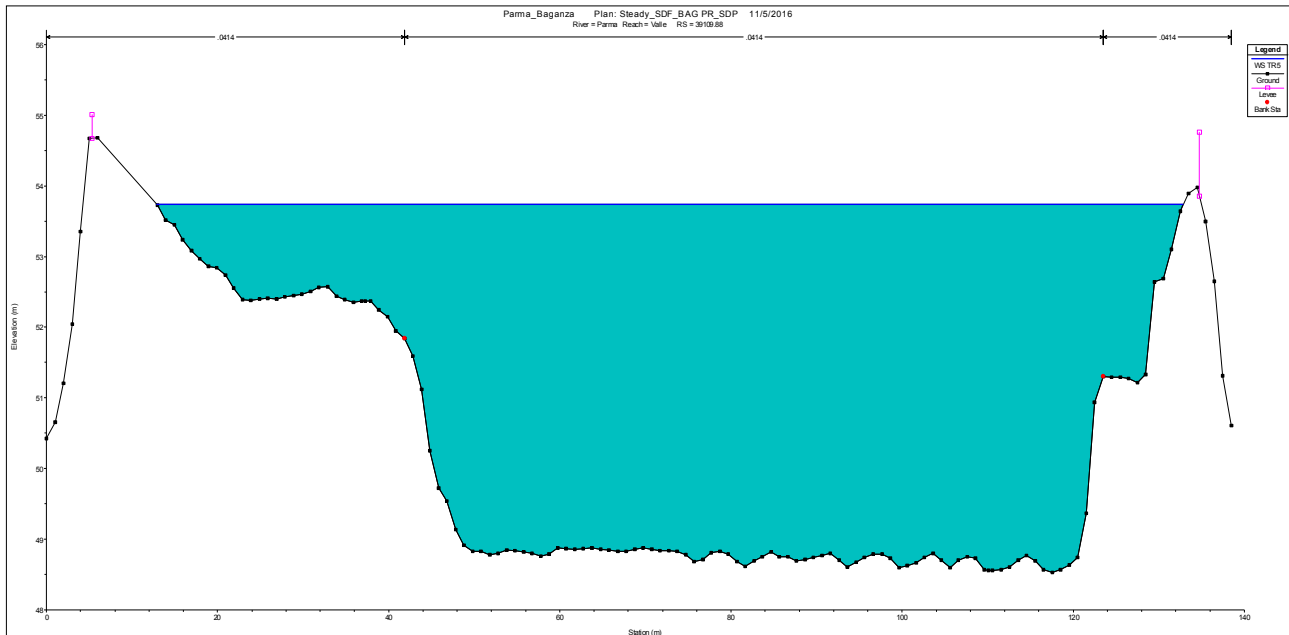
Il pericolo di fenomeni di esondazione dovuti alla combinazione tra i colmi delle portate naturali del Baganza e le onde di piena artificiali in uscita dalla cassa di espansione del Parma (fino ad un TR 100 anni) viene eliminato.

La somma delle portate di picco in uscita dalla cassa sul Baganza nello scenario più gravoso (1.C.F – sovrapposizione picchi di piena e luci parzializzate), ovvero 445 mc/s per TR100 anni in uscita dalla cassa Baganza e 350 mc/s da cassa Parma, per un totale di 795 mc/s, è compatibile con la portata massima ammissibile nel tratto cittadino, con adeguati franchi di sicurezza.

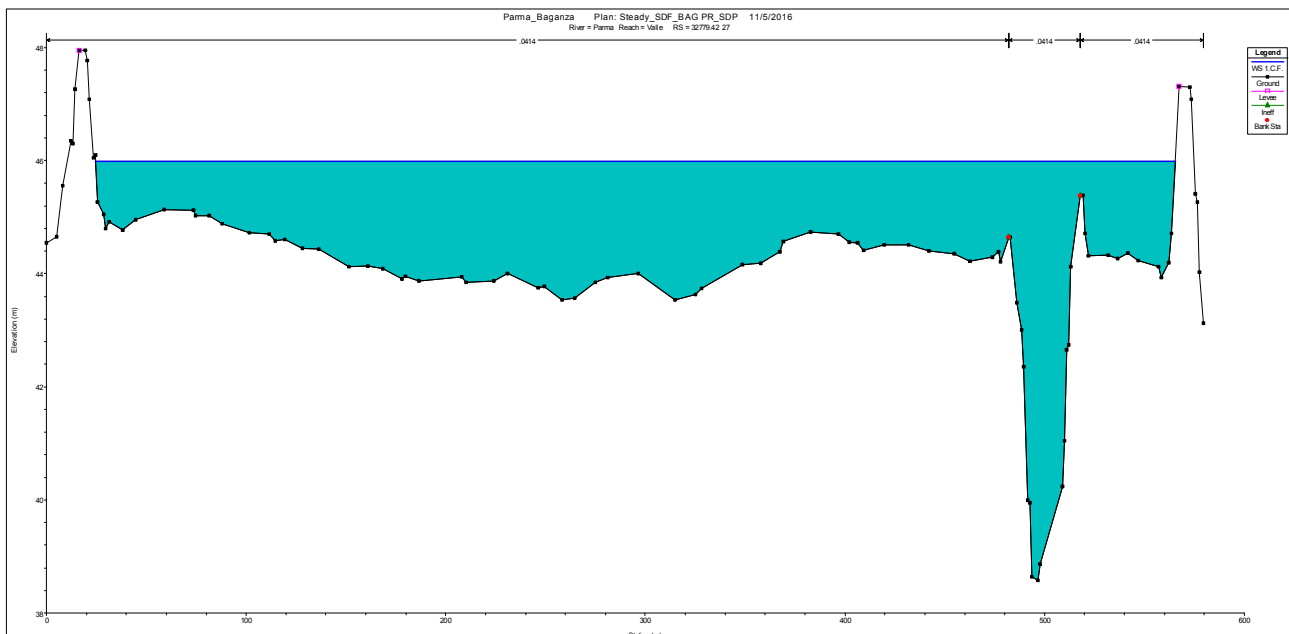
Anche le portate di picco per eventi di piena con TR200 anni sul Baganza, sommate a un TR100 sul Parma, senza manovre sulle paratoie, sono compatibili con il tratto cittadino di Parma ($Q_{max} = 810$ mc/s).

La combinazione infine di un evento di piena duecentennale simultaneo sui torrenti Parma e Baganza in condizioni di luci fisse, senza manovre sulle paratoie di entrambe le casse ($Q_{max} = 920$ mc/s), risulta compatibile con il transito nel tratto cittadino, seppur con franchi di sicurezza molto ridotti, in particolare in condizioni di alveo “scabro”.

- Sez. prog. 39109: Sezione subito a valle del ponte della ferrovia MI-BO; si segnala il franco di sicurezza di circa 1 metro rispetto all'estradosso dell'argine.



- Sez. prog. 32779: Sezione nel tratto compreso tra la ferrovia MI-BO e l'autostrada A1: il franco di sicurezza rispetto alla quota di sommità arginale è di circa 1.3 metri rispetto all'argine destro e di circa 2 metri rispetto a quello sinistro. Rispetto alle quote idriche raggiunte nell'evento di piena del 2014, la sicurezza idraulica del tratto è verificata; tuttavia viene a mancare una quota parte dell'effetto di laminazione in golena del tratto.



6.1.3.5. Torrente Parma: tratto ponte ferrovia MI-BO – abitato Colorno

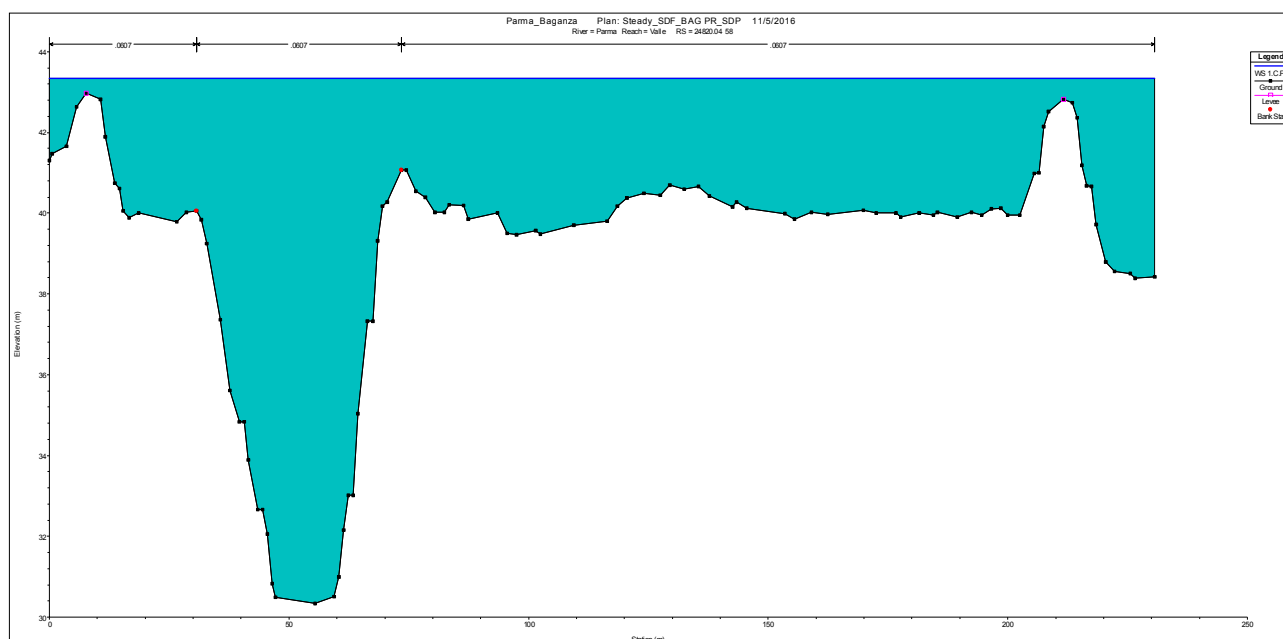
Gli scenari più gravosi da considerare in questo tratto sono quello relativo alla sovrapposizione dei picchi di portata in caso di luci fisse in uscita dalle due casse (1.C.F) e quello di sfasamento dei picchi con Baganza in ritardo rispetto al picco del Parma (3.P.F.).

In entrambi gli scenari, la permanenza di un picco di portata superiore a 550-600 mc/s (portata massima compatibile a franco nullo su gran parte del tratto, in particolare a valle di Baganzola) per diverse ore (circa 10 nello scenario 1.C.F con un picco di 780 mc/s e circa 8 nello scenario 3.P.F. con un picco di circa 750 mc/s) provoca l'esondazione del torrente in diverse sezioni.

A differenza dell'evento di piena del 13.10.2014, in cui la combinazione di un picco di piena elevato con un volume di piena relativamente modesto rispetto a quello di progetto (idrogrammi sintetici), non ha provocato esondazioni sul tratto grazie al taglio del picco di portata nelle golene subito a valle di Parma e a monte di Baganzola (si rimanda ai paragrafi seguenti per ulteriori considerazioni), gli idrogrammi artificiali di progetto presentano un picco di portata più basso ed un volume quasi raddoppiato rispetto all'evento naturale del 2014. Le golene non vengono quindi sfruttate in maniera efficiente visti i modesti tiranti idrici sulle stesse, in particolare nelle sezioni subito a valle della città, e il volume non sarebbe comunque sufficiente a contenere l'onda di piena laminata dalle due casse a monte (circa 4.000.000 di mc in transito per portate superiori ai 600 mc/s nello scenario 1.C.F.).

Si ritiene quindi significativa in questa fase di progetto la verifica eseguita in condizioni di alveo "scabro", senza considerare l'effetto di laminazione delle portate lungo il tratto, per la simulazione delle onde di piena artificiali.

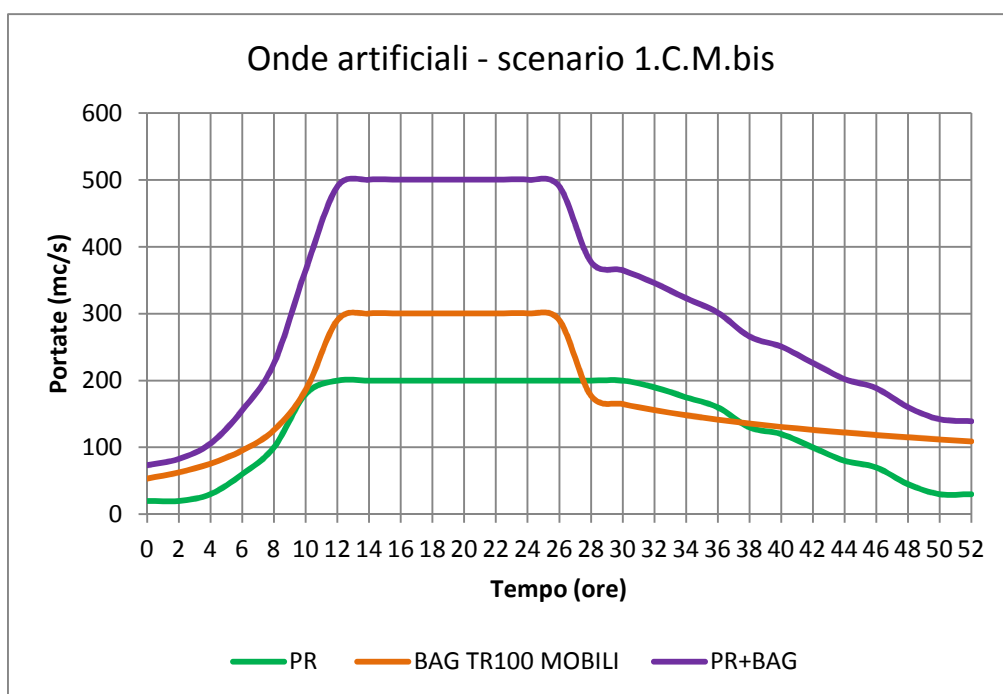
- Sez. prog. 24820: Sezione nel tratto compreso tra Baganzola e Rivarolo: si segnalano esondazioni in destra e sinistra idraulica per portate superiori ai 550-600 mc/s (scenari 1.C.F e 3.P.F. in particolare considerata anche la permanenza dei picchi di piena per tempi superiore alle 8 ore e i volumi in transito).



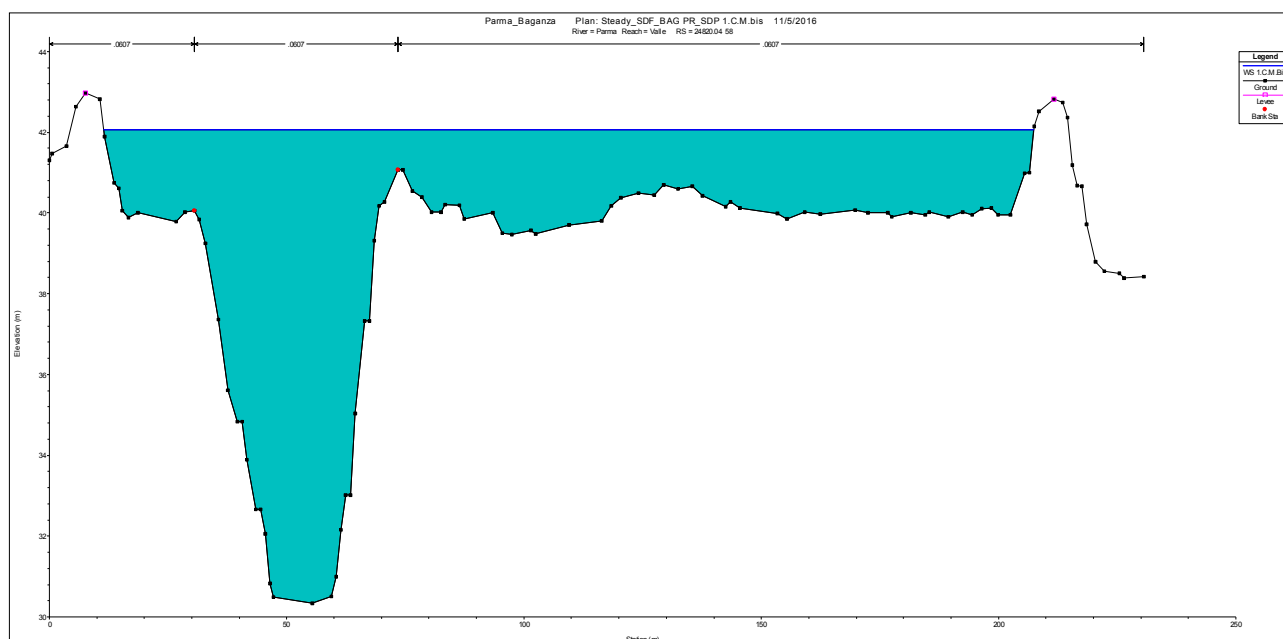
Per la sicurezza idraulica del tratto a valle della città di Parma ed in particolare a valle dell'autostrada A1, dall'abitato di Baganzola a Colorno, è quindi necessario manovrare in maniera opportuna le paratoie per aumentare l'efficienza delle casse sul Parma e sul Baganza. Il "presupposto" è naturalmente quello di avere un'informazione completa sull'evento in atto sul bacino del Parma e del Baganza, al fine di gestire la parzializzazione ottimale delle paratoie.

Gli scenari 1.C.F. e 3.P.F, più gravosi e compatibili con le aste del Baganza fino all'immissione in Parma e del Parma fino all'autostrada A1, devono quindi essere portati alla condizione 1.C.M e 3.P.M (stesse condizioni di sovrapposizione e sfasamento dei colmi ma regolazione con paratoie mobili sulla cassa del Baganza).

Al fine di garantire un adeguato franco di sicurezza rispetto alla quota di sommità arginale è inoltre necessaria un'ulteriore manovra di regolazione sulla cassa esistente di Marano sul Parma per ridurre i 350 mc/s in uscita ad almeno 200/250 mc/s (Scenario 1.C.M.bis) in particolare in condizioni di alveo "scabro". Ovviamente la modifica della portata in uscita dalla cassa del Parma rispetto alle ipotesi di progetto (Susin, 1988) comporta una resilienza "teorica" (rimane di difficile attribuzione un tempo di ritorno complessivo per scenari combinati su due bacini tributari regolati da due casse) del tratto a valle di Parma minore rispetto al tempo di ritorno garantito nel tratto cittadino senza manovre (100 anni), ma comunque aumentata rispetto allo stato di fatto sollecitato dalle onde di piena naturali assunte alla base della progettazione (idrogrammi sintetici). L'eventuale aumento di resilienza per il tratto in esame e per quello a valle dovrebbe passare per un'ulteriore valorizzazione della capacità di invaso delle golene (in particolare nel tratto subito a valle di Parma).

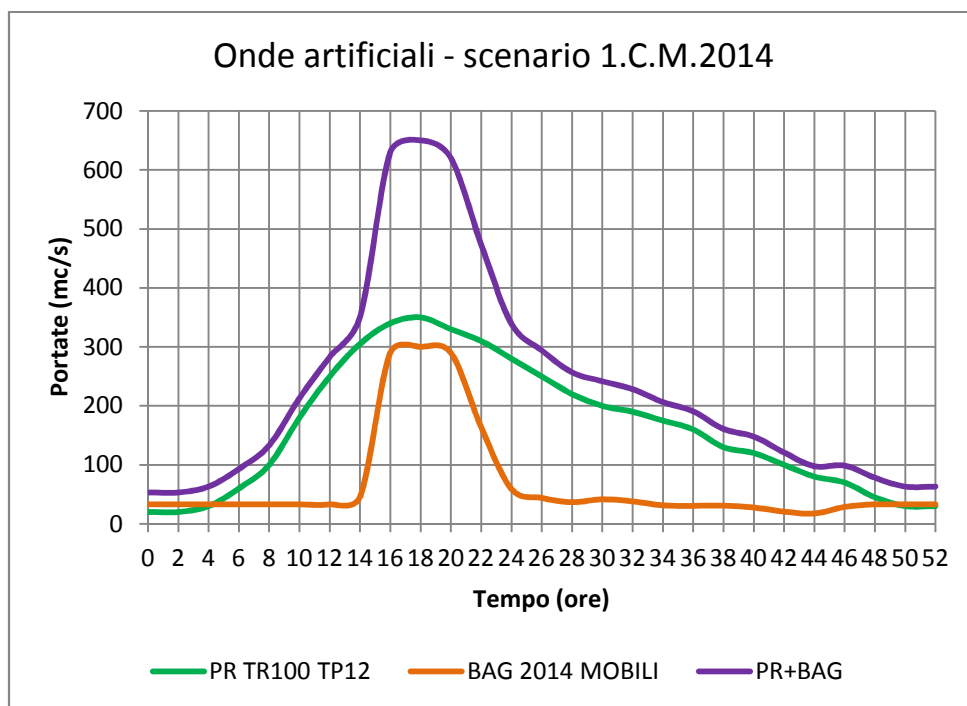


- Sez. prog. 24820: Sezione nel tratto compreso tra Baganzola e Rivarolo: scenario 1.C.M.bis ($Q_{max} = 500$ mc/s)



Un'ulteriore considerazione in merito alla necessità di manovre sulle casse per la protezione del tratto a valle di Parma può essere fatta simulando la propagazione delle portate in uscita dalla cassa con l'evento di piena del 13.10.2014 con paratoie mobili (vedi simulazioni statiche del funzionamento della cassa di espansione - relazione BAG2_02IDR_R_RE_02) combinato con un evento con TR100 anni sul torrente Parma senza regolazione e sovrapposizione colmi.

Fatto salvo il presupposto di una informazione completa e in tempo reale sull'evento in atto sul bacino del Parma e del Baganza, e sulla portata effettivamente in transito a valle della confluenza, anche in questo caso si sarebbe resa necessaria una regolazione delle portate anche sulla cassa di Marano per la protezione del tratto a valle della città di Parma (la regolazione effettivamente avvenuta sulla cassa del Parma durante l'evento di piena del 2014 fu messa in atto non solo per questo tratto ma ovviamente anche per il tratto cittadino di Parma, che nello stato di progetto con le due casse in funzione è resiliente anche senza regolazione delle portate).



6.1.3.6. Torrente Parma: tratto Colorno – confluenza in Po

Valgono le stesse considerazioni riportate al paragrafo precedente, con una possibile ulteriore regolazione in riduzione per determinati valori di Po (informazione ottenibile in fase di gestione reale con adeguato tempo di anticipo) e nuove tarature delle scale di deflusso a Colorno in particolare in corrispondenza del ponte di Piazza Garibaldi, considerando condizioni “estive” o “invernali” della vegetazione fluviale e “buona” o “cattiva” manutenzione dell'alveo (rimozione della vegetazione infestante e di corpi di frana).

A valle delle simulazioni eseguite si ritiene quindi opportuno un aggiornamento dei grafici dei franchi a Colorno per diversi livelli idrici in Po e con portate in arrivo da monte comprese tra i 300 e i 600 mc/s sulla base di modellazioni 2D di dettaglio.

6.2 ANALISI A SUPPORTO DELLO STUDIO GEOMORFOLOGICO DELL'ASTA DEL BAGANZA

6.2.1 Stato di fatto – geometria 2014 e 2016.

La geometria simulata è quella ricavata dai rilievi LiDAR 2014 (da Calestano a Felino) e 2016 (da Felino alla immissione in Parma).

Le verifiche sono state condotte in moto permanente, con i colmi indicati nelle tabelle al capitolo 4.1.1, e in moto vario con l'idrogramma di piena ricostruito per l'evento di piena del 13 ottobre 2014 (DICATeA, 2015), in particolare al fine della valutazione della eventuale capacità di laminazione dei terrazzi soggetti ad allagabilità per gli eventi di piena più gravosi.

Per modellare l'allagamento di aree depresse in cui è individuabile chiaramente un paleo alveo riattivabile come ramo secondario in parallelo al corso d'acqua principale, a supporto delle analisi geomorfologiche, sono state condotte simulazioni con schemi quasi-bidimensionali (la sponda che viene superata per determinati livelli idrici sul corso d'acqua principale viene modellata come sfioratore laterale – “lateral structure”, e le aree depresse, paleo alvei, come “river” secondari, con rientro in quello principale sempre attraverso “lateral structure”).

Si rimanda alla relazione di studio geomorfologico allegata al progetto definitivo dell'opera (documento BAG2_02IDR_R_RE_03_Relazione geomorfologica) per una lettura dei risultati.

6.2.2 Il modello idraulico del Baganza anno 1972

A supporto della relazione geomorfologica allegata al progetto è stato implementato un modello idraulico monodimensionale del Baganza con le sezioni trasversali disponibili sul sito web <http://geoportale.agenziapo.it/> nella sezione rilievi topografici.

La simulazione è stata condotta sia in moto permanente che in moto vario ed è stata utile per un confronto tra il funzionamento idraulico del corso d'acqua nel 1972 e quello attuale.

Si riporta di seguito la sovrapposizione dello stato di fatto al 1972 e quello attuale (LiDAR 2014/2016) e si rimanda alla relazione geomorfologica per ulteriori approfondimenti.

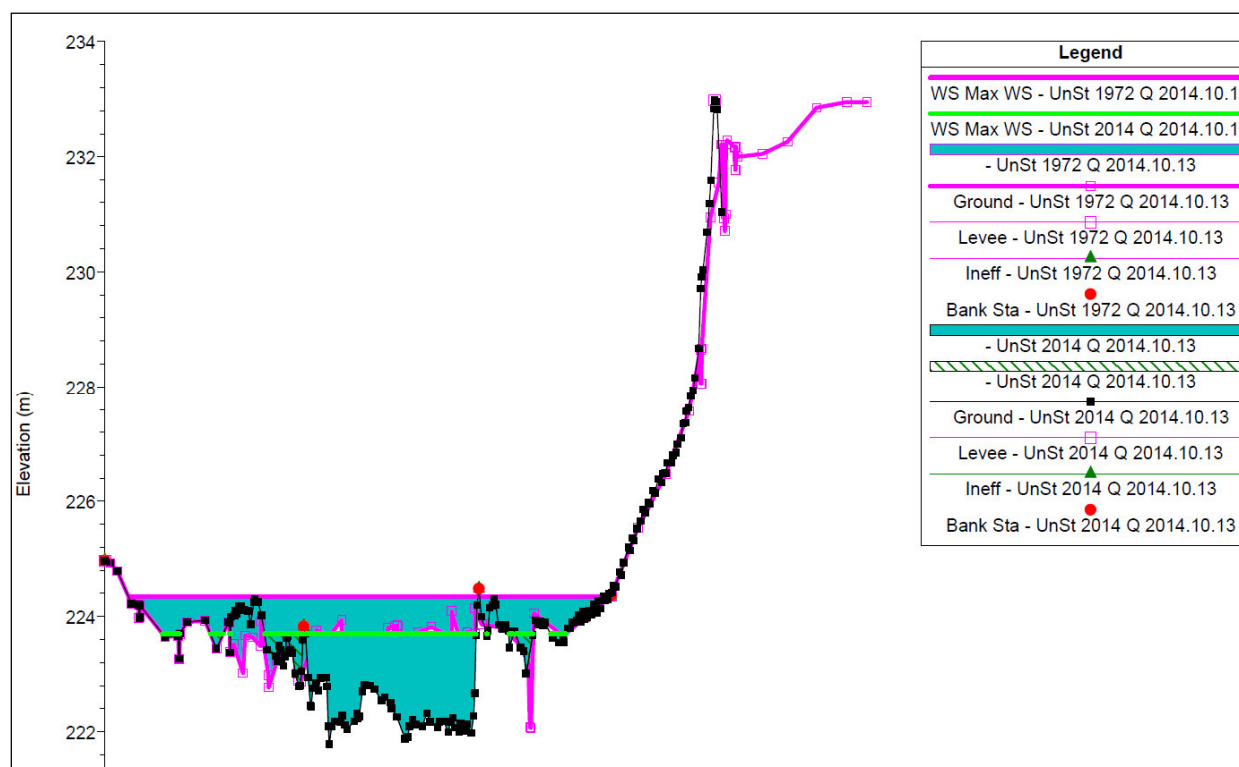


Figura 31 – Sezione idraulica 46 geoportale AIPO - progressiva 17058 rilievo LiDAR Baganza - sovrapposizione geometrie e livelli idrici moto vario piena 13.10.2014

6.3 CONSIDERAZIONI AGGIUNTIVE SULL'ANALISI TORRENTE PARMA TRATTO A VALLE DELLA CITTA' DI PARMA

6.3.1 Capacità di laminazione

L'evento di piena del 13 ottobre 2014, oltre alle esondazioni avvenute nel tratto cittadino del Baganza subito a monte dell'immissione in Parma, ha fatto registrare elevate portate anche nel tratto cittadino di Parma, senza tuttavia provocare esondazioni nel tratto a valle della città e a Colorno (i livelli di Po registi sono stati sostanzialmente ininfluenti per il deflusso delle acque nel tratto terminale di valle). Dalle modellazioni relative alle massime portate compatibili sui diversi tratti si può quindi presumere che la portata effettivamente transitata a Colorno sia stata inferiore come colmi rispetto a quella subito a valle della confluenza Parma-Baganza.

L'evento ha quindi manifestato la capacità di laminazione del colmo di piena lungo il tratto Parma-Colorno, caratterizzato dalla presenza di golene in grado di accumulare i volumi idrici in corrispondenza dei picchi di portata di idrogrammi simili a quello del 2014. I maggiori volumi di invaso disponibili si trovano nelle golene subito a valle di Parma fino alle sezioni in corrispondenza dell'abitato di Vicomero.

Il funzionamento delle golene subito a valle di Parma è tanto più efficace quanto più alto e concentrato è il picco di portata in quanto, essendo le golene quasi ovunque aperte e contribuenti al deflusso della piena, sono necessari alti tiranti idrici in golena per avere un effettivo beneficio in termini di laminazione.

Al contrario, piene con colmi più bassi e lunghe durate, allo stato attuale, non consentono di sfruttare efficacemente il volume e le aree messe a disposizione dalle golene per la laminazione, al netto della quota parte di sezione utile al deflusso.

Per la verifica delle portate compatibili con l'officiosità idraulica nei vari tratti di alveo arginato del torrente Parma (vedi paragrafi precedenti) sono state effettuate simulazioni in moto permanente, per diversi valori di portata in transito, e con alveo "scabro". Per un'analisi qualitativa del funzionamento delle golene sono state condotte invece simulazioni in moto vario (idrogrammi di piena ricostruiti per l'evento del 13/10/2014) con modellazione delle aree golenali "chiuse" come "Ineffective Flow Areas", assumendo sempre condizioni di alveo "scabro". Queste ultime confermano l'elevata efficienza delle golene a valle di Parma in caso di passaggio di elevate portate al colmo.

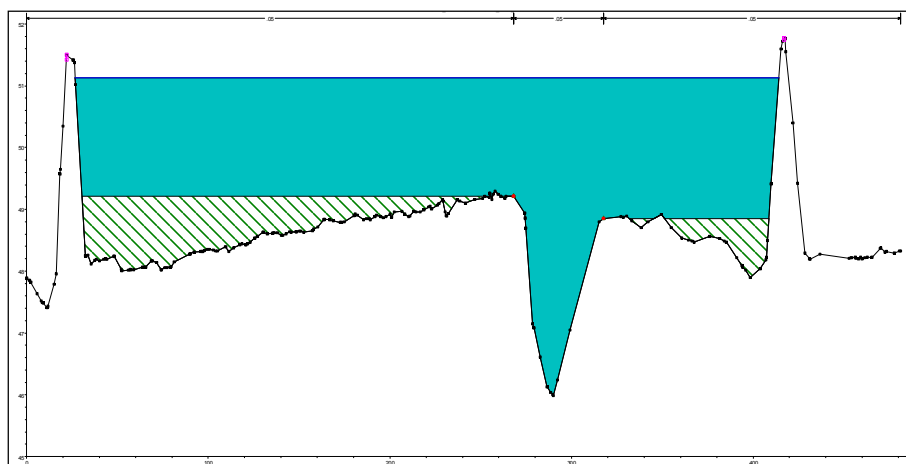


Figura 32 – Esempio di sezione con inserimento condizione di "Ineffective Flow Areas" nei tratti di golena chiusi

Dalle simulazioni nelle condizioni di progetto (scenari con onde laminate con manovre paratoie), si può desumere che la permanenza prolungata di colmi di piena (dalle 10 alle 16 ore) comporta l'esaurimento della capacità di invaso disponibile nelle golene, modesta a causa di piccoli tiranti idrici; in tali condizioni, la riduzione del colmo risulta contenuta.

In questi casi la sicurezza dei nodi di valle deve essere quindi assicurata quasi esclusivamente dalla laminazione operata dalle due casse a monte di Parma (si veda paragrafo (6.1.3.5), a meno di interventi di tipo idraulico e di protezione civile sulle golene tra Parma e Vicomero per aumentarne la capacità (con svasi golenali) e la efficienza di invaso (con trasformazione di parte delle golene "aperte" in golene "chiuse", assicurando comunque il deflusso in alveo delle portate laminate da monte con adeguati franchi rispetto ai coronamenti arginali).

6.3.2 Sollecitazione idraulica su sistema arginale con onde di piena artificiali

Dall'analisi del comportamento degli argini nel tratto di bassa pianura del torrente Parma durante la piena eccezionale del 2014, con colmo fra Parma e Colorno laminato da 1.000 a 450-500 mc/s e con idrogramma a

Colorno molto allungato nel tempo, si può presumere che gli idrogrammi nel tronco di bassa pianura del torrente Parma con le casse di espansione sui torrenti Parma e Baganza in funzione non saranno molto diversi da quelli più gravosi registrati in passato. La trasformazione della forma dell'idrogramma di piena naturale è già stata in gran parte modificata infatti dall'entrata in funzione della cassa del Parma nel 2005.

La maggiore sollecitazione idraulica sul sistema arginale in termini di durata, con franco rispetto al ciglio arginale sostanzialmente nullo (portate superiori a 500 mc/s), si presenta negli scenari 1.C.M. (14 ore) 3.P.M. (16 ore), nei quali la regolazione con paratoie mobili allunga di circa 2-4 ore la durata della permanenza dell'onda di piena artificiale rispetto agli scenari con paratoie fisse.

7. MONITORAGGIO DEL SISTEMA PARMA – BAGANZA

La realizzazione e successiva gestione della cassa di espansione delle piene del torrente Baganza in località Casale di Felino, associati alla gestione dell'analogo serbatoio di piena sul torrente Parma a Marano, consentiranno di mitigare il rischio idraulico per l'intero sistema Parma-Baganza nei confronti di eventi di piena di ricorrenza più che secolare.

I nodi principali di tale sistema sono costituiti, da monte verso valle:

- dalle sezioni di chiusura dei bacini montani (Pastorello per il torrente Parma e Calestano per il torrente Baganza);
- dalle sezioni di ingresso delle acque nei due serbatoi di piena;
- dalle sezioni di uscita dei suddetti serbatoi (presso i quali dovranno essere eseguite in continuo misure dei livelli idrici e delle aperture delle paratoie);
- dalle tre sezioni del nodo di confluenza dei torrenti Parma e Baganza;
- dalla sezione di valle del tratto canalizzato di attraversamento dell'abitato di Parma;
- dalla sezione a valle del tratto arginato del torrente Parma dotato di ampie golene (in prossimità di Vicomero), la cui capacità di invaso può fornire un contributo significativo alla laminazione delle portate al colmo del torrente Parma, già decapitate dalle casse di espansione di Marano e di Casale;
- dalla sezione critica del ponte di Colorno;
- dalla sezione di sbocco del torrente Parma nel fiume Po, di interesse a causa del possibile rigurgito causato da piene di Po lungo il tratto terminale a valle di Colorno.

La conoscenza delle condizioni di manutenzione degli alvei e della scabrezza del fondo, delle sponde e delle golene, la misura e la registrazione durante le piene dei livelli idrometrici nelle suddette sezioni, integrate dalla definizione delle scale di deflusso ed associate alla raccolta di dati di pioggia caduti sul bacino costituiscono la base delle conoscenze idrologiche ed idrauliche necessarie per eventuali previsioni in tempo reale della formazione delle piene, per le simulazioni sulla loro propagazione negli alvei, per il controllo del funzionamento delle capacità di invaso disponibili e per la loro gestione ottimale, per il governo degli interventi di protezione civile in caso di eventi meteorici di carattere eccezionale.

Nell'ambito del presente progetto definitivo, in particolare, si è prevista l'installazione della seguente strumentazione all'interno del sedime della cassa di espansione di Torrente Baganza:

- H_A a monte del manufatto A, abbinato ad asta idrometrica verticale;
- H_B a monte del manufatto B, abbinato ad asta idrometrica verticale;
- H_C a monte del manufatto C, abbinato ad asta idrometrica verticale;
- centralina meteo dotata di pluviometro, termo-igrometro.

Di concerto con gli Enti preposti, anche alla luce delle loro stesse raccomandazioni, sarà poi valutata l'opportunità di inserire un misuratore di livello qualche km a monte dell'opera per la misura della portata di monte.

8. SCHEMA DI PIANO DI LAMINAZIONE

8.1 CONTENUTI GENERALI

I piani di laminazione sono stati introdotti nella normativa italiana dalla D.P.C.M. 27.02.2004 – Gestione organizzativa e funzionale del sistema di allertamento nazionale e regionale per il rischio idrogeologico ed idraulico ai fini della protezione civile), poi integrata dal D.P.C.M. 25.02.2005.

I gestori di invasi sono tenuti a stabilire regole di gestione degli invasi stessi anche al fine di assicurare il trasferimento a valle degli stessi di portate compatibili con la sicurezza del territorio dominato e di garantire la massima laminazione delle portate in ingresso nei serbatoi; i piani di laminazione si basano su un piano “statico” e sui un piano “dinamico”: nel caso di invasi destinati in prevalenza alla moderazione delle portate di piena in ingresso ed al rilascio di portate laminate verso territori a rischio idraulico, non viene considerato il programma “statico”, non essendo applicabili limitazioni stagionali dei livelli idrici nell’invaso per disporre della massima capacità di invaso disponibile nei periodi di elevata probabilità di forti piene; occorre invece elaborare ed attuare un piano di laminazione di tipo “dinamico” per prevedere l’evento meteorico capace di generare forti piene, per seguire l’evoluzione dei fenomeni di formazione della piena nel bacino tributario, per prevedere in tempo reale le portate in ingresso nel serbatoio di piena, per utilizzare al meglio la sua capacità e regolare i dispositivi mobili di limitazione delle portate scaricate a valle al fine di contenere i loro effetti sui territori dominati dallo sbarramento.

Nel caso specifico, il piano di laminazione per la cassa di espansione sul torrente Baganza a Casale deve essere combinato con l’analogo piano relativo alla esistente cassa sul torrente Parma a Marano, essendo il sistema delle due casse destinato alla moderazione delle piene a valle della loro confluenza, con particolare riguardo al tratto canalizzato di attraversamento della città di Parma, al tratto arginato di bassa pianura, da Baganzola a Colorno, ed al tratto terminale, da Colorno allo sbocco del fiume Po, soggetto al rigurgito da Po.

Il piano di laminazione deve inoltre tenere in conto della possibile moderazione dei colmi attribuibile alle vaste golene presenti fra il ponte della linea ferroviaria Milano-Bologna e la località Vicomero.

Per il funzionamento integrato delle due casse di espansione sul torrente Baganza a Casale e sul torrente Parma a Marano, si rinvia alla lettura della allegata relazione BAG2_02IDR_R-RE-02_Relazione idraulica della cassa di espansione, nonché alle relazioni tecniche del progetto esecutivo della cassa a firma dell’Ing. G.M. Susin, 1988.

Il piano di laminazione fornisce gli elementi necessari per la elaborazione dei piani di protezione civile, in modo da permettere la previsione a breve e medio termine degli eventi meteo-idrologici, la previsione a brevissimo termine-Nowcasting (3-6 ore) della formazione di piene, la segnalazione di stati di attenzione e di allerta, la diffusione di allarmi nel territorio a rischio a valle dell’invaso, l’adozione di misure di prevenzione per limitare gli effetti di eventuali esondazioni.

Nel caso della cassa di Casale sul torrente Baganza, si segnala che a seguito della sua realizzazione il sistema può entrare in crisi per le seguenti cause:

- formazione di piene con portata al colmo e/o volume di piena superiori ai valori assunti per la progettazione dell'invaso e dei suoi organi di scarico, e conseguenti trasferimenti nell'alveo a valle della cassa di portate incompatibili con l'officiosità idraulica dell'alveo del torrente Baganza a valle, fino alla confluenza con il torrente Parma;
- formazione di piene nel sistema Parma-Baganza con portate e volumi di piena tali da esaurire le capacità delle casse di Marano e di Casale e da determinare il trasferimento a valle della confluenza del Baganza nel Parma di portate/volumi di piena incompatibili con le capacità di invaso presenti sulle golene comprese fra il ponte della ferrovia Milano-Bologna e Vicomero e con l'officiosità idraulica dell'alveo a valle, fino alla confluenza nel fiume Po;
- riduzione delle officiosità dell'alveo arginato del torrente Parma a valle della città di Parma, rispetto ai valori considerati ai fini della progettazione delle casse di espansione di Casale e di Marano; tale riduzione può essere attribuita all'assenza di interventi di manutenzione dell'alveo, con asportazione della vegetazione infestante o di ostruzioni causate da frane di sponda;
- formazione di onde di piena "artificiali" causate da errate manovre dei dispositivi di scarico dell'invaso, o da crollo di conci di sbarramenti murari o, ancora, da formazione di brecce all'interno di sbarramenti ed argini in materiali sciolti.

Dalla relazione geomorfologica allegata al progetto, possono essere individuati gli "Elementi potenzialmente esposti" ai rischi di esondazione, di erosione dell'alveo, di disalveamento nel tratto di torrente Baganza a valle della cassa di Casale, nonché le aree a classi di rischio R4 e R3 classificate dal Piano Regionale di Gestione delle Alluvioni.

Fra gli insediamenti e le infrastrutture più esposti e di particolare rilevanza, si segnalano lo stabilimento in località Tarchioni, numerosi attraversamenti dell'alveo da parte di elettrodotti e di sottoservizi, le strade poggianti sui rilevati in fregio all'alveo, la centrale TERNA in località Casino della Rosa che rappresenta un nodo importantissimo della rete elettrica nazionale di Alta Tensione, la tangenziale sud di Parma, sia per il tratto occidentale in trincea (allagabile con tiranti d'acqua di metri), che per il tratto orientale in rilevato (costituente una barriera allo scorrimento verso valle delle acque esondate ed in grado di provocare la formazione di un invaso a monte con tiranti d'acqua di alcuni metri), le sponde sinistra e destra del torrente all'altezza di via Montanara, già sormontate ed erose dalla piena del 2014, con allagamento di vaste estensioni dell'abitato di Parma, comprese strutture ospedaliere.

Ovviamente, l'evento critico che può investire il territorio compreso fra la cassa sul torrente Baganza a Casale e l'abitato di Parma è rappresentato dall'eventuale crollo di conci dello sbarramento in conglomerato cementizio a valle della cassa e dal rapido vuotamento dell'invaso.

8.2 DAM-BREAK

In attesa di poter implementare un modello di Dam-break e di analisi della propagazione verso valle dell'onda artificiale creata dal crollo di una parte dello sbarramento della cassa di Casale, richieste per norma solo dopo il progetto esecutivo delle strutture, può essere effettuata fin d'ora una valutazione qualitativa, considerando i risultati

dell'analoga indagine eseguita sulla esistente cassa sul torrente Parma a Marano, del tutto simile per forma ed altezza dello sbarramento e per caratteristiche morfologiche dell'alveo a valle e del territorio limitrofo.

Si richiamano nel seguito le principali caratteristiche dello sbarramento di Marano considerate ai fini dello studio dell'onda artificiale:

- sbarramento costituito in parte da una diga a gravità in calcestruzzo e in parte da argini perimetrali in materiali sciolti;
- condizione iniziale, al momento del crollo di conci dello sbarramento: livello idrico alla quota di massima ritenuta (105,60 m s.m., 14,60 m sopra la quota del terreno in corrispondenza del diaframma di tenuta);
- crollo istantaneo di tre conci, per uno sviluppo in orizzontale di circa 50 m, superiore ad un terzo della struttura muraria dello sbarramento, lunga 120 m;
- effetti della formazione di una breccia entro gli argini perimetrali in terra più lievi di quelli del crollo di tre conci dello sbarramento in CLS;
- morfologia dell'alveo torrentizio del Parma a valle dello sbarramento di Marano simile a quello dello sbarramento di Casale.

Tali caratteristiche inducono a ritenere che anche in caso di crollo dello sbarramento in CLS sul torrente Baganza, di sviluppo ed altezza simili a quello sul Parma, si manifesterebbe nella fase iniziale di propagazione dell'onda di piena artificiale a valle dello sbarramento il rilascio di una portata prossima a 3750 mc/s, del tutto incompatibile con la officiosità dell'alveo a valle della cassa valutabile in non più di 500 mc/s (vedasi la fig. 9 della *“Verifica degli effetti conseguenti a un ipotetico collasso delle opere di ritenuta”*, eseguita dagli Ingg. B. Matticchio e G.M. Susin nel 2005). Più attenuati sarebbero invece gli effetti nella fase centrale e terminale della propagazione dell'onda di piena per crollo di conci della traversa di Casale, per il minor volume di invaso presente sotto la quota di massima ritenuta.

Già poco a valle dello sbarramento si manifesterebbero quindi nella fase iniziale esondazioni e, soprattutto, disalveamenti, che proseguirebbero lungo un tratto di sviluppo di una decina di chilometri, fino alla confluenza nel torrente Parma.

Per la particolare morfologia del terreno entro l'area di conoide del torrente Baganza a valle di Felino-Sala Baganza le portate esondate dall'alveo del torrente tenderebbero ad incanalarsi nei paleoalvei presenti con orientamento a raggiera nell'area di conoide, muovendosi verso nord fino ad incrociare gli ostacoli costituiti dai numerosi rilevati presenti (argini del torrente Cinghio, rilevati stradali, rilevato della tangenziale sud) o incanalarsi nelle depressioni (alveo del torrente Cinghio, tratti in trincea della tangenziale sud).

Per maggiori dettagli si rimanda alla relazione geomorfologica (BAG2_02IDR_R_RE_03).

9. CONCLUSIONI

Le simulazioni a livello di aste Baganza e Parma hanno portato a concludere che:

- le portate in uscita dalla cassa sul Baganza, nelle diverse configurazioni di regolazione (luci fisse e luci mobili) e per **tempi di ritorno** fino a **100 e 200 anni**, sono **compatibili** con le sezioni idrauliche dell'**asta Baganza** fino alla confluenza in Parma, compreso il tratto cittadino del Baganza stesso e l'attraversamento di Ponte Nuovo;
- le portate in uscita dalla cassa sul Baganza, nelle diverse configurazioni di regolazione (luci fisse e luci mobili) e per **tempi di ritorno** fino a **100 e 200 anni**, sommate a quelle in uscita dalla cassa del Parma nella sua configurazione di progetto per un tempo di ritorno di 100 anni e durata di pioggia 12 ore, sono **compatibili** con il **tratto cittadino del Parma** e fino alla sezione di Baganzola (ponte autostrada A1);
- le portate in uscita dalle casse sul **Baganza e del Parma**, nell'ipotesi più gravosa di luci fisse (nessuna manovra sulle paratoie) e per **tempi di ritorno 200 anni**, sono **compatibili** con il **tratto cittadino del Parma**, seppur con franchi quasi nulli;
- il valore di portata derivante dalla somma delle due portate in uscita dalla cassa del Baganza e da quella del Parma (sia per scenari di contemporaneità che di sfasamento dei colmi), è compatibile con il tratto **a valle della città di Parma** solo nell'ipotesi di **regolazione delle portate** in uscita dalla cassa sul Baganza (300 mc/s per TR 100 anni) e sulla cassa del Parma (da 350 mc/s a 200 mc/s in funzione delle condizioni di scabrezza in alveo); quest'ultima, anche in funzione dei tempi di risposta del bacino idrografico di riferimento e del volume di invaso a disposizione, può consentire una maggiore regolazione rispetto a quella ottenibile in tempo reale sul Baganza, condizionata da un bacino idrografico con tempi di corrivazione inferiori;
- la protezione del territorio a valle di Parma rende quindi necessario un piano di gestione combinato delle due casse e la conoscenza in tempo reale degli eventi meteorici in atto, delle portate in alveo a monte delle casse, di quelle rilasciate e di quelle a valle della confluenza Parma-Baganza;
- rimane di difficile attribuzione un tempo di ritorno per la resilienza degli abitati a valle di Parma, vista la mancanza di una regola tra la correlazione degli eventi sul Parma e sul Baganza; sicuramente la possibilità di regolare le portate in uscita dalle due casse aumenta la sicurezza del territorio di valle se ne vengono correttamente gestiti i rilasci; un ulteriore possibile aumento di resilienza degli abitati di valle e di Colorno potrebbe ottenersi dalla quantificazione del volume di laminazione effettivamente disponibile nelle golene comprese tra Parma e Baganzola;
- le ultime tarature dei modelli matematici di propagazione delle onde di piena, anche sulla base degli eventi alluvionali più recenti (ed in particolare quello del 13.10.2014 - DICATeA 2015), nonché le valutazioni svolte nell'ambito del presente lavoro pur con il supporto di "semplice" supporto di modello monodimensionale, hanno messo in evidenza una officiosità del tratto di Colorno in riduzione rispetto ad analoghe valutazioni effettuate con modello 2D tarato in base alla piena del gennaio 2009. In proposito si auspica un approfondimento da parte delle autorità competenti con rilievi in campagna e modelli bidimensionali di dettaglio ovvero modello fisico del tratto come fu sapientemente fatto dall'allora

Magistrato Per il Po negli anni '70 per il tratto cittadino di Parma, al fine di aggiornare le **scale di deflusso a Colorno del Parma** (anche in funzione dei livelli idrici in Po) necessarie per la stesura del piano di laminazione del sistema delle casse del Parma e del Baganza;

- occorre prevedere un efficace piano di gestione della manutenzione dell'alveo, in particolare nelle sezioni nel tratto di bassa pianura del torrente Parma (per quanto riguarda la pulizia dalla vegetazione - scabrezze) ed in relazione alle protezioni contro le frane di sponda (causa di ostruzioni al normale deflusso delle acque); tale piano dovrà ispirare la redazione del piano di laminazione delle due casse al fine di massimizzare l'efficienza delle manovre di regolazione dei rilasci di portata a valle delle casse stesse, prevenire esondazioni nel tratto canalizzato di attraversamento di Parma, valorizzare l'utilizzazione delle capacità di invaso disponibili nelle golene presenti nel tratto compreso fra la ferrovia Milano-Bologna e Vicomero, valutare gli effetti sull'idraulica fluviale lungo l'intero tratto arginato dello stato della vegetazione, considerare la riduzione dell'officiosità idraulica da Colorno allo sbocco nel fiume Po dovuta al rigurgito in caso di Po in piena.

10. BIBLIOGRAFIA

- [1] DICATeA-RER Servizio Provinciale Difesa del Suolo Risorse Idriche e Forestali (2003) “Studio della messa in sicurezza del territorio parmense, con particolare riferimento alla realizzazione della cassa di espansione sul Torrente Baganza- Relazione Idrologica”.
- [2] DICATeA-RER Servizio Provinciale Difesa del Suolo Risorse Idriche e Forestali (2003) “Studio della messa in sicurezza del territorio parmense, con particolare riferimento alla realizzazione della cassa di espansione sul Torrente Baganza- Relazione Idraulica”.
- [3] DICATeA-AIPo (2012) “Aggiornamento delle analisi idrologiche e revisione del progetto preliminare della cassa di espansione sul torrente Baganza”.
- [4] DICATeA-AIPo (2012) “Modellazione 2D del tratto di torrente Parma: da Colorno alla confluenza in Po, con possibili scenari di sistemazione; da Parma a Colorno, con possibili interventi volti a migliorare l'effetto di laminazione.
- [5] DICATeA-AIPo (2015) “Completamento delle attività propedeutiche alla realizzazione della cassa di espansione sul torrente Baganza”.
- [6] DISTART-UNIBO (1997) “Studio idraulico del torrente Senio nel tratto compreso tra la località Isola e foce in Reno: verifica delle condizioni di deflusso in piena e proposte di intervento” – committente AdBReno