

Provincia di Modena



PIANO STRUTTURALE COMUNALE

QUADRO CONOSCITIVO

Sindaco
Alberto Borghi

Ufficio Tecnico
Geom. Roberto Cremonini
Geom. Glauco Pellacani

Responsabile di progetto:
Arch. Carla Ferrari

Consulenti
Dott. Geol. Stefania Asti
Dott. Geol. Valeriano Franchi
Ing. Adelio Pagotto
Prof. Ing. Paolo Mignosa - Università degli Studi di Parma

Collaboratori:
Ivan Passuti
Giulia Gadda
Dott. Geol. Alessandro Ghinoi

settembre 2017

SUOLO - SOTTOSUOLO - ACQUE

RELAZIONE

QC/vPSC_R

COMUNE DI BOMPORTO

QC_vPSC

RELAZIONE

QUADRO CONOSCITIVO della Variante al PSC - QC/vPSC_R

Indice

1. PREMESSA	pag. 2
2. LA PIANIFICAZIONE SOVRAORDINATA	pag. 3
3. INQUADRAMENTO DELLO STUDIO IDRAULICO	pag. 11
4. OBIETTIVI DELLO STUDIO IDRAULICO	pag. 13
5. METODOLOGIA DI VALUTAZIONE DELLA PERICOLOSITÀ IDRAULICA	pag. 16
5.1 PARAMETRI UTILIZZATI	pag. 16
5.2 PORTATE UTILIZZATE	pag. 17
5.3 LOCALIZZAZIONE DELLE ROTTE	pag. 17
5.4 DESCRIZIONE DEGLI SCENARI SIMULATI	pag. 18
5.4.1 Rotte in destra Secchia	pag. 18
5.4.2 Rotte in sinistra Panaro	pag. 18
6. RAPPRESENTAZIONE CARTOGRAFICA DEI RISULTATI OTTENUTI - LA CARTA DI INVILUPPO DEI MASSIMI BATTENTI IDRICI - STATO DI FATTO (TAVOLA 1 - STUDIO IDRAULICO)	pag. 25
7. CARTA DI SINTESI DELLA PERICOLOSITÀ IDRAULICA RELATIVA AL RETICOLO IDROGRAFICO PRINCIPALE	pag. 29
7.1. CONFRONTO TRA LA CARTA DI SINTESI DELLA PERICOLOSITÀ IDRAULICA RELATIVA AL RETICOLO IDROGRAFICO PRINCIPALE (Tav. QC/vPSC_t.idr) E LA CARTOGRAFIA DI PTCP E PSC VIGENTE	pag. 41
7.1.1 Confronto tra la Carta di sintesi della pericolosità idraulica relativa al reticolo idrografico principale (Tav. QC/vPSC_t.idr) e la Tav. 2.3 "Rischio idraulico: carta della pericolosità e della criticità idraulica" del PTCP della Provincia di Modena	pag. 41
7.1.2 Confronto tra la Carta di sintesi della pericolosità idraulica relativa al reticolo idrografico principale (Tav. QC/vPSC_t.idr) e la Tav. QC.6/t2 "Geomorfologia" del QC del PSC vigente	pag. 46
7.2 LA CARTA DELLE "EMERGENZE, CRITICITÀ, LIMITI E CONDIZIONI ALLE TRASFORMAZIONI" DEL QC "SUOLO - SOTTOSUOLO - ACQUE" (Tav. QC/vPSC_T2) IN ADEGUAMENTO ALLO STUDIO IDRAULICO	pag. 48

Allegato 1

Valutazione di scenari di pericolosità idraulica a seguito di rotte arginali di Secchia/Panaro interessanti il territorio del Comune di Bomporto

Allegato 2

Tavola QC/vPSC_t.idr - Carta di sintesi della pericolosità idraulica relativa al reticolo idrografico principale

1. PREMESSA

La presente relazione costituisce **aggiornamento del Quadro Conoscitivo del PSC** e nello specifico del QC.6 per i tematismi relativi al rischio idraulico del territorio comunale di Bomporto.

A seguito dell'alluvione che ha colpito il territorio comunale, nel gennaio 2014, il Comune di Bomporto ha ritenuto necessario affidare un incarico per la redazione della **valutazione della pericolosità idraulica del territorio comunale di Bomporto**, al fine di adottare misure preventive di messa in sicurezza del territorio, adeguare gli strumenti urbanistici, ove necessario e pianificare le attività emergenziali.

Lo studio idrologico-idraulico è stato elaborato in coerenza con l'art. 11 "Sostenibilità degli insediamenti rispetto alla criticità idraulica del territorio" del Piano Territoriale di Coordinamento Provinciale (PTCP) di Modena, laddove, in particolare, al comma 6 indica:

6. (I) Negli ambiti A1, A2, A3, A4 gli strumenti urbanistici comunali si dotano di uno studio idrologico-idraulico che definisca gli ambiti soggetti ad inondazioni per tempi di ritorno prefissati e che permettano di verificare il grado di pericolosità` e di criticità` individuato nel presente Piano esaminando un tratto di corso d'acqua significativo che abbia riferimento con l'area di intervento.

Lo studio deve inoltre verificare gli eventuali fenomeni di ristagno per le diverse aree di intervento.

Nelle aree soggette ad inondazione per piene con tempi di ritorno prefissati e soggette a fenomeni di ristagno gli strumenti urbanistici comunali o i loro strumenti attuativi individuano gli interventi necessari a riportare ad un livello accettabile il rischio di inondazione e il rischio di ristagno. Essi devono essere compatibili con la situazione idraulica dell'ambito territorialmente adiacente alle zone di intervento.

I risultati dello *Studio idraulico* si sono tradotti in:

- una relazione tecnica "**Studio idrologico-idraulico per la definizione degli ambiti soggetti ad inondazione e per la verifica del grado di pericolosità idraulica indotta da rotte arginali**, ai sensi dell'art.11, comma 6 del PTCP di Modena, approvato con DCP n°46 del 18 marzo 2009"¹;
- una relazione metodologica "**Valutazione di scenari di pericolosità idraulica a seguito di rotte arginali di Secchia/Panaro interessanti il territorio del comune di Bomporto**" (Allegato 1);
- una tavola "**Carta di inviluppo dei massimi battenti idrici - Stato di fatto**" (Tavola 1);
- una tavola "**Carta di sintesi della pericolosità idraulica**" (Tavola 2).

Le risultanze dello *Studio idraulico* sopra citato dimostrano con evidenza che alcune situazioni di estrema criticità idraulica, innescabili da potenziali rotte arginali, sono tali da rendere imprescindibile la scelta di conseguirne, assumendo le necessarie modifiche alla pianificazione urbanistica.

Si ritiene pertanto necessario assumere, nella pianificazione, le risultanze dello studio idrologico-idraulico, **come aggiornamento del Quadro Conoscitivo del PSC e nello specifico del QC.6, con riferimento alle condizioni di esondabilità e pericolosità idraulica del territorio comunale di Bomporto**; i contenuti della presente relazione costituiscono pertanto integrazione, approfondimento e dettagliamento del paragrafo "6.2.1.3 Criticità idraulica: fattori di pericolosità ed ambiti interessati", del QC.6_R, con particolare riferimento alle considerazioni relative al rischio idraulico del territorio

¹ Nel seguito della presente Relazione, per brevità, tale studio è richiamato come *Studio idraulico*.

comunale, in relazione al fiume Secchia e Panaro. Si assumono pertanto le risultanze della "Carta di sintesi della pericolosità idraulica" del suddetto *Studio idraulico*, redigendo la Tav. QC/vPSC_t.idr e modificando conseguentemente l'elaborato "Emergenze, criticità, limiti e condizioni alle trasformazioni" denominato QC/vPSC_T2.

2. LA PIANIFICAZIONE SOVRAORDINATA

Direttiva Europea 2007/60/CE "Direttiva alluvioni" (recepita nel diritto italiano con D.Lgs. 49/2010)

La Direttiva 2007/60/CE o Direttiva alluvioni in quanto relativa alla valutazione e alla gestione dei rischi da alluvioni, introduce per gli stati membri l'obbligo di dotarsi di un quadro coordinato per la valutazione e la gestione dei rischi di alluvione e di un Piano di Gestione del rischio alluvioni (PGRA) per la salvaguardia della vita umana e dei beni esposti e la mitigazione dei danni derivanti dalle alluvioni.

Il D.Lgs. 49/2010 recepisce a livello nazionale la direttiva 2007/60/CE prevedendo la predisposizione del PGRA nell'ambito delle attività di pianificazione di bacino di cui agli articoli 65, 66, 67, 68 del D.Lgs. n. 152 del 2006.

Scopo della Direttiva è quello di creare un quadro omogeneo a livello europeo per la valutazione e la gestione dei rischi di alluvioni con la finalità di ridurre le conseguenze negative per la salute umana, l'ambiente, il patrimonio culturale e le attività economiche connesse con le alluvioni in tutto il territorio della Comunità. La Direttiva 2007/60/CE fissa inoltre le fasi del processo di pianificazione, i prodotti da realizzare per ogni fase, il calendario di messa a disposizione dei diversi prodotti e i contenuti minimi attesi. In particolare, la Direttiva e il D.lgs. 49/2010 privilegiano un approccio di pianificazione a lungo termine, scandito in tre tappe successive e tra loro concatenate, che prevede:

- fase 1: valutazione preliminare del rischio di alluvioni (da effettuarsi entro il 22 settembre 2011);
- fase 2: elaborazione di mappe della pericolosità e del rischio di alluvione (entro il 22 dicembre 2013); Articolo 6 - [...] *Gli Stati membri predispongono, a livello di distretto idrografico o unità di gestione [...] mappe della pericolosità da alluvione e mappe del rischio di alluvioni, nella scala più appropriata [...]*
- fase 3: predisposizione ed attuazione di piani di gestione del rischio di alluvioni (entro il 22 dicembre 2015). Articolo 7 - [...] *Sulla base delle mappe di cui all'articolo 6, gli Stati membri stabiliscono piani di gestione del rischio di alluvioni coordinati a livello di distretto idrografico o unità di gestione, per le zone individuate [...]*

I Piani di gestione del rischio di alluvioni riguardano tutti gli aspetti della gestione del rischio di alluvioni, e in particolare la prevenzione, la protezione e la preparazione, comprese le previsioni di alluvioni e i sistemi di allertamento, e tengono conto delle caratteristiche del bacino idrografico o del sottobacino interessato. I piani di gestione del rischio di alluvioni possono anche comprendere la promozione di pratiche sostenibili di utilizzo del suolo, il miglioramento di ritenzione delle acque nonché l'inondazione controllata di certe aree in caso di fenomeno alluvionale.

Tale processo si ripete ciclicamente ogni 6 anni.

Autorità di Bacino Distrettuale del fiume Po - Piano di Gestione del Rischio Alluvioni (PGRA)

In conformità agli artt. 7 e 8 della Direttiva 2007/60/CE, dell'art. 7 del D. Lgs. n. 49/2010 nonché dell'art. 4 del D. Lgs. n. 219/2010, nella seduta di Comitato Istituzionale del 17 dicembre 2015, con deliberazione n. 4/2015, è stato adottato il Piano di Gestione del

Rischio di Alluvioni nel distretto del Po (PGRA), approvato nella seduta di Comitato Istituzionale del 3 marzo 2016, con deliberazione n.2/2016.

Il PGRA definisce, in linea generale per l'intero bacino del fiume Po, la strategia per la riduzione del rischio di alluvioni, la tutela della vita umana e del patrimonio economico, culturale ed ambientale esposto a tale rischio incardinandola su 5 obiettivi operativi, fra i quali sono compresi il miglioramento delle conoscenze riguardanti la pericolosità ed il rischio di alluvioni e la riduzione dell'esposizione al rischio che si dovrà raggiungere anche con azioni volte ad assicurare maggior spazio ai fiumi.

Il PGRA è stato elaborato sulla base della diagnosi di criticità derivante dalle Mappe della pericolosità e del rischio di alluvioni (che sono state a suo tempo elaborate, approvate e pubblicate in coerenza con quanto previsto dall'art. 6 del medesimo D. Lgs. n. 49/2010 e che costituiscono specifici elaborati di Piano).

La suddetta mappatura è stata redatta utilizzando tutte le conoscenze e gli studi idraulici disponibili presso l'Autorità di bacino, le Regioni del Distretto idrografico padano ed i Comuni che al momento di avvio dell'attività di mappatura (dicembre 2010) avevano già proceduto alla predisposizione degli Studi idrologici e idraulici per l'adeguamento degli strumenti urbanistici ai prevalenti strumenti della pianificazione di bacino per l'assetto idrogeologico (PAI).

Con riferimento alla "Mappa della pericolosità e degli elementi potenzialmente esposti" si evidenzia che il territorio comunale viene classificato nei seguenti scenari di pericolosità:

Ambito di riferimento: reticolo naturale principale e secondario (cfr. Fig. 1)

- P2 - L (media probabilità) alluvioni poco frequenti, tempo di ritorno fra 100 e 200 anni; comprende essenzialmente le aree fluviali interne agli argini dei due corsi d'acqua principali, Secchia e Panaro;
- P1 - L (scarsa probabilità di alluvioni o eventi estremi); comprende tutto il territorio comunale; a tale scenario è associato un tempo di ritorno di 500 anni con grado di pericolosità basso.

Ambito di riferimento: Reticolo secondario di pianura (cfr. Fig. 2)

- P3 - H (Alluvioni Frequenti: tempo di ritorno tra 20 e 50 anni - elevata probabilità); a tale scenario è associata una pericolosità elevata; comprende aree allagate da fenomeni di esondazione dei corsi d'acqua del reticolo secondario o di bonifica, segnalate direttamente dai Consorzi di Bonifica ed enti Gestori del reticolo;
- P2 - M (Alluvioni poco frequenti: tempo di ritorno tra 100 e 200 anni - media probabilità); a tale scenario, buona parte del territorio comunale, è associata una pericolosità media.

Facendo riferimento alla "Mappa del rischio potenziale" si evidenzia che il territorio comunale viene classificato nei seguenti scenari di pericolosità:

Ambito di riferimento: reticolo naturale principale e secondario (cfr. Fig. 3)

R4 - 0,00 Km²

R3 (rischio elevato) - 0,00 Km²

R2 (rischio medio) - 6,3 Km²

R1 (rischio moderato o nullo) - 45,3 Km²

TOTALE - 51,66 Km²

Ambito di riferimento: reticolo secondario di pianura (cfr. Fig. 4)

R4 - 0,00 Km²

R3 (rischio elevato) - 1,5 Km²

R2 (rischio medio) - 12,74 Km²

R1 (rischio moderato o nullo) - 37,66 Km²

TOTALE - 51,66 Km²

Per quanto riguarda l'utilizzo delle suddette mappe nell'ambito della presente Variante, si fa riferimento a quanto riportato nell'elaborato II A. "Mappatura della pericolosità e valutazione del rischio" del Progetto di Piano per la valutazione e la gestione del rischio di alluvioni al cap. 4. Uso delle mappe di pericolosità e di rischio

Uso delle mappe in relazione alla pianificazione territoriale ed urbanistica

Il PGRA in relazione alla valutazione delle situazioni di rischio idraulico e idrogeologico prodotta svolge una funzione ricognitiva dei fenomeni naturali e della conseguente esposizione ad essi di determinate parti del territorio.

Spetta a tutti i soggetti, pubblici e privati, agire secondo le comuni regole di prudenza, cautela e prevenzione indipendentemente dai contenuti della pianificazione urbanistica vigente.

Per quanto riguarda il reticolo idrografico principale, che per il territorio comunale di Bomporto risultano essere i fiumi Secchia e Panaro, lo Studio Idraulico e pertanto anche il presente aggiornamento del Quadro Conoscitivo del PSC è stato svolto, per l'intero territorio comunale, con un grado di approfondimento maggiore rispetto alla cartografia dei Piani sovraordinati esistenti, seguendo sostanzialmente la metodologia individuata nel Progetto del PRGA regionale per la redazione della mappa di Pericolosità.

Le perimetrazioni assunte per il territorio comunale, nell'ambito dello Studio Idraulico e del presente Quadro Conoscitivo, dettagliano pertanto i quadri di pericolosità derivanti dalle Mappe di Pericolosità del reticolo idrografico principale e secondario.

Con riferimento agli scenari di pericolosità relativi al reticolo idrografico secondario di pianura (RSP), di cui alla "Mappa di Pericolosità e degli elementi esposti" del PGRA il Quadro Conoscitivo del PSC è stato invece aggiornato:

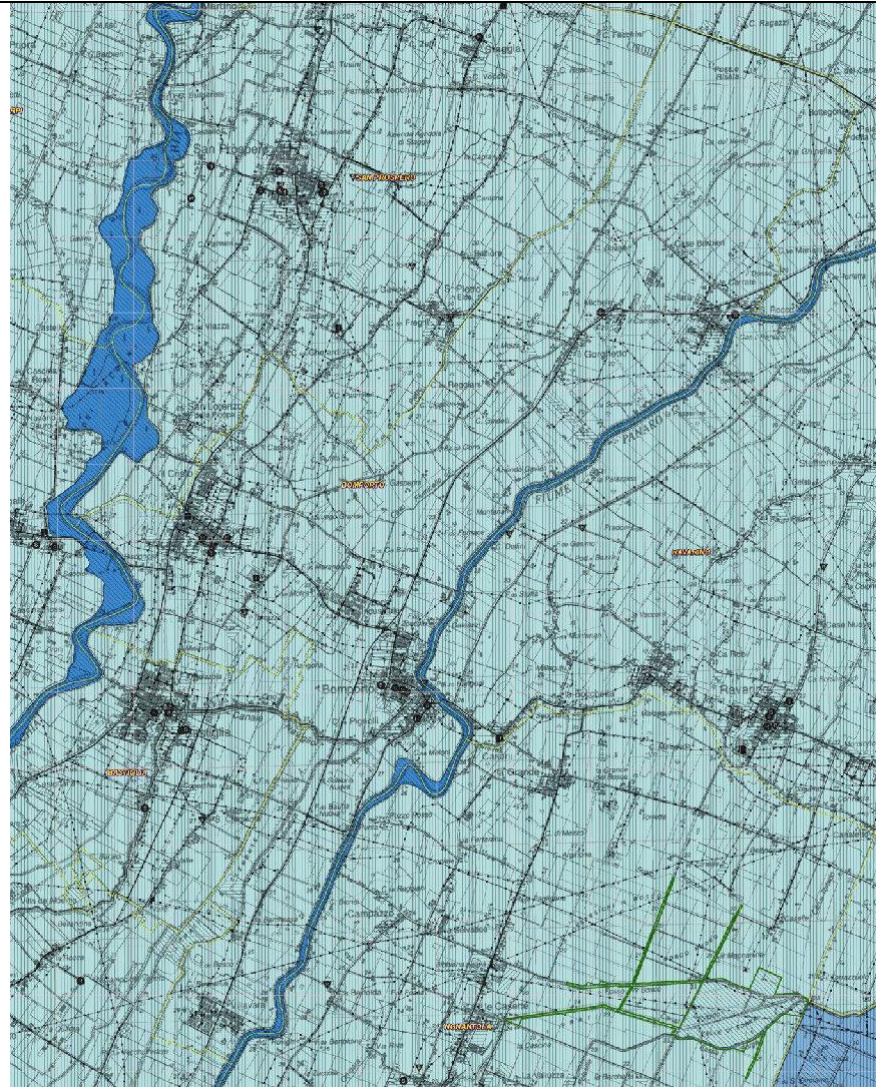
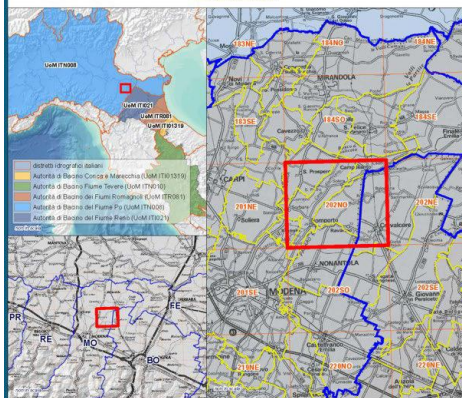
- inserendo nella Tav. QC/vPSC_T2 la perimetrazione relativa alle zone P2 e P3 del reticolo idrografico secondario del PGRA:
 - P2 - alluvioni poco frequenti: tempo di ritorno tra 100 e 200 anni - Media probabilità
 - P3 - alluvioni frequenti: tempo di ritorno tra 20 e 50 anni - Elevata probabilità.
- modificando il titolo della tavola QC/vPSC_t.idr specificando che la pericolosità è riferita al reticolo idrografico principale.

Direttiva Europea 2007/60/CE relativa alla valutazione e alla gestione dei rischi di alluvioni
Mapa della pericolosità e degli elementi potenzialmente esposti
 (art. 6 della Direttiva 2007/60/CE e art. 6 del D.Lgs. 49/2010)

Ambito territoriale: Reticolo naturale principale e secondario
 Dati consegnati nella seduta del Comitato Istituzionale dell'Autorità di Bacino del Fiume Po del 23/12/2013 (distretto padano)

202NO - CREVALCORE

scala 1 : 25.000
 0 250 500 1000 1500 2000 2500 Metri



Legenda

Scenari di Pericolosità	Aree Protette
P3 - H (Alluvioni frequenti: tempo di ritorno tra 20 e 50 anni - elevata probabilità)	Zone Parco
P2 - M (Alluvioni poco frequenti: tempo di ritorno tra 100 e 200 anni - media probabilità)	SIC - ZPS
P1 - L (Scarsa probabilità di alluvioni o scenari di eventi estremi)	

Elementi Potenzialmente Esposti	areali	puntuali	lineari
	Zone urbanizzate	scuola	reti per la distribuzione di servizi reti stradali secondarie e spazi accessori reti ferroviarie e stradali primarie e spazi accessori
	Attività produttive	ospedale	
	Strutture strategiche e sedi di attività collettive	diga	
	Infrastrutture strategiche	impianti	
	Insediamenti produttivi o impianti tecnologici, potenzialmente pericolosi dal punto di vista ambientale	insediamenti	
	Beni ambientali, storici e culturali di rilevante interesse		

Figura 1a - Estratto PGRA - "Mapa della pericolosità e degli elementi potenzialmente esposti" - Ambito territoriale: reticolo naturale principale e secondario

Direttiva Europea 2007/60/CE relativa alla valutazione e alla gestione dei rischi di alluvioni
Mapa del rischio potenziale
 (art. 6 della Direttiva 2007/60/CE e art. 6 del D.Lgs. 49/2010)

Ambito territoriale: Reticolo naturale principale e secondario
 Dati consegnati nella seduta del Comitato Istituzionale dell'Autorità di Bacino del Fiume Po del 23/12/2013 (distretto padano)

202NO - CREVALCORE

scala 1 : 25.000

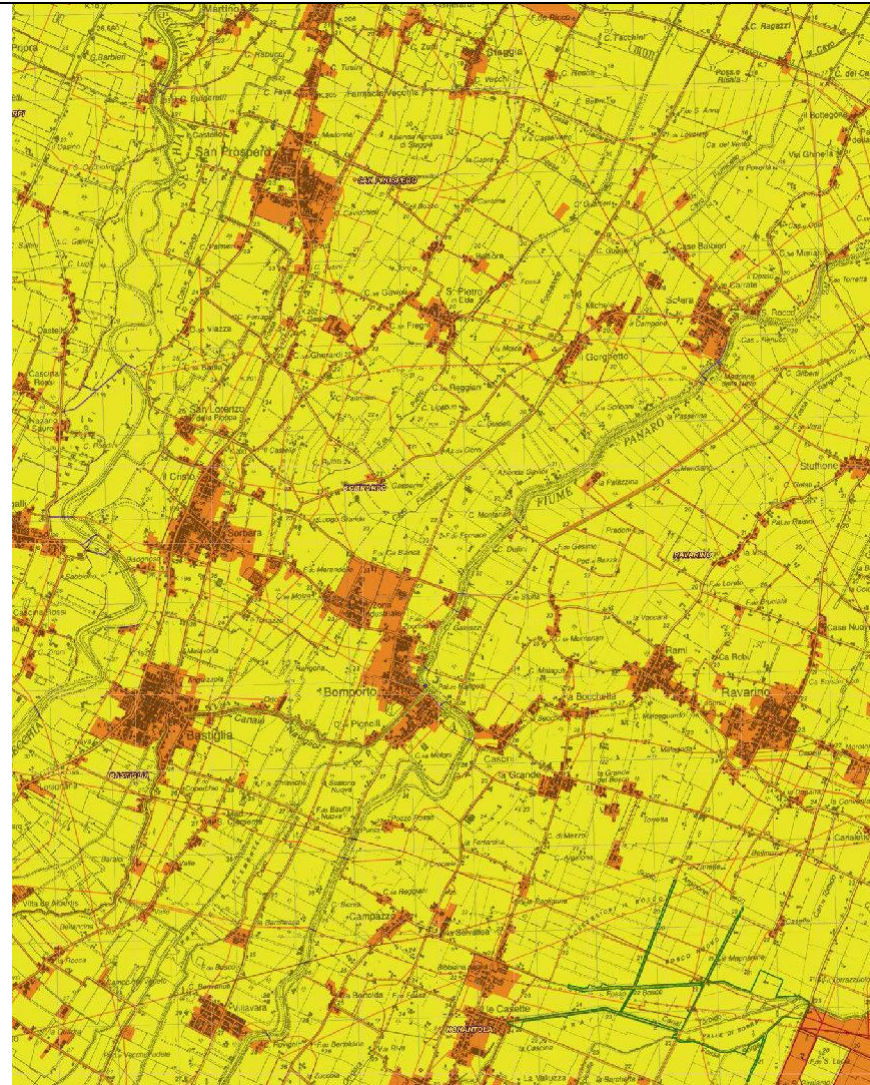
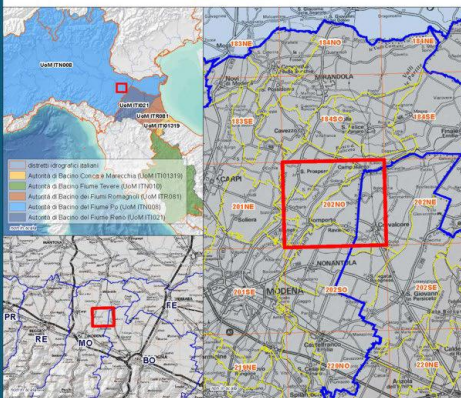


Figura 2a - Estratto PGRA - "Mapa del rischio potenziale" - Ambito territoriale: reticolo naturale principale e secondario

Direttiva Europea 2007/60/CE relativa alla valutazione e alla gestione dei rischi di alluvioni
Mapa del rischio potenziale
 (art. 6 della Direttiva 2007/60/CE e art. 6 del D.Lgs. 49/2010)

Ambito territoriale: Reticolo Secondario di Pianura
 Dati consegnati nella seduta del Comitato Istituzionale dell'Autorità di Bacino del Fiume Po del 23/12/2013 (distretto padano)

202NO - CREVALCORE

scala 1 : 25.000

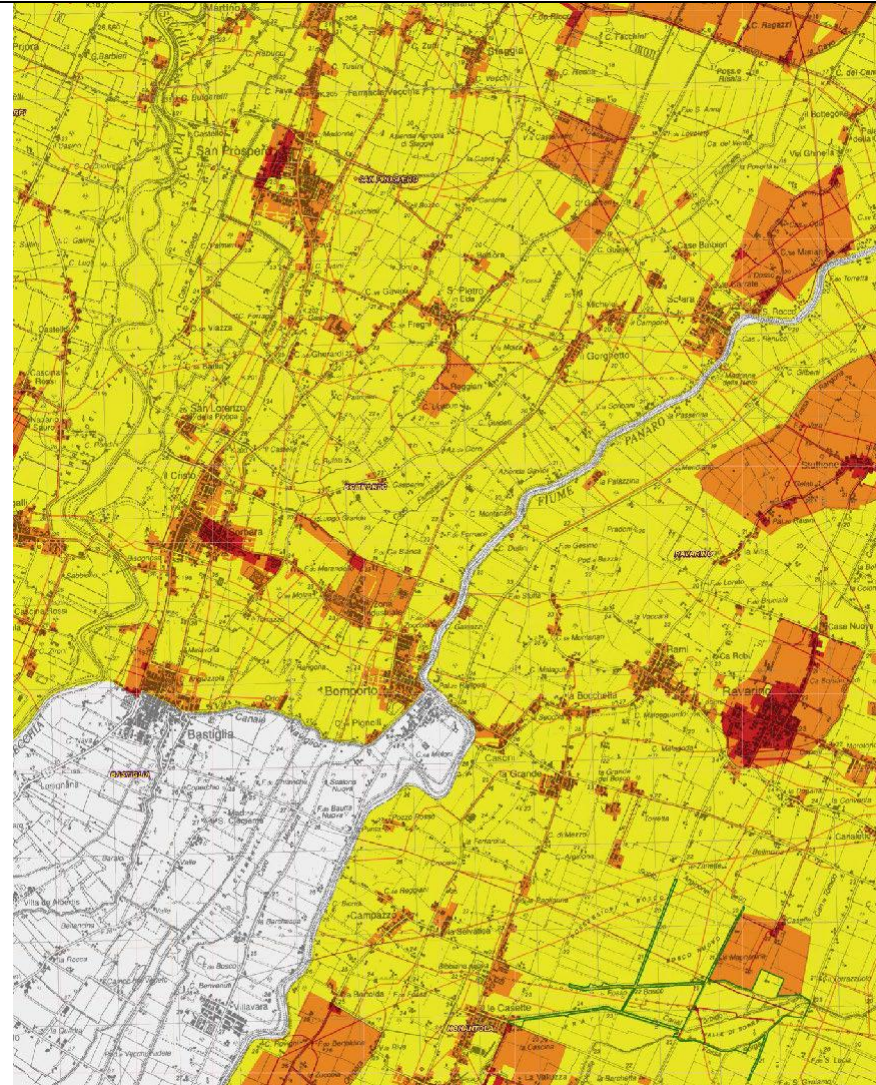
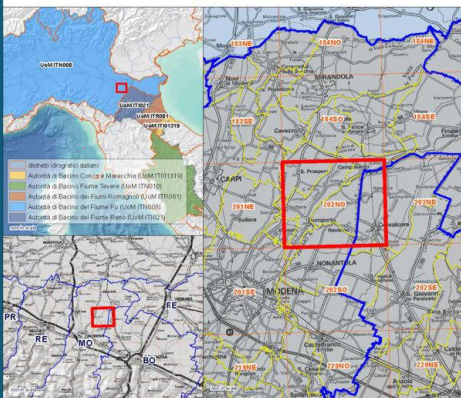


Figura 2b - Estratto PGRA - "Mapa del rischio potenziale" - Ambito territoriale: reticolo secondario di pianura

AdbPo - Piano per l'Assetto Idrogeologico (PAI)

Il Piano per l'Assetto Idrogeologico (P.A.I.), adottato dal Comitato Istituzionale Autorità di Bacino del Fiume Po con Del. N° 18 del 26 aprile 2001 ed approvato con DPCM 24 maggio 2001, ha valore di piano territoriale di settore e rappresenta lo strumento conoscitivo, normativo, tecnico-operativo, mediante il quale sono pianificate e programmate le azioni e le norme d'uso riguardanti l'assetto idraulico ed idrogeologico del bacino idrografico, le fasce fluviali, le aree a rischio idrogeologico molto elevato.

Nell'ambito della redazione del PGRA è stata condotta una specifica attività volta a verificare le esigenze di aggiornamento degli strumenti di pianificazione di bacino vigenti (Piano per l'Assetto Idrogeologico - PAI e PAI Delta) allo scopo di armonizzarli con il Piano di Gestione del Rischio di Alluvioni - PGRA. Un'attività particolare, in coordinamento con le Regioni del Distretto, ha riguardato le Norme di Attuazione (NA) del PAI e del PAI Delta allo scopo di aggiornarle ed integrarle in relazione alla necessità di acquisire i nuovi quadri conoscitivi del PGRA.

Con Decreto del Segretario Generale n. 115 del 19 giugno 2015 è stato pubblicato lo Schema di Progetto di Variante alle NA del PAI e del PAI Delta, al fine di promuovere la partecipazione attiva di tutte le parti interessate all'elaborazione, al riesame ed all'aggiornamento degli strumenti della pianificazione di bacino distrettuale del fiume Po, ai sensi e per gli effetti dell'art. 66, comma 7, lettera c) del D.lgs. 152/2006: AdbPo_DecretoSG_115-2015_VarianteNA-PAI. A conclusione della fase di partecipazione attiva, con Deliberazione n. 5/2015, nella seduta di Comitato Istituzionale del 17 dicembre 2015 è stato adottato il Progetto di Variante alle NA del PAI e del PAI Delta e si è avviata la fase di osservazione.

Al fine di rispondere alla necessità, sollevata da alcune amministrazioni in fase di osservazione, relativa alle indicazioni operative per l'applicazione delle misure di salvaguardia nelle aree individuate nei diversi ambiti delle mappe di pericolosità e del rischio del PGRA, con specifico riferimento a quegli ambiti di pericolosità non già individuati nelle perimetrazioni del PAI e PTCP vigenti, per i quali la Variante fornisce un quadro conoscitivo, ma non un apparato normativo, quali nello specifico l'ambito del reticolo secondario di pianura, la Giunta della Regione Emilia Romagna in data 01 agosto 2016, tramite il DGR 1300/2016, ha deliberato di approvare il documento tecnico "Prime disposizioni regionali concernenti l'attuazione del Piano di Gestione del Rischio di Alluvioni nel settore urbanistico, ai sensi dell'art. 58 Elaborato n. 7 (Norme di Attuazione) e dell'art. 22 Elaborato n. 5 (Norme di Attuazione) del Progetto di Variante al Piano stralcio per l'assetto idrogeologico del bacino del fiume Po (PAI) - Integrazioni all'Elaborato 7 (Norme di Attuazione) e al Piano stralcio per l'assetto idrogeologico del Delta del fiume Po (PAI Delta) - Integrazioni all'Elaborato 5 (Norme di Attuazione) adottato dal Comitato Istituzionale dell'Autorità di Bacino del Fiume Po con deliberazione n. 5 del 17/12/2015". Tra le altre disposizioni la DGR 1300_2016 della RER, al punto 5.2 detta disposizioni specifiche" relative al Reticolo Secondario di Pianura (RSP), recitando: *Nelle aree urbanizzabili/urbanizzate e da riqualificare soggette a POC/PUA ubicate nelle aree P3 e P2, nell'ambito della procedura di VALSAT di cui alla L.R. 20/2000 e s.m.i., la documentazione tecnica di supporto ai Piani operativi/attuativi deve comprendere uno studio idraulico adeguato a definire i limiti e gli accorgimenti da assumere per rendere l'intervento compatibile con le criticità rilevate, in base al tipo di pericolosità e al livello di esposizione locali."*

In data 7 dicembre 2016 con deliberazione n. 5 il Comitato Istituzionale ha adottato la Variante alle norme del PAI e del PAI Delta. Nella Gazzetta Ufficiale n. 50 del 1 marzo

2017 è stato pubblicato l'avviso di adozione delle deliberazioni adottate dal Comitato Istituzionale nella seduta del 7 dicembre 2016.

Ai sensi dell'Art. 57 delle NA della Variante PAI, "*Gli elaborati cartografici rappresentati dalle Mappe della Pericolosità, mappe degli elementi esposti a rischio e Mappe del Rischio di alluvione*, costituiscono integrazione al quadro conoscitivo del PAI".

In seguito alla sottoscrizione dell'Intesa di cui all'art. 57 del D.Lgs. 112/1998 avvenuta in data 14/10/2010, tra la Provincia di Modena, l'Autorità di Bacino del fiume Po e la Regione Emilia-Romagna, ai sensi dell'art. 21 comma 2 della LR 20/2000, il PTCP della Provincia di Modena ha assunto valore ed effetto di PAI.

Piano Territoriale di Coordinamento Provinciale di Modena (PTCP)

Il PTCP della Provincia di Modena, approvato con Deliberazione del Consiglio Provinciale n. 46 del 18/03/2009, affronta il tema della pericolosità e/o criticità idraulica nella Carta 2.3 "Rischio idraulico: carta della pericolosità e della criticità idraulica".

Lo Studio idraulico e conseguentemente anche il presente aggiornamento del Quadro Conoscitivo del PSC, è stato elaborato in coerenza con l'art.11 "Sostenibilità degli insediamenti rispetto alla criticità idraulica del territorio" del Piano Territoriale di Coordinamento Provinciale (PTCP) di Modena, laddove, in particolare, al comma 6 indica:

6. (I) Negli ambiti A1, A2, A3, A4 gli strumenti urbanistici comunali si dotano di uno studio idrologico-idraulico che definisca gli ambiti soggetti ad inondazioni per tempi di ritorno prefissati e che permettano di verificare il grado di pericolosità` e di criticità` individuato nel presente Piano esaminando un tratto di corso d'acqua significativo che abbia riferimento con l'area di intervento.

Lo studio deve inoltre verificare gli eventuali fenomeni di ristagno per le diverse aree di intervento.

Nelle aree soggette ad inondazione per piene con tempi di ritorno prefissati e soggette a fenomeni di ristagno gli strumenti urbanistici comunali o i loro strumenti attuativi individuano gli interventi necessari a riportare ad un livello accettabile il rischio di inondazione e il rischio di ristagno. Essi devono essere compatibili con la situazione idraulica dell'ambito territorialmente adiacente alle zone di intervento.

Si rimanda al successivo Capitolo 7 l'esame degli elementi della Tav. 2.3 ed il confronto con le elaborazioni prodotte nell'ambito dello Studio Idraulico.

3. INQUADRAMENTO DELLO STUDIO IDRAULICO

Il Comune di Bomporto, pesantemente colpito dall'esondazione conseguente alla rotta di San Matteo del gennaio 2014 relativa al fiume Secchia, ha ritenuto indispensabile eseguire un'analisi, con simulazioni di scenari cautelativi, ma sicuramente probabili, degli effetti indotti da rotte arginali e propagazione sul suolo delle onde di esondazione con relativi volumi d'acqua; a tal fine è stato commissionato, all'Ing. Pagotto, uno "**Studio idrologico-idraulico per la definizione degli ambiti soggetti ad inondazione e per la verifica del grado di pericolosità idraulica indotta da rotte arginali** (ai sensi dell'art.11, comma 6 del PTCP di Modena, approvato con DCP n°46 del 18 marzo 2009)".

L'incarico è stato svolto dall'Ing. Pagotto, in collaborazione con il Dipartimento di Ingegneria Civile, dell'Ambiente, del Territorio ed Architettura (DICA TeA) dell'Università degli Studi di Parma,

L'esperienza maturata e le competenze nei settori dell'idraulica, ha suggerito di estendere la metodologia di valutazione del rischio idraulico già adottata in altre esperienze², anche al territorio in esame, compreso tra i fiumi Secchia e Panaro, alla luce di quanto realmente accaduto nell'evento della rotta di San Matteo (gennaio 2014).

L'elaborazione degli scenari consente di determinare, non solo i massimi tiranti idrici in ogni punto dell'areale considerato, ma anche le velocità e quindi la spinta dinamica in grado di provocare danni alle strutture, ma soprattutto i tempi di arrivo del fronte di esondazione, ovvero i margini a disposizione per mettere in sicurezza popolazione ed eventualmente strutture.

Operando sul territorio di Bomporto e sulle aree limitrofe, ai fini delle simulazioni modellistiche, sono state individuate e considerate due brecce significative sul Secchia e tre brecce significative sul Panaro:

- Destra idraulica Secchia, Località San Matteo (effettivamente verificatasi);
- Destra idraulica Secchia, a monte di Sorbara;
- Sinistra idraulica Panaro, a sud di Villavara;
- Sinistra idraulica Panaro, in corrispondenza dell'abitato consolidato di Bomporto, a monte della confluenza con il Naviglio;
- Sinistra idraulica Panaro, a valle di Bomporto, immediatamente a monte del comparto produttivo.

Gli scenari considerati danno luogo a volumi esondati variabili tra 35 milioni e 75 milioni di m³, con tiranti idrici variabili tra qualche decimetro sino a circa 2,5 m come meglio specificato nei paragrafi seguenti.

Gli elaborati specifici relativi alle simulazioni sono riportati in **Allegato 1**.

Nella figura sotto riportata vengono mostrati i punti individuati per le brecce arginali di Secchia e Panaro (par. 5.1 Allegato 1). Tali ubicazioni sono funzionali ad identificare le situazioni più cautelative per il territorio del Comune di Bomporto.

² Studi di "Definizione di scenari di inondazione a seguito di rotta arginale mediante impiego di modelli numerici 2D" nell'area in destra Secchia e sinistra Panaro, a valle della relative casse di espansione, per conto del Comune di Modena, del Comune di Soliera, di Tetrapak S.p.A.



Figura 3 - Punti individuati per la simulazione delle rotte arginali dei fiumi Secchia e Panaro

4. OBIETTIVI DELLO STUDIO IDRAULICO

Avendo a riferimento l'approccio metodologico individuato per la redazione delle Mappe di Pericolosità e Rischio per la predisposizione del Piano di Gestione del Rischio di Alluvioni (PGRA), lo Studio ha approfondito gli aspetti legati sia alla realtà territoriale a livello comunale, sia gli aspetti idrologico-idraulici responsabili di determinare la pericolosità più in generale su territorio a vasta scala, in coerenza con:

- gli "Obiettivi generali a scala di distretto e obiettivi specifici" individuati per l'ARS "Area omogenea di pianura - corsi d'acqua naturali di pianura" in cui ricade il territorio comunale (cfr. elaborato V A. Aree a rischio significativo di alluvione ARS Regionali e Locali Relazione Regione Emilia - Romagna: "Aumento delle conoscenze sulle caratteristiche dei fenomeni di inondazione della pianura per il miglioramento delle misure di prevenzione, protezione, preparazione e reazione.");
- le "Misure di prevenzione e protezione in relazione agli obiettivi individuati" (da attuarsi al 2021) individuati per l'ARS "Area omogenea di pianura - corsi d'acqua naturali di pianura" in cui ricade il territorio comunale (cfr. elaborato V A. Aree a rischio significativo di alluvione ARS Regionali e Locali Relazione Regione Emilia - Romagna: "Sviluppare modelli idraulici, anche semplificati, descrittivi della dinamica evolutiva degli

eventi negli scenari di rischio residuale conseguenti alla rottura dei rilevati arginali, con il contributo del mondo scientifico");

- le "Note sul livello di confidenza" relative ai fiumi Secchia e Panaro (cfr. elaborato "ALLEGATO 1 Schede descrittive delle mappe di pericolosità sul Reticolo Principale (fonti, criteri, livelli di confidenza").

FIUME PANARO

Note sul livello di confidenza

Il livello di confidenza associabile alla delimitazione delle aree inondabili si può ritenere adeguato rispetto alle finalità delle mappe e alla prima fase di gestione prevista dalla Direttiva 2007/60/CE.

Tale livello di confidenza potrà essere migliorato, nei successivi cicli di aggiornamento del piano, mediante l'aggiornamento delle modellazioni idrauliche, la predisposizione della mappa di soggiacenza ed il conseguente aggiornamento della delimitazione delle aree allagabili. Localmente potranno essere efficacemente condotte analisi idrauliche di maggior dettaglio e verifiche locali (sopralluoghi, segnalazioni, ecc.).

Per lo scenario di piena rara è inoltre necessario considerare l'incertezza connessa alla stima dei livelli di piena e a possibili fenomeni estremi connessi allo scenario in questione (rottura dei rilevati arginali e stradali che contengono il livello, parzializzazione o ostruzione delle luci dei ponti, mancato funzionamento di paratoie, ecc.). Al fine di migliorare il livello di confidenza per tale scenario di piena occorrono pertanto specifici approfondimenti di asta fluviale o di area vasta.

FIUME SECCHIA

Note sul livello di confidenza

Il livello di confidenza associabile alla delimitazione delle aree inondabili si può ritenere adeguato rispetto alle finalità delle mappe e alla prima fase di gestione prevista dalla Direttiva 2007/60/CE.

Tale livello di confidenza potrà essere migliorato, nei successivi cicli di aggiornamento del piano, mediante l'aggiornamento delle modellazioni idrauliche e la predisposizione della mappa di soggiacenza nel tratto a monte di Castellarano e a valle del confine regionale, con conseguente eventuale aggiornamento della delimitazione delle aree allagabili. Localmente potranno essere efficacemente condotte analisi idrauliche di maggior dettaglio e verifiche locali (sopralluoghi, segnalazioni, ecc.).

Per lo scenario di piena rara è inoltre necessario considerare l'incertezza connessa alla stima dei livelli di piena e a possibili fenomeni estremi connessi allo scenario in questione (rottura dei rilevati arginali e stradali che contengono il livello, parzializzazione o ostruzione delle luci dei ponti, mancato funzionamento di paratoie, ecc.). Al fine di migliorare il livello di confidenza per tale scenario di piena occorrono pertanto specifici approfondimenti di asta fluviale o di area vasta.

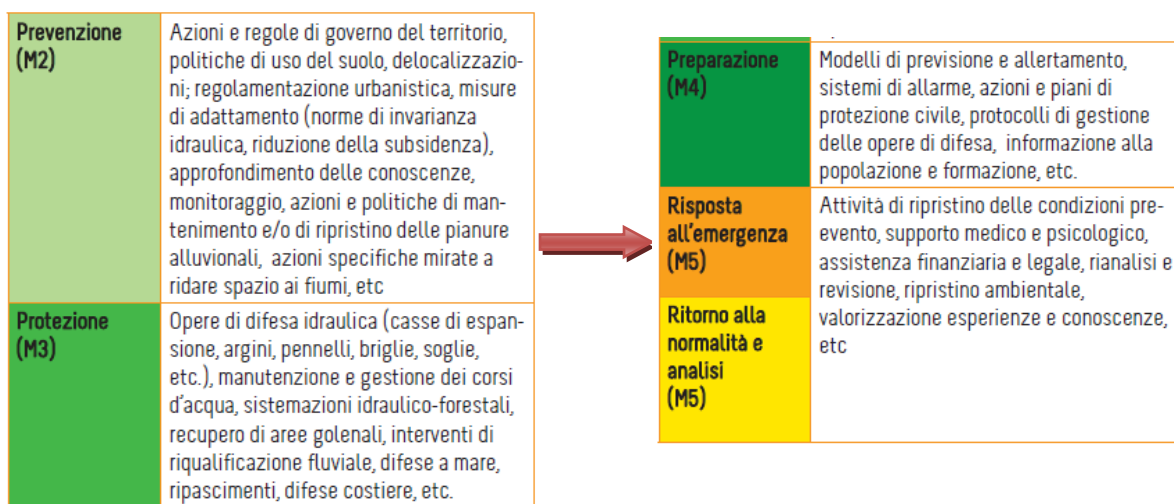
In tal senso è stato superato il concetto di tempo di ritorno (T_r) indicato nella Direttiva alluvioni, considerando che la classificazione proposta esamina T_r 200 e 500 anni, ma soprattutto individua, nella fascia territoriale in cui ricade il Comune di Bomporto compresa tra Secchia e Panaro, una pericolosità avente T_r 500 anni, smentita dalla capacità di deflusso delle tratte pensili dei fiumi in questo areale che risulta inferiore al T_r 100 anni.

Questo significa che simulare più rotte arginali equivale a rappresentare la tracimazione e le esondazioni fluviali alle quali comunque seguirebbero inevitabilmente anche delle fusioni arginali. E' tanto vero quanto evidenziato, che la stessa Direttiva alluvioni consiglia di assumere come evento estremo (comunque svincolato dai Tempi di ritorno) quello derivante da tracimazione arginale e quello conseguente a rotta arginale, modalità operativa assunta nel presente Studio. L'analisi di approfondimento ha consentito di fornire anche valori di battenti idraulici, velocità e tempi di arrivo.

In buona sostanza la metodologia impiegata nel presente studio si configura come una valutazione di parametri "statico-dinamici", utili alla pianificazione sia di tipo "Non-Strutturale" che di tipo "Strutturale", differenziandosi sostanzialmente dall'approccio della Direttiva che arriva a dare una rappresentazione del rischio idraulico di tipo "statico" e che necessita dunque di ulteriori e più dettagliati approfondimenti per consentire di passare alla fase denominata "Parte B".

Dunque la procedura seguita nello Studio idraulico ribatte sostanzialmente la metodologia individuata nel Progetto di PRGA, rispondendo alle prime misure (Prevenzione e Protezione)

per raggiungere gli obiettivi di piano a sostegno delle misure successive (Preparazione e Risposta all'emergenza) e che non può prescindere da un'esatta conoscenza dell'intensità dell'evento alluvionale (battenti idraulici, velocità e tempi di arrivo).



E' stata così individuata la tipologia di difese strutturali da adottare, insieme ad elementi per un loro dimensionamento, integrando anche gli elementi di difesa non strutturali (normativa vigente).

Con riferimento alla normativa provinciale vigente (art. 11, comma 6 del PTCP), lo *Studio idraulico* eseguito, ha riguardato la definizione degli "ambiti soggetti ad inondazioni per tempi di ritorno prefissati" e la verifica del grado di pericolosità e di criticità individuato dal PTCP.

Obiettivo dello studio è stato quello di ottenere risultati atti a definire il livello di pericolosità idraulica del territorio di Bomporto e conseguentemente di individuare interventi adeguati atti a mitigare il più possibile il rischio derivante da possibili rotte arginali.

Al riguardo si ricorda che:

- Il "Rischio idraulico" è definito come "rischio di inondazione da parte di acque provenienti da corsi d'acqua naturali o artificiali, prodotto di due fattori (L.267/98): pericolosità (probabilità di accadimento di un evento calamitoso di una certa entità) e danno atteso (perdita di vite umane o di beni economici pubblici e privati)".
- La Pericolosità è un fattore legato sia alle caratteristiche fisiche del corso d'acqua e del suo bacino idrografico, sia alle caratteristiche idrologiche (intensità, frequenza, durata e tipologia delle precipitazioni) nel bacino imbrifero.
- Il Danno è definito come il prodotto della Vulnerabilità (susceptibilità dell'elemento a rischio a subire danni per effetto del fenomeno) per l'Esposizione, ovvero l'insieme degli elementi presenti nelle aree a rischio, ad esempio il numero di persone o l'ammontare del valore economico dei beni presenti in tali aree;
- La Criticità riguarda le condizioni che creano problematiche al normale deflusso delle correnti di piena.

Sulla base di quanto sopra descritto, sono stati quindi utilizzati idrogrammi di piena al fine di ottenere variabili probabilistiche sul comportamento idrologico dei fiumi Secchia e Panaro rispetto alle precipitazioni e alla morfologia del territorio in esame. Questo ha permesso di identificare le aree a maggior pericolosità e i punti di maggior criticità.

In considerazione di quanto sopra esplicitato è stata infine elaborata una *Carta di sintesi della Pericolosità idraulica relativa al reticolo idrografico principale*.

5. METODOLOGIA DI VALUTAZIONE DELLA PERICOLOSITÀ IDRAULICA

La valutazione della pericolosità idraulica dell'area è stata condotta seguendo la metodologia sinteticamente riportata:

- individuazione della posizione di rotte significative in corrispondenza dell'argine destro Secchia e dell'argine sinistro Panaro;
- aggiornamento degli studi pregressi, specie riguardo la descrizione topografica di maggior dettaglio e tenendo conto dei sovralti arginali in corso di realizzazione sul Cavo Argine e sul Cavo Minutara, come se fossero già esistenti;
- valutazione delle onde di piena transitanti in alveo, estrapolate dai modelli idrologico-statistici esistenti ed adattati alle reali capacità di deflusso a franco nullo, delle sezioni pensili dei due Fiumi Secchia e Panaro;
- definizione, oltre alla posizione, dell'ampiezza massima dell'ipotetica breccia;
- definizione dell'istante di apertura rispetto all'onda di piena transitante, nonché dell'evoluzione temporale della breccia.

Sulla base dello scenario di riferimento, attraverso modelli numerici, è stato possibile calcolare:

- l'andamento temporale della portata effluente attraverso la breccia, delle velocità e dei tiranti idrici che ivi si formano;
- la dinamica dell'inondazione;
- i tempi di arrivo dell'allagamento in una particolare zona del territorio interessato, i tiranti idrici massimi e le velocità massime.

L'insieme dei risultati degli scenari di riferimento porta a definire il livello di pericolosità della zona di interesse, che viene suddivisa in fasce secondo la nomenclatura: nulla, moderata, media, alta, elevata.

5.1 PARAMETRI UTILIZZATI

Per quanto riguarda i parametri ed i dati necessari allo svolgimento dello studio si faccia riferimento al capitolo 2 dell'Allegato 1.

Genericamente, per la realizzazione dello studio in oggetto è stato necessario possedere informazioni, quanto più possibile attendibili ed aggiornate, relative alla topografia del territorio (alvei fluviali, argini, elementi artificiali in rilevato quali strade, ferrovie, canali, ecc.) e all'idrologia dei corsi d'acqua (portate e volumi di piena di assegnato tempo di ritorno).

In particolare, l'esito delle simulazioni è tanto migliore quanto più definito è il dettaglio topografico del suolo. A questo proposito si richiama l'utilizzo del modello digitale del terreno (DEM) interpolato su una griglia regolare con spaziatura 1 metro, ricavato dal rilievo Lidar effettuato dal Ministero dell'Ambiente nel 2008 e successivamente integrato con la descrizione del fiume Panaro "intarsiando" le porzioni mancanti ottenute da un precedente rilievo effettuato dall'Agenzia Interregionale per il fiume Po (AIPo), già in possesso dell'università di Parma.

5.2 PORTATE UTILIZZATE

Per quanto riguarda le portate utilizzate nelle simulazioni e le onde di piena in ingresso si faccia riferimento al capitolo 3 dell'Allegato 1.

Relativamente al Fiume Secchia si è optato per adottare un evento di tempo di ritorno non particolarmente elevato ($T = 20$ anni) poiché già esso, ed a maggior ragione eventi di tempo di ritorno superiori, non risultano completamente contenibili nell'alveo.

Con riferimento al fiume Panaro, in assenza di studi pregressi ufficiali, si è fatto riferimento ad idrogrammi di piena ricostruiti adottando eventi di tempi di ritorno più elevati ($T = 50$ anni e $T = 100$ anni), anche se anch'essi non completamente contenibili in alveo.

Tali scelte consentono di mettere in evidenza gli scenari idrologici di maggiore significatività per il territorio comunale di Bomporto a rischio di allagamento.

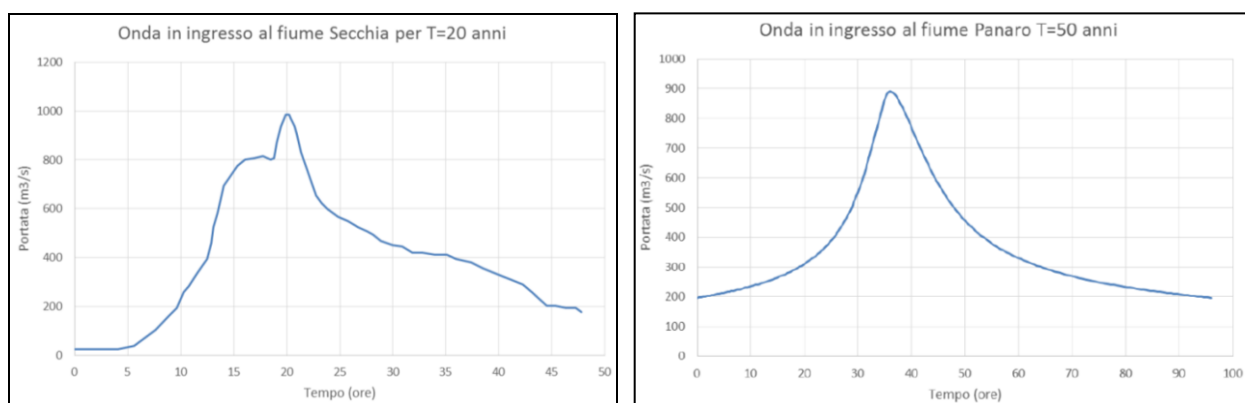


Figura 4 - Idrogrammi di piena in ingresso per le simulazioni delle rotte arginali dei fiumi Secchia e Panaro (Allegato 1).

5.3 LOCALIZZAZIONE DELLE ROTTE

Nel seguito vengono illustrate le motivazioni che hanno portato alla localizzazione delle rotte arginali simulate negli scenari descritti al capitolo successivo e all'Allegato 1:

- la scelta della rotta dell'arginatura destra del Fiume Secchia in corrispondenza di Sorbara è stata dettata dalla sua ubicazione in corrispondenza di un'ansa del fiume sollecitata ed in posizione critica sia per Sorbara, sia per parte di Bastiglia che per i settori a nord-ovest di Bomporto;
- la scelta della rotta dell'arginatura sinistra del Fiume Panaro a monte di Villavara risulta rappresentativa nella tratta tra Bomporto e Navicello;
- la rotta dell'arginatura sinistra del Fiume Panaro in corrispondenza di Bomporto ha permesso di verificare, oltre agli effetti sull'abitato storico, anche gli effetti al contorno;
- la rotta dell'arginatura sinistra del Fiume Panaro a nord della confluenza del Naviglio in Panaro è giustificata dal fatto che, avendo uno sbarramento dato dal percorso stesso del Naviglio, si è potuto comprendere l'impatto sugli insediamenti residenziali e produttivi, localizzati in questo settore territoriale.

Le brecce simulate hanno una larghezza media finale di circa 100 m.

L'insieme di queste localizzazioni simula gli scenari più critici che possono verificarsi in quest'ambito territoriale, creando così una sorta di involuppo delle casistiche estreme.

5.4 DESCRIZIONE DEGLI SCENARI SIMULATI

Una descrizione dettagliata e le figure degli scenari simulati e dei risultati ottenuti è riportata al paragrafo 5.2 dell'Allegato 1.

Di seguito si riprende una breve sintesi dei risultati.

5.4.1 Rotte in destra Secchia

a) *ROTTA ARGINE DESTRO SECCHIA A SORBARA (da Fig.5.8 a 5.11 Allegato 1)*

La breccia ipotizzata sull'ansa del fiume Secchia, in corrispondenza di Sorbara, ha lo scopo di valutare gli effetti dell'esondazione nei settori del Comune di Bomporto posti a nord del percorso del Naviglio.

Ancor prima di illustrare i massimi battenti d'acqua raggiunti, è utile evidenziare che i volumi esondati raggiungono in meno di 4 ore Sorbara e i quartieri nord di Bastiglia, in circa 5-6 ore l'abitato di Bomporto a nord del Naviglio e per la fascia territoriale a ridosso della Panaria andando verso nord. Tempi superiori intorno alle 8.0, fino alle 14-16 ore, sono necessarie per raggiungere l'abitato di San Prospero.

Passando ai massimi battenti idrici registrati sull'areale modellizzato, si osservano quote idriche intorno a 0,5-1 m, in corrispondenza delle aree urbane allagate sia di Bastiglia, Sorbara, nonché di Bomporto, per le parti residenziali.

Le altezze massime, intorno a valori da 1,5 m a 2 m da p.c. in prossimità dell'abitato di Bomporto, sono relative a depressioni del terreno coincidenti con l'area sportiva della piscina comunale e il laghetto da pesca.

Per quanto riguarda le velocità, che si traducono in spinte dinamiche su strutture investite dalla lama d'acqua in uscita dalla breccia, non si notano settori urbani particolarmente a rischio, fatto salvo qualche abitazione sparsa presente in prossimità della breccia (vedi colorazioni verde e rossa della Figura) in cui si raggiungono velocità variabili da 0,6 a 1,4 m/s.

Il volume d'acqua calcolato in uscita dalla breccia prodottasi è calcolato in 75 milioni di mc in circa 10 ore.

5.4.2 Rotte in sinistra Panaro

b) *ROTTA ARGINE SINISTRO PANARO A MONTE DI VILLAVARA (da Fig.5.12 a 5.15 Allegato 1)*

Il secondo scenario è previsto sul Fiume Panaro, immaginando l'apertura di una breccia lungo il tratto rettilineo del fiume, a monte dell'area produttiva di Villavara, naturalmente in sponda sinistra.

Tra Cavo Argine e Cavo Minutara sono date per realizzate le previste sopraelevazioni arginali a 26,90 m s.l.m. (pari all'arginatura del Naviglio).

Per quanto riguarda i tempi di propagazione delle portate esondate, si osservano meno di 2 ore per l'area produttiva di Villavara, 8 ore per arrivare all'abitato storico di Bomporto, 14

ore per arrivare a Bastiglia e dalle 16 alle 24 ore per arrivare nei settori nord dell'abitato di Bomporto (lungo la Panaria).

Per quanto riguarda i massimi battenti registrati nei punti toccati dall'esondazione, tra Panaro e Naviglio e comunque a sud di quest'ultimo, si notano valori di battenti idrici che vanno da 1.0 a 3.0 m. Nell'abitato storico di Bomporto i valori vanno dai 2.0 ai 2,5 m. Battenti di entità minore si notano nel settore urbano di Bomporto a nord del canale Naviglio, così come a Bastiglia, esternamente all'argine sinistro del Naviglio.

Colorazioni intense a carattere locale, che denotano elevati battenti, si riferiscono a depressioni puntuali del terreno.

Per quanto riguarda le velocità di propagazione, si notano mediamente valori da 0,2 a 0,4 m/s su tutto l'areale esondato, con punte a ridosso della breccia, che vanno da 0,6 a 1,2 m/s fino a oltre 1,4 m/s immediatamente a valle dell'apertura arginale.

Non si ravvisano particolari problematiche di tenuta strutturale degli edifici, escluso ovviamente eventuali insediamenti a ridosso dell'arginatura soggetta a rottura.

Il volume d'acqua calcolato in uscita dalla breccia prodottasi è calcolato in 74 milioni di mc. La figura seguente mostra gli idrogrammi caratteristici prodotti dal Panaro a seguito dell'apertura della breccia. Si noti l'entità della portata in uscita (mediamente intorno ai 700 mc/s) e la portata del Panaro a monte della breccia con valori superiori a 1000 mc/s, un valore transitante a Bomporto ridotto sino a 350 mc/s a seguito della riduzione causata dall'esondazione.

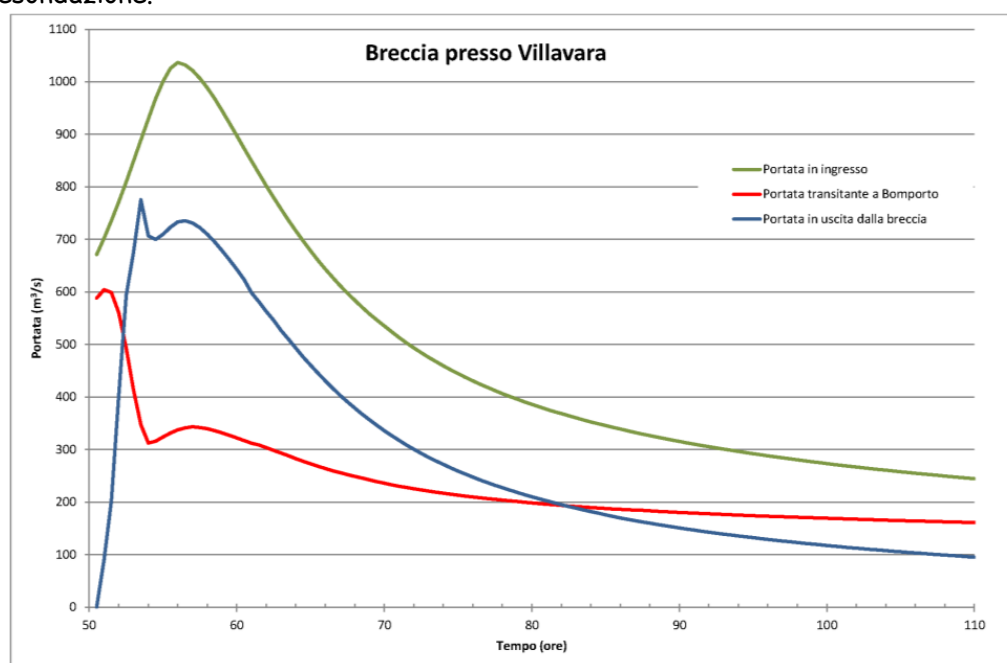


Figura 5 - Idrogrammi ottenuti in seguito alla rottura arginale ipotizzata (Allegato 1)

Nella Figura sotto riportata si è approfondito l'andamento temporale delle quote idriche in due punti del territorio, uno sito in centro a Bomporto (in prossimità del Naviglio) e l'altro nel fiume Panaro, alla confluenza con il Naviglio stesso. Lo scopo era quello di valutare se una rotta di rientro, realizzata aprendo un apposito varco nell'argine destro del canale Naviglio, potesse essere di una qualche utilità per ridurre i livelli di allagamento e/o i tempi di permanenza a Bomporto, aprendo contemporaneamente i portoni Vinciani per consentire il deflusso verso il fiume Panaro.

A seguito della forte riduzione di portata in Panaro si registrano livelli idrometrici nel fiume, in corrispondenza dell'immissione del Naviglio a Bomporto, che scendono sino a quote di circa 26 m s.l.m. dopo 15 ore dall'apertura della breccia (corrispondente al tempo 50.5 ore).

È quindi evidente che una rotta artificialmente prodotta sull'argine destro del Naviglio potrebbe consentire un più rapido allontanamento dei volumi esondati stazionanti presso Bomporto.

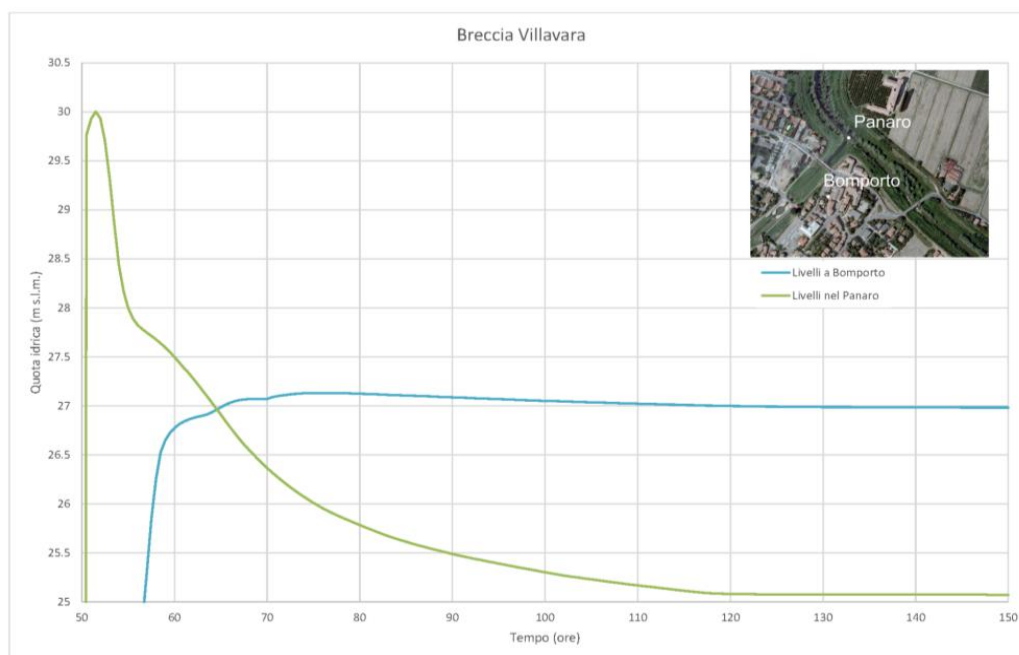


Figura 6 - Andamento temporale delle quote idriche a Bomporto (in prossimità del Naviglio) e nel Panaro (alla confluenza del Naviglio) - Allegato 1

c) ROTTA ARGINE SINISTRO PANARO A MONTE DI BOMPORTO - monte confluenza Naviglio (da Fig.5.18 a 5.21 Allegato 1)

I tempi di arrivo sono tra 0 e 2 ore in prossimità della breccia (abitato di Bomporto), da 6 a 8 ore su Villavara, da 14 a 18 ore su Bastiglia (settore ad est), tra 16-18 ore per le aree urbanizzate di Bomporto a nord del Naviglio e oltre 28 ore per tutto il settore territoriale verso nord lato ovest della statale Panaria.

Per quanto riguarda le velocità, fatto salvo immediatamente a ridosso della breccia (dove si registrano valori massimi intorno a 1,4 m/s), si registrano velocità di propagazione estremamente contenute e variabili tra 0,2 e 0,4 m/s, quindi con problematiche nulle dal punto di vista delle spinte dinamiche sugli edifici.

Per quanto riguarda i battenti idrici, vista la posizione della breccia, la parte veramente coinvolta è tutta quella compresa tra Panaro e Naviglio e a sud di quest'ultimo, con valori variabili da 2 a 2,80 m s.l.m. Altre zone esterne al Naviglio, sia ad ovest che a nord, presentano battenti di allagamento contenuti in 50-60 cm medi.

A parità di portate che confluiscono a monte e a valle della breccia in Panaro, rispetto alla portata in uscita dalla rottura argine di Villavara, si osservano valori pressoché dimezzati, cioè poco più di 300 mc/s.; questo comporta un volume esondato di 37 milioni di mc contro i precedenti 74.

La motivazione di questo comportamento è che la particolare conformazione territoriale dell'abitato storico di Bomporto, chiuso pressoché interamente tra l'arginatura sinistra del Panaro e da quella destra del Naviglio, si comporta come un'area golendale che, una volta riempita sino a livello dell'acqua transitante in fiume, impedisce un libero deflusso delle portate di esondazione attraverso la breccia.

Solo circa 50 ore dopo l'apertura della breccia le quote idriche nel Panaro, in fase di recessione, scendono al di sotto di quelle a Bomporto, assestate intorno ai 26.8-26.9 m s.l.m..

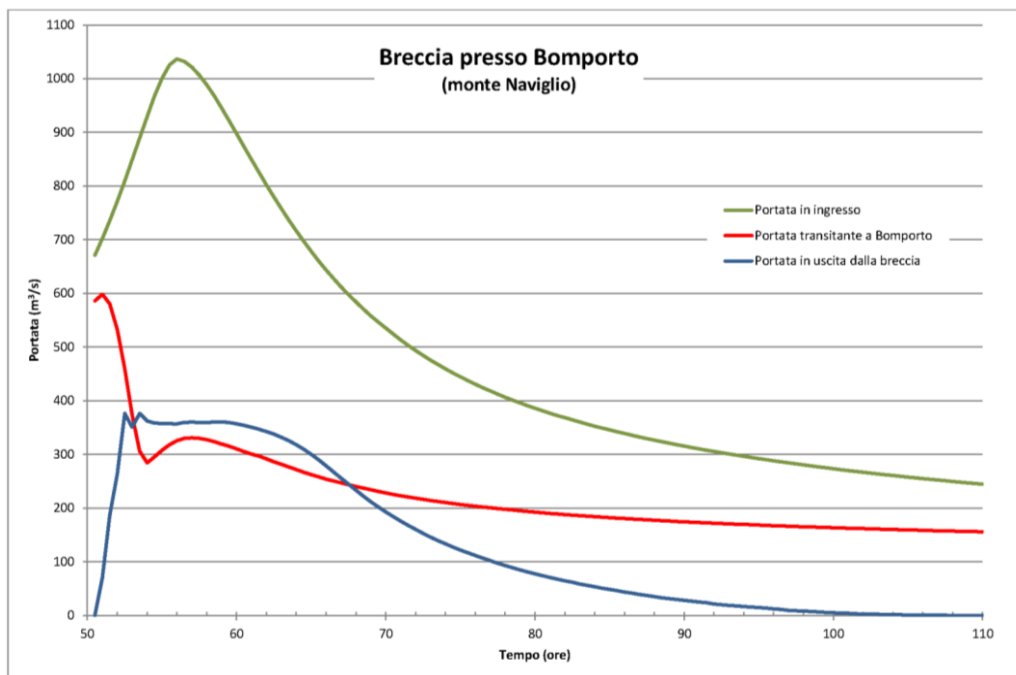


Figura 7 - Idrogrammi ottenuti in seguito alla rottura arginale ipotizzata (Allegato 1)

In questa circostanza è evidente come una rotta artificialmente prodotta sull'argine destro del Naviglio sarebbe di limitata utilità, ai fini dell'allontanamento dei volumi esondati a Bomporto, dati i tempi lunghi necessari affinché nel Panaro le quote idriche scendano a valori tali da consentire l'apertura dei portoni vinciani e l'esiguo dislivello tra le quote idriche dell'allagamento a Bomporto e quelle nel Panaro.

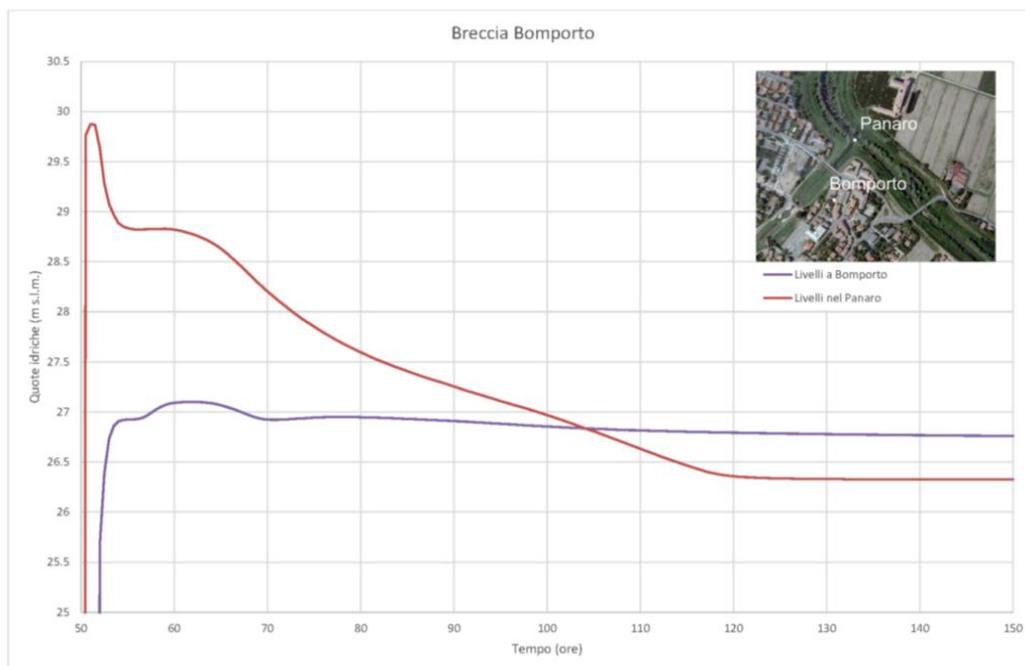


Figura 8 - Andamento temporale delle quote idriche a Bomporto e nel Panaro (Allegato 1)

**d) ROTTA ARGINE SINISTRO PANARO A BOMPORTO - valle confluenza Naviglio
(da Fig. 5.24 a 5.28 Allegato 1)**

Dopo 2 ore dall'apertura della breccia, i settori colpiti sono i tessuti urbani a nord del Naviglio. Dopo 8 ore si registra l'allagamento di tutta la fascia in fregio al Panaro e lungo la Panaria, sino a lambire Bastiglia e Sorbara, pur non coinvolgendoli ancora. Dopo 13-15 ore l'acqua prosegue verso valle senza interessare settori urbani o aggregati urbani di rilievo. La portata uscente dalla breccia presenta un valore massimo che supera di poco i 500 mc/s, mentre a valle nel Panaro prosegue un'onda che da un valore di 500 mc/s si riduce fino a 200 mc/s, per poi risalire a 270-280 mc/s.

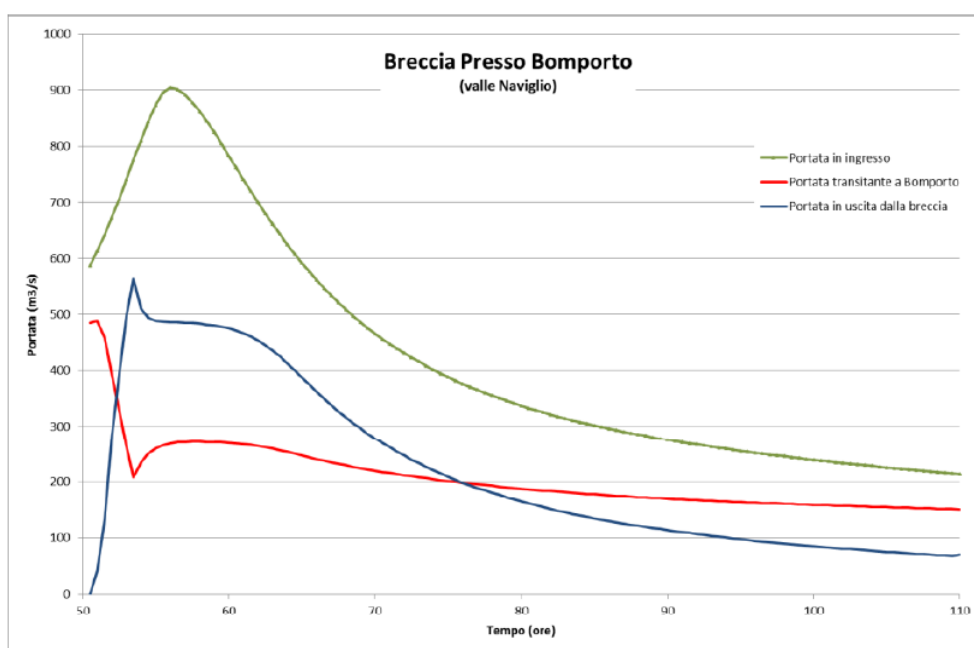


Figura 9 - Idrogrammi ottenuti in seguito alla rottura arginale ipotizzata (Allegato 1)

Anche in questo caso, in corrispondenza di Villavara (tra fiume Panaro e Cavo Minutara), le acque di esondazione arrivano anche da sud in quanto è presente una finestra a Navicello larga circa 5 m e 1,5 m più bassa del livello di piena.

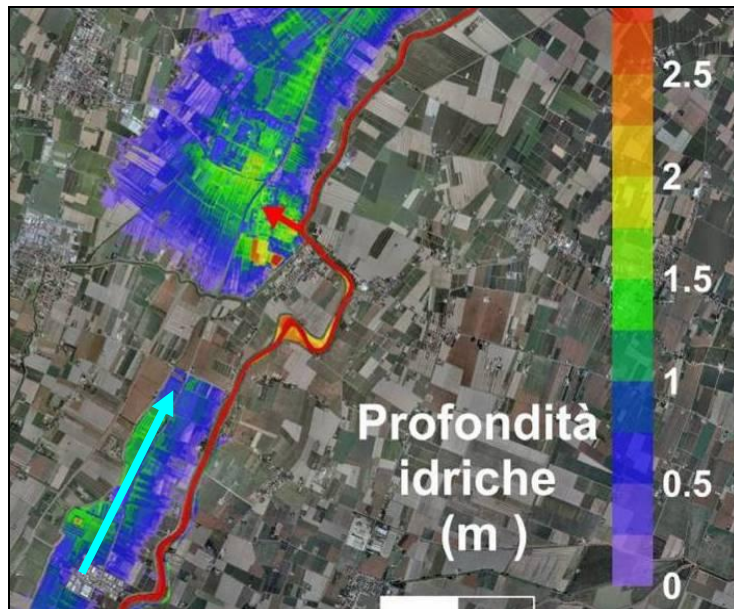


Figura 10 - Estratto della simulazione dove si evidenzia, con una freccia azzurra, l'acqua proveniente da sud

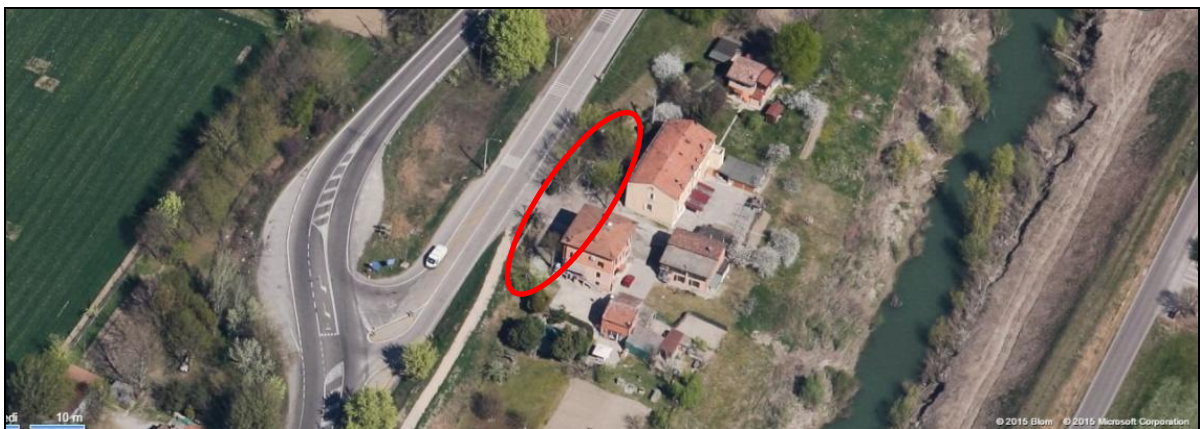
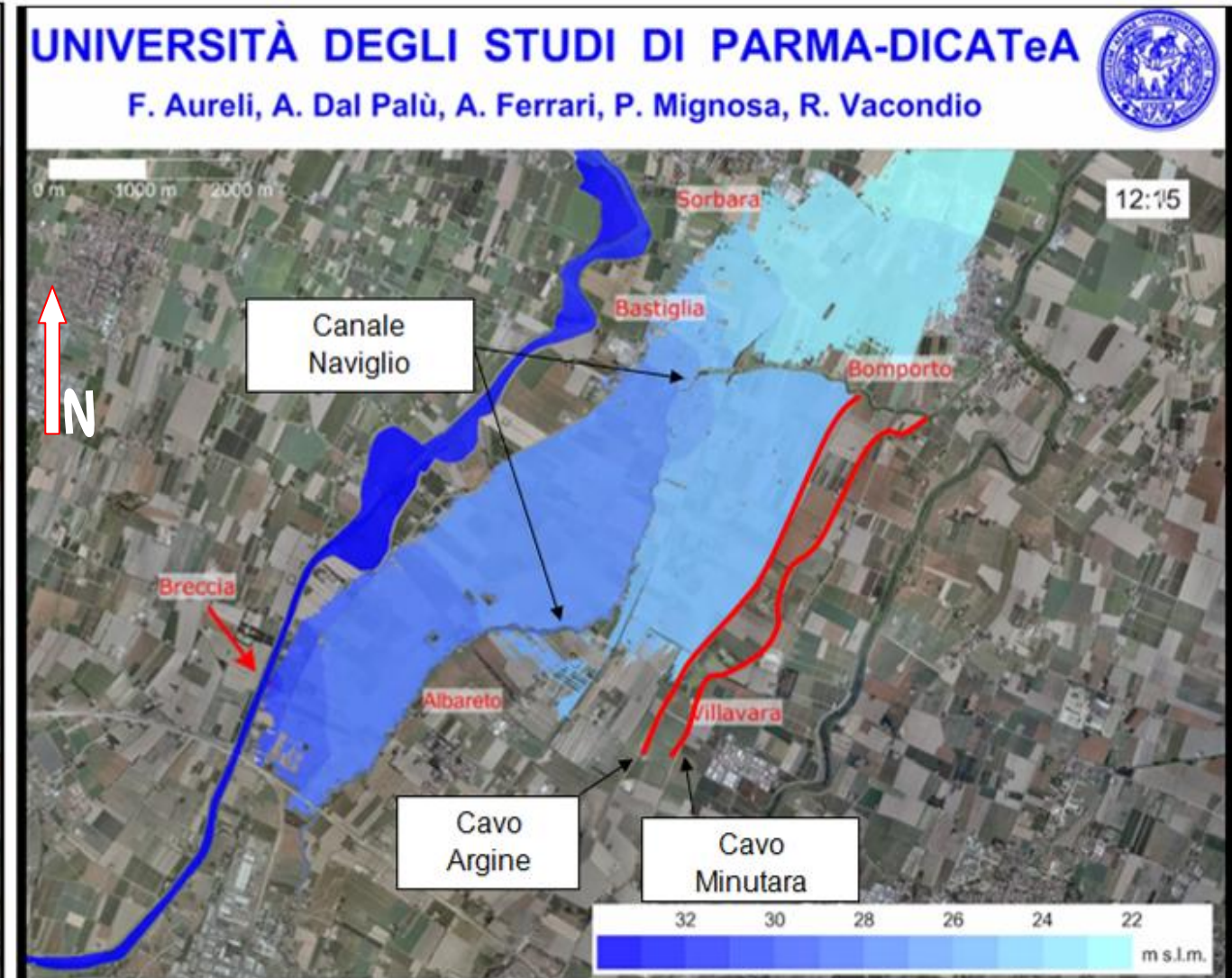
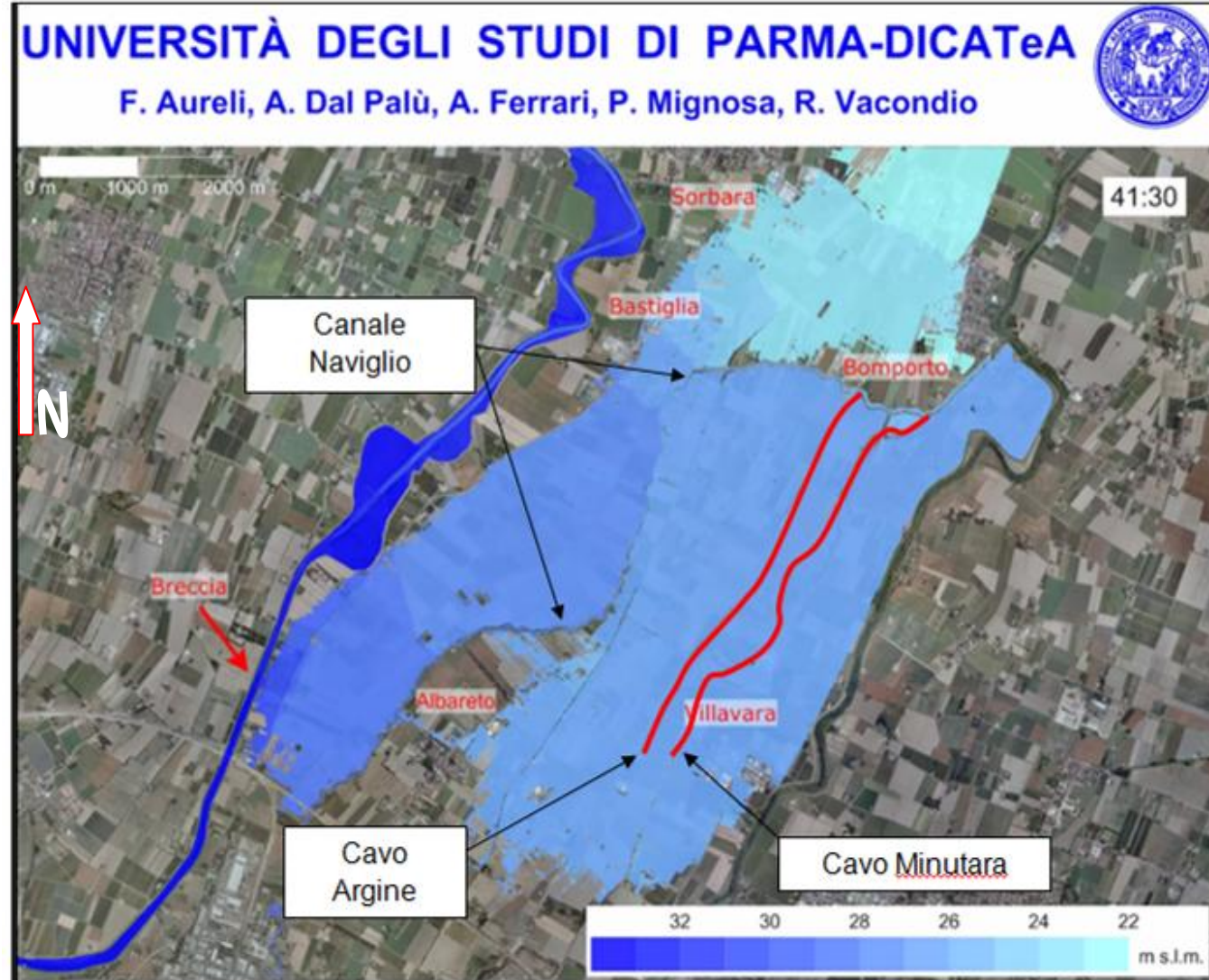


Figura 11 - Finestra presente a Navicello, con quote inferiori al livello idrico di piena simulato (pari alle arginature del Panaro) per cui l'acqua esonda anche in questo punto oltre che nel punto di rotta arginale ipotizzato a Bomporto

e) **ROTTA A SAN MATTEO**

COME IN REALTÀ È AVVENUTO IN ASSENZA DEL POTENZIAMENTO DELLA CASSA DI ESPANSIONE DEI PRATI DI SAN CLEMENTE (IN FASE DI REALIZZAZIONE)

CON IL POTENZIAMENTO DELLA CASSA DI ESPANSIONE DEI PRATI DI SAN CLEMENTE IN FASE DI REALIZZAZIONE



Durante la rotta verificatasi, in 3 ore si allaga il settore tra Secchia e Naviglio, delimitato a sud dall'alta velocità e a nord fino a raggiungere i settori sud dell'abitato di Bastiglia. Dopo 5 ore si allaga Bastiglia e transita attraverso il varco del tombamento del Naviglio (interruzione dell'arginatura pensile), l'acqua passa ad est e comincia ad allagare il territorio disposto ad est del canale Naviglio. Dopo 10 ore l'acqua allaga completamente Bastiglia, raggiunge Sorbara e le aree urbanizzate del comune di Bompporto ad est della statale Panaria. Dopo 15 ore tracima sopra l'argine di Cavo Argine, entra nei Prati di San Clemente e allaga qualche edificio a nord di Bompporto. Dopo 23 ore raggiunge Villavara, allaga la zona industriale a nord di Bompporto e dopo 28 ore l'acqua ha raggiunto il Panaro a nord di Villavara, tracima da via Chiaviche e si dirige verso l'abitato storico di Bompporto. Dopo 35 ore l'abitato storico di Bompporto è completamente sommerso.

Le velocità sono molto basse (0,2-0,4 m/S, eccezione fatta in corrispondenza della breccia).

Bompporto da 80 cm a 1,5-2 m da p.c.

Le portate esondate in questo caso sono intorno ai 40 milioni di mc.

Il tratto tombato del Naviglio determina a livello superficiale (piano strada) un varco tra le due tratte pensili del Canale, in questo caso le esondazioni provenienti dal fiume Secchia, a Sud dell'abitato di Bastiglia, consentono la propagazione verso Est e Nord - Est delle portate fuoriuscite dalla breccia. L'acqua raggiunge in questa situazione la fascia compresa tra il Naviglio e il Cavo Argine, con quote idriche tra i 24-25 m s.l.m.. Bompporto e la fascia territoriale a ridosso del Fiume Panaro non subirebbero allagamenti in presenza dei sopralti arginali a 26,9 m s.l.m. previsti in sinistra Cavo Argine ed in Destra Cavo Minutara nell'ambito del progetto di potenziamento della Cassa di espansione dei Prati di San Clemente.

6. RAPPRESENTAZIONE CARTOGRAFICA DEI RISULTATI OTTENUTI - LA CARTA DI INVILUPPO DEI MASSIMI BATTENTI IDRICI - STATO DI FATTO (TAVOLA 1 - STUDIO IDRAULICO)

Di seguito si riportano i risultati ottenuti dalle simulazioni con una rappresentazione cartografica di insieme che permette di comprendere meglio la situazione idraulica del territorio preso in considerazione.

In particolare la Tavola 1, riportata nella figura seguente, illustra un inviluppo della pericolosità idraulica sulla base dei massimi battenti idrici raggiunti con le simulazioni.

La Tavola 1 è stata redatta prendendo a riferimento la carta di inviluppo illustrata in Allegato 1 (Figura 5-31). Quest'ultima, per sua natura molto dettagliata in termini di battenti idrici, è stata "semplificata" individuando classi di raggruppamento dei battenti idrici rappresentativi di un diverso grado di pericolosità idraulica:

- Battenti idrici tra 0 e 0,50 m: rischio idraulico che non comporta particolari danni alle persone e agli animali;
- Battenti idrici tra 0,50 e 1,00 m: costituisce un rischio per le persone, gli animali e le strutture;
- Battenti idrici > 1,00 m: la classe è indifferenziata in quanto il battente è tanto elevato da comportare rischio di incolumità fisica per le persone, gli animali e le strutture.

Tali battenti, ovviamente in relazione alla loro entità, sono da considerarsi accompagnati anche da velocità di trasferimento e spinte crescenti andando dalla classe inferiore a quella superiore

Come richiesto all'art. 11, comma 6 del PTCP, la Tavola 1 individua anche le aree dove si verificano fenomeni di ristagno, identificabili in aree depresse a deflusso difficoltoso.

Tali aree si presentano morfologicamente mediamente depresse rispetto al territorio circostante e non sono dotate di un'adeguata pendenza necessaria per smaltire l'eccezionale volume d'acqua che arriva nell'unità di tempo.

Laddove tali aree sono cartografate in sovrapposizione alle specifiche classi sopra descritte, queste aggravano la classe di inviluppo a loro di almeno il 50% del battente rappresentato.

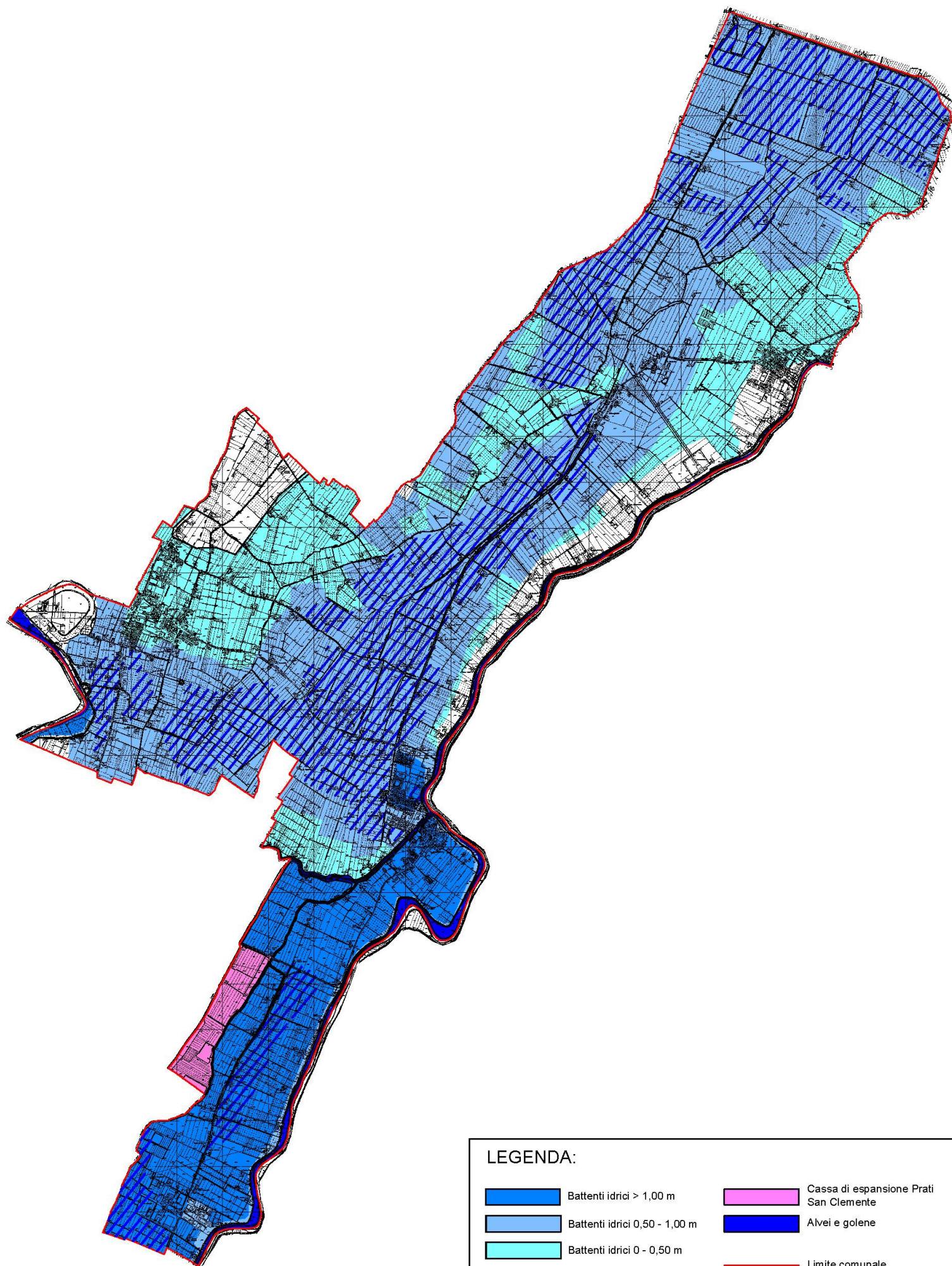
La Carta di inviluppo riportata mostra una distinzione tra l'area posta a sud e quella posta a nord del tracciato del Canale Naviglio. Nella prima zona, infatti, si riscontrano quasi ovunque battenti idrici superiori ad 1,00 m, con diverse aree contraddistinte anche da condizioni di ristagno dovute a depressioni del terreno, mentre nella seconda si hanno battenti inferiori al metro, distinguendosi aree con battenti idrici compresi tra 0,50 e 1,00 m ed altre in cui i battenti idrici arrivano fino a 50 cm; anche nella zona nord si evidenziano diverse zone caratterizzate da condizioni ristagno dovute alle morfologie depresse del terreno.

Si evidenzia inoltre, come una fascia ristretta lungo gli argini destro del Secchia e sinistro del Panaro, rimanga spesso in asciutta in quasi tutti gli scenari simulati; questo è dovuto al fatto che tale fascia è caratterizzata da quote topografiche più alte, proprie del dosso fluviale recente.

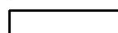
In queste aree il rischio è pertanto connesso principalmente alla possibile rottura/fusione dell'argine a tergo delle strutture insediative presenti in questa fascia e non ad allagamenti per le rotte arginali analizzate.

Per far meglio comprendere quest'ultimo scenario vengono illustrate, a seguire, una sezione tipo tracciata sul Fiume Panaro e una sul Fiume Secchia:

TAVOLA 1 - Carta di inviluppo dei massimi
battenti idrici

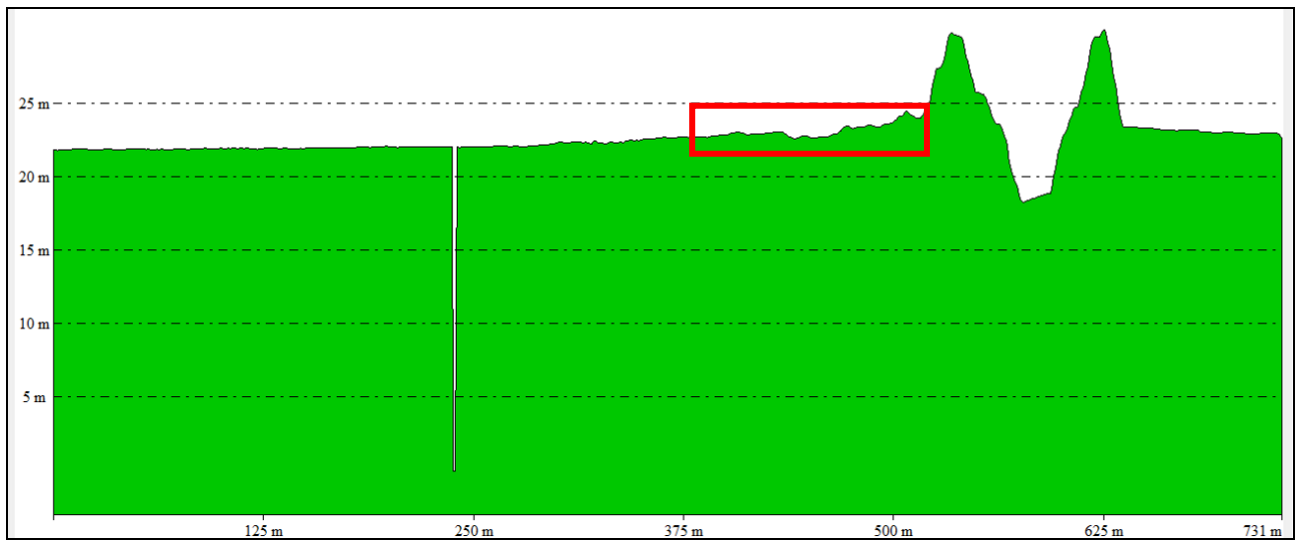
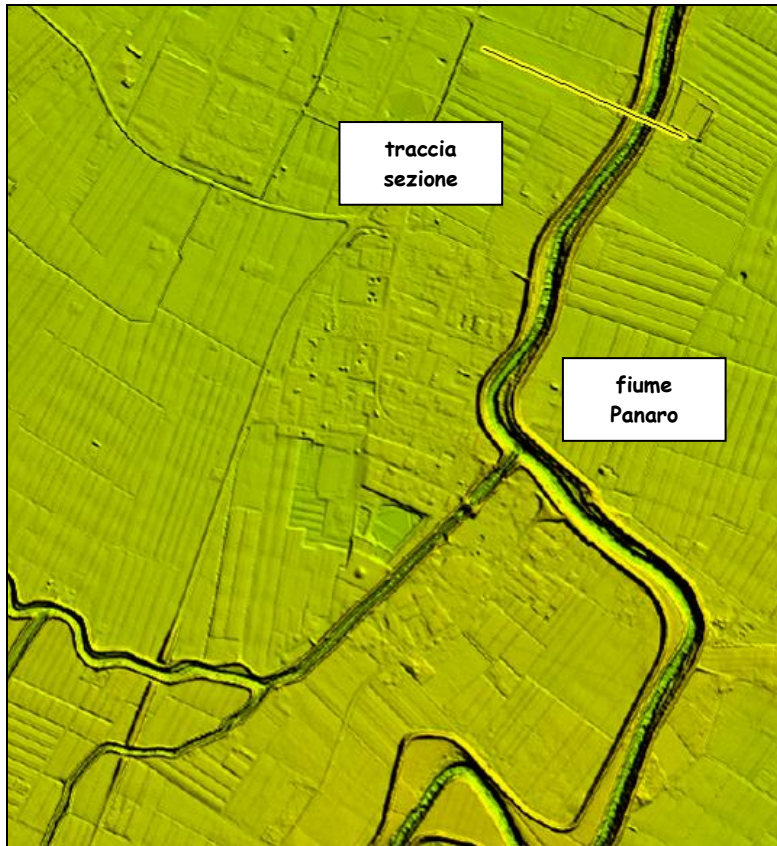


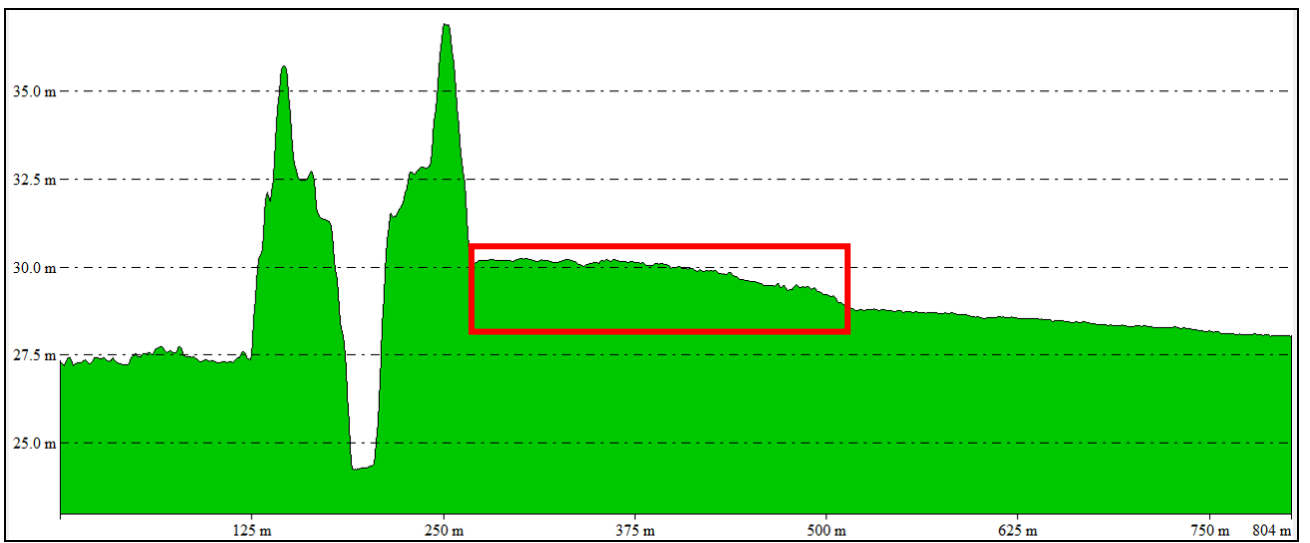
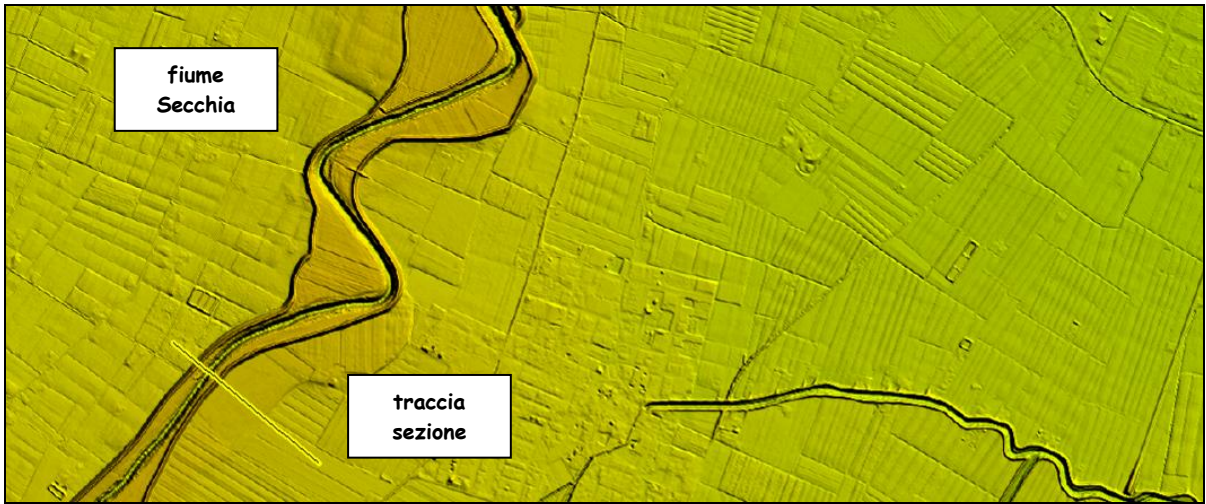
LEGENDA:

	Battenti idrici > 1,00 m		Cassa di espansione Prati San Clemente
	Battenti idrici 0,50 - 1,00 m		Alvei e golene
	Battenti idrici 0 - 0,50 m		Limite comunale
	Aree di ristagno (*)		
	Aree non soggette ad allagamento		

(*) la classe di battente si aggrava con incremento del livello pari a circa il 50%

Figura 12 - Tavola 1 "Carta di inviluppo dei massimi battenti idrici - Stato di fatto"





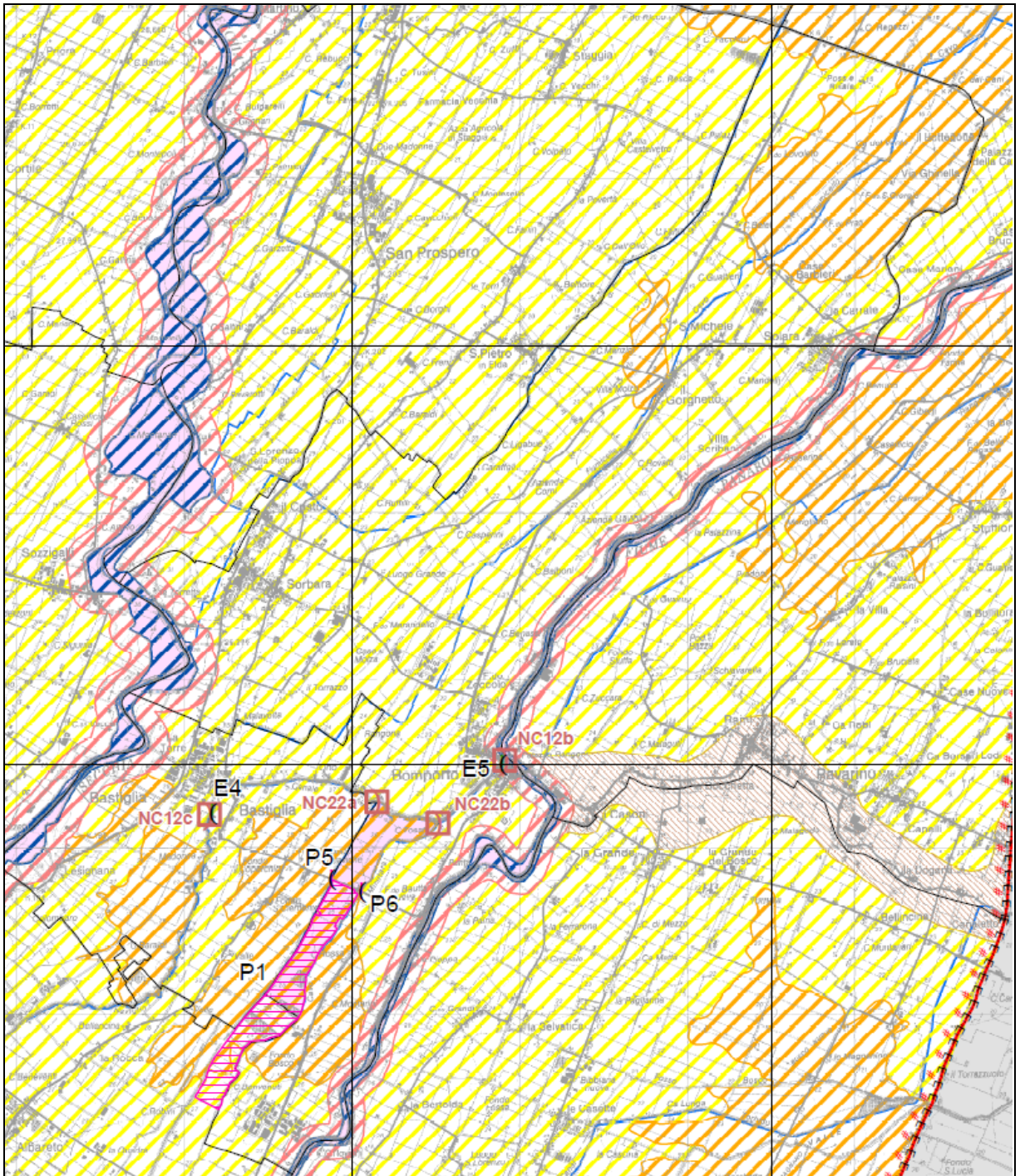
7. CARTA DI SINTESI DELLA PERICOLOSITÀ IDRAULICA RELATIVA AL RETICOLO IDROGRAFICO PRINCIPALE (Tav. QC/vPSC_t.idr)

A conclusione dello *Studio idraulico* è stata redatta la "Carta di sintesi della pericolosità idraulica relativa al reticolo idrografico principale" assunta nel presente Quadro Conoscitivo e denominata **QC/vPSC_t.idr**; la carta è stata elaborata avendo a riferimento, oltre ai risultati emersi dallo studio condotto ed in particolare alle elaborazioni sintetizzate nella "Carta di inviluppo dei massimi battenti idrici - Stato di Fatto" (Tavola 1), anche le elaborazioni riportate nella Carta 2.3 "Rischio idraulico: carta della pericolosità e della criticità idraulica" del PTCP della Provincia di Modena e quelle contenute nella Tav. QC.6/T2 "Emergenze, criticità, limiti e condizioni alle trasformazioni" del QC del PSC vigente, con particolare riferimento alla definizione delle "Aree morfologicamente depresse a deflusso idrico difficoltoso" e delle "Aree a debolissima pendenza a deflusso idrico difficoltoso".

In particolare, con riferimento alle cartografie citate, sono state considerate le seguenti perimetrazioni, confrontandone sia l'assetto morfologico, che quello metodologico. Sono a tal fine state considerate:

- **Carta 2.3 "Rischio idraulico: carta della pericolosità e della criticità idraulica"** del PTCP della Provincia di Modena, dove si sono considerate le aree soggette a differente pericolosità e/o criticità idraulica, che per il territorio comunale sono rappresentate da:
 - Aree A1 - aree ad elevata pericolosità idraulica rispetto alla piena cinquantennale, corrispondente alle fasce di rispetto, individuate in relazione alle diverse altezze arginali. In tale area un'onda di piena disalveata compromette gravemente il sistema insediativo, produttivo e infrastrutturale, provocando danni ingenti al patrimonio insediativo ed infrastrutturale; nel PTCP l'ampiezza di tale area è definita in relazione all'altezza arginale distinguendo in particolare tre classi (altezza arginale minore di 5.0 m, tra 5.0 e 10.0 m e superiore a 10.0 m). Per il territorio comunale di Bomporto tale fascia presenta una profondità di 150 m per il fiume Panaro e 250 m per il fiume Secchia;
 - Aree A2 aree depresse ad elevata criticità idraulica di tipo A, con possibilità di permanenza dell'acqua a livelli maggiori di 1 m. Tali aree si trovano in comparti morfologici allagabili e sono caratterizzate da condizioni altimetriche particolarmente critiche; nel territorio comunale di Bomporto sono presenti aree A2 nella zona nord occidentale, compresa tra Case Barbieri ed il Bottegone e nella zona ad ovest di Gorghetto - San Michele, oltre che nella zona meridionale, in corrispondenza dei Prati di San Clemente;
 - Aree A3 aree depresse ad elevata criticità idraulica situate in comparti morfologici allagabili, ma caratterizzate da condizioni altimetriche meno critiche della classe precedente, ed aree caratterizzate da scorrimento rapido e buona capacità di smaltimento ad elevata criticità idraulica poiché situate in comparti allagabili. E' compresa in quest'area tutta la restante parte del territorio comunale di Bomporto.

Nella figura seguente si riporta un estratto della Tavola 2.3.1. del PTCP, per la parte di territorio presa in considerazione dallo *Studio idraulico*.



Aree a differente pericolosità e/o criticità idraulica	
	A1 - Aree ad elevata pericolosità idraulica (Art.11)
	A2 - Aree depresse ad elevata criticità idraulica con possibilità di permanenza dell'acqua a livelli maggiori di 1 metro (Art.11)
	A3 - Aree depresse ad elevata criticità idraulica aree a rapido scorrimento ad elevata criticità idraulica (Art.11)
	A4 - Aree a media criticità idraulica con bassa capacità di scorrimento (Art.11)
	Aree golenali naturali ed artificiali
	Paleodossi di accertato interesse (Art.23A, comma 2, lettera a)
	Invasi ed alvei di laghi, bacini e corsi d'acqua (Art.10)
	Fasce di espansione inondabili (Art.9, comma 2, lettera a)
	Limite delle aree soggette a criticità idraulica (Art.11)
Infrastrutture per la sicurezza idraulica esistenti	
	E1 Cassa di laminazione del Cavo Argine E2 Cassa di laminazione del Fiume Secchia E3 Cassa di laminazione del Fiume Panaro
	E4 Paratoia di regolazione del Cavo Levata E5 Porte Vinciane del Canale Naviglio E6 Paratoia di regolazione del Canale di Freto E7 Clapet del Canale di Freto E8 Sifone a botte del Canale San Pietro E9 Attraversamento pensile del Canale Diamante E10 Sifone a botte del Canale San Pietro E11 Sifone a botte del Canale di Modena E12 Paratoia di regolazione del Cavo Archirola E13 Porte Vinciane del Canale Collettore Acque Alte

Infrastrutture per la sicurezza idraulica previste e/o da completare	
	P1 Cassa di laminazione Prati di San Clemente P2 Cassa di laminazione Fiume Panaro (ampliamento e regolazione) P3 Cassa di laminazione del Torrente Tiepido P4 Cassa di laminazione del Diversivo Martiniana
	P5 Paratoia di regolazione del Cavo Argine P6 Paratoia di regolazione del Cavo Minutara
	P7 Diversivo Martiniana P8 Collettore di Levante P9 Opera di difesa della della città di Sassuolo P10 Risagomatura del Torrente Grizzaga
Nodi di criticità idraulica	
	NC1 Rio Corlo (Canale di Modena, Fossa di Spezzano) NC2 Torrente Tiepido, Grizzaga e Gherbetta (Fiume Panaro) NC3 Canale di San Pietro (Torrente Tiepido) NC4 Sistema Martiniana (Torrente Tiepido) NC5 Cavo Archirola NC7 Cavo Finaletto NC8 Fossella Torbida NC9 Rio San Marco NC10 Rio dei Gamberi NC11 Cavo Arginetto NC12a Canale Naviglio NC12b Canale Naviglio NC12c Cavo Levata (Canale Naviglio) NC13 Canale di Freto NC19 Rio Faellano (Fiume Panaro) NC20 Rio Faellano (Fiume Panaro) NC21 Rio Corlo NC22a Cavo Argine (Canale Naviglio) NC22b Cavo Minutara (Canale Naviglio) NC22c Diversivo Generalo (Cavo Lama) NC25a Diversivo Cavata (Cavo lama) NC25c Diversivo Cavata NC26 Fossa Cappello (Canale Acque Basse Modenesi) NC30 Dogaro Uguzzone, Scolo Raimonda (Canale di Burana) NC38 Acque Alte (Fiume Panaro)
	Indicazione dei tratti possibili di somonto arginale per piene con tempo di ritorno di 100 anni del torrente Samoggia <small>Planis 2360 per il Bacno del Torrente Samoggia (Aggiornamento 2007 - D.G.R. n.192 del 17/11/2008)</small>

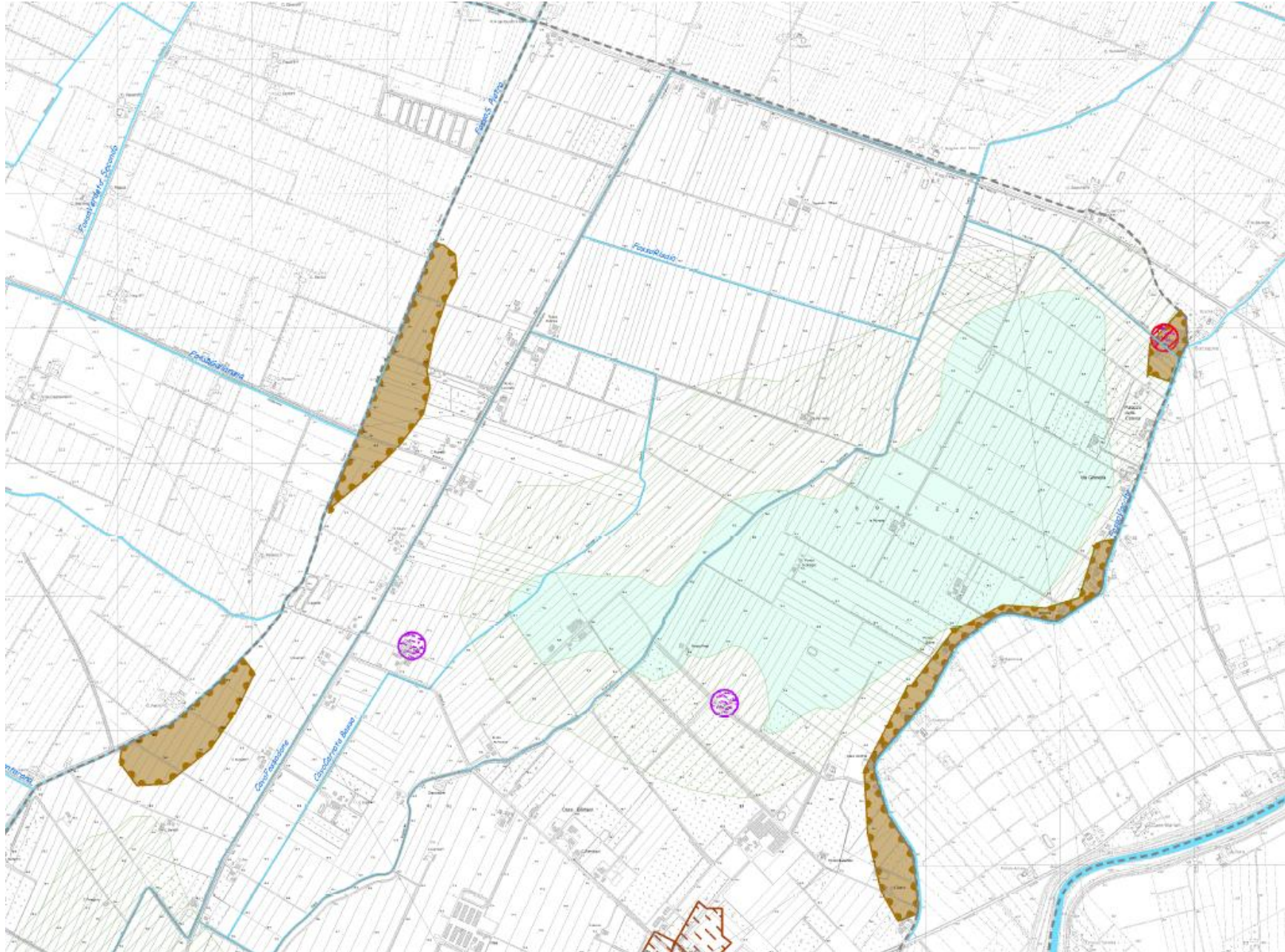
Figura 13 - Estratto della tavola 2.3.1 "Rischio idraulico: carta della pericolosità e criticità idraulica" del PTCP di Modena (2009). Sono evidenziate in legenda le aree e le strutture rilevate nella parte di territorio presa in considerazione per il presente studio.

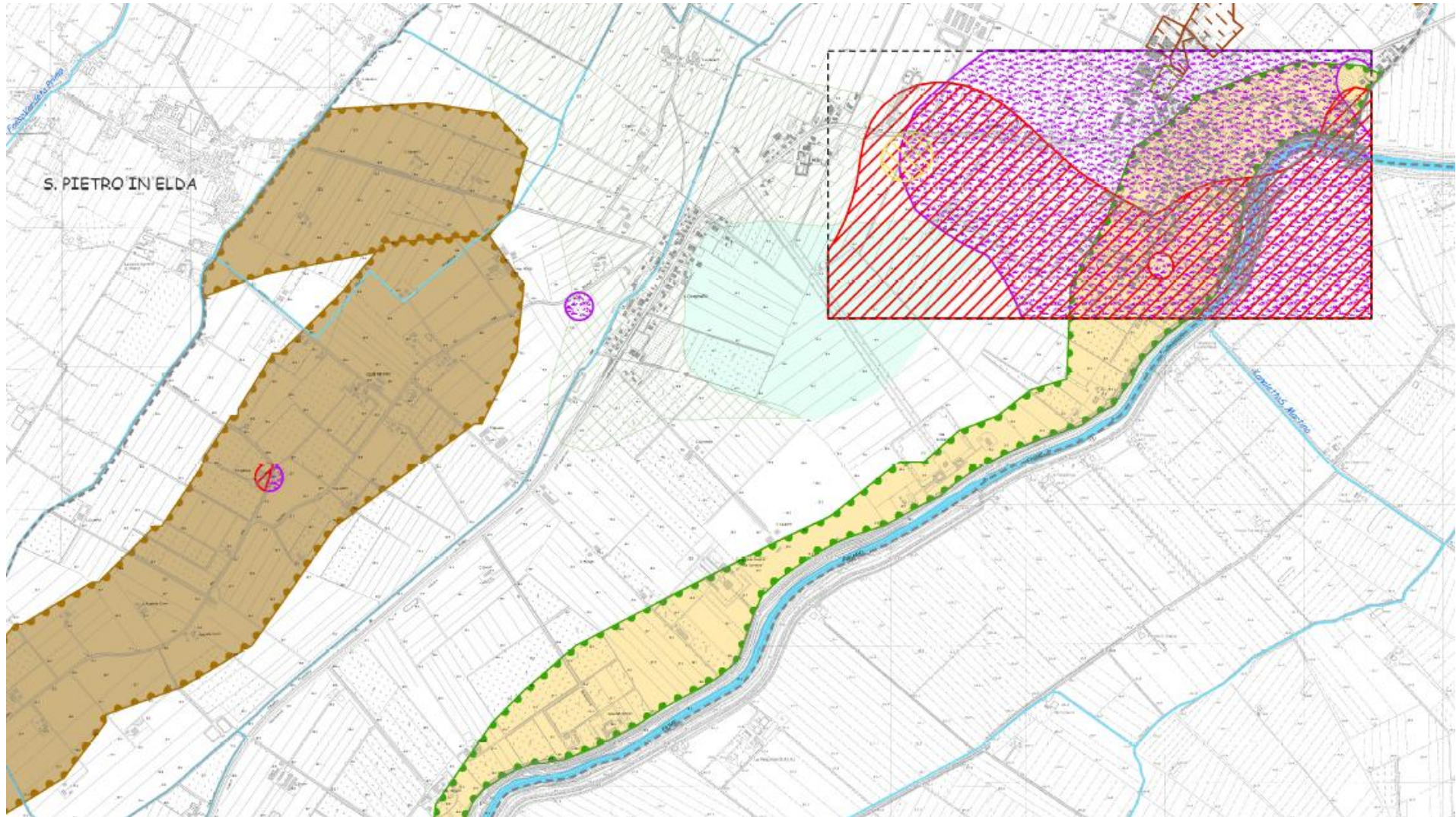
La sostenibilità degli insediamenti rispetto alla criticità idraulica del territorio viene definita dalla cartografia provinciale, individuando ambiti a diverso grado di pericolosità/criticità idraulica, sulla base della valutazione dei possibili effetti in occasione di una piena cinquantennale, in relazione alle diverse altezze arginali (Aree A1 - pericolosità idraulica), e alle situazioni morfologiche in cui in caso di allagamento si riscontra la possibilità di permanenza dell'acqua o comunque la bassa capacità di smaltimento (Aree A2 e A3 - criticità idraulica). In particolare, l'approccio metodologico utilizzato dal PTCP per la definizione delle aree a differente criticità idraulica è basato su un approccio modellistico teorico per le Aree A1 e su un approccio morfologico - altimetrico per la definizione delle aree A2, A3 e A4.

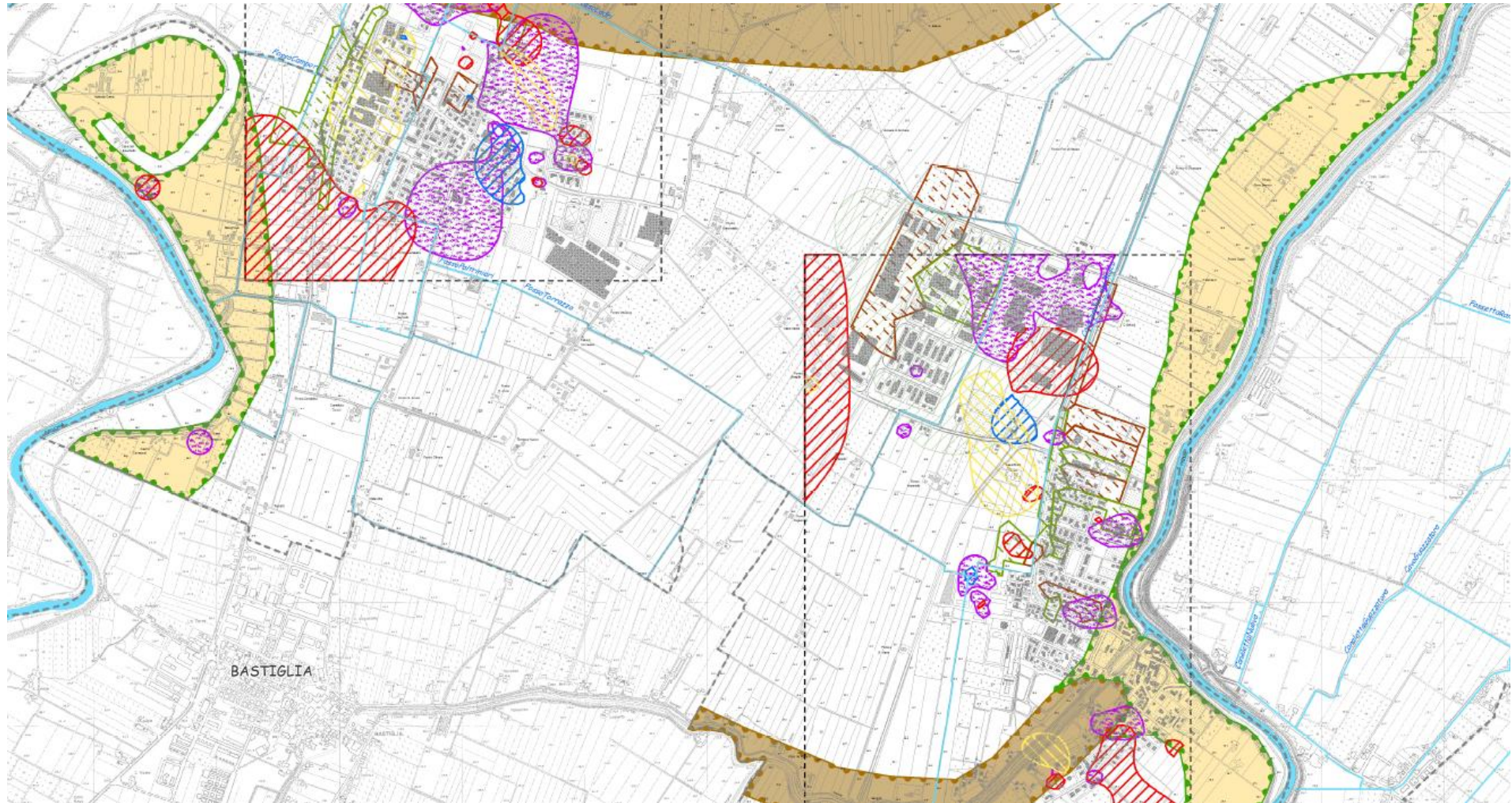
Ai sensi del comma 1 dell'Art. 11 delle NTA del PTCP "I Piani Strutturali Comunali possono eventualmente pervenire ad ulteriori specificazioni solo qualora derivanti da studi e approfondimenti di maggior dettaglio, i quali in tal caso sostituiscono le delimitazioni della Carta n. 2.3 "Rischio idraulico: carta della pericolosità e della criticità idraulica" del presente Piano".

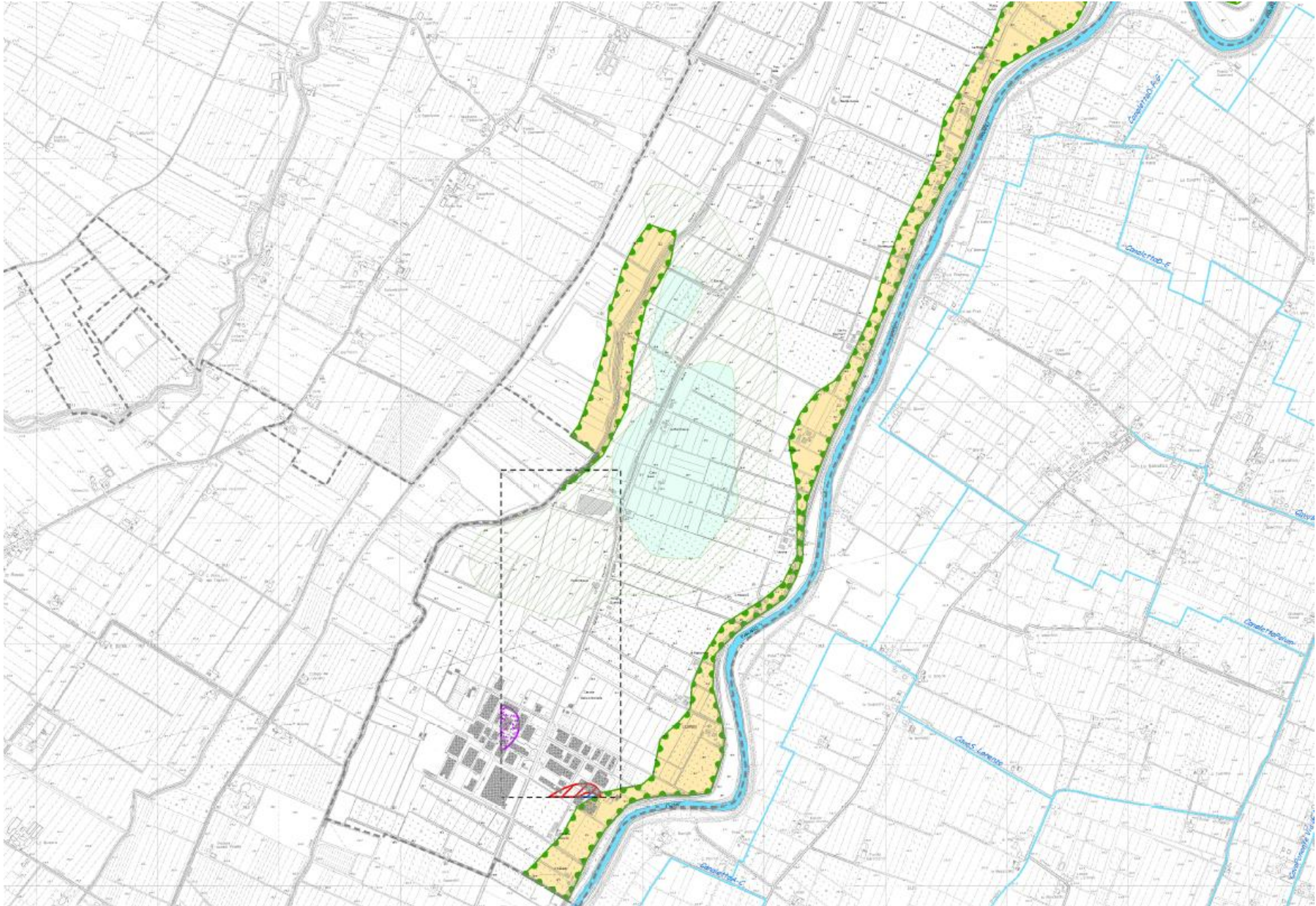
- **Tav. QC.6/T2 "Emergenze, criticità, limiti e condizioni alle trasformazioni" del QC del PSC** vigente, con specifico riferimento alle "aree morfologicamente depresse a deflusso idrico difficoltoso" ed alle "aree a debolissima pendenza con deflusso idrico difficoltoso", dove le prime sono riconoscibili per le minori quote possedute rispetto alle aree circostanti e le seconde per il bassissimo gradiente topografico. Tali aree, definite sulla base della Tav. QC.6/t2 "Geomorfologia", rappresentano le aree di maggior rischio idraulico, non solo in caso di esondazione, ma anche nel caso di eventi pluviometrici di eccezionale durata e/o intensità, che possono mettere in crisi la rete scolante o produrre ristagni di acqua, specialmente laddove siano favoriti anche dalla scarsa permeabilità della litologia di superficie. Nella cartografia citata la definizione delle aree ha utilizzato un criterio metodologico di tipo morfologico/topografico basato sulla modellazione tridimensionale, supportata dalle interpretazioni proposte in bibliografia ed in particolare facendo riferimento al quadro geomorfologico definito da Giusti (2001), elaborato sulla base di rilevamenti di dettaglio, dell'interpretazione di fotografie aeree e della costruzione di un modello altimetrico tridimensionale. Tali aree hanno tenuto conto unicamente dell'aspetto morfologico del terreno, senza tuttavia verificare il rischio connesso con l'occorrenza del fenomeno alluvionale.

Nella figura seguente si riporta un estratto della Tavola QC.6/T2 del PSC vigente, per le parti di territorio interessate dagli elementi di criticità idraulica suddetti.









Legenda















- Elementi che escludono la trasformazione del territorio
-  Aste dei corsi d'acqua principali
 -  Reticolo idrografico minore
 -  Aree morfologicamente depresse a deflusso idrico difficoltoso
- Elementi che condizionano e/o limitano la trasformazione del territorio
-  Dossi e paleodossi fluviali principali (altezza > 2 m): da salvaguardare ai fini sia della conservazione delle testimonianze geologiche, sia della tutela idraulica ed idrogeologica del territorio
 -  Dossi e paleodossi fluviali secondari (altezza < 2 m): da salvaguardare ai fini sia della conservazione delle testimonianze geologiche, sia della tutela idraulica ed idrogeologica del territorio
 -  Aree a debolissima pendenza con deflusso idrico difficoltoso
 -  Aree con resistenza meccanica dei terreni del I° strato (1 - 4 m) < 8 kg/cmq, ovvero con caratteristiche meccaniche scadenti e per le quali sono necessari in fase attuativa maggiori approfondimenti diagnostici
 -  Aree con resistenza meccanica dei terreni del II° strato (4 - 7 m) e III° strato (7 - 10 m) inferiore a quelle del I° strato (1 - 4 m), ovvero aree sulle quali sono necessari in fase attuativa maggiori approfondimenti diagnostici ed attente valutazioni dei possibili cedimenti
 -  Aree caratterizzate da liquefazione dei terreni molto probabile ($F_s < 1$) in caso di sisma, ovvero aree sulle quali sono necessari in fase attuativa maggiori approfondimenti diagnostici e verifica dell'effettiva occorrenza del fenomeno
 -  Aree caratterizzate da liquefazione dei terreni possibile ($1,0 \leq F_s < 1,25$) in caso di sisma, ovvero aree sulle quali sono necessari in fase attuativa maggiori approfondimenti diagnostici e verifica dell'effettiva occorrenza del fenomeno
 -  Aree in sofferenza idraulica non in grado di sopportare ulteriori carichi idraulici, che richiedono interventi idraulici di sgravo già nello stato di fatto
 -  Aree in sofferenza idraulica non in grado di sopportare ulteriori carichi idraulici
-  Aree di campionamento e analisi litotecniche
-  Confini comunali

Figura 14 - Estratto della Tavola QC.6/T2 SUOLO - SOTTOSUOLO - ACQUE - "Emergenze, criticità, limiti e condizioni alle trasformazioni" del PSC di Bomperto (2011)

La classificazione di pericolosità e criticità idraulica definita dal PTCP e dal QC del PSC è stata recepita nella cartografia del PSC vigente di Bomporto, con relative prescrizioni riportate negli artt. 39, 39bis, 40 e 41 delle Norme Tecniche di Attuazione.

- Carta della pericolosità "**Carta di inviluppo dei massimi battenti idrici - Stato di Fatto**" dello *Studio idraulico* (Tavola 1): si è preso a riferimento l'inviluppo delle profondità idriche massime risultanti dalle quattro simulazioni effettuate nell'ambito dello *Studio idraulico*. Tale mappa fornisce l'indicazione della "situazione peggiore" in ciascun punto del territorio considerato, in termini di altezza idrica. La definizione delle aree a differente battente idrico riportata nella "Carta di inviluppo dei massimi battenti idrici - Stato di Fatto" (Tavola 1), va di fatto ad approfondire e dettagliare gli studi pregressi, configurandosi di fatto come una "*studio e approfondimento di maggior dettaglio*". La valutazione della pericolosità idraulica nell'ambito del recente studio, è infatti stata condotta attraverso:
 - un aggiornamento degli studi pregressi, con specifico riguardo per la descrizione topografica di maggior dettaglio e per le mutate condizioni topografiche, connesse con la realizzazione dei sovralti arginali in corso di realizzazione sul Cavo Argine e sul Cavo Minutara, che sono stati considerati come se fossero già esistenti,
 - l'individuazione della posizione di rotte significative in corrispondenza dell'argine destro Secchia e dell'argine sinistro Panaro e la definizione, oltre che della posizione, anche dell'ampiezza massima dell'ipotetica breccia e della sua evoluzione temporale,
 - la valutazione delle onde di piena transitanti in alveo, estrapolate dai modelli idrologico-statistici esistenti ed adattati alle reali capacità di deflusso a franco nullo delle sezioni pensili dei due Fiumi Secchia e Panaro;
 - la definizione dell'andamento temporale della portata effluente attraverso la breccia, delle velocità e dei tiranti idrici che ivi si formano;
 - la dinamica dell'inondazione ed i tempi di arrivo dell'allagamento in una particolare zona del territorio interessato, i tiranti idrici massimi e le velocità massime.

La "Carta di sintesi della pericolosità idraulica relativa al reticolo idrografico principale" - Tavola **QC/vPSC_t.idr**, è stata pertanto definita come sintesi delle elaborazioni svolte nella Tavola 1 "Carta di inviluppo dei massimi battenti idrici - Stato di fatto", tenuto conto delle perimetrazioni delle precedenti cartografie di PTCP e PSC; si rimanda al successivo paragrafo 7.1 per il confronto tra le cartografie, quella prodotta e quelle esistenti e per le relative considerazioni.

La Carta di sintesi propone di articolare le aree del territorio comunale in base al differente grado di pericolosità, nel modo seguente:

- **Area A1a** - Area ad elevata pericolosità idraulica rispetto alla piena cinquantennale e allagabile in concomitanza di eventuali rotte arginali;
- **Area A1b** - Area ad elevata pericolosità idraulica rispetto alla piena cinquantennale;
- **Area A2a** - Aree ad elevata criticità idraulica con battente idrico > 1.00 m;
- **Aree A2b** - Aree morfologicamente depresse ad elevata criticità idraulica, caratterizzate da condizioni di ristagno e deflusso idrico difficoltoso;
- **Aree A3** - Aree ad elevata criticità idraulica, con battente idrico < 1.00 m.

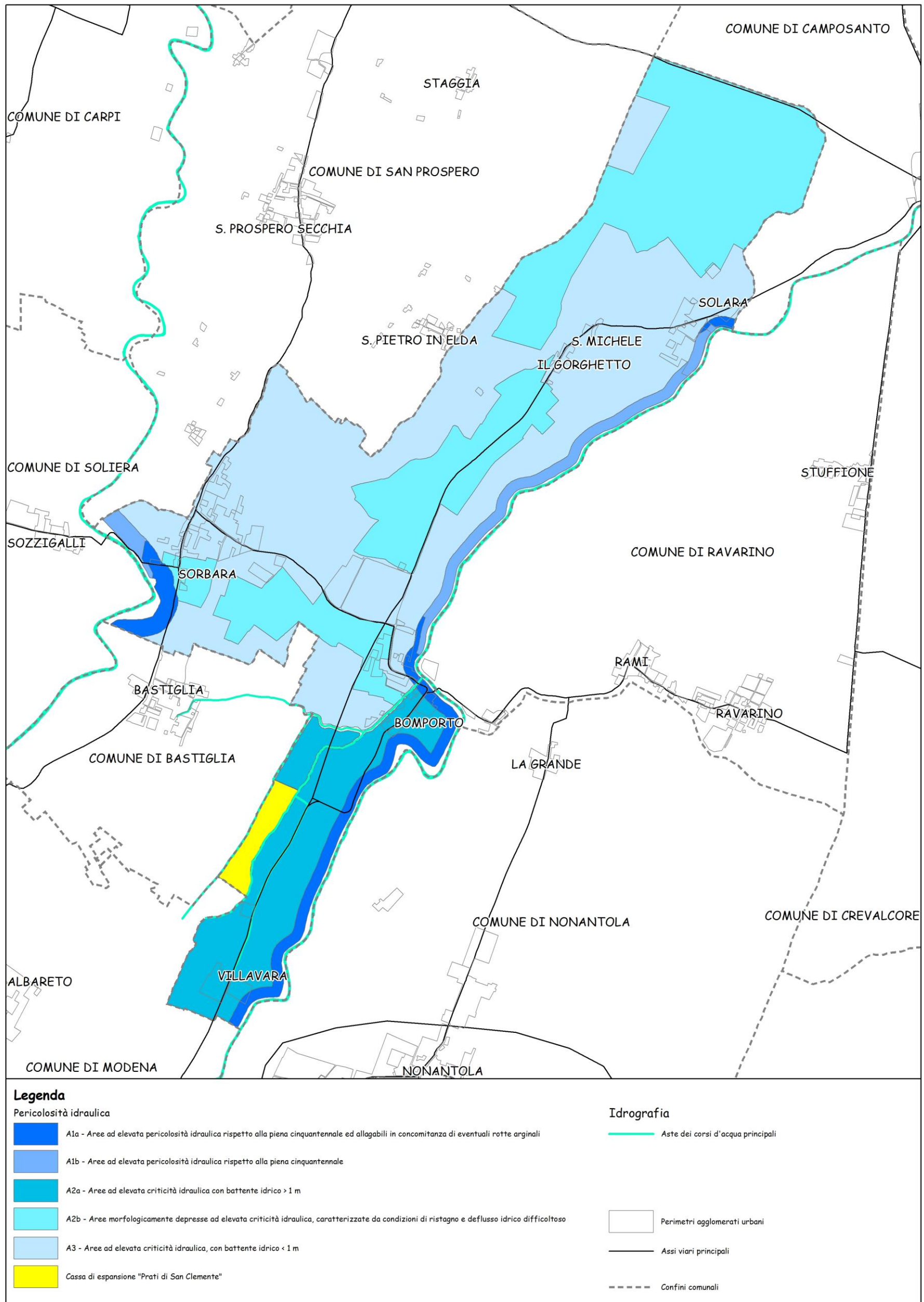


Figura 15 - Tavola QC/VPSC_t.idr "Carta di sintesi della pericolosità idraulica relativa al reticolo idrografico principale" su base semplificata

Area A1a - Area ad elevata pericolosità idraulica rispetto alla piena cinquantennale e allagabile in concomitanza di eventuali rotte arginali; si tratta di aree di rispetto individuate in relazione alle diverse altezze arginali, nelle quali un'onda di piena disalveata compromette gravemente il sistema insediativo, produttivo e infrastrutturale, provocando danni ingenti al patrimonio insediativo ed infrastrutturale; entro tali aree, lo *Studio idraulico* eseguito, ha inoltre evidenziato una condizione di rischio di allagamento in relazione alla rottura arginale nei punti di criticità analizzati. Il perimetro individuato per tali aree coincide con quello delle aree A1 del PTCP, viene tuttavia definita una diversificazione, all'interno dell'Area A1, che individua due aree a differente pericolosità idraulica. Nel territorio comunale di Bomporto tale fascia si sviluppa per una profondità di 150 m dall'argine del fiume Panaro, dall'altezza del centro abitato di Bomporto verso sud e, per un'esigua fascia, all'estremità settentrionale; per il fiume Secchia, tale area interessa invece una fascia di ampiezza variabile, con estensione massima di 250 m, nella parte sud-est del tracciato fluviale.

Area A1b - Area ad elevata pericolosità idraulica rispetto alla piena cinquantennale; si tratta di una ristretta fascia lungo l'argine sinistro del Panaro e di un'ancor più ristretta porzione di territorio in destra del fiume Secchia, in cui lo *Studio idraulico* non ha evidenziato condizioni di allagamento in nessuno degli scenari considerati, dovuto al fatto che tale fascia, prossima all'argine fluviale, è caratterizzata da quote topografiche più alte proprie del dosso fluviale recente. In queste aree il rischio è pertanto connesso essenzialmente alla possibile rottura/fusione dell'argine a tergo delle strutture insediative presenti in questa fascia. In analogia con la precedente, anche il perimetro individuato per tali aree, coincide con quello delle aree A1 del PTCP; si è scelto tuttavia di differenziarle dalle precedenti (A1a), pur confermando per entrambe condizioni di rischio elevate, per le differenti condizioni di rischio riconosciute. L'area A1b si sviluppa in sinistra del fiume Panaro, per una larghezza di 150 m, a nord del centro abitato di Bomporto; per il fiume Secchia l'area assume un'ampiezza massima di 250 m dall'argine e interessa la zona nord-ovest del breve tratto con cui il corso d'acqua interessa il territorio comunale.

Area A2a - Aree ad elevata criticità idraulica con battente idrico > 1.00 m; quest'area interessa tutta la zona meridionale del territorio comunale di Bomporto, compresa tra il confine comunale, la cassa d'espansione dei Prati di San Clemente, in via di potenziamento, l'area A1a relativa al fiume Panaro e il tracciato del Canale Naviglio. In quest'area sono state riconosciute condizioni di criticità elevata connessa agli elevati battenti idrici che si genererebbero in conseguenza di una rottura arginale che potrebbe verificarsi in corrispondenza della tratta fluviale indicativamente compresa tra l'abitato di Bomporto e il territorio modenese; come evidenziato dalla Tavola 1 "Carta di inviluppo dei massimi battenti idrici - Stato di Fatto" dello *Studio idraulico* (cfr Fig. 10), buona parte di tale area è inoltre interessata da condizioni di ristagno, che rendono difficoltoso il deflusso idrico. Tale perimetrazione include sia l'area A2 definita dal PTCP che l'area morfologicamente depressa definita dal PSC nella stessa zona, ampliandone tuttavia i limiti.

Aree A2b - Aree morfologicamente depresse ad elevata criticità idraulica, caratterizzate da condizioni di ristagno e deflusso idrico difficoltoso; si tratta di aree caratterizzate da elevata pericolosità idraulica in relazione alla morfologia depressa, con condizioni di ristagno e deflusso idrico difficoltoso. Comprendono diverse zone presenti sia tra Bomporto e Sorbara, sia nella zona centro-settentrionale del territorio Comunale, in cui la Tavola 1 dello *Studio idraulico* ha evidenziato problematiche di ristagno accompagnate da battenti idrici tra 50 cm e 1.00 m e localmente anche superiori; includono la quasi totalità delle aree A2 individuate dal PTCP nella zona nord del territorio comunale, oltre ad una

parte delle aree morfologicamente depresse definite dal PSC, sebbene rispetto a queste ultime vada segnalata una certa differenziazione (cfr. Fig. 17 successiva). Risultano inoltre interessate dalla nuova perimetrazione, diverse aree precedentemente escluse, sia nella zona nord, che in corrispondenza degli abitati di Bomporto e Sorbara.

Aree A3 - Aree ad elevata criticità idraulica, con battente idrico < 1.00 m, interessano tutta la restante parte del territorio comunale, che risulta comunque interessata da episodi di allagamento in concomitanza delle principali rotte arginali analizzate, seppur con livelli d'acqua contenuti entro i 50 cm.

7.1 CONFRONTO TRA LA CARTA DI SINTESI DELLA PERICOLOSITA' IDRAULICA RELATIVA AL RETICOLO IDROGRAFICO PRINCIPALE (Tav. QC/vPSC_t.idr) E LA CARTOGRAFIA DI PTCP E PSC VIGENTE

A seguire si riporta il confronto tra le perimetrazioni proposte della Carta di Sintesi della pericolosità idraulica elaborata dallo *Studio idraulico* e assunta, nel presente Quadro Conoscitivo, quale cartografia di riferimento per la pericolosità idraulica, per il territorio comunale di Bomporto e le cartografie del PTCP e PSC vigente, evidenziando quali siano stati gli elementi assunti nell'elaborazione e le eventuali modifiche apportate.

7.1.1 Confronto tra la Carta di sintesi della pericolosità idraulica relativa al reticolo idrografico principale (Tav. QC/vPSC_t.idr) e la Tav. 2.3 "Rischio idraulico: carta della pericolosità e della criticità idraulica" del PTCP della Provincia di Modena.

Le **Aree A1** definite dal PTCP in relazione alla pericolosità idraulica rispetto alla piena cinquantennale, corrispondente alle fasce di rispetto individuate in relazione alle diverse altezze arginali, interessano circa il 7% dell'intero territorio comunale, nelle quali il PTCP demanda al PSC la definizione degli utilizzi ammissibili, delle limitazioni agli interventi edilizi, delle norme al fine della riduzione del rischio idraulico.

In base alle risultanze dello *Studio idraulico*, risultano in parte interessate da situazioni di rischio di alluvionamento anche nel caso delle rotte arginali simulate dallo *Studio idraulico*; si evidenzia, per contro, la presenza di una ristretta fascia lungo l'argine sinistro del Panaro e di un'ancora più ristretta porzione di territorio in destra del fiume Secchia, che non vengono allagate in nessuno degli scenari considerati. Questo è dovuto al fatto che tale fascia, prossima all'argine fluviale, è caratterizzata da quote topografiche più alte proprie del dosso fluviale recente. In queste aree il rischio è pertanto connesso essenzialmente alla possibile rottura/fusione dell'argine a tergo delle strutture insediative presenti in questa fascia. In funzione di tale diversità, la carta di sintesi, mantenendo il perimetro delle aree definito dal PTCP, differenzia le **Aree A1a** dalle **Aree A1b**, interessate da differenti condizioni di rischio.

Le **Aree A1a** - ad "elevata pericolosità idraulica rispetto alla piena cinquantennale e allagabile in concomitanza di eventuali rotte arginali", occupano il 4.1% del territorio comunale, interessando parte dell'urbanizzato di Bomporto; secondo le simulazioni dello *Studio idraulico*, rappresentano le **aree a maggior pericolosità del territorio comunale**.

Si ritiene pertanto necessario venga esclusa l'individuazione di ambiti di nuova trasformazione all'interno di tali aree e che non sia consentita la nuova edificazione sia in ambito rurale sia in ambito urbanizzato, valutando che l'elevatissima pericolosità connessa a

tali aree, imponga necessariamente la scelta di non incrementare ulteriormente eventuali situazioni di rischio, rispetto a quanto già esistente. Anche rispetto agli interventi consentiti sul patrimonio edilizio esistente entro tali aree, si ritiene necessario vengano imposte misure di mitigazione del rischio idraulico esistente.

Le **Aree A1b** - ad "elevata pericolosità idraulica rispetto alla piena cinquantennale", occupano il 2.9% del territorio comunale (assieme alle aree A1a costituiscono il 7% del territorio comunale, coincidente con le aree A1 del PTCP); secondo le simulazioni dello *Studio idraulico*, in queste aree il rischio è connesso essenzialmente alla possibile rottura/fusione dell'argine a tergo delle strutture insediative presenti in questa fascia. Per tale ragione, si ritiene che vada esclusa la previsione di nuovi ambiti all'interno di tali aree, a conferma del PSC vigente, valutando tuttavia consentibili singoli interventi edilizi in ambito rurale, vincolati tuttavia alla realizzazione di adeguate difese idrauliche, che garantiscano la resistenza dei fabbricati rispetto ad un'eventuale rottura locale dell'argine.

Le **Aree A2** definite dal PTCP come "Aree depresse ad elevata criticità idraulica di tipo A, con possibilità di permanenza dell'acqua a livelli maggiori di 1 m", occupano il **19.8%** del territorio comunale; fa parte di tale perimetrazione anche l'area occupata dalla Cassa di espansione dei Prati di San Clemente, non individuata nella cartografia del PTCP, che occupa circa l'**1.4%** del territorio comunale oltre all'alveo dei cavi Argine, Minutara e del canale Naviglio, pari allo **0.5%** del territorio comunale. Tolle pertanto tali superfici, l'area A2 complessiva si riduce al **17.9%** della superficie comunale. Per tali aree, il PTCP demanda al PSC la definizione di misure di riduzione del rischio idraulico. Le simulazioni dello *Studio idraulico* hanno di fatto confermato le situazioni di rischio elevato già note sia nella zona meridionale che in quella settentrionale, anche se si è ritenuto opportuno differenziare le aree a seconda che la causa principale di pericolosità sia connessa agli elevati battenti idrici (**Aree A2a**) o alla presenza di condizioni morfologiche che determinano ristagno e deflusso idrico difficoltoso (**Aree A2b**). Rispetto alla perimetrazione del PTCP vengono inoltre definite nuove aree caratterizzate da condizione di rischio maggiori rispetto a quelle definite precedentemente, come nel caso delle aree poste nella zona meridionale (Villavara) in cui i battenti idrici risultano ovunque superiori a 1,00 m. Le Aree A2 del PTCP vengono pertanto ridefinite nel modo seguente:

Cassa di espansione dei Prati di San Clemente - occupa l'1,4% del territorio comunale; è attualmente in fase di adeguamento.

Le **Aree A2a** - Aree ad elevata criticità idraulica con battente idrico > 1.00 m, occupano l'**11.7%** del territorio comunale, ubicate nella zona meridionale a sud del Canale Naviglio, comprendendo anche la frazione di Villavara; l'area perimetrata dal PTCP come A2 in tale zona, viene aumentata, ricomprendendo in Area A2a tutta la porzione di territorio comunale a sud del Canale Naviglio. Considerati gli elevati battenti idrici che si genererebbero in conseguenza di una rottura arginale, oltre a condizioni di ristagno, che rendono difficoltoso il deflusso idrico, si ritiene che non possa essere ammessa l'individuazione di ambiti di nuova urbanizzazione e che non vadano consentiti nuovi interventi edilizi in ambito urbanizzato, ritenendo tuttavia consentibili, singoli interventi edilizi di nuova realizzazione in ambito rurale, vincolati tuttavia alla realizzazione di adeguate difese idrauliche, che garantiscano la resistenza dei fabbricati rispetto al rischio idraulico derivante dagli elevati battenti idrici.

Le **Aree A2b** - Aree morfologicamente depresse ad elevata criticità idraulica, caratterizzate da condizioni di ristagno e deflusso idrico difficoltoso, sono aree contraddistinte da elevata pericolosità idraulica in relazione alla morfologia depressa, con condizioni di ristagno e deflusso idrico difficoltoso. Comprendono il **30.8%** confermando le

perimetrazioni già definite nella zona settentrionale dalla cartografia provinciale, con la rivisitazione dei perimetri nell'area più settentrionale, in quanto, ad un criterio prettamente morfologico, si aggiunge nella più recente elaborazione, anche un criterio morfodinamico derivante dalle simulazioni; la superficie esclusa è tuttavia esigua, distribuita in ambito rurale e pari a circa il 5.7% dello sviluppo complessivo delle Aree A2 perimetrare dal PTCP (escludendo l'area della cassa di espansione). In ragione della criticità idraulica riconosciuta, si ritiene che anche in queste aree non vada ammessa la previsione di nuovi ambiti di possibile trasformazione urbana, valutando tuttavia consentibili nuovi interventi edilizi singoli in ambito rurale o all'interno del territorio urbanizzato, previa adozione di misure per la riduzione ed il contenimento del rischio idraulico; l'adozione di tali misure è valutata inoltre indispensabile anche nel caso d'interventi sul patrimonio edilizio esistente.

Nel complesso pertanto, la Tavola di sintesi della criticità idraulica, **augmenta** le aree territoriali ricadenti in Area A2 del **24.1%** rispetto alle perimetrazioni del PTCP.

Le **Aree A3** definite dal PTCP come aree depresse ad elevata criticità idraulica di tipo B, situate in comparti morfologici allagabili, occupano la parte restante del territorio comunale pari al **70.8%** del territorio. Per tali aree, il PTCP demanda al PSC la definizione di eventuali misure di riduzione del rischio idraulico. Tali aree vengono confermate, a meno di quel 24.6% per le quali lo *Studio idraulico* riconosce condizioni di pericolosità maggiori rispetto a quelle definite dalla cartografia provinciale, che vengano pertanto classificate come Aree A2b. Complessivamente pertanto, con le perimetrazioni proposte dalla carta di sintesi della pericolosità idraulica relativa al reticolo idrografico principale, le **Aree A3** - Aree ad elevata criticità idraulica con battente idrico < 1.00 m occupano il **46.2%** del territorio comunale; tali aree risultano interessate da episodi di allagamento in concomitanza delle principali rotte arginali analizzate, seppur con livelli d'acqua contenuti entro i 50 cm.

A seguire si riporta la sovrapposizione delle due cartografie con specifico riguardo ai tematismi della pericolosità idraulica messi a confronto.

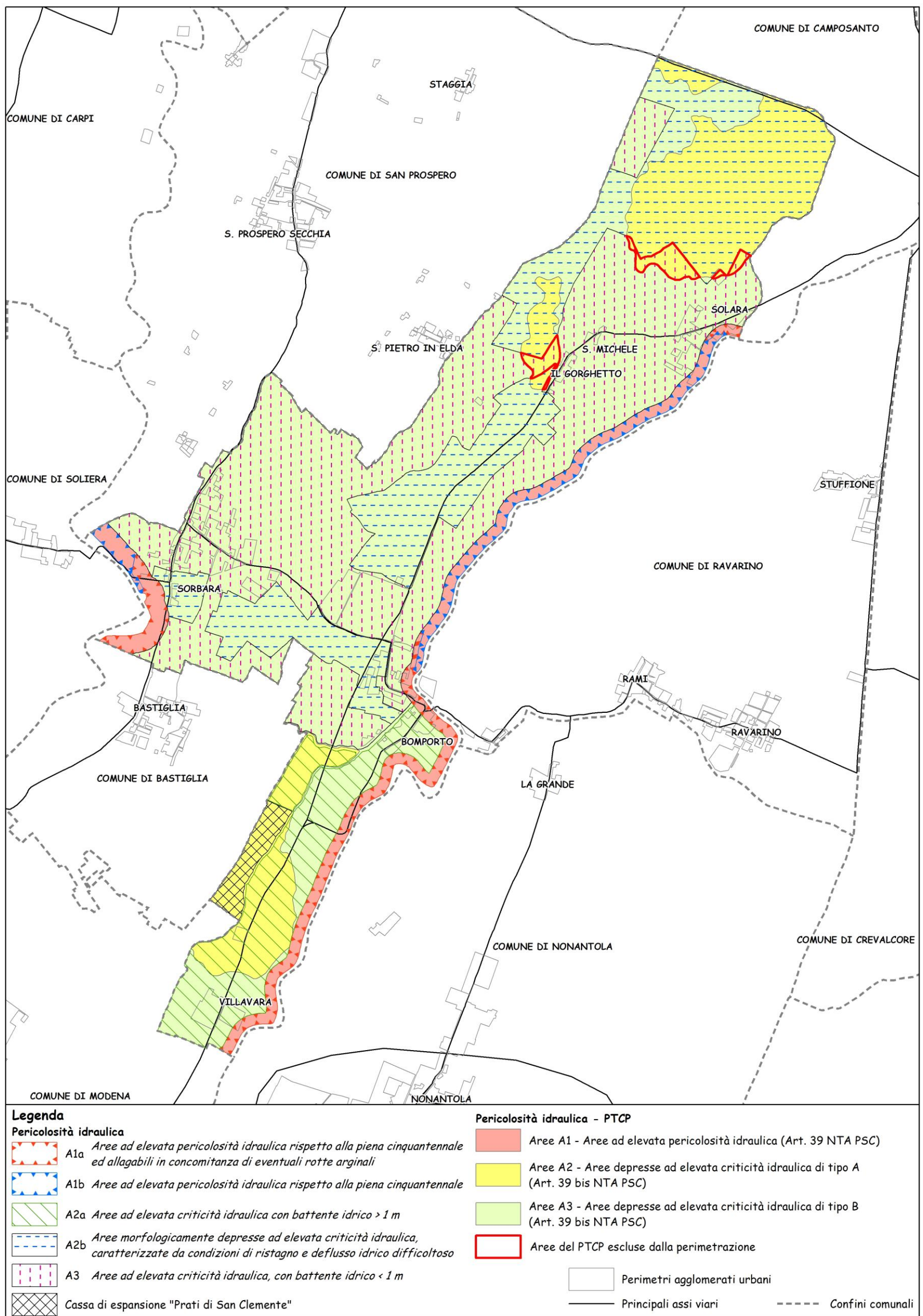


Figura 16 - Sovrapposizione Tavola QC/vPSC_t.idr "Carta di sintesi della pericolosità idraulica relativa al reticolo idrografico principale" e Tav. 2.3 "Rischio idraulico: carta della pericolosità e della criticità idraulica" del PTCP della Provincia di Modena su base semplificata

PTCP VIGENTE	SVILUPPO (riferito al territorio comunale)	TIPOLOGIA DI VINCOLO	QC DELLA VARIANTE PSC	SVILUPPO (riferito al territorio comunale)	TIPOLOGIA DI VINCOLO PROPOSTO
Aree A1 - Aree ad elevata pericolosità idraulica rispetto alla piena cinquantennale	7.0%	Demanda agli strumenti di pianificazione comunale (PSC e RUE) la definizione degli utilizzi ammissibili, delle limitazioni agli interventi edilizi, delle norme per la diminuzione del rischio	Aree A1a - Area ad elevata pericolosità idraulica rispetto alla piena cinquantennale e allagabile in concomitanza di eventuali rotte arginali	4.1%	<ul style="list-style-type: none"> • Divieto di individuare nuovi ambiti di trasformazione e di realizzazione di nuove costruzioni sia in territorio rurale e che urbanizzato • In caso d'interventi sul patrimonio edilizio esistente, adozione di misure per la riduzione del rischio idraulico esistente
			Aree A1b - Area ad elevata pericolosità idraulica rispetto alla piena cinquantennale	2.9%	<ul style="list-style-type: none"> • Divieto di individuare nuovi ambiti di trasformazione e di realizzazione di nuove costruzioni in territorio urbanizzato • Possibilità di realizzare singoli edifici in territorio rurale, subordinati all'esecuzione di adeguate ed imprescindibili opere di difesa idraulica • In caso d'interventi sul patrimonio edilizio esistente, adozione di misure per la riduzione del rischio idraulico esistente
Aree A2 - Aree depresse ad elevata criticità idraulica di tipo A	19.8%	Demanda agli strumenti di pianificazione comunale (PSC e RUE) la definizione di misure per la riduzione del rischio	Cassa di laminazione	1.4%	Destinata alla laminazione delle piene
			Aree A2a - Aree ad elevata criticità idraulica con battente idrico > 1.00 m	11.7%	<ul style="list-style-type: none"> • Divieto di individuare nuovi ambiti di trasformazione e di realizzazione di nuove costruzioni in territorio urbanizzato • Possibilità di realizzare singoli edifici in territorio rurale, subordinati all'esecuzione di adeguate ed imprescindibili opere di difesa idraulica • In caso d'interventi sul patrimonio edilizio esistente, adozione di misure per la riduzione del rischio idraulico esistente
			Aree A2b - Aree morfologicamente depresse ad elevata criticità idraulica, caratterizzate da condizioni di ristagno e deflusso idrico difficoltoso	30.8%	<ul style="list-style-type: none"> • Divieto di individuare nuovi ambiti di trasformazione • Possibilità di realizzare nuovi edifici in territorio rurale ed urbanizzato, subordinati all'esecuzione di adeguate ed imprescindibili misure di mitigazione del rischio idraulico • In caso d'interventi sul patrimonio edilizio esistente, adozione di misure per la riduzione del rischio idraulico esistente
Aree A3 - Aree depresse ad elevata criticità idraulica di tipo B	70.8%	Demanda agli strumenti di pianificazione comunale (PSC e RUE) la definizione di misure per la riduzione del rischio	Aree A3 - Aree ad elevata criticità idraulica, con battente idrico < 1.00 m.	46.2%	<ul style="list-style-type: none"> • Possibilità di localizzare nuovi ambiti di trasformazione, di realizzare nuovi edifici in territorio rurale ed urbanizzato, subordinati all'esecuzione di adeguate ed imprescindibili misure di mitigazione del rischio idraulico • In caso d'interventi sul patrimonio edilizio esistente, adozione di misure per la riduzione del rischio idraulico esistente

7.1.2 Confronto tra la Carta di sintesi della pericolosità idraulica relativa al reticolo idrografico principale (Tav. QC/vPSC_t.idr) e la Tav. QC.6/t2 "Geomorfologia" del QC del PSC vigente

La perimetrazione delle "aree morfologicamente depresse a deflusso idrico difficoltoso" e delle "aree a debolissima pendenza con deflusso idrico difficoltoso" individuate dalla Tavola QC.6/t2 "Geomorfologia" del QC del PSC vigente sulla base di un criterio di tipo morfologico/topografico, sono parzialmente confermate dalla modellazione risultante dallo *Studio idraulico*; in particolare l'area morfologicamente depressa individuata nella zona sud del territorio comunale trova una buona corrispondenza con l'area di ristagno definita dalla Tavola 1 dello *Studio idraulico*, così come anche l'ampia area individuata nella zona settentrionale del territorio comunale.

La zona definita come a "drenaggio difficoltoso" nella cartografia del PSC in corrispondenza della zona industriale di Bomporto, che viene individuata anche nella Tavola 1 dello *Studio idraulico*, è in realtà un'area urbanizzata dove le quote artificiali del terreno sono in realtà più alte rispetto al piano campagna naturale; sia nella cartografia del PSC vigente che nella Tavola 1 del presente studio, non si è considerato che la lettura di quote inferiori poi elaborate dal modello, è da imputare alle quote delle rampe degli interrati esistenti, che portano pertanto a ritenere tale area a deflusso difficoltoso. Nella successiva elaborazione della Tavola 2 dello *Studio idraulico*, assunta dal presente QC nella Tavola QC/vPSC_t.idr, tale area, proprio perché completamente antropizzata e con quote modificate, non è stata pertanto considerata come area morfologicamente depressa a deflusso idrico difficoltoso.

La principale differenza tra la cartografia di PSC vigente e la nuova elaborazione, è quindi in corrispondenza dell'abitato di Gorghetto, dove il PSC vigente perimetrava un'ampia zona a drenaggio difficoltoso ed una più ristretta area morfologicamente depressa, mentre lo *Studio idraulico* limita notevolmente l'estensione di tali aree; le differenze sono da imputare alla diversa metodologia utilizzata. Lo studio geomorfologico del PSC ha infatti considerato l'aspetto morfologico e topografico del territorio, laddove s'identificavano forme morfologicamente chiuse a catino, passibili di potenziale ristagno in occasione di eventi alluvionali o di eventi meteorici di particolare intensità, senza tuttavia verificare il rischio connesso con l'occorrenza del fenomeno alluvionale e con la dinamica dell'inondazione, che è stato invece verificato nelle simulazioni idrauliche.

A seguire si riporta la sovrapposizione delle due cartografie con specifico riguardo ai tematismi della pericolosità idraulica messi a confronto.

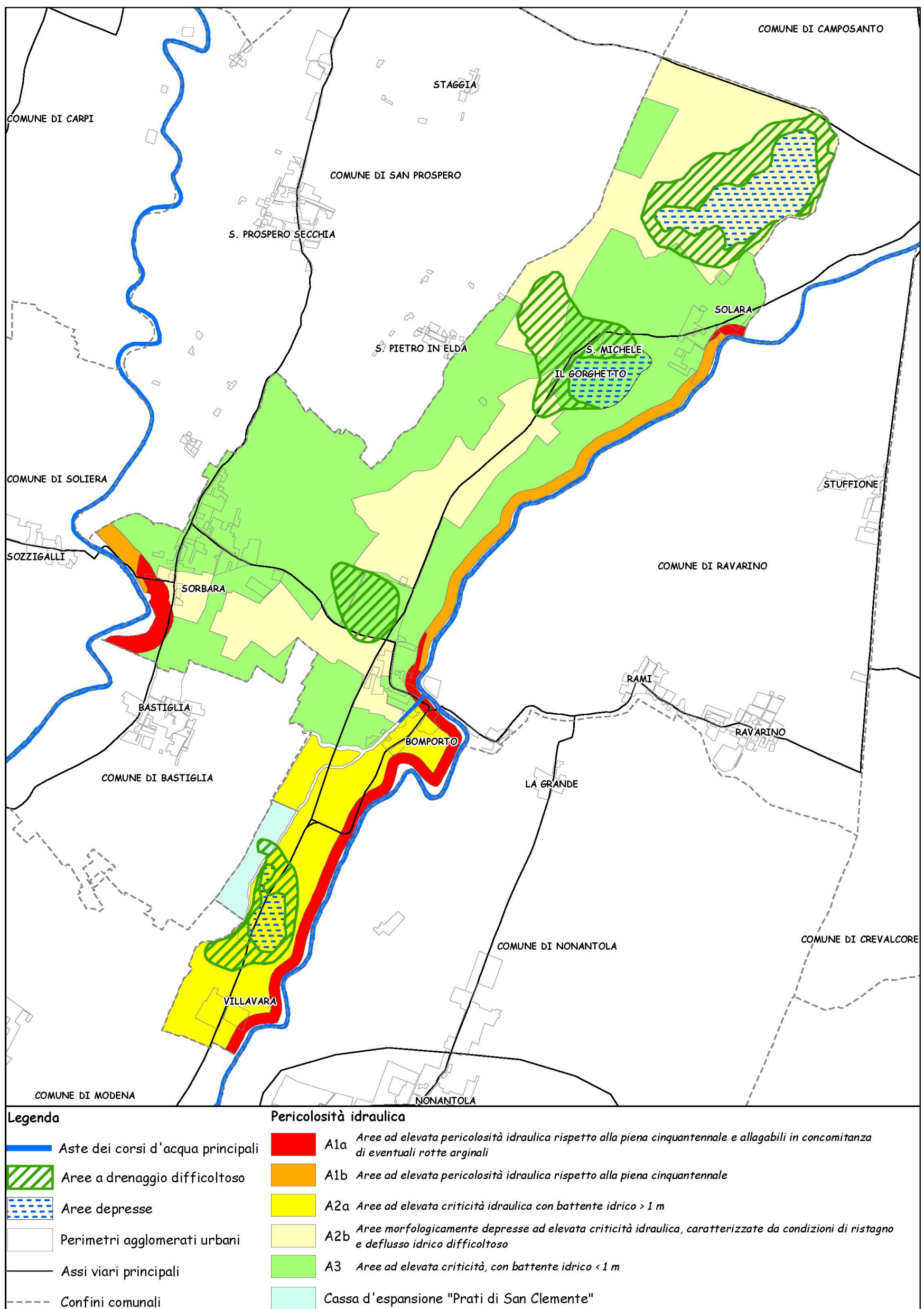


Figura 17 - Sovrapposizione Tavola QC/vPSC_t.idr "Carta di sintesi della pericolosità idraulica del reticolo idrografico principale" e estratto Tav. QC.6/t2 "Geomorfologia" del QC del PSC vigente su base semplificata

7.2 LA CARTA DELLE "EMERGENZE, CRITICITÀ, LIMITI E CONDIZIONI ALLE TRASFORMAZIONI" DEL QC "SUOLO - SOTTOSUOLO - ACQUE" (Tav. QC/vPSC_T2) IN ADEGUAMENTO ALLO STUDIO IDRAULICO

Le sostanziali modifiche apportate dallo *Studio idraulico* eseguito sul territorio comunale, qui assunto integralmente come aggiornamento del QC.6 del PSC, per i tematismi relativi al rischio idraulico del territorio comunale, impongono anche una revisione della carta delle "Emergenze, criticità, limiti e condizioni alle trasformazioni" prodotta a corredo del QC del PSC vigente (Tav. QC.6/T2), che viene pertanto aggiornata.

Nella tavola vengono individuati gli elementi di criticità e di emergenza, distinti a seconda che definiscano fattori escludenti la trasformazione o semplicemente fattori che condizionano e/o limitano la trasformazione del territorio; alla luce delle considerazioni fin qui svolte, con riferimento all'elaborato prodotto, restano invariati tutti i tematismi già presenti, ad eccezione delle perimetrazioni relative a:

- Aree morfologicamente depresse a deflusso idrico difficoltoso (tra gli elementi che escludono la trasformazione del territorio);
- Aree a debolissima pendenza a deflusso idrico difficoltoso (tra gli elementi che condizionano e/o limitano le trasformazioni del territorio)

Tali perimetrazioni vengono sostituite dalle seguenti:

1) Elementi che escludono la trasformazione del territorio

- Area A1a - Area ad elevata pericolosità idraulica rispetto alla piena cinquantennale e allagabile in concomitanza di eventuali rotte arginali;
- Area A1b - Area ad elevata pericolosità idraulica rispetto alla piena cinquantennale;
- Area A2a - Aree ad elevata criticità idraulica con battente idrico > 1.00 m;
- Aree A2b - Aree morfologicamente depresse ad elevata criticità idraulica, caratterizzate da condizioni di ristagno e deflusso idrico difficoltoso;

2) Elementi che condizionano e/o limitano la trasformazione del territorio

- Aree A3 - Aree ad elevata criticità idraulica, con battente idrico < 1.00 m.

Nella cartografia non vengono indicati i limiti e vincoli alle trasformazioni derivanti da strumenti sovraordinati, riportati invece nella Tav. QC.6/T1.

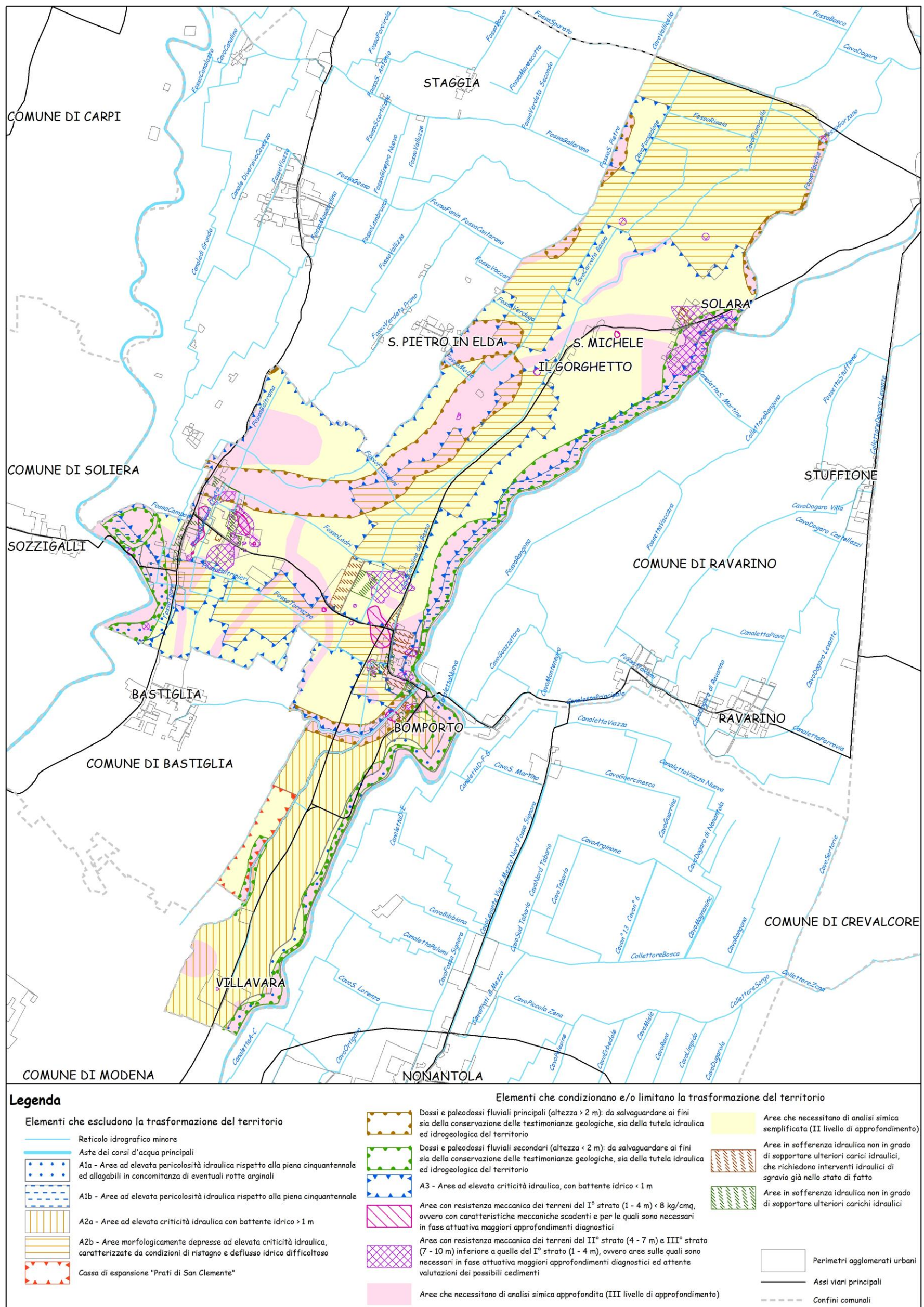


Figura 18 - Tavola QC/vPSC_T2 "Emergenze, criticità, limiti e condizioni alle trasformazioni" del QC del PSC vigente (su base semplificata)

Allegato 1

VALUTAZIONE DI SCENARI DI PERICOLOSITÀ IDRAULICA A SEGUITO DI ROTTE ARGINALI DI SECCHIA/PANARO INTERESSANTI IL TERRITORIO DEL COMUNE DI BOMPORTO

**Università degli Studi di Parma, Dipartimento di Ingegneria Civile,
dell'Ambiente, del Territorio e Architettura - DICATeA.**

**Gruppo di lavoro: Prof. Ing. Paolo Mignosa, Ing. Francesca Aureli,
Ing. Renato Vacondio, Ing. Federico Prost**

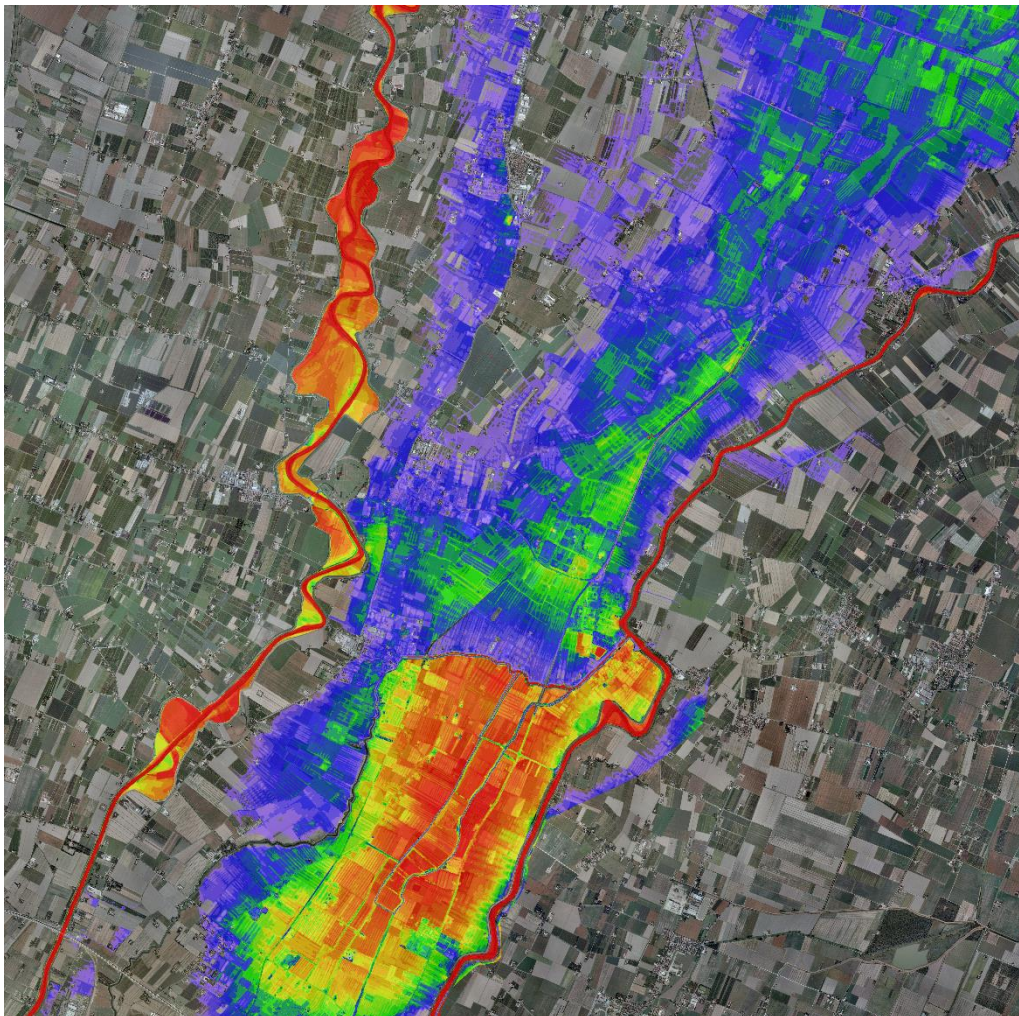


UNIVERSITÀ DEGLI
STUDI DI PARMA



*Dipartimento di Ingegneria Civile,
dell'Ambiente,
del Territorio e Architettura - DICATeA*

VALUTAZIONE DI SCENARI DI PERICOLOSITÀ IDRAULICA A SEGUITO DI ROTTE ARGINALI DI SECCHIA / PANARO INTERESSANTI IL TERRITORIO DEL COMUNE DI BOMPORTO



Gruppo di lavoro:

Prof. Ing. Paolo Mignosa, Ing. Francesca Aureli, Ing. Renato Vacondio, Ing. Federico Prost

Parma, marzo 2015

Sommario

1. INTRODUZIONE.....	3
2. ASSETTO GEOMETRICO DELLA ZONA.....	4
2.1. Inquadramento dell'area in studio e problematiche.....	4
2.2. Rilievi Lidar e loro elaborazioni.....	6
3. PORTATE DI PIENA.....	9
3.1. Determinazione delle onde di piena in ingresso ai corsi d'acqua Secchia e Panaro.....	9
4. MODELLO NUMERICO.....	14
5. SIMULAZIONI E RISULTATI.....	15
5.1. Simulazioni effettuate (condizioni fisiche di riferimento).....	15
5.2. Risultati.....	20
5.2.1. Simulazione N.1 (onda di T=20 anni in ingresso al fiume Secchia, breccia in località Sorbara)20	
5.2.2. Simulazione N.2 (onda di T=100 anni in ingresso al fiume Panaro, breccia in località Villavara).....	25
5.2.3. Simulazione N.3 (onda di T=100 anni in ingresso al fiume Panaro, breccia in località Bomporto a monte della confluenza con il Naviglio).....	31
5.2.4. Simulazione N.4 (onda di T=50 anni in ingresso al fiume Panaro, breccia in località Bomporto a valle della confluenza con il canale Naviglio).....	38
5.2.5. Inviluppo dei risultati delle quattro simulazioni.....	44
6. CONCLUSIONI.....	47
7. INDICE DELLE FIGURE.....	48
8. BIBLIOGRAFIA.....	49

1. INTRODUZIONE

La società Engineering Geology, nella figura del legale rappresentante Ing. Adelio Pagotto, ha stipulato con il Dipartimento di Ingegneria Civile, dell'Ambiente, del Territorio ed Architettura (DICATeA) dell'Università degli Studi di Parma una contratto volto alla “*VALUTAZIONE DI SCENARI DI PERICOLOSITÀ IDRAULICA A SEGUITO DI ROTTE ARGINALI DI SECCHIA / PANARO INTERESSANTI IL TERRITORIO DEL COMUNE DI BOMPORTO*”.

Scopo principale dello studio è quello di valutare, con i migliori strumenti matematici attualmente disponibili, in quale misura esondazioni dei fiumi Secchia e Panaro possano coinvolgere i territori del Comune di Bomporto. Mediante le simulazioni numeriche verranno individuati i tiranti idrici massimi e le velocità della corrente, grandezze utili al fine di progettare eventuali interventi di salvaguardia ed anche di ausilio alla pianificazione urbanistica.

La presente relazione è organizzata come segue:

- nel capitolo 2 sono richiamati i rilievi ed i dati topografici utilizzati per la descrizione della regione potenzialmente soggetta ad allagamento;
- nel capitolo 3 vengono presentati gli scenari idrologici adottati nelle analisi idrauliche;
- nel capitolo 4 viene sinteticamente descritto il modello numerico utilizzato;
- nel capitolo 5 sono riportate le simulazioni effettuate e descritti in dettaglio i principali risultati;
- nel capitolo 6 vengono, infine, sintetizzate le principali conclusioni dello studio.

2. ASSETTO GEOMETRICO DELLA ZONA

2.1. Inquadramento dell'area in studio e problematiche

Il Comune di Bomporto è ubicato a sud della via Emilia nel territorio compreso tra i due affluenti destri del fiume Po, Secchia e Panaro (Figura 2-1). I territori del Comune appartengono alla regione di media pianura che si estende in direzione Nord tra i due corsi d'acqua Secchia e Panaro. A valle della cassa di espansione di Rubiera-Campogalliano il fiume Secchia risulta arginato, in destra idraulica, a partire dalla confluenza con il Canalazzo Cittanova, in prossimità del deposito ferroviario della linea RFI Cittanova-Modena San Cataldo. A valle dell'Autostrada A1 il fiume risulta invece totalmente arginato, sia in destra che sinistra idraulica, con alveo pensile e argini di notevole altezza sul piano campagna. Studi recenti ("Studio di fattibilità della sistemazione idraulica del fiume Secchia nel tratto da Lugo alla confluenza in Po", Autorità di bacino del fiume Po, 2007 [1]), segnalano, in sponda destra immediatamente a valle della cassa, franchi insufficienti o addirittura negativi per eventi di piena con tempi di ritorno anche di 50-100 anni. Un'eventuale tracimazione degli argini porterebbe quasi certamente ad una progressiva erosione degli stessi, con rilascio della massa idrica a tergo che si riverserebbe nella campagna circostante.

A valle della cassa di espansione in località San Cesario il fiume Panaro risulta arginato sia in sinistra che in destra idraulica; anche in questo caso il corso d'acqua è caratterizzato da argini di notevole altezza rispetto al piano campagna e scorre, soprattutto a valle dell'immissione del canale Naviglio, su un dosso morfologico di altezza non trascurabile rispetto alla piana circostante.

Per la peculiare posizione il Comune di Bomporto, compreso il suo Capoluogo, risulta purtroppo particolarmente suscettibile al rischio di inondazione, come si è purtroppo verificato a seguito del cedimento in destra arginale del fiume Secchia avvenuto la mattina del 19 gennaio 2014 in località Ponte dell'Uccellino, in assenza di tracimazione e per un evento di piena ordinario. In tale occasione l'allagamento raggiunse l'abitato di Bomporto oltre 24 ore dopo il cedimento arginale con tiranti idrici elevati, anche per il contenimento causato dalla presenza delle arginature del canale Naviglio. Anche nell'eventualità di brecce arginali ubicate più a Nord di quella del 19 gennaio u.s., porzioni significative del territorio del comune di Bomporto possono purtroppo subire l'allagamento da parte del fiume Secchia, come confermato anche da studi effettuati in precedenza dagli scriventi, aventi come riferimento la breccia storicamente verificatasi presso Bozzala (Prost, 2014 [8]). La presenza degli argini del Naviglio e degli altri canali (Argine e Minutara) e la mancanza degli stessi in corrispondenza del tratto tombinato del Naviglio in località Bastiglia contribuiscono a peggiorare ulteriormente le conseguenze di un eventuale esondazione dal fiume Secchia.

Per la vicinanza al fiume Panaro (Figura 2-1) è poi a maggior ragione indispensabile verificare la sicurezza idraulica dei territori del comune di Bomporto anche nei confronti degli allagamenti potenzialmente conseguenti a cedimenti arginali in sinistra Panaro.

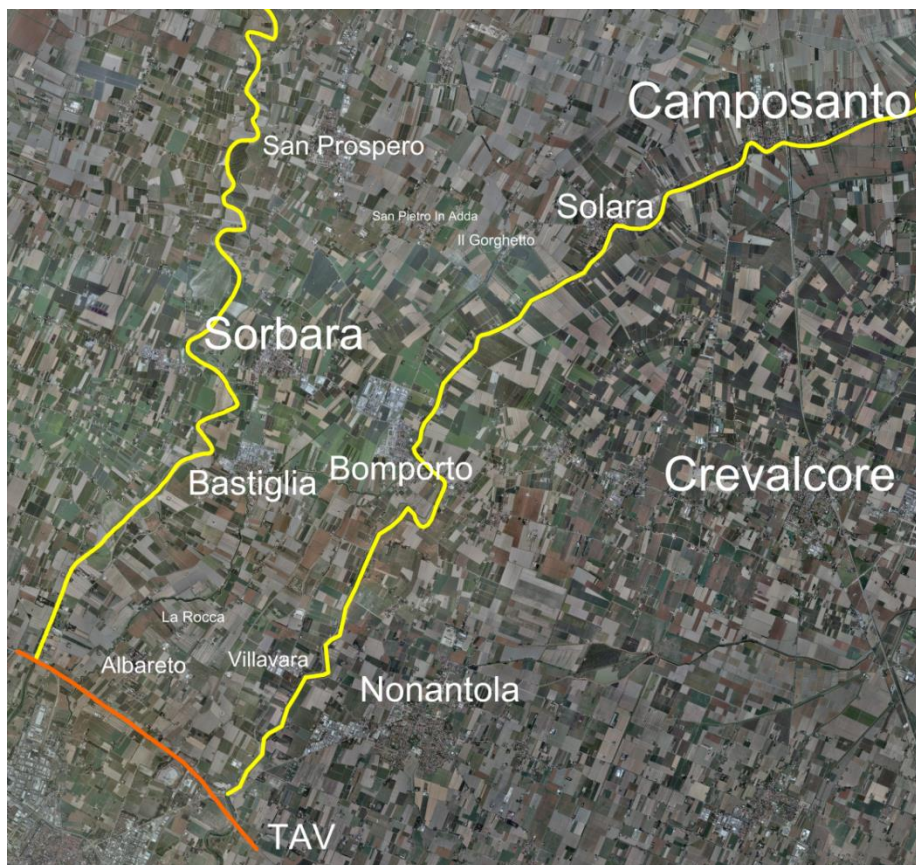


Figura 2-1 – Inquadramento e limiti dell'area modellata.

Per valutare gli effetti di fenomeni di questo tipo è necessario procedere alla simulazione, mediante modelli numerici almeno bidimensionali, del fenomeno di inondazione conseguente. Modelli più semplificati, quali quelli monodimensionali che normalmente si utilizzano nello studio dei fenomeni di piena nei corsi d'acqua, non sono in grado di valutare la complessa dinamica che viene ad instaurarsi quando la corrente si muove fuori alveo, ove non sono identificabili a priori delle direzioni preferenziali di deflusso. Nel caso specifico, come già detto, l'area è poi intersecata da diversi rilevati, che possono influire in maniera sostanziale sulla dinamica del fenomeno.

Per questa ragione è indispensabile una conoscenza dettagliata dell'altimetria del territorio, comprensiva dei numerosi rilevati stradali e relativi attraversamenti, per costruire un modello del terreno sulla base del quale effettuare i calcoli idraulici.

2.2. Rilievi Lidar e loro elaborazioni

Come base di partenza si è utilizzato il DEM interpolato su una griglia regolare con spaziatura 1 metro ricavato dal rilievo Lidar effettuato dal Ministero dell'Ambiente nel 2008. La Figura 2-2 riporta la copertura di tale rilievo nella zona di interesse. Come si evince dalla figura citata, il rilievo non copre completamente tutta la regione potenzialmente allagabile: in particolare non è descritta l'area compresa tra la via Emilia (a nord) e la ferrovia Milano-Bologna a Sud (non particolarmente rilevante per il presente studio) e risultano mancanti diversi tratti del fiume Panaro, indispensabili invece per il presente studio. Inoltre, il rilievo non è corredato da fotografie aeree contestuali al volo Lidar, che sono utili (anche se non strettamente indispensabili) per una migliore interpretazione di alcune particolarità del territorio. Il rilievo LIDAR è stato quindi in primo luogo integrato con il rilievo della porzione mancante effettuato dalla ditta BLOM-CGR S.p.A., multinazionale leader di questo tipo di rilievi con sede a Parma, già in possesso degli scriventi. In tale modo si è potuto completare il modello digitale del terreno nella porzione meridionale dell'area in studio.

Successivamente si è proceduto ad integrare la descrizione del fiume Panaro 'intarsiando' nel DTM disponibile le porzioni mancanti ottenute da un precedente rilievo effettuato dall'Agenzia Interregionale per il fiume Po (AIPo) già in possesso degli scriventi.

Tale operazione ha consentito di completare il modello digitale del corso d'acqua fornendo quindi la base delle successive simulazioni idrauliche.

Poiché la zona delimitata dal modello presenta una superficie complessiva di alcune centinaia di km² il DTM originario è costituito da altrettanti punti quotati, uniformemente distribuiti su una griglia quadrata di lato un metro. In linea del tutto teorica tale griglia potrebbe già costituire la mesh di calcolo del modello bidimensionale. In pratica, però, non esiste attualmente alcun modello numerico di allagamento in grado di gestire una simile mole di dati e di eseguire i calcoli in tempi ragionevoli. Il modello numerico utilizzato nel presente studio, sviluppato presso il DICATeA dell'Università degli Studi di Parma, vanta eccezionali caratteristiche di velocità, essendo stato implementato per essere eseguito su schede video (GPU) che garantiscono un incremento di velocità (speedup) rispetto alle attuali CPU di circa cento volte. Ciononostante esso è in grado di simulare reticoli costituiti da alcune decine di milioni di celle (non centinaia di milioni) con tempi di calcolo dell'ordine di circa 1/20-1/30 del tempo reale di simulazione. Ciò significa che la simulazione di un evento di durata complessiva pari, ad esempio, a 48 ore (tempo fisico) richiede 2-3 ore di tempo di calcolo su una GPU di notevole potenza, a cui si devono aggiungere i tempi di scrittura dei risultati.

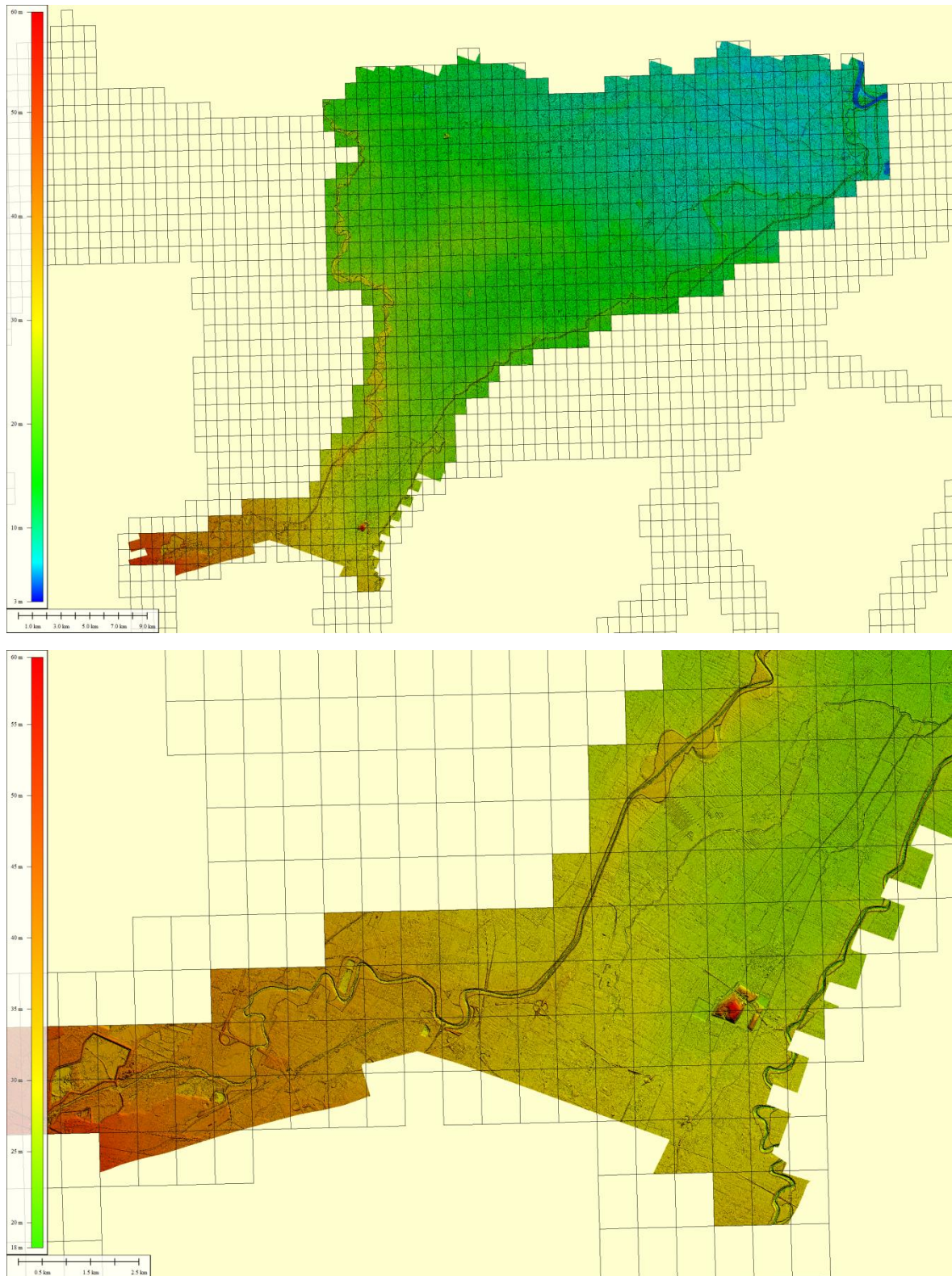


Figura 2-2 – Copertura nella zona di interesse del rilievo della Regione Emilia Romagna – Ministero dell’Ambiente (2008) (in alto) e dettaglio delle aree prive di copertura (in basso).

Per questa ragione risulta necessario effettuare un diradamento del DTM, fino ad arrivare ad un numero di celle di calcolo accettabili.

A questo scopo il DTM è stato diradato su una griglia regolare di 10 metri di lato, avendo però cura di preservare, mediante opportuni algoritmi, gli elementi più importanti per il calcolo idraulico e precisamente:

- le quote del coronamento degli argini e di tutti i rilevati principali (argini dei fiumi e dei canali, strade, rilevati ferroviari, ecc.);
- le quote delle infrastrutture in rilevato;
- la capacità di convogliamento delle sezioni fluviali.

Nella zona dei Prati di San Clemente inoltre, luogo dove è prevista la realizzazione di una cassa di espansione, le arginature dei cavi Minutara e Argine sono state portate alla quota di progetto pari a 26.90 m s.l.m..

Nella Figura 2-3 è riportato, mediante mappa colorata, il DTM della porzione di maggiore interesse per le simulazioni oggetto dello studio.

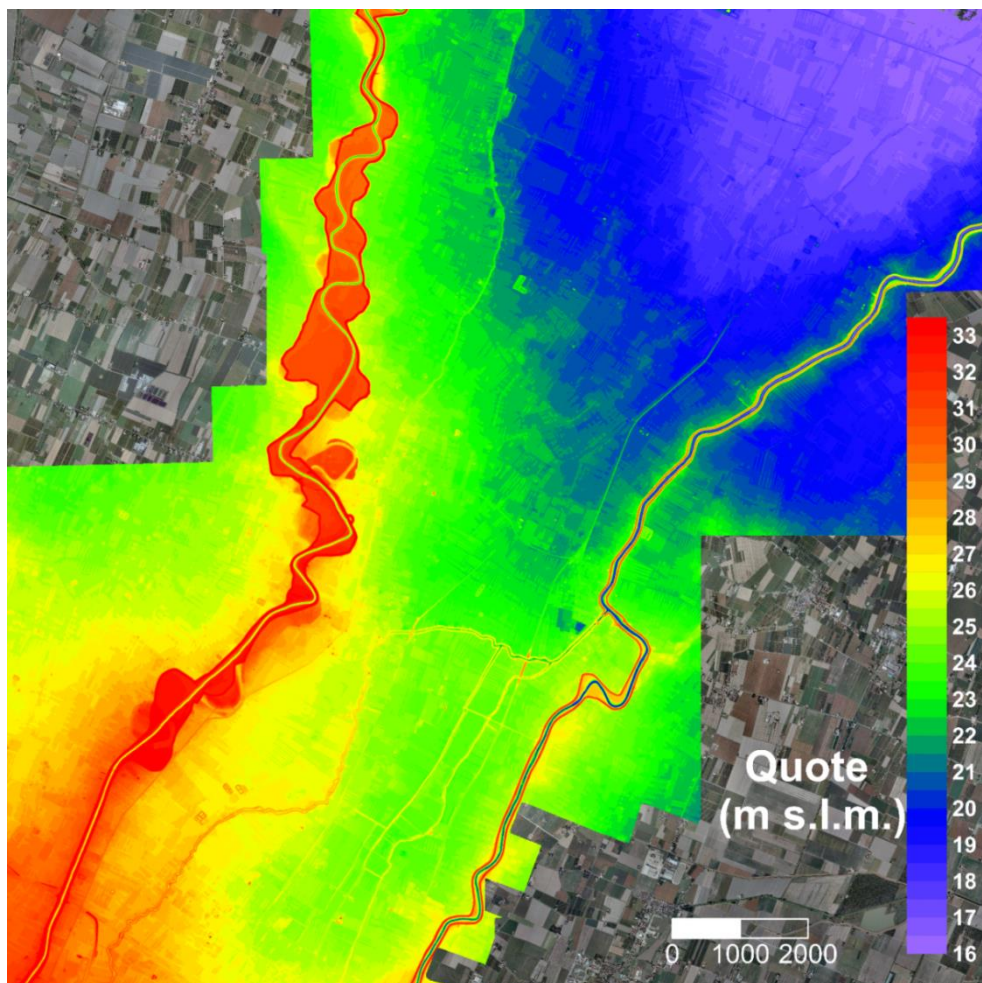


Figura 2-3 – DTM della porzione di maggiore interesse della zona oggetto di studio.

3. PORTATE DI PIENA

3.1. Determinazione delle onde di piena in ingresso ai corsi d'acqua Secchia e Panaro.

Per la valutazione delle portate di piena, da utilizzare come condizione al contorno in ingresso ai due corsi d'acqua che delimitano il comparto modellato, sono stati analizzati alcuni importanti studi pregressi, in particolare sul fiume Secchia ([3], [5]).

Relativamente a questo corso d'acqua si è optato per adottare un evento di tempo di ritorno non particolarmente elevato ($T = 20$ anni secondo lo studio riportato in [5]) poiché già esso, ed a maggior ragione eventi di tempo di ritorno superiori, non risulta completamente contenibile nell'alveo.

Con riferimento al fiume Panaro, in assenza di studi pregressi ufficiali, si è fatto riferimento ad una tesi di laurea [8] nella quale si sono ricostruiti degli idrogrammi di piena sulla base delle metodologie riportate nel seguito e si sono poi adottati eventi di tempi di ritorno più elevati ($T = 50$ anni e $T = 100$ anni), anche se gli stessi non completamente contenibili in alveo¹.

Tali scelte consentono di mettere in evidenza quelli che possono essere ragionevolmente ritenuti gli scenari idrologici di maggiore significatività in conseguenza dei quali il territorio comunale di Bomporto è da ritenersi a rischio di allagamento.

Nel seguito si riportano, in estrema sintesi, i risultati principali degli studi considerati. Relativamente al fiume Secchia si è fatto riferimento a:

1. **Autorità di Bacino del fiume Po. Studio idrologico e idraulico del sistema fluviale asta del Secchia – cassa di espansione di Rubiera a monte della città di Modena. D.I.I.A.R. Politecnico di Milano, 1999² [3].** Nello studio del Politecnico di Milano sono dapprima stati determinati gli idrogrammi sintetici alla sezione di Ponte Bacchello, ubicata 25 km più a valle della cassa di espansione di Rubiera, mediante l'analisi statistica delle onde di piena storiche ivi registrate precedentemente all'entrata in funzione della cassa stessa. A partire da questi idrogrammi sintetici, attraverso una procedura originale di de-laminazione, si sono ricavati gli idrogrammi di piena nella sezione di ingresso della cassa di Rubiera. I risultati ottenuti per diversi tempi di ritorno sono riportati in Figura 3-1.

¹ La presenza della cassa di espansione di S. Cesario, da qualche anno dotata di paratoie regolabili, può senz'altro mitigare gli scenari considerati.

² Alla redazione dello studio ha, tra l'altro, contribuito in maniera estensiva lo scrivente Prof. Mignosa.

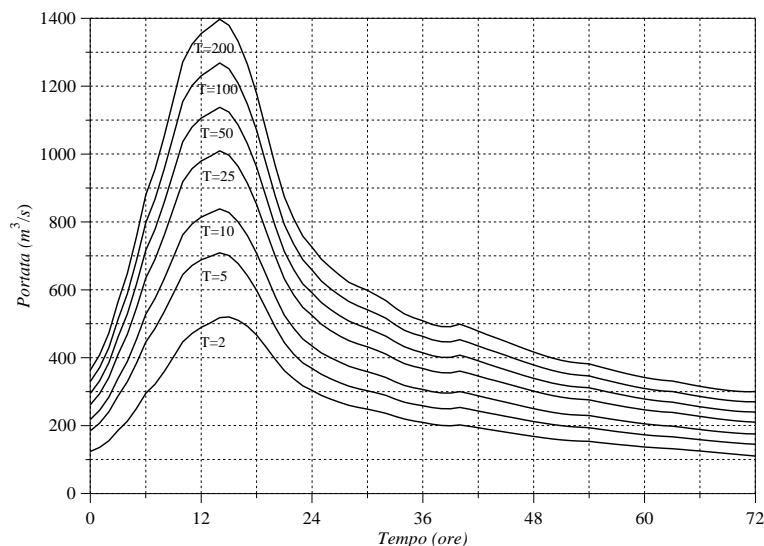


Figura 3-1 – Onde di piena sintetiche alla sezione della Cassa di Rubiera per T=2, 5, 10, 25, 50, 100 e 200 anni (da [3]).

2. **Autorità di Bacino del fiume Po. Studio di fattibilità della sistemazione idraulica del fiume Secchia nel tratto da Lugo alla confluenza in Po, 2007 [1].** In questo studio gli idrogrammi di piena alla sezione di ingresso della cassa di espansione di Rubiera sono stati ottenuti con una procedura mista. È dapprima stato implementato un modello idrologico di trasformazione afflussi-deflussi, tarato in corrispondenza della sezione di Castellarano sulla base dei più recenti (all'epoca) e gravosi eventi di piena che si sono manifestati sul bacino. Sulla base di alcune assunzioni relativamente alla distribuzione spazio-temporale della precipitazione sul bacino, sono state ricostruite le onde di piena sintetiche di assegnato tempo di ritorno in corrispondenza della medesima sezione di Castellarano. Tali onde sono state poi propagate lungo l'alveo mediante un modello di moto vario bidimensionale fino alla sezione di ingresso alla cassa di espansione, considerando anche i contributi del bacino residuo e quelli del torrente Tresinaro.

Le luci di scarico del manufatto limitatore della cassa di espansione di Rubiera non sono attualmente dotate di organi manovrabili. Ad un'onda di piena in ingresso alla cassa corrisponde pertanto un'unica onda di piena in uscita dagli scarichi della stessa, che può essere agevolmente valutata sulla base delle caratteristiche dei manufatti della cassa (manufatto limitatore principale, sfioratore di collegamento tra cassa in linea e fuori linea e scarico di fondo di quest'ultima) e dei volumi invasabili nelle due casse. Una simile analisi è stata effettuata in [1] ottenendo in uscita dalla cassa l'onda riportata in Figura 3-2, per il tempo di ritorno T=20 anni.

Tale onda, riportata in Figura 3-3, è stata utilizzata nel presente studio quale condizione al contorno di monte in ingresso al fiume Secchia, nella sezione immediatamente a valle della cassa, per la simulazione idraulica bidimensionale relativa allo scenario n°1 presentando l'onda dedotta in [1]

un valore di colmo superiore rispetto a quella fornita dallo studio del Politecnico di Milano per il tempo di ritorno $T=25$ anni.

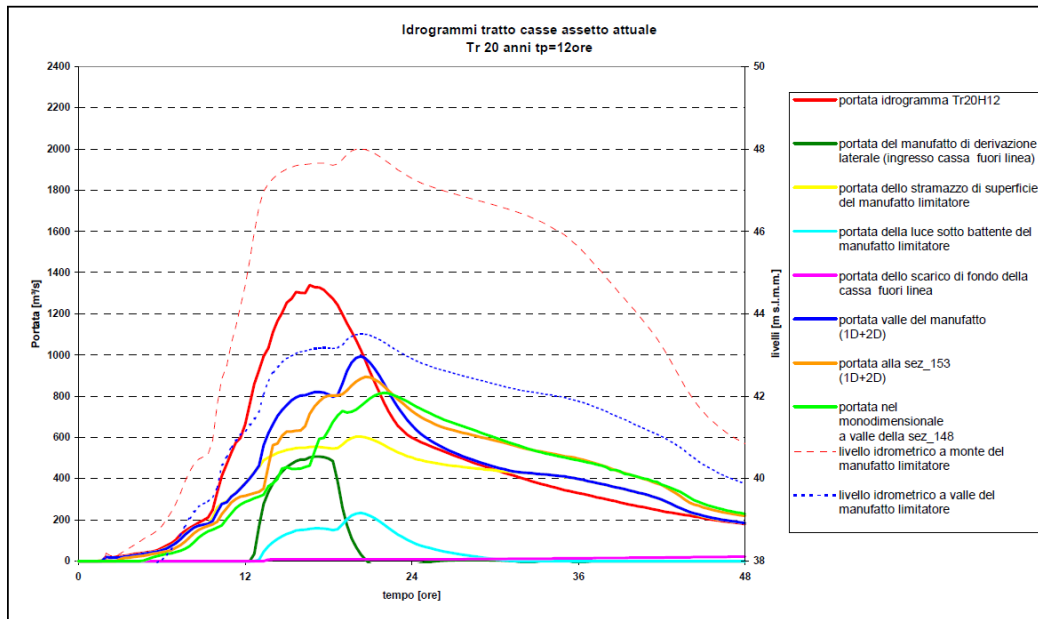


Figura 3-2 -- Onde di piena in ingresso (in rosso) ed uscita (in blu) dalla cassa di espansione sul fiume Secchia in località Rubiera per tempo di ritorno $T=20$ anni (da [1]).

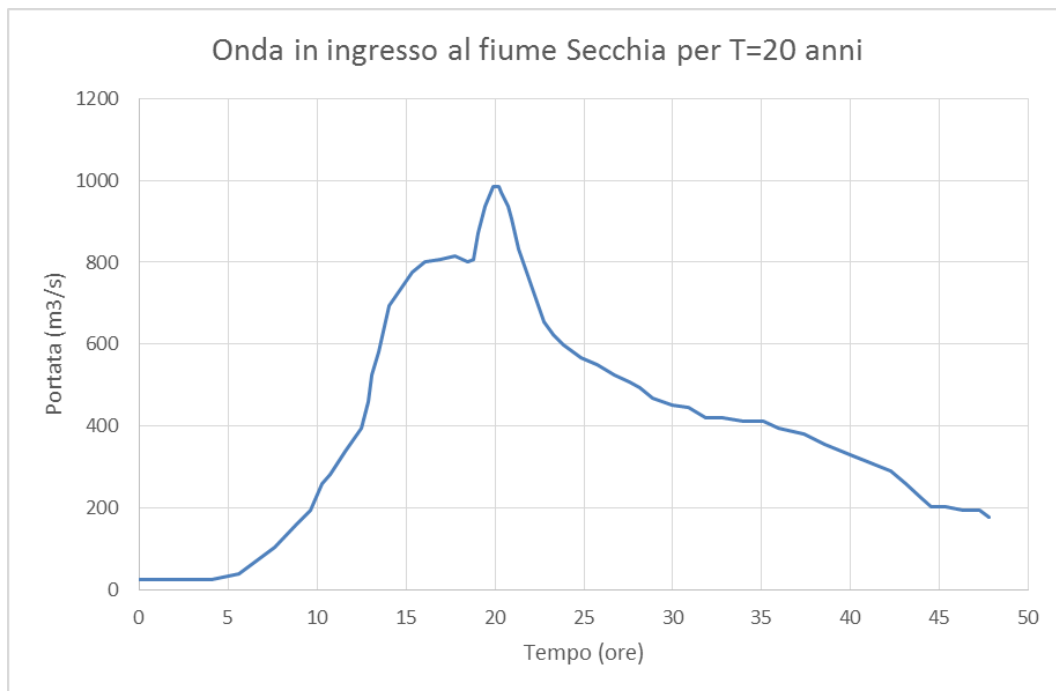


Figura 3-3 – Onda di piena in uscita dalla cassa di espansione di Rubiera sul fiume Secchia per $T = 20$ anni, utilizzata nel presente studio quale condizione al contorno di monte per la simulazione idraulica bidimensionale dello scenario n°1.

Come già anticipato, essa non è completamente contenibile nell'alveo di valle e pertanto si verificano localmente, sia in destra che in sinistra idraulica, diversi sormonti arginali, che potrebbero anche dar luogo ad altrettanti cedimenti. Volendo analizzare lo scenario più gravoso, si è assunto che tali tracimazioni non dessero luogo a rotture arginali se non nella posizione assunta, di volta in volta, a base della simulazione.

Relativamente al fiume Panaro si è fatto riferimento a:

1. **Grignaffini C.** “*Cassa di espansione sul fiume Panaro: valutazione dell’effetto di laminazione in assenza e presenza di manovre sulle paratoie*”, Tesi di Laurea in Ingegneria per l’Ambiente e il Territorio, Università degli Studi di Parma., a. a. 2011-12 [9]. Nello studio citato, si sono dapprima determinati gli idrogrammi sintetici per il fiume Panaro alla sezione di Bomporto, ubicata 20 km più a valle della cassa di espansione di San Cesario, l’unica che presentasse una serie storica di portate al colmo di numerosità tale da consentire un’analisi statistica. Mediante l’analisi statistica dei colmi di piena storici ivi registrati ed adottando procedure di letteratura per determinare la curva di riduzione dei colmi di piena è stato possibile elaborare gli idrogrammi sintetici per il Panaro a Bomporto. Senza procedere a delaminazione delle onde così ottenute, data la relativa vicinanza della sezione di uscita della cassa di espansione ed anche a favore di sicurezza, si sono ricavati gli idrogrammi sintetici di tempo di ritorno pari a $T = 100$ anni (scenari n°2 e 3) e $T = 50$ anni (scenario n°4) imposti come condizioni al contorno di monte per le simulazioni idrauliche degli scenari di allagamento conseguenti a cedimento arginale lungo il corso del fiume Panaro (Figura 3-4 e Figura 3-5)³.

³ La ragione della differente scelta risiede nel fatto che l’onda per $T=100$ anni non è totalmente contenibile in alveo e per lo scenario n.4 avrebbe dato luogo a diverse tracimazioni sia in destra che sinistra idraulica, circostanza che comunque si verifica, anche se in misura minore per via dell’effetto di richiamo operato dalla breccia, anche per gli scenari 2 e 3.

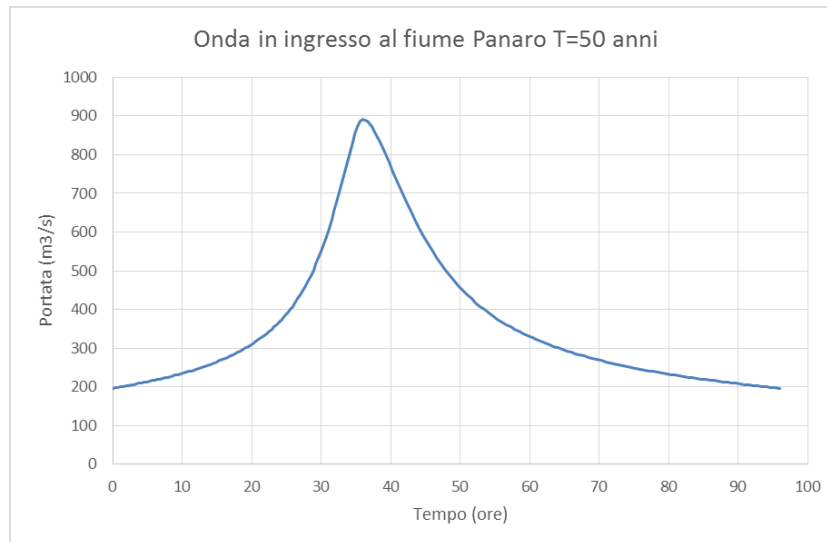


Figura 3-4 – Onda di piena sintetica per il Panaro a Bomporto assegnata alla sezione in uscita dalla cassa di espansione di San Cesario sul fiume Panaro per T = 50 anni, utilizzata nel presente studio quale condizione al contorno di monte per la simulazione idraulica bidimensionale dello scenario n°4.

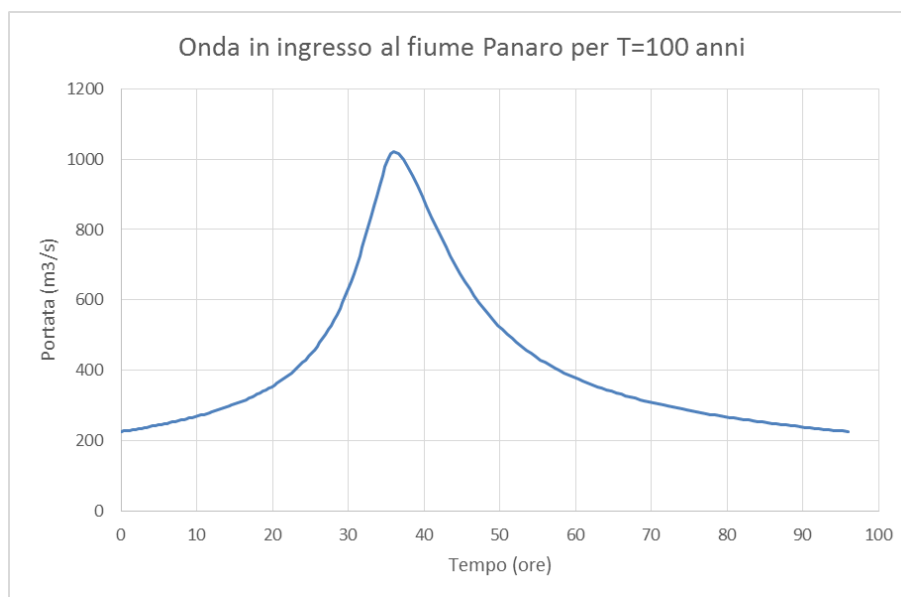


Figura 3-5 – Onda di piena sintetica per il Panaro a Bomporto assegnata alla sezione in uscita dalla cassa di espansione di San Cesario sul fiume Panaro per T = 100 anni, utilizzata nel presente studio quale condizione al contorno di monte per la simulazione idraulica bidimensionale degli scenari n°2 e 3.

4. MODELLO NUMERICO

Il modello numerico realizzato presso il DICATeA dell'Università degli Studi di Parma è basato su una discretizzazione ai volumi finiti delle equazioni bidimensionali complete del moto a superficie libera nell'approssimazione alle acque basse (SWE, forma bidimensionale delle equazioni di conservazione della massa e del flusso di quantità di moto). L'integrazione delle equazioni nel tempo mediante uno schema di tipo esplicito, unitamente all'utilizzo di un metodo ai volumi finiti, garantisce la conservazione della massa e dei flussi della quantità di moto, ed assicura una robusta descrizione dei fronti di bagnamento ed asciugamento, indispensabile per simulare correttamente fenomeni di moto rapidamente vario, quali quelli che si innescano a seguito di un cedimento arginale. Uno speciale trattamento numerico dei flussi nelle celle con altezze d'acqua molto ridotte garantisce altresì che il volume risulti conservato anche in presenza di fronti mobili molto ampi, come quelli che si possono presentare nei fenomeni di allagamento su batimetrie inizialmente asciutte.

L'utilizzo di un elevato ordine di accuratezza (sia nel tempo che nello spazio) consente di ricostruire in maniera accurata onde di shock e di rarefazione senza dover introdurre termini di tipo diffusivo, privi di fondamento fisico.

Un'opportuna descrizione del termine di pendenza consente nel contempo la conservazione della condizione statica di acqua in quiete su topografia accidentata (*C-property*). Una speciale metodologia di ricostruzione delle profondità idriche consente poi di evitare problemi numerici di stabilità del codice, anche in presenza di elevate pendenze della superficie libera.

Le prestazioni di schemi numerici di questo tipo, ed in particolare dello schema adottato nello studio, sono ben documentate nella letteratura tecnica sia per i casi teorici in cui sia disponibile una soluzione analitica o un'accurata soluzione numerica di riferimento, sia in applicazioni di ipotetici scenari di crolli arginali su batimetrie reali.

Per consentire la modellazione di molteplici scenari di allagamento, su territori di estensione pari a quelli oggetto del presente studio, l'algoritmo di risoluzione è implementato in un codice sviluppato in ambiente CUDA (Compute Unified Device Architecture) applicazione che consente di eseguire calcolo parallelo sulle GPUs (Graphics Processing Units). L'utilizzo di un codice di calcolo di tipo parallelo, in luogo di un tradizionale codice seriale, permette una drastica riduzione dei tempi di calcolo (di circa due ordini di grandezza) consentendo di effettuare agevolmente simulazioni su domini di diversi milioni di celle (Vacondio et al. 2013, [4]).

5. SIMULAZIONI E RISULTATI

5.1. Simulazioni effettuate (condizioni fisiche di riferimento)

Al fine di individuare le condizioni idrauliche più gravose per il sito in studio, ancorché realistiche, sono state effettuate le seguenti simulazioni:

1. simulazione con onda di piena in uscita dal manufatto regolatore della cassa di espansione sul fiume Secchia a Rubiera di tempo di ritorno $T=20$ anni secondo lo studio [3] (Figura 3-3), in presenza di una breccia arginale in destra Secchia presso l'abitato di Sorbara, Figura 5-1;



Figura 5-1 –Posizione della rotta in destra idraulica sul fiume Secchia

2. simulazione con idrogramma di piena sul fiume Panaro di tempo di ritorno $T=100$ anni (Figura 3-5), in presenza di una breccia arginale in sinistra Panaro a monte dell'area produttiva di Villavara, Figura 5-2;

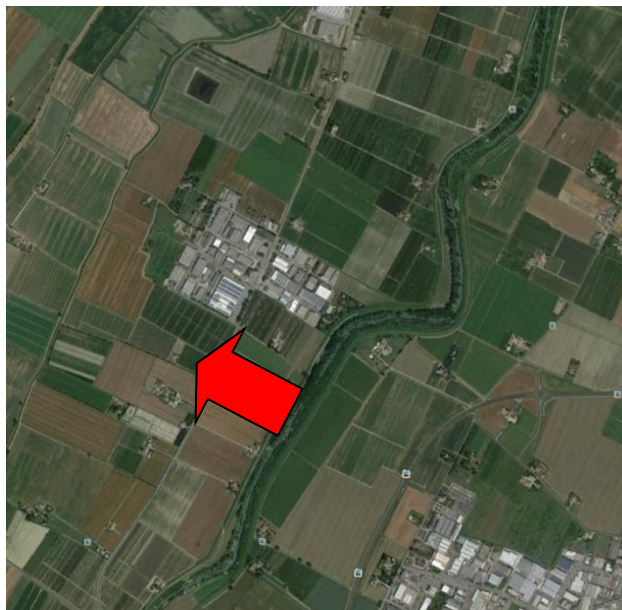


Figura 5-2 –Posizione della rotta in sinistra idraulica sul fiume Panaro, a monte di Villavara.

3. simulazione con idrogramma di piena sul fiume Panaro di tempo di ritorno $T=100$ anni (Figura 3-5), in presenza di una breccia arginale in sinistra Panaro a Bomporto, Figura 5-3;



Figura 5-3 –Posizione della rotta in sinistra idraulica sul fiume Panaro, in corrispondenza dell'abitato di Bomporto

4. simulazione con idrogramma di piena sul fiume Panaro di tempo di ritorno $T=50$ anni (Figura 3-4), in presenza di una breccia arginale in sinistra Panaro a valle del canale Naviglio, Figura 5-4;

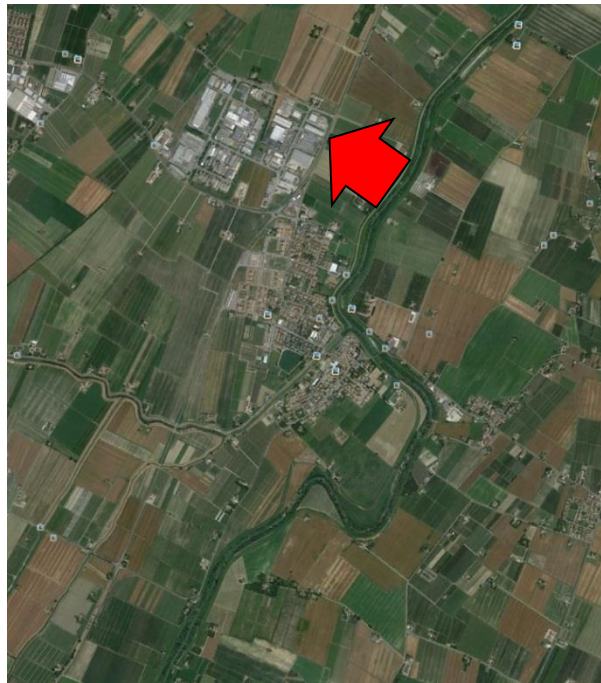


Figura 5-4 – Posizione della rotta in sinistra idraulica sul fiume Panaro, in corrispondenza dell’area industriale di Bomporto a valle della confluenza con il Naviglio

Per tutte le simulazioni si sono utilizzate le seguenti ulteriori condizioni al contorno di valle:

- a) in corrispondenza della sezione di Concordia sul fiume Secchia, una scala di deflusso dedotta dall’applicazione dell’equazione di Chezy-Strickler sulla base della geometria della sezione medesima, adottando una pendenza $i=0.4$ ‰, pari a quella media del tratto di alveo successivo (Figura 5-5);

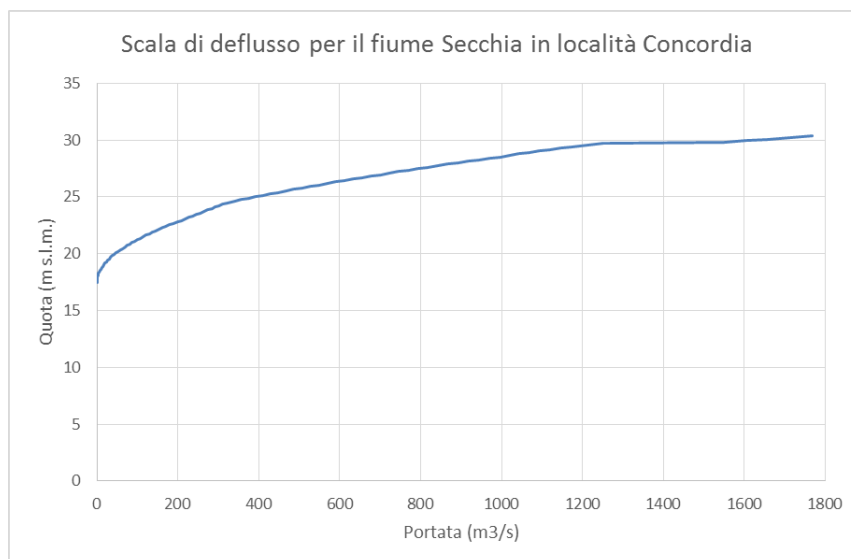


Figura 5-5 – Scala delle portate (ricostruita) per il fiume Secchia a Concordia

- b) in corrispondenza della sezione di Camposanto sul fiume Panaro, una scala di deflusso dedotta dall'applicazione dell'equazione di Chezy-Strickler sulla base della geometria della sezione medesima, adottando una pendenza $i=0.3\%$, pari a quella media del tratto di alveo successivo (Figura 5-6);

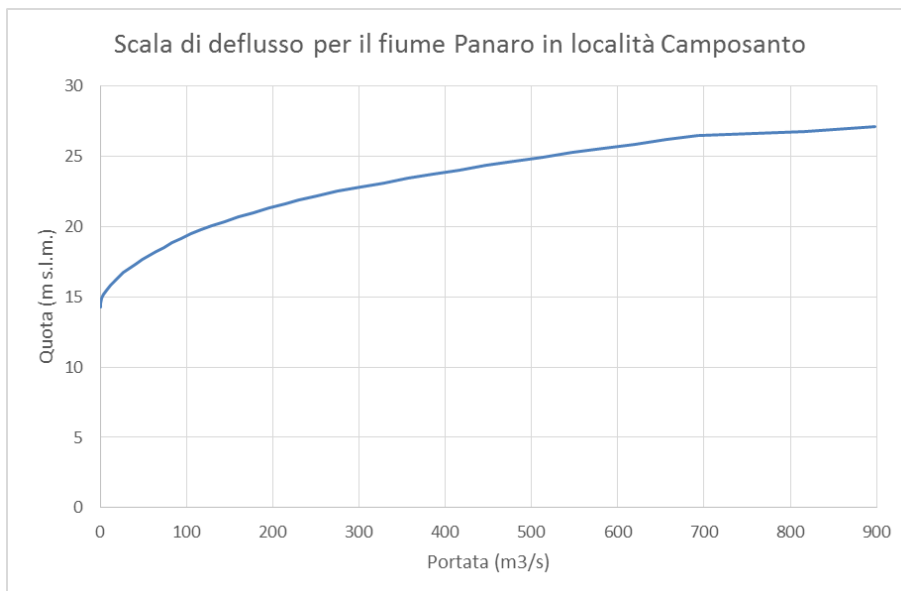


Figura 5-6 – Scala delle portate (ricostruita) per il fiume Panaro a Camposanto

Le condizioni iniziali utilizzate per ciascuna simulazione di moto vario sono state ottenute mediante simulazioni preliminari di moto permanente, in cui è stato imposto a monte un valore di portata costante e pari al valore iniziale dell'idrogramma di piena.

Nelle posizioni prescelte per l'apertura della breccia, si è ipotizzato un iniziale cedimento istantaneo di 2 metri della parte superiore del rilevato arginale a partire da un'ampiezza di 10 m e prevedendo un successivo allargamento ed abbassamento del varco nell'arco di tre ore, fino a raggiungere l'ampiezza di 100 m e la quota del piano campagna circostante. Si è inoltre ipotizzato che il cedimento avesse origine durante la fase di risalita della piena, quando le quote idriche in alveo fossero approssimativamente 1.5 m al di sotto del coronamento arginale. In tale modo, al repentino cedimento della porzione superiore del rilevato, si veniva a creare una vena effluente sopra la restante parte del rilevato arginale, idealmente responsabile della successiva erosione del corpo arginale avente le caratteristiche sopra citate.

Per quanto riguarda i coefficienti di scabrezza si sono assunti i seguenti valori:

- nell'alveo dei fiumi Secchia e Panaro un coefficiente di scabrezza secondo Strickler $k_s=20$ $m^{1/3}s^{-1}$; tale valore per il fiume Secchia è di poco inferiore a quanto riportato in [5] (coefficiente di Manning $n=0.045$ $m^{-1/3}\cdot s$, corrispondente a $k_s=22$ $m^{1/3}s^{-1}$). È appena il caso di segnalare che ad un minor coefficiente di Strickler corrisponde un alveo più scabro e quindi con una minore capacità di portata a parità di livello. Il valore adottato, pur rientrando nel range

di valori suggeriti in letteratura per le tipologie di corsi d'acqua simili a quella del fiume Secchia, è dunque a favore di sicurezza;

- esternamente agli alvei dei fiumi Secchia e Panaro un coefficiente di scabrezza secondo Strickler $k_s=20 \text{ m}^{1/3}\text{s}^{-1}$ per le aree non urbanizzate e $k_s=10 \text{ m}^{1/3}\text{s}^{-1}$, quindi molto più scabro, per le aree urbane e industriali, per tener conto in maniera sintetica dell'effetto di resistenza degli edifici.

La Figura 5-7 riporta la mappa con i valori di scabrezza assunti.

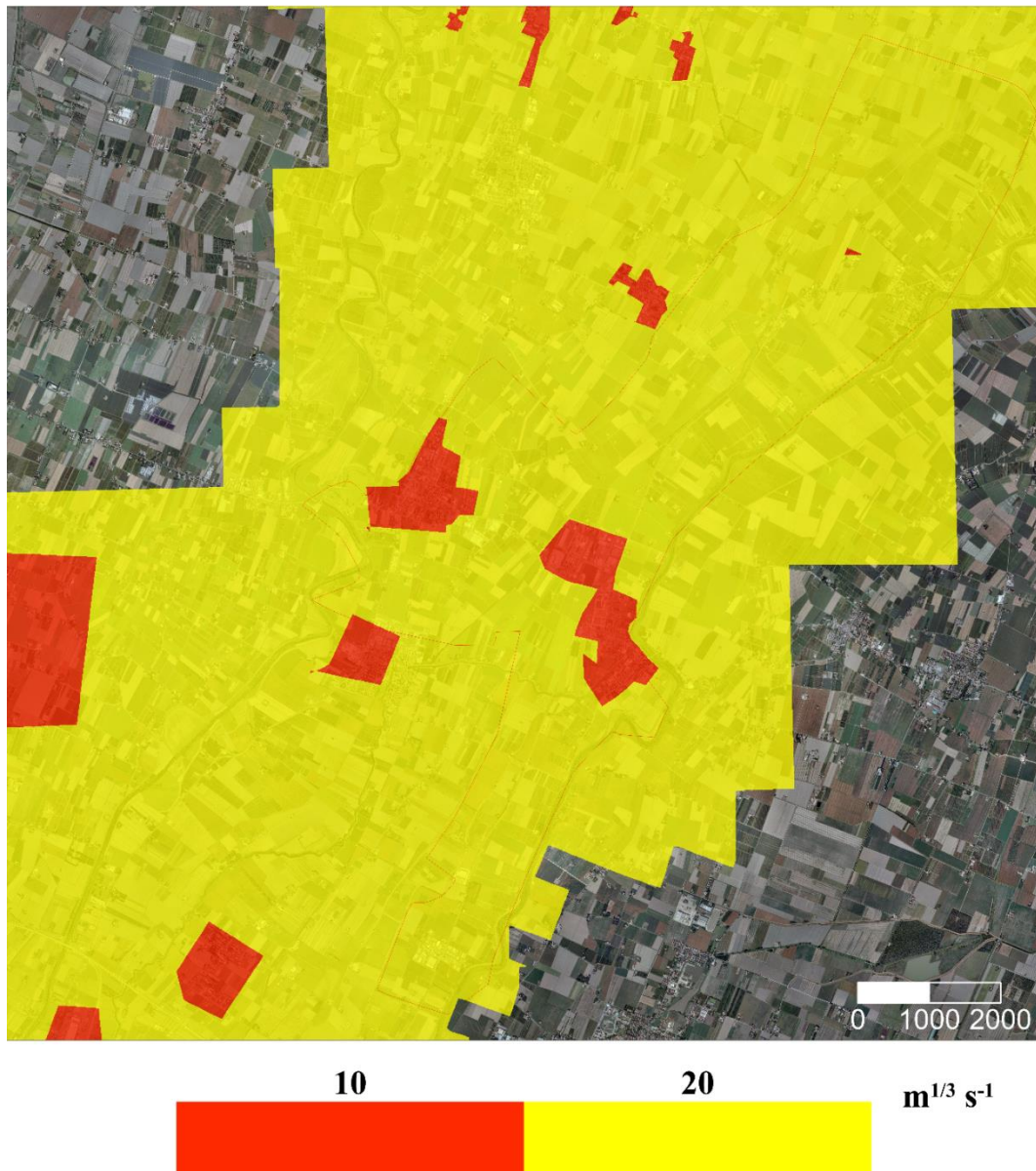


Figura 5-7 – Coefficienti di scabrezza di Strickler assunti nelle simulazioni.

5.2. Risultati

Nei paragrafi seguenti sono presentati e commentati i principali risultati ottenuti da ciascuna simulazione, nonché i risultati ottenuti involupando le simulazioni stesse.

5.2.1. Simulazione N.1 (onda di $T=20$ anni in ingresso al fiume Secchia, breccia in località Sorbara)

Un'animazione dell'evoluzione temporale del fenomeno è riportata nel filmato **SimulazioneN1.mp4**, incluso nel CD allegato alla presente relazione.

La Figura 5-8 mostra, per questo scenario, l'estensione dell'allagamento e le quote idriche massime raggiunte in ogni punto del dominio. La mappa non si riferisce quindi ad alcun istante temporale ma rappresenta l'involuppo delle quote raggiunte dall'acqua, in generale in istanti diversi.

Si nota che:

- l'allagamento si estende verso Est oltrepassando la Strada Panaria Bassa e raggiungendo la zona industriale di Bomporto, mantenendosi a Nord del canale Naviglio, arrestandosi ai piedi del dosso morfologico ove scorre il fiume Panaro;
- l'allagamento si propaga in direzione Nord oltrepassando Sorbara e dividendosi in due propaggini, una che si estende in direzione San Prospero restando confinata dalla SS12 e l'altra che si estende in direzione Solara fino ad interessare tutto il territorio comunale di Bomporto;

La Figura 5-9 mostra le profondità idriche massime raggiunte in ogni punto del dominio. La mappa di colori è stata scelta in modo da esaltare le differenze. Al questo scopo le profondità idriche superiori a 3.5 metri, pur presenti (nell'alveo ed in punti particolari, quali laghetti, ecc.) sono state tutte raggruppate in un unico colore rosso acceso. Nella zona industriale di Bomporto posta a Nord del canale Naviglio si riscontrano profondità idriche massime comprese tra 0.5 e 2 metri (toni tra il blu ed il verde). Nel complesso l'evento alluvionale causa la fuoriuscita sul territorio di oltre 75 milioni di metri cubi di acqua⁴.

La Figura 5-10 mostra i tempi di arrivo dell'allagamento in ogni punto del dominio di calcolo. Già dopo poche ore dall'inizio del cedimento l'allagamento raggiunge l'area industriale di Bomporto che risulta completamente allagata entro le 9 ore dall'inizio dell'esonazione, mentre le propaggini settentrionali del territorio comunale di Bomporto vengono raggiunte dopo circa 18-20 ore.

La Figura 5-11 mostra il modulo delle velocità massime raggiunte in ogni punto del dominio di calcolo⁵. I valori massimi, intorno ai $3.0-3.5 \text{ ms}^{-1}$, si riscontrano in alveo. Velocità elevate si raggiungono anche localmente al piede esterno di rilevati tracinati (argini, strade) o dove la

⁴ Circa il doppio di quanto verificatosi in occasione dell'evento del 19 gennaio 2014. In quell'occasione l'evento era però meno gravoso e la larghezza finale della breccia è stata pari a circa 80 m.

⁵ Direzione e verso della velocità variano da istante ad istante e non sono quindi rappresentabili in forma sintetica.

corrente accelera in corrispondenza di zone particolarmente depresse (laghi di cava). Nell'area allagata si riscontrano valori delle velocità massime ovunque inferiori ad $1.5 - 2.0 \text{ ms}^{-1}$ (toni tra il viola ed il blu).

UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI PARMA DICATeA

Dipartimento di Ingegneria Civile, dell'Ambiente, del Territorio e Architettura

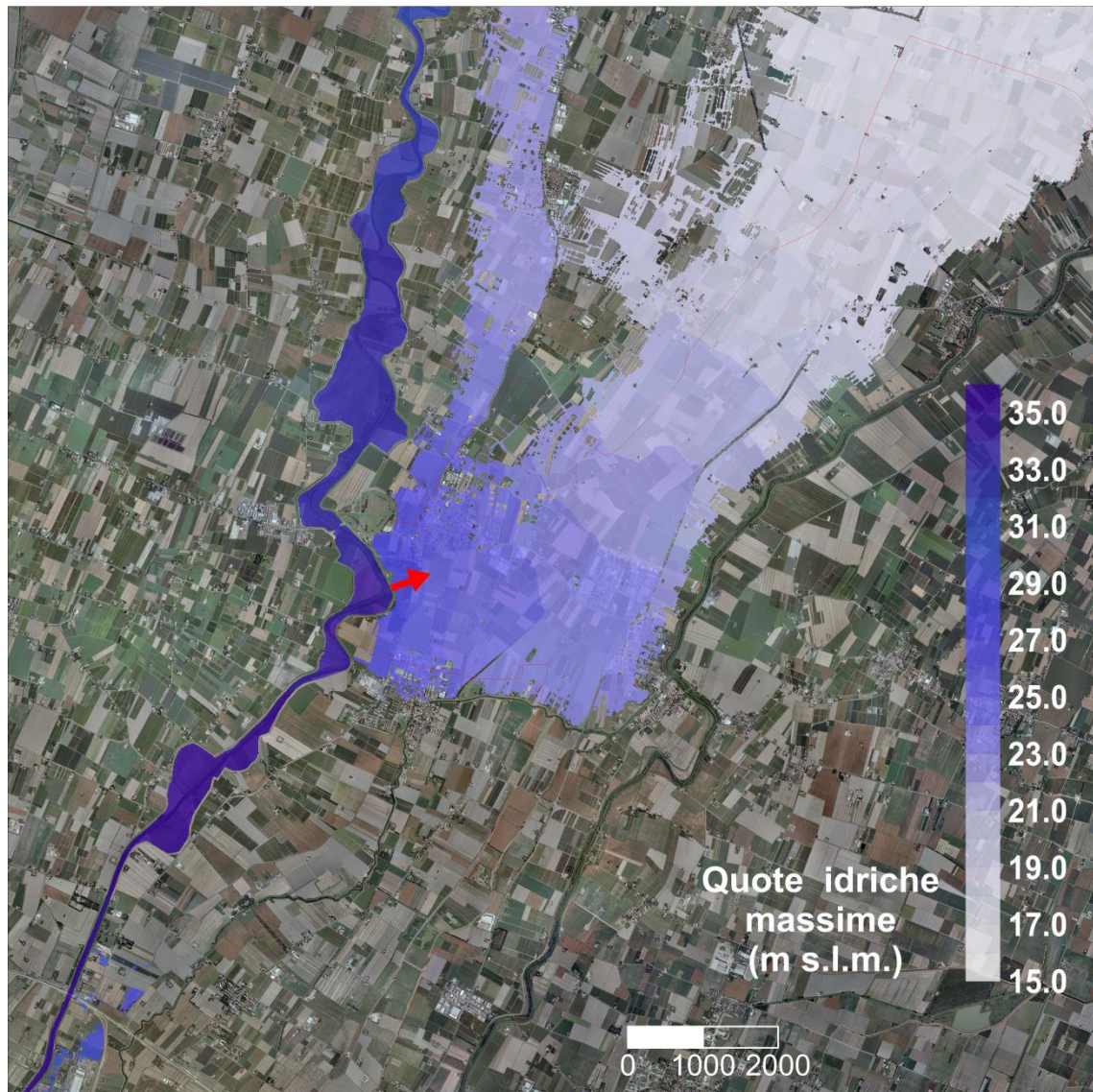


Figura 5-8 – Quote idriche massime risultanti dalla simulazione N.1.

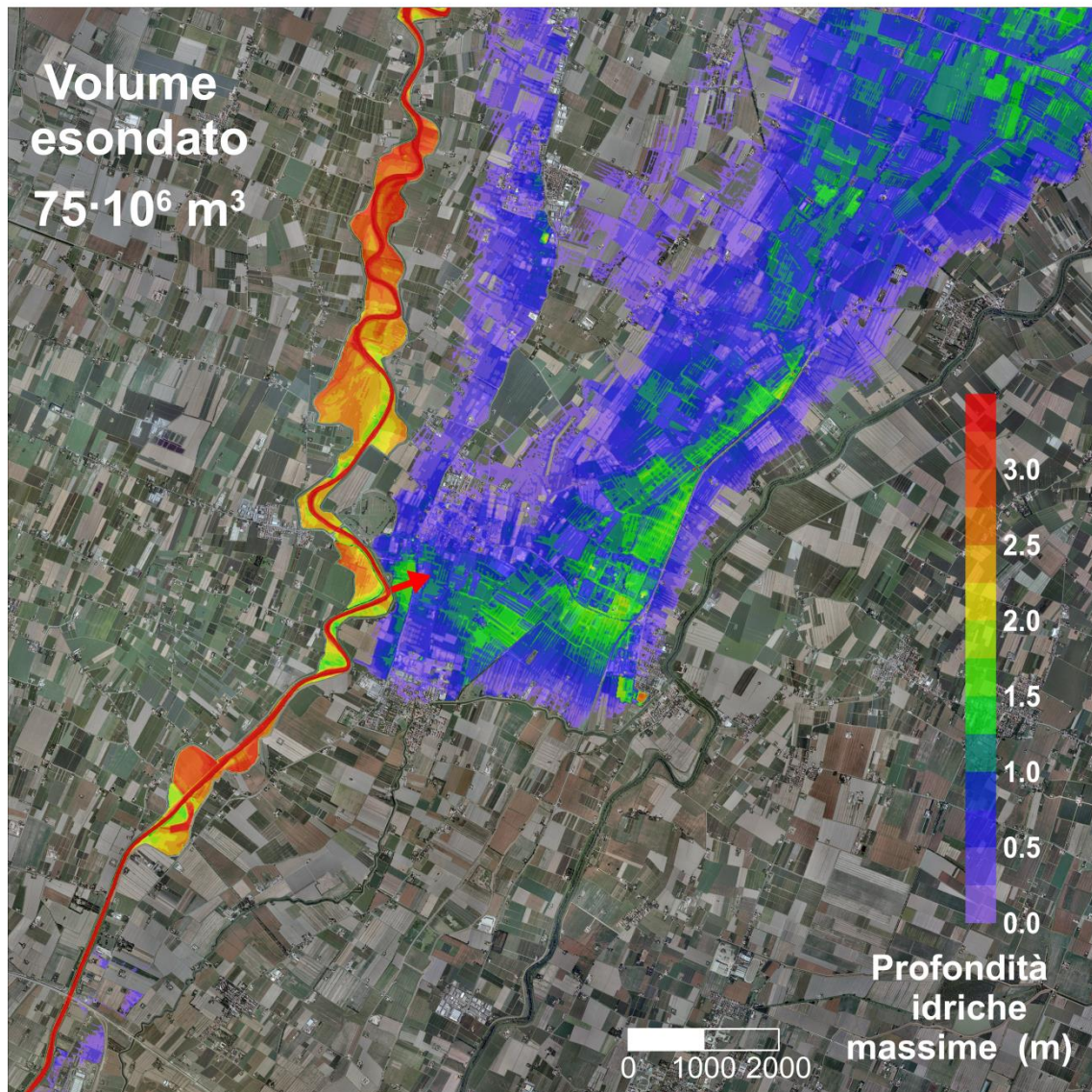


Figura 5-9 – Profondità idriche massime risultanti dalla simulazione N.1.

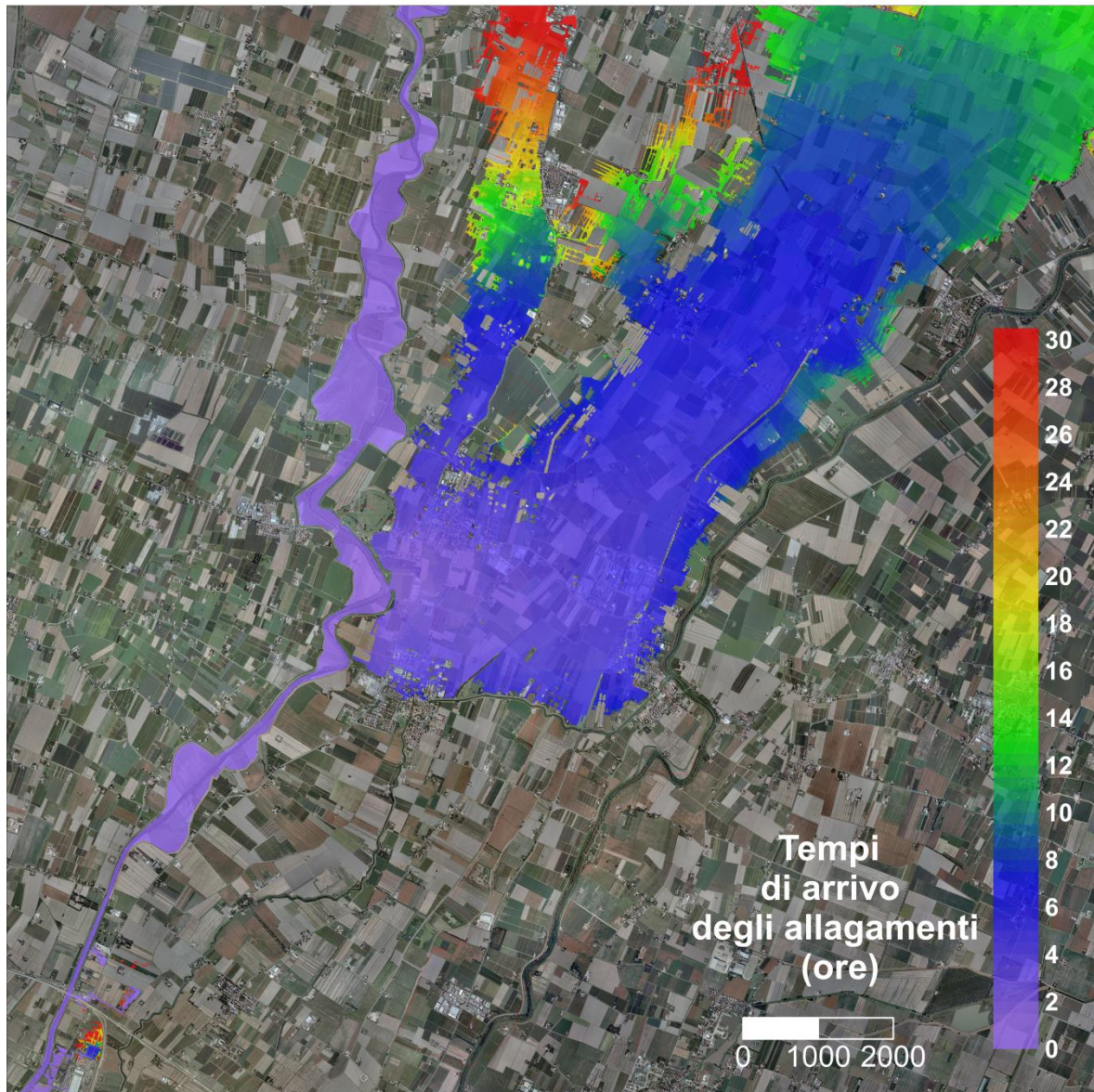


Figura 5-10 – Tempi di arrivo dell'allagamento per la simulazione N.1.

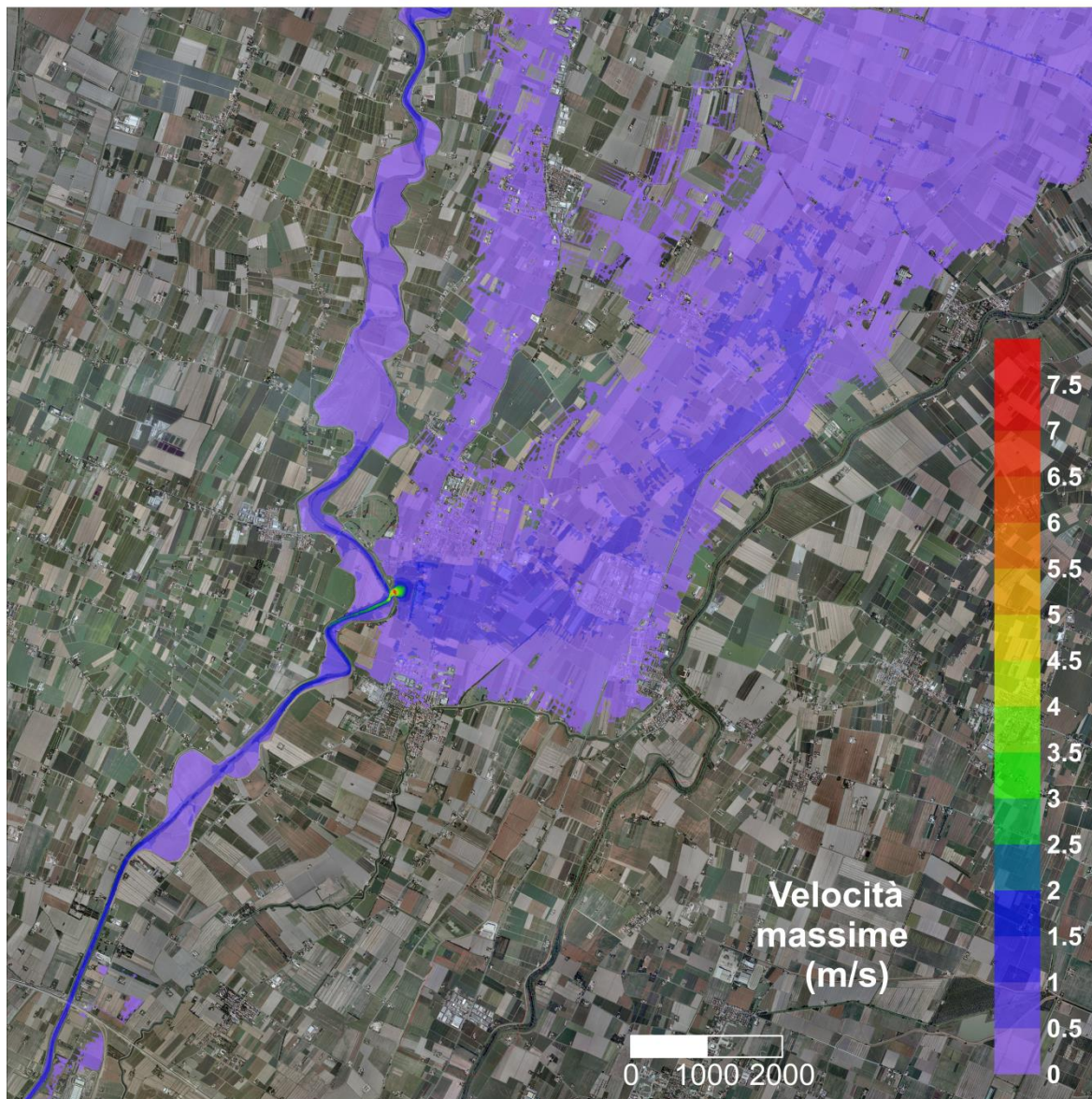


Figura 5-11 – Velocità idriche massime risultanti dalla simulazione N.1.

5.2.2. Simulazione N.2 (onda di $T=100$ anni in ingresso al fiume Panaro, breccia in località Villavara)

Un'animazione dell'evoluzione temporale del fenomeno è riportata nel filmato **SimulazioneN2.mp4**, incluso nel CD allegato alla presente relazione.

La Figura 5-12 mostra, per questo scenario, l'estensione dell'allagamento e le quote idriche massime raggiunte in ogni punto del dominio.

Si nota che:

- dopo aver interessato l'area produttiva di Villavara, molto prossima alla zona nella quale è stato ipotizzato il cedimento, l'allagamento si estende verso Nord coinvolgendo Bomporto capoluogo ed oltrepassando l'argine del canale Naviglio, raggiungendo così l'area produttiva ed investendo parzialmente Bastiglia, anche a causa dell'assenza del rilevato arginale del Naviglio in corrispondenza del tratto tombato. L'allagamento si estende quindi in direzione Nord investendo Solara e tutto il territorio del Comune di Bomporto;
- per effetto del rigurgito l'allagamento si propaga inoltre in direzione Sud sia verso Modena sia aggirando l'argine del Naviglio a Bastiglia;

La Figura 5-13 mostra le profondità idriche massime raggiunte in ogni punto del dominio. Nella zona industriale di Bomporto posta a Nord del canale Naviglio si riscontrano ancora profondità idriche massime comprese tra 0.5 e 2 metri (toni tra il blu ed il verde) mentre a Bomporto, in corrispondenza dei prati di San Clemente ed in località Villavara i massimi tiranti idrici raggiungono anche i 2-3 m. Anche in questo secondo scenario l'evento alluvionale causa l'esonazione di quasi 75 milioni di metri cubi di acqua.

La Figura 5-14 mostra i tempi di arrivo dell'allagamento in ogni punto del dominio di calcolo. La zona confinata dagli argini del canale Naviglio, compresa Bomporto, viene raggiunta dall'allagamento entro 8 ore dal cedimento, fatta esclusione per i prati di San Clemente che risultano completamente allagati solo circa 14 ore dopo il cedimento arginale, così come l'abitato di Bastiglia. Il fronte di allagamento raggiunge l'area industriale di Bomporto circa 20 ore dopo l'inizio dell'esonazione, mentre l'allagamento raggiunge le estremità settentrionali del territorio comunale di Bomporto solo dopo 30 ore.

La Figura 5-15 mostra il modulo delle velocità massime raggiunte in ogni punto del dominio di calcolo. I valori massimi, intorno ai $3.0-3.5 \text{ ms}^{-1}$, si riscontrano in alveo. Velocità elevate si raggiungono localmente anche al piede esterno di rilevati traccimati (argini, strade) o dove la corrente accelera in corrispondenza di zone particolarmente depresse (laghetti, zone depresse). Nell'area allagata si riscontrano valori delle velocità massime praticamente ovunque inferiori ad 1 ms^{-1} (toni tra il viola ed il blu).

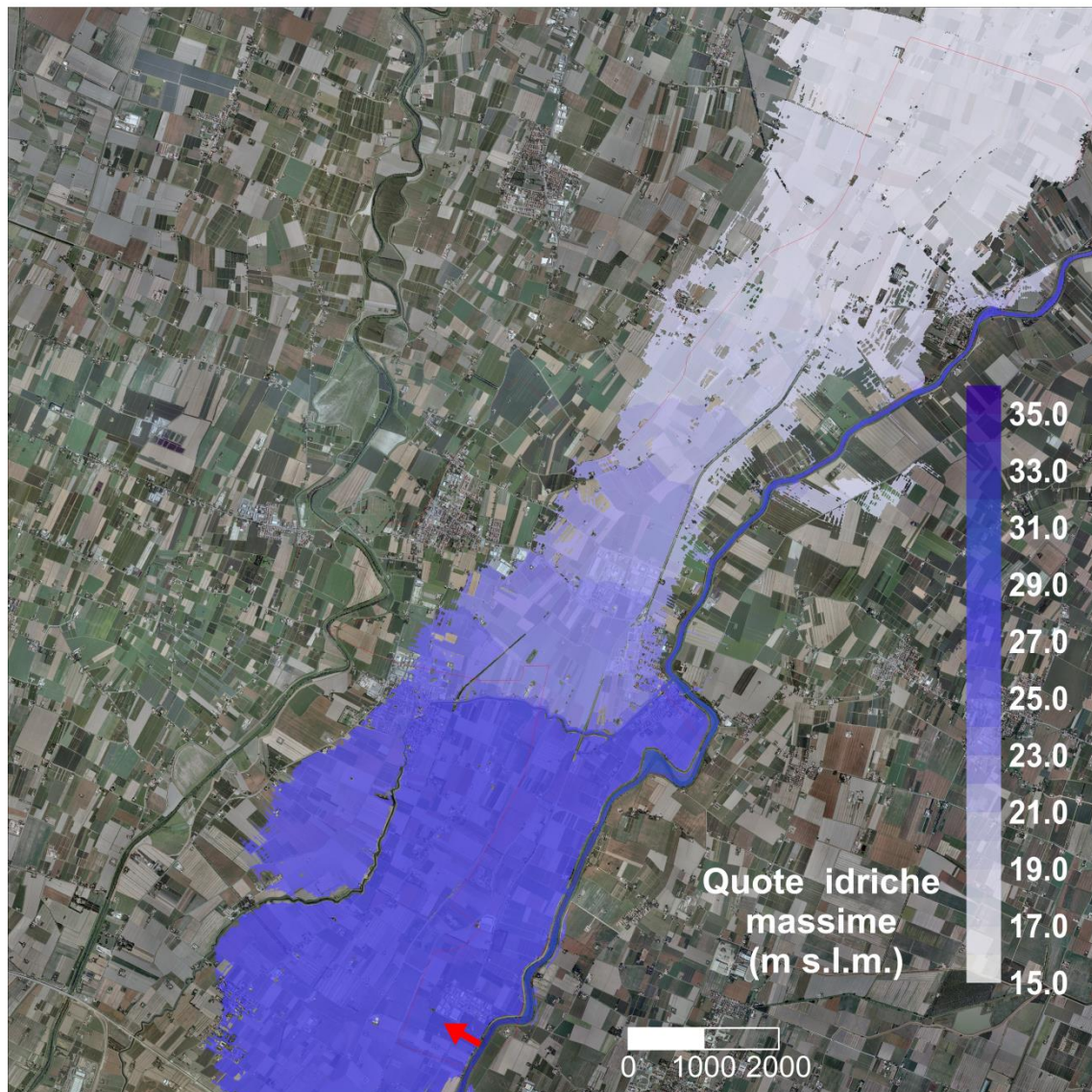


Figura 5-12 – Quote idriche massime risultanti dalla simulazione N.2.

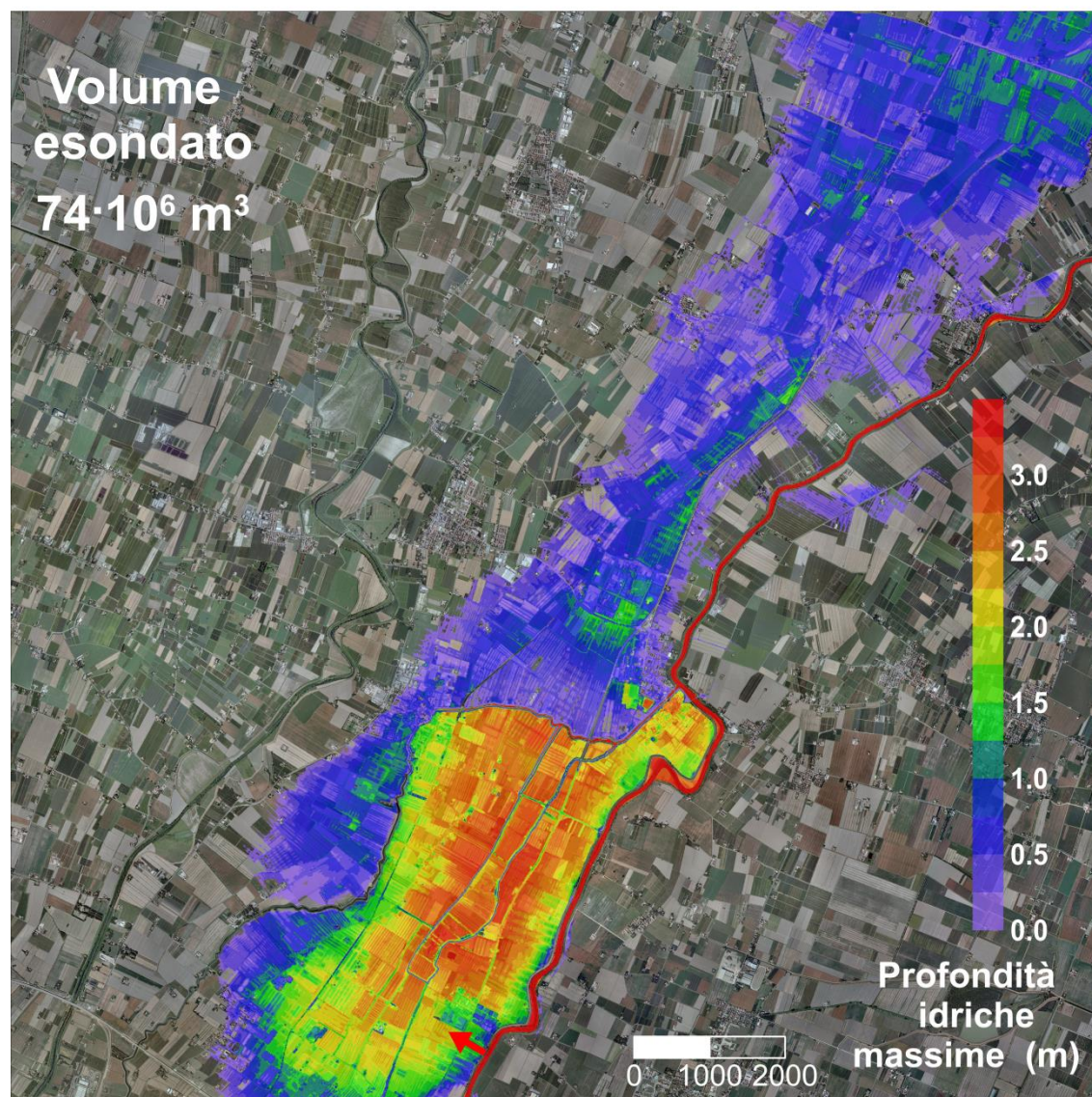


Figura 5-13 – Profondità idriche massime risultanti dalla simulazione N.2.

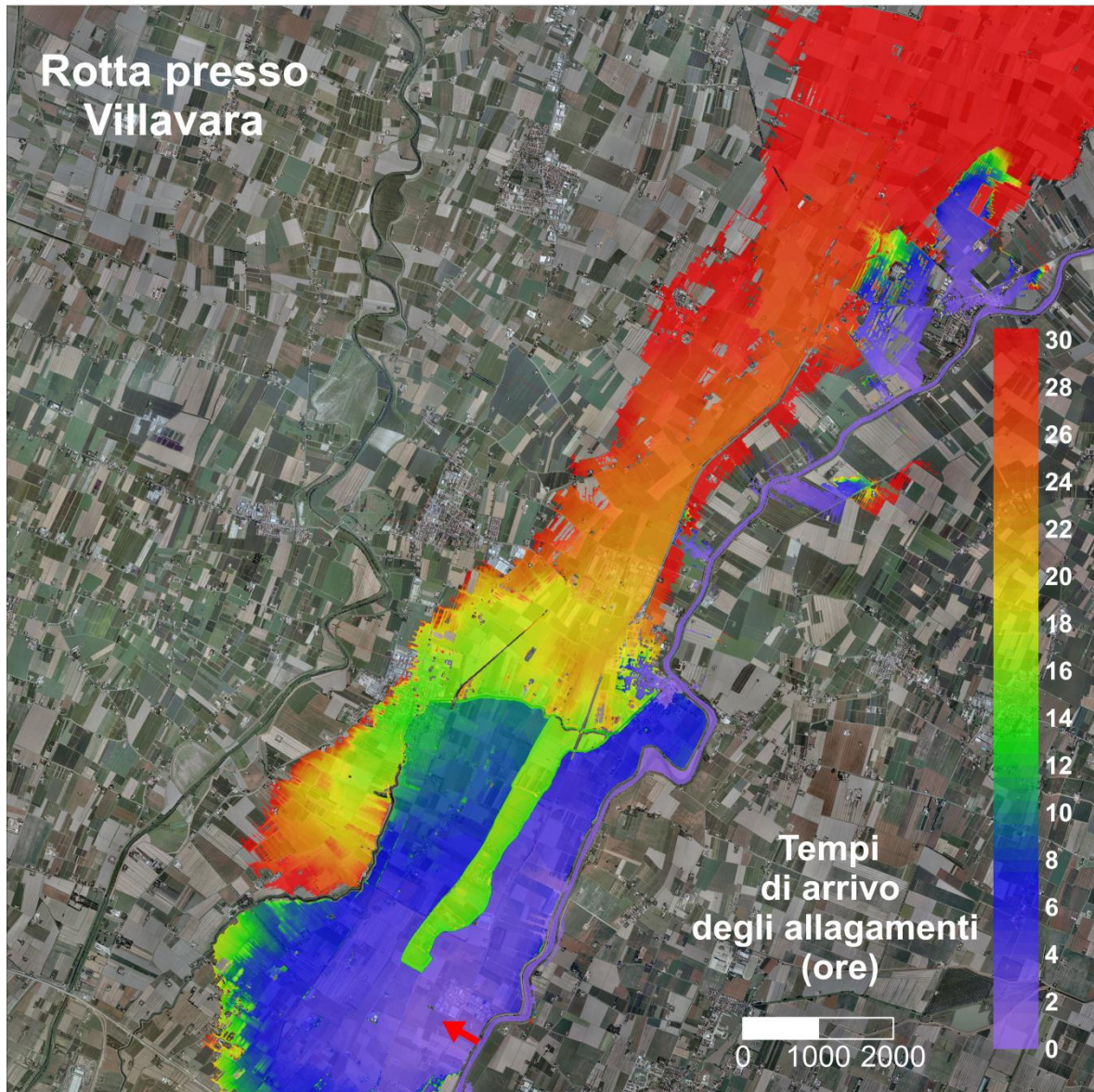


Figura 5-14 – Tempi di arrivo dell'allagamento per la simulazione N.2.

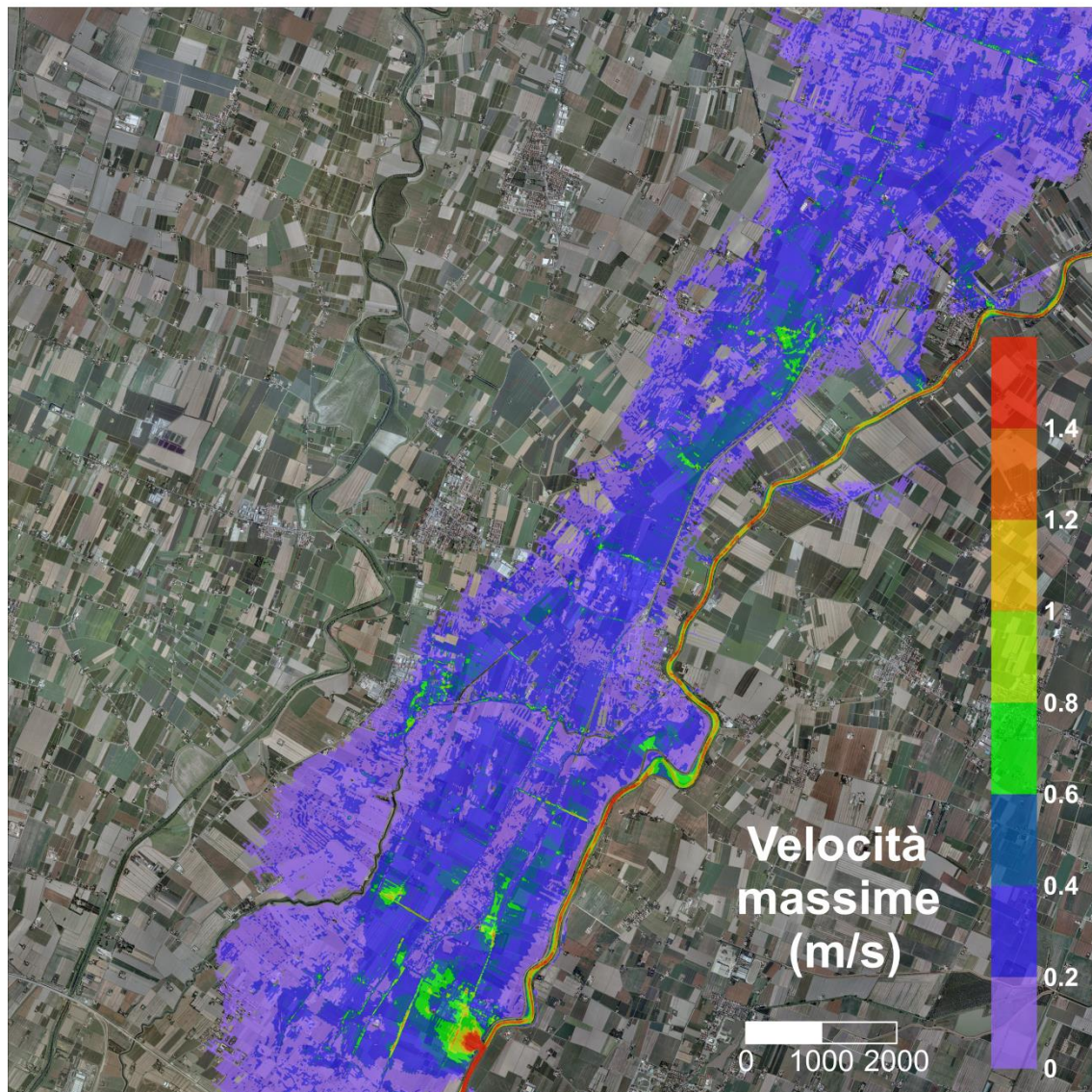


Figura 5-15 – Velocità idriche massime risultanti dalla simulazione N.2.

In Figura 5-16 sono rappresentati gli andamenti delle portate in ingresso all'asta fluviale, uscenti dalla breccia e transitanti a valle oltre la sezione del cedimento. Come si può notare la portata uscente dalla breccia presenta un valore massimo che supera i $700 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$, mentre a valle prosegue una portata che, da un valore di $600 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$, si riduce a fino a circa $300 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$, per poi risalire fino a presentare un secondo colmo di circa $340 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$.

Si è inoltre approfondito l'andamento temporale delle quote idriche in due punti del territorio, uno sito in centro a Bomporto (in prossimità del Naviglio) e l'altro nel fiume Panaro, alla confluenza con il Naviglio stesso. Lo scopo era quello di valutare se una rotta di rientro, realizzata aprendo un

apposito varco nell'argine destro del canale Naviglio, potesse essere di una qualche utilità per ridurre i livelli di allagamento e/o i tempi di permanenza a Bomporto, aprendo contemporaneamente i portoni Vinciani per consentire il deflusso verso il fiume Panaro. Come è possibile osservare in Figura 5-17, circa 15 ore dopo l'inizio del cedimento (corrispondente al tempo 50.5 ore) le quote idriche nel Panaro, in fase di recessione, scendono al di sotto di quelle a Bomporto, assestate ormai intorno ai 27.0-27.1 m s.l.m.. Le quote idriche nel Panaro continuano poi a decrescere raggiungendo, circa 70 ore dopo l'ipotizzato cedimento, una quota di circa 25 m s.l.m.. Dopo 15 ore è quindi evidente come una rotta artificialmente prodotta sull'argine destro del Naviglio potrebbe consentire un più rapido allontanamento dei volumi esondati stazionanti presso Bomporto⁶.

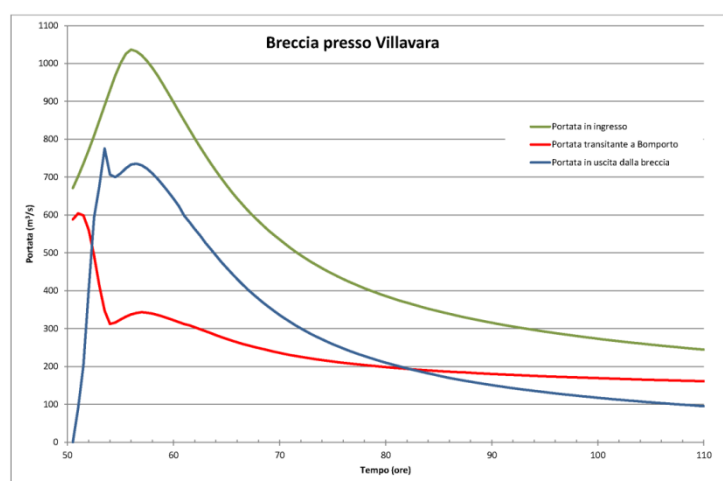


Figura 5-16 – Idrogrammi di portata per la simulazione N.2.

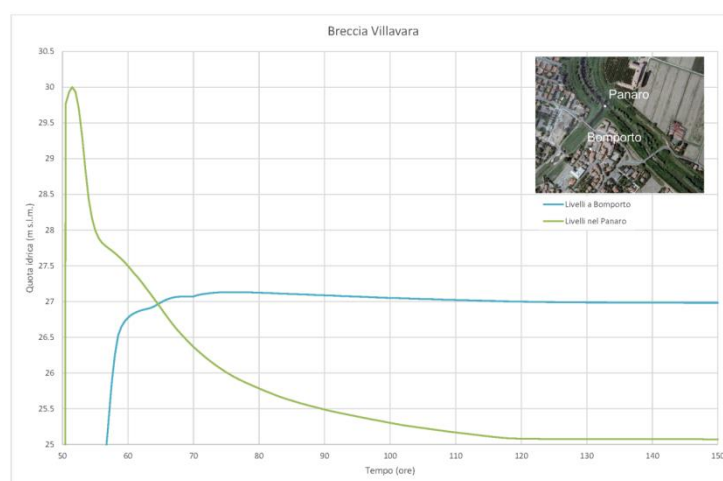


Figura 5-17 – Quote idriche a Bomporto e nel fiume Panaro (alla confluenza del canale Naviglio) per la simulazione N.2.

⁶ Manovre di chiusura, parziale o totale, delle paratoie collocate sulle bocche del manufatto della cassa di espansione di san Cesareo potrebbero ulteriormente ridurre questi tempi e migliorare lo scenario a Bomporto.

5.2.3. Simulazione N.3 (onda di T=100 anni in ingresso al fiume Panaro, breccia in località Bomporto a monte della confluenza con il Naviglio)

Un'animazione dell'evoluzione temporale del fenomeno è riportata nel filmato **SimulazioneN3.mp4**, incluso nel CD allegato alla presente relazione.

La Figura 5-18 mostra, per questo scenario, l'estensione dell'allagamento e le quote idriche massime raggiunte in ogni punto del dominio.

Si nota che:

- dopo aver interessato l'abitato di Bomporto con tracimazione delle arginature del canale Naviglio ed allagamento dell'area industriale in sinistra Naviglio, l'allagamento si estende verso Nord allagando parzialmente le propaggini più settentrionali del territorio comunale di Bomporto. Anche Bastiglia risulta parzialmente allagata per le stesse ragioni delineate nella Simulazione N.2;
- per effetto del rigurgito, in misura maggiore rispetto allo scenario esaminato in precedenza, l'allagamento si propaga in direzione Sud sia verso Modena, coinvolgendo l'area produttiva presso la frazione di Villavara, sia aggirando l'argine del Naviglio a Bastiglia.

La Figura 5-19 mostra le profondità idriche massime raggiunte in ogni punto del dominio. Nell'area industriale di Bomporto posta a Nord del canale Naviglio si riscontrano in questo caso profondità idriche massime comprese tra 0.5 e 1 metri (toni tra il viola ed il blu) mentre a Bomporto, in corrispondenza dei prati di San Clemente e verso sud in località Villavara, i massimi tiranti idrici raggiungono i 2.5-3 m. Per l'effetto del controcarico, esercitato dal rapido innalzamento delle quote idriche nel centro abitato di Bomporto, la portata uscente dalla breccia in questo scenario è decisamente minore, rispetto alla Simulazione N.2. Il volume complessivamente esondato, pari a circa 37 milioni di metri cubi, risulta quasi dimezzato, nonostante l'onda di piena proveniente da monte e evoluzione della breccia siano le medesime.

La Figura 5-20 mostra i tempi di arrivo dell'allagamento in ogni punto del dominio di calcolo. Ovviamente, data la posizione della breccia, il paese di Bomporto, a destra del canale Naviglio, risulta completamente allagato entro pochissime ore dal cedimento. L'effetto di rigurgito è tale che anche la zona più meridionale del comparto di interesse, compresa la frazione di Villavara, risulta allagata entro 6 ore circa dal cedimento, mentre la zona a Nord del canale Naviglio viene interessata dall'allagamento solo circa 14 ore dopo il cedimento arginale. L'area dei prati di San Clemente, poi, risulta completamente allagata solo circa 30 ore dopo il cedimento arginale⁷.

Anche le estremità settentrionali del territorio comunale di Bomporto sono raggiunte dal fronte di allagamento dopo circa 30 ore.

⁷ In questo caso la Cassa di espansione dei Prati di San Clemente funzionerebbe "al contrario" essendo circondata esternamente dall'allagamento ed invasandosi solo a seguito di tracimazione dei suoi argini.

La Figura 5-21 mostra il modulo delle velocità massime raggiunte in ogni punto del dominio di calcolo. I valori massimi, intorno ai $3.0-3.5 \text{ ms}^{-1}$, si riscontrano, come al solito, in alveo. Velocità elevate si raggiungono anche localmente al piede esterno di rilevati tracinati (argini, strade) o dove la corrente accelera in corrispondenza di zone depresse. Nell'area allagata si riscontrano praticamente ovunque velocità massime inferiori ad 1 ms^{-1} (toni tra il viola ed il blu).

UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI PARMA DICATeA

Dipartimento di Ingegneria Civile, dell'Ambiente, del Territorio e Architettura

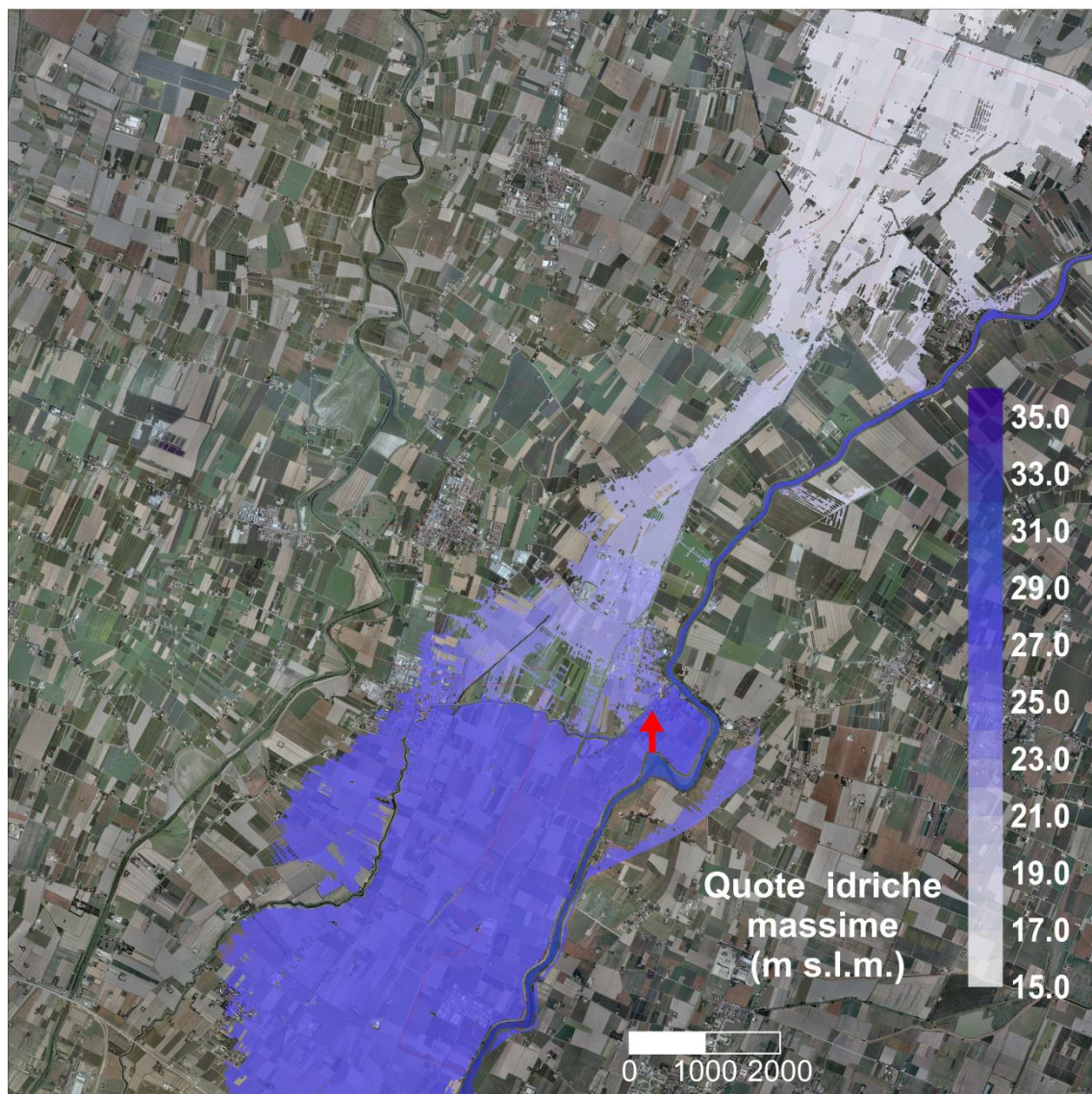


Figura 5-18 – Quote idriche massime risultanti dalla simulazione N.3.

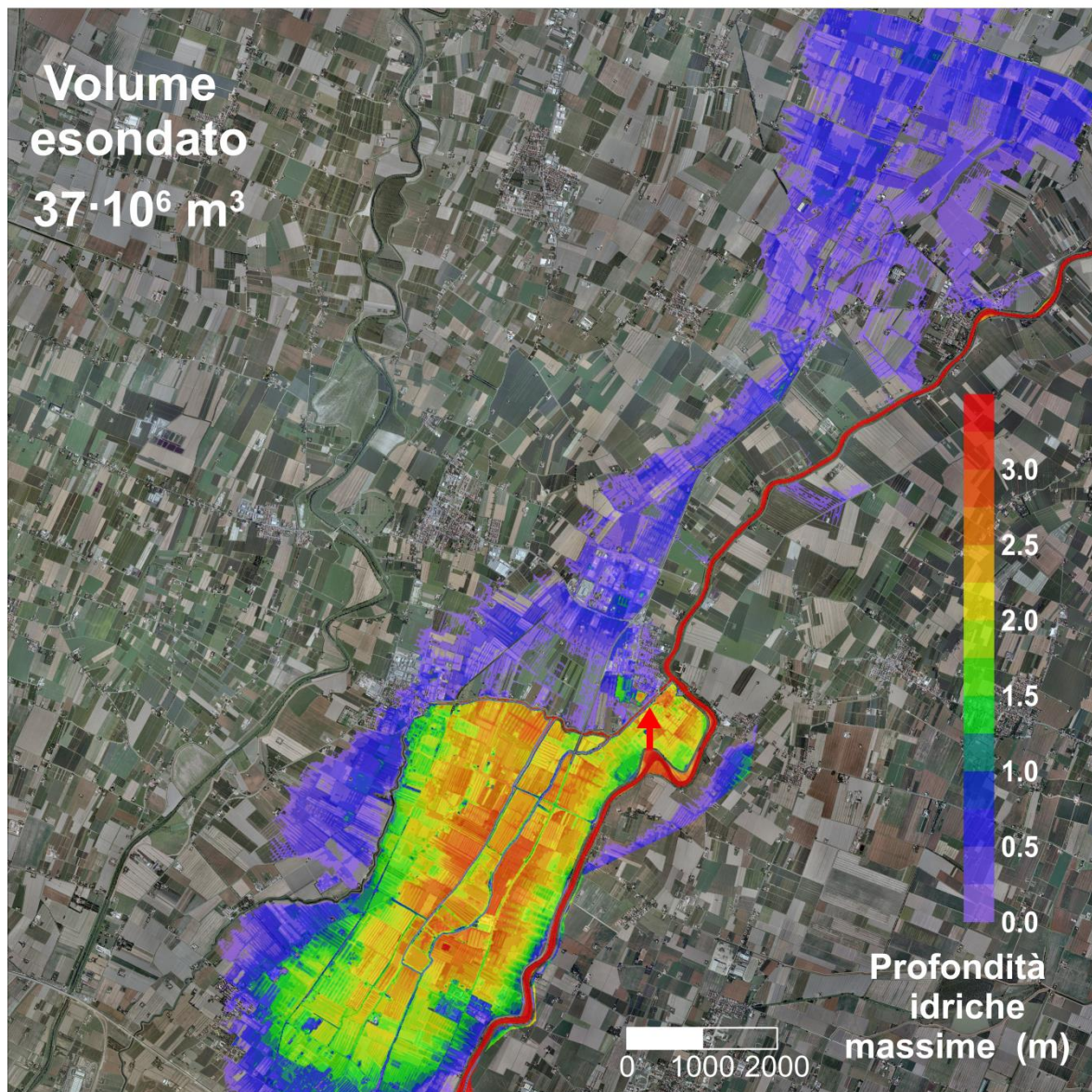


Figura 5-19 – Profondità idriche massime risultanti dalla simulazione N.3.

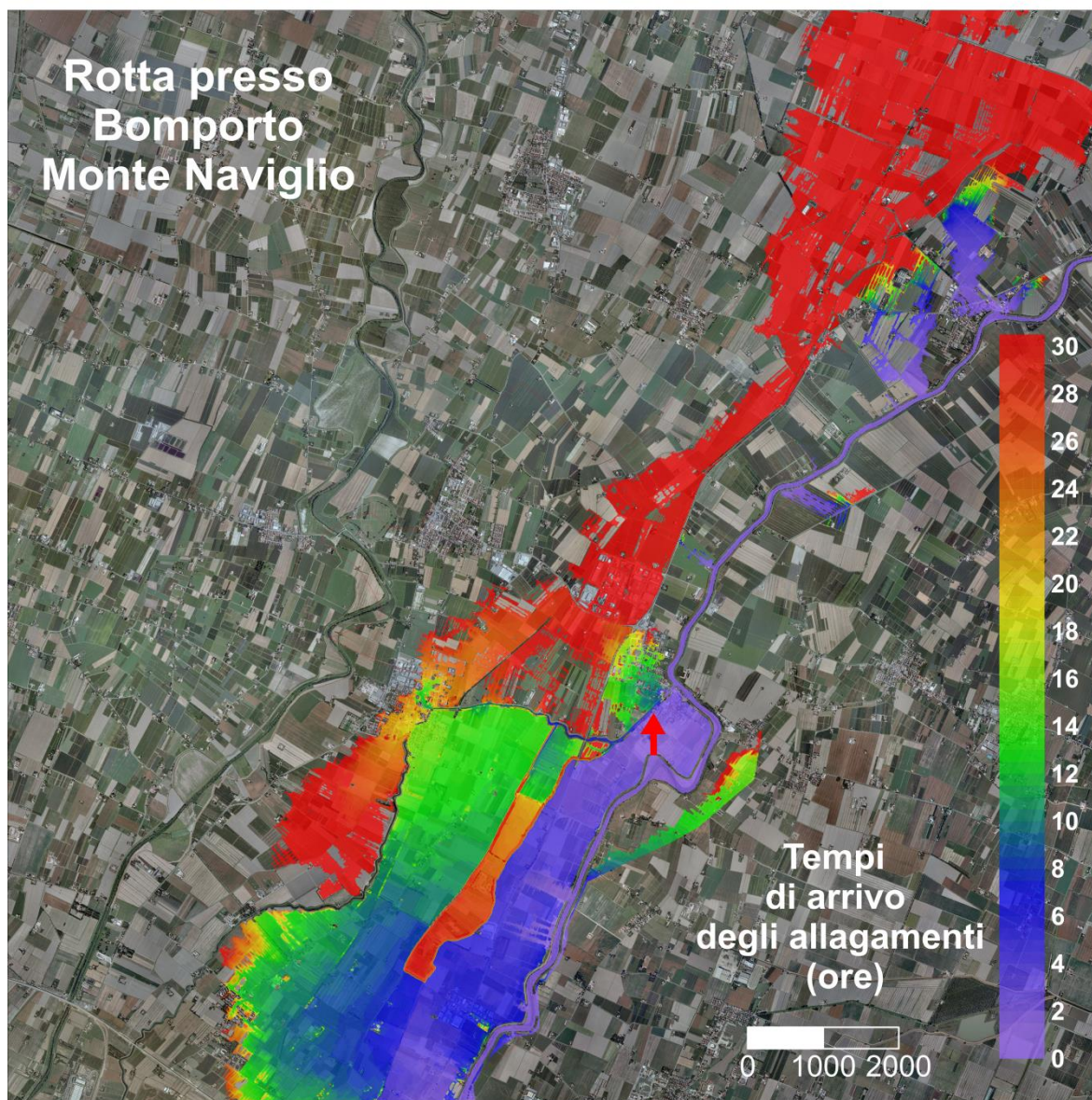


Figura 5-20 – Tempi di arrivo dell'allagamento per la simulazione N.3.

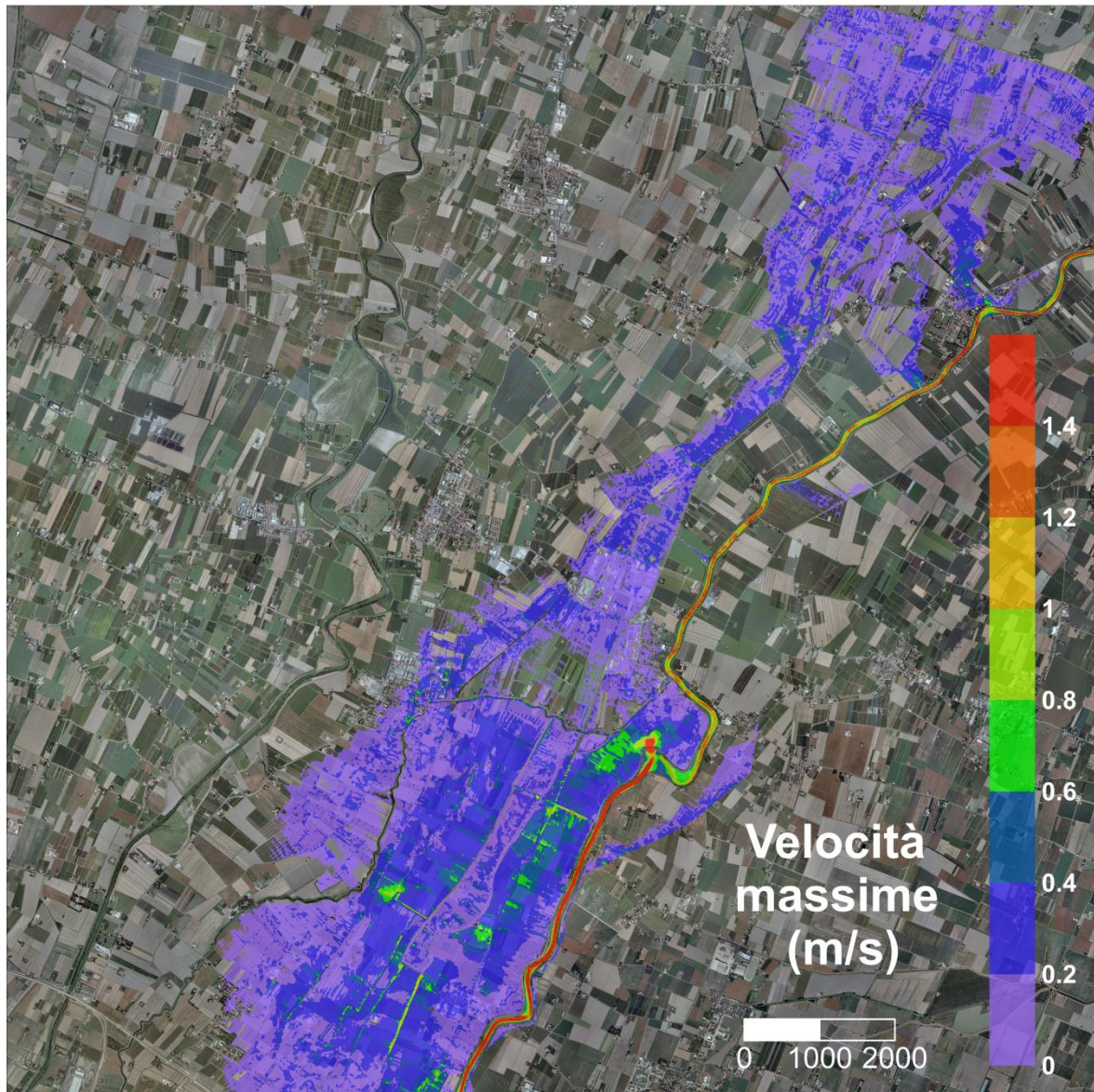


Figura 5-21 – Velocità idriche massime risultanti dalla simulazione N.3.

Anche per lo scenario in esame si sono rappresentati gli andamenti delle portate in ingresso all'asta fluviale, uscenti dalla breccia e transitanti a valle oltre la sezione del cedimento. (Figura 5-22). La portata uscente dalla breccia presenta un valore massimo che supera di poco i $350 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$, mentre a valle nel Panaro prosegue un'onda che da un valore di $600 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$ si riduce fino a $300\text{-}330 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$. Come già anticipato la portata uscente dalla breccia in questo scenario è decisamente minore, rispetto alla Simulazione N.2.

Anche in questo caso si è approfondito l'andamento temporale delle quote idriche nei medesimi due punti del territorio, uno sito in centro a Bomporto (in prossimità del Naviglio) e l'altro nel fiume Panaro, alla confluenza con il Naviglio stesso.

Come è possibile osservare in Figura 5-23 l'abbassamento delle quote idriche nel Panaro è molto più lento e meno accentuato rispetto al caso precedente. Ciò è essenzialmente dovuto all'effetto del controcarico, esercitato dal rapido innalzamento delle quote idriche nel centro abitato di Bomporto, più volte rimarcato.

Come è possibile osservare in Figura 5-23, solo circa 50 ore dopo l'apertura della breccia le quote idriche nel Panaro, in fase di recessione, scendono al di sotto di quelle a Bomporto, assestate intorno ai 26.8-26.9 m s.l.m.. In questa circostanza è evidente come una rotta artificialmente prodotta sull'argine destro del Naviglio sarebbe di limitata utilità, ai fini dell'allontanamento dei volumi esondati a Bomporto, dati i tempi lunghi necessari affinché nel Panaro le quote idriche scendano a valori tali da consentire l'apertura dei portoni vinciani⁸ e l'esiguo dislivello tra le quote idriche dell'allagamento a Bomporto e quelle nel Panaro.

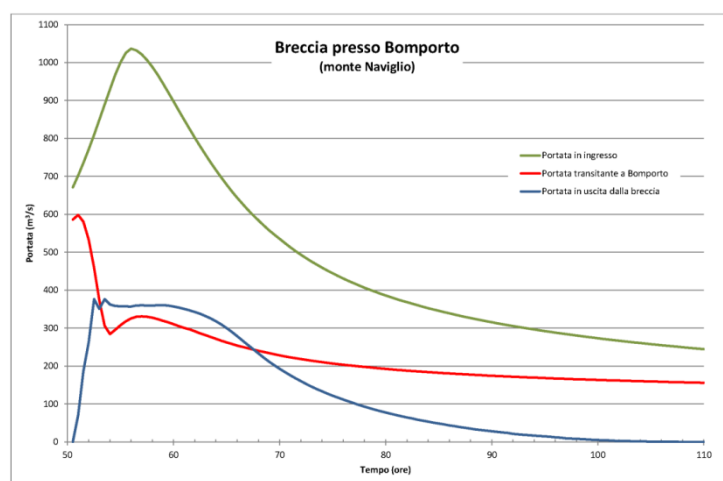


Figura 5-22 – Idrogrammi di portata per la simulazione N.3.

⁸ Anche in questo caso, manovre di chiusura, parziale o totale, delle paratoie collocate sulle bocche del manufatto della cassa di espansione di san Cesareo potrebbero ulteriormente ridurre questi tempi e migliorare lo scenario a Bomporto.

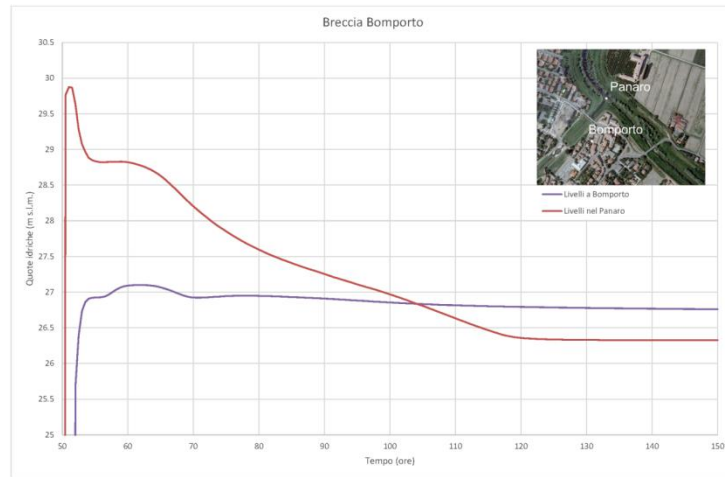


Figura 5-23 – Quote idriche a Bomporto e nel fiume Panaro (alla confluenza del canale Naviglio) per la simulazione N.3.

5.2.4. Simulazione N.4 (onda di T=50 anni in ingresso al fiume Panaro, breccia in località Bomporto a valle della confluenza con il canale Naviglio)

Un'animazione dell'evoluzione temporale del fenomeno è riportata nel filmato *SimulazioneN4.mp4*, incluso nel CD allegato alla presente relazione.

Per questo scenario si è adottata come onda in ingresso al fiume Panaro un'onda di 50 anni di tempo di ritorno, a differenza degli scenari 2 e 3 in cui si è adottata un'onda con T=100 anni. La motivazione di questa scelta risiede nel fatto che, a presupposto dell'inizio del cedimento, si è assunto un valore minimo del franco arginale in corrispondenza della sezione della breccia pari ad 1.5 m (ovvero il cedimento si innesca, per una non meglio precisata causa, allorché le quote idriche sono ancora 1.5 m al di sotto del coronamento arginale). La maggiore distanza della condizione al contorno di monte dalla sezione dell'ipotizzato cedimento avrebbe necessariamente posticipato di diverse ore, rispetto ai casi precedenti, l'istante dell'ipotizzato inizio del collasso arginale, con un maggiore impegno di tutta l'asta fluviale a monte. Se si fosse adottato un evento di piena con T=100 anni, si sarebbe quindi verificato quasi ovunque l'azzeramento del franco a monte della posizione dell'ipotizzata breccia, con una conseguente diffusa tracimazione sia in destra che sinistra idraulica, prima dell'innescarsi della breccia stessa. Si è pertanto preferito ottenere il valore desiderato del franco arginale minimo nella sezione di interesse adottando un'onda in ingresso di minore severità e tale da non provocare eccessive esondazioni a monte della zona del crollo.

La Figura 5-24 mostra, per questo scenario, l'estensione dell'allagamento e le quote idriche massime raggiunte in ogni punto del dominio.

Si nota che:

- data la posizione prescelta per il cedimento, posto a valle dell'immissione del Naviglio nel fiume Panaro, il centro urbano di Bomporto non risulta coinvolto dall'allagamento. Ovviamente si verifica l'allagamento dell'area industriale di Bomporto sita a Nord del canale Naviglio e, più a Nord, anche dei territori più settentrionali del territorio comunale di Bomporto, pure restando l'allagamento non addossato al piede esterno dell'argine sinistro del fiume Panaro, a causa dell'innalzamento del terreno in corrispondenza del dosso morfologico su cui il fiume Panaro scorre;
- per la presenza di un ben noto varco arginale in sinistra idraulica in località Navicello (Figura 5-25) si verifica una tracimazione che lambisce l'area produttiva di Villavara e si estende verso Nord rimanendo confinato in sinistra dall'arginatura della costruenda cassa di espansione dei Prati di San Clemente.

La Figura 5-26 mostra le profondità idriche massime raggiunte in ogni punto del dominio. Anche in

questo caso le profondità idriche superiori a 3.5 metri, pur presenti (nell'alveo ed in punti particolari, quali laghetti, ecc.) sono state tutte raggruppate in un unico colore rosso acceso. Nell'area produttiva di Bomporto, posta a Nord del canale Naviglio, si riscontrano in questo caso profondità idriche massime comprese tra 1 e 1.5 metri (toni del verde). Altrove i massimi tiranti idrici sono praticamente ovunque inferiori ad 1 m⁹.

UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI PARMA DICATeA

Dipartimento di Ingegneria Civile, dell'Ambiente, del Territorio e Architettura

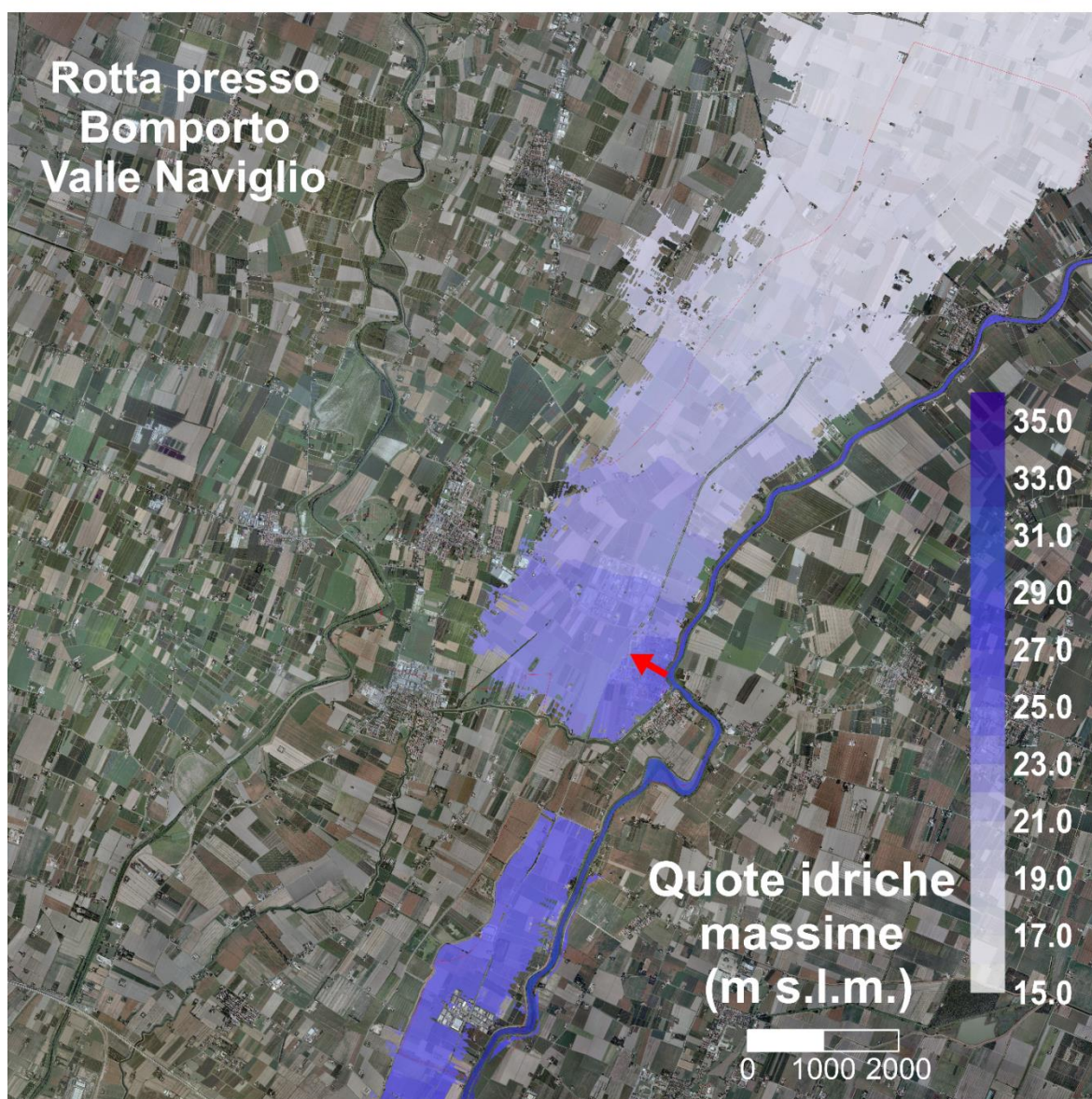


Figura 5-24 – Quote idriche massime risultanti dalla simulazione N.4.

⁹ Anche alla destra dell'argine della zona dei Prati di San Clemente le profondità massime raggiungono 1.5 m, ma ivi l'allagamento è causato dal summenzionato varco che, essendo localizzato, può essere facilmente messo in sicurezza.



Figura 5-25 – Varco arginale in località Navicello.

UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI PARMA
DICATeA

Dipartimento di Ingegneria Civile, dell'Ambiente, del Territorio e Architettura

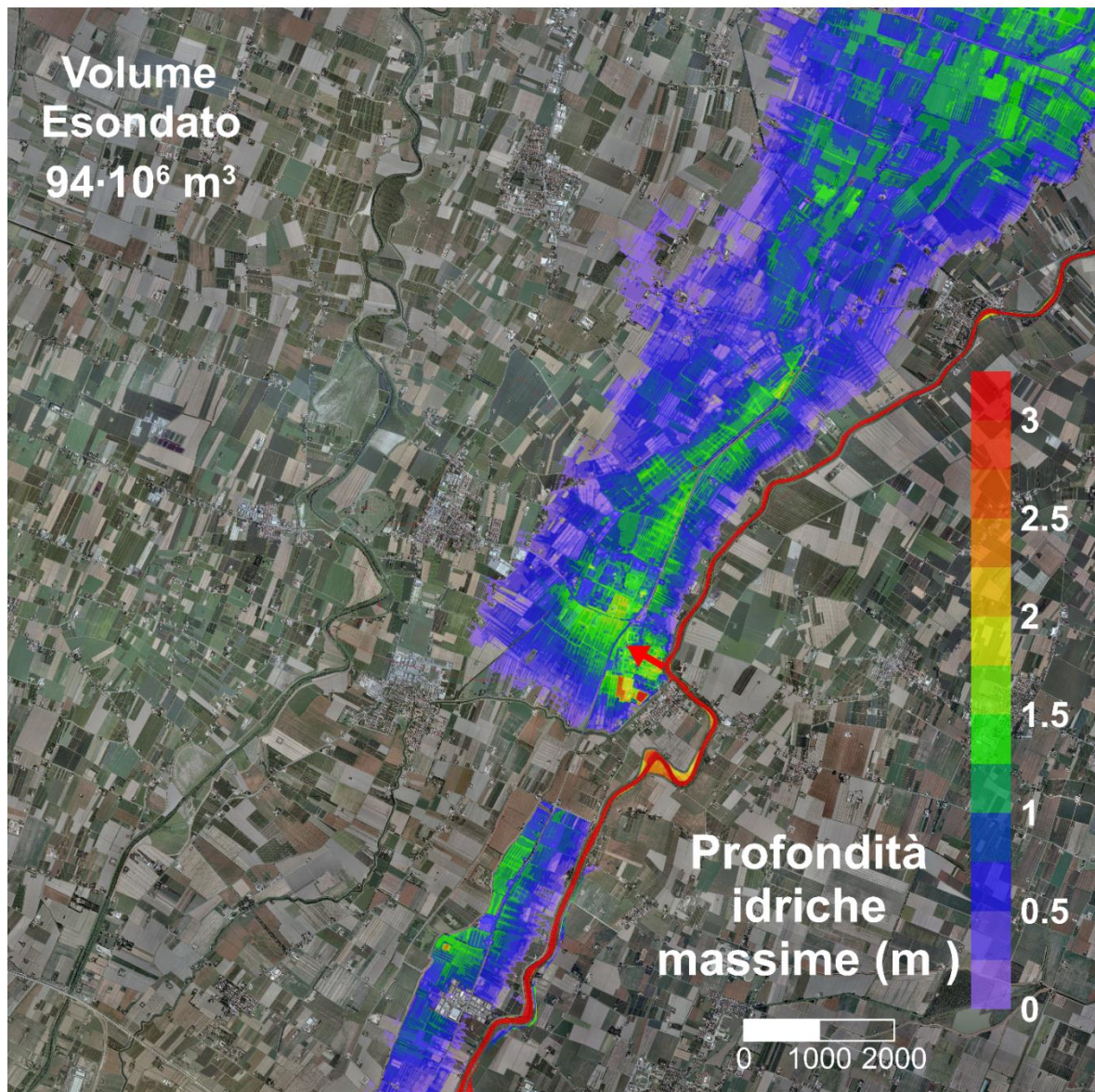


Figura 5-26 – Profondità idriche massime risultanti dalla simulazione N.4.

La Figura 5-27 mostra i tempi di arrivo dell'allagamento in ogni punto del dominio di calcolo. I tempi in questo caso sono, nelle porzioni del territorio comunale raggiunte dall'allagamento, quasi ovunque inferiori alle 12 ore.

La Figura 5-28 mostra il modulo delle velocità massime raggiunte in ogni punto del dominio di calcolo. A parte l'alveo, la zona immediatamente a valle della breccia ed alcuni punti molto localizzati al piede esterno di rilevati traccimati (strade), le velocità massime sono inferiori ad 1 ms^{-1} (toni tra il viola ed il blu).

UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI PARMA DICATeA

Dipartimento di Ingegneria Civile, dell'Ambiente, del Territorio e Architettura

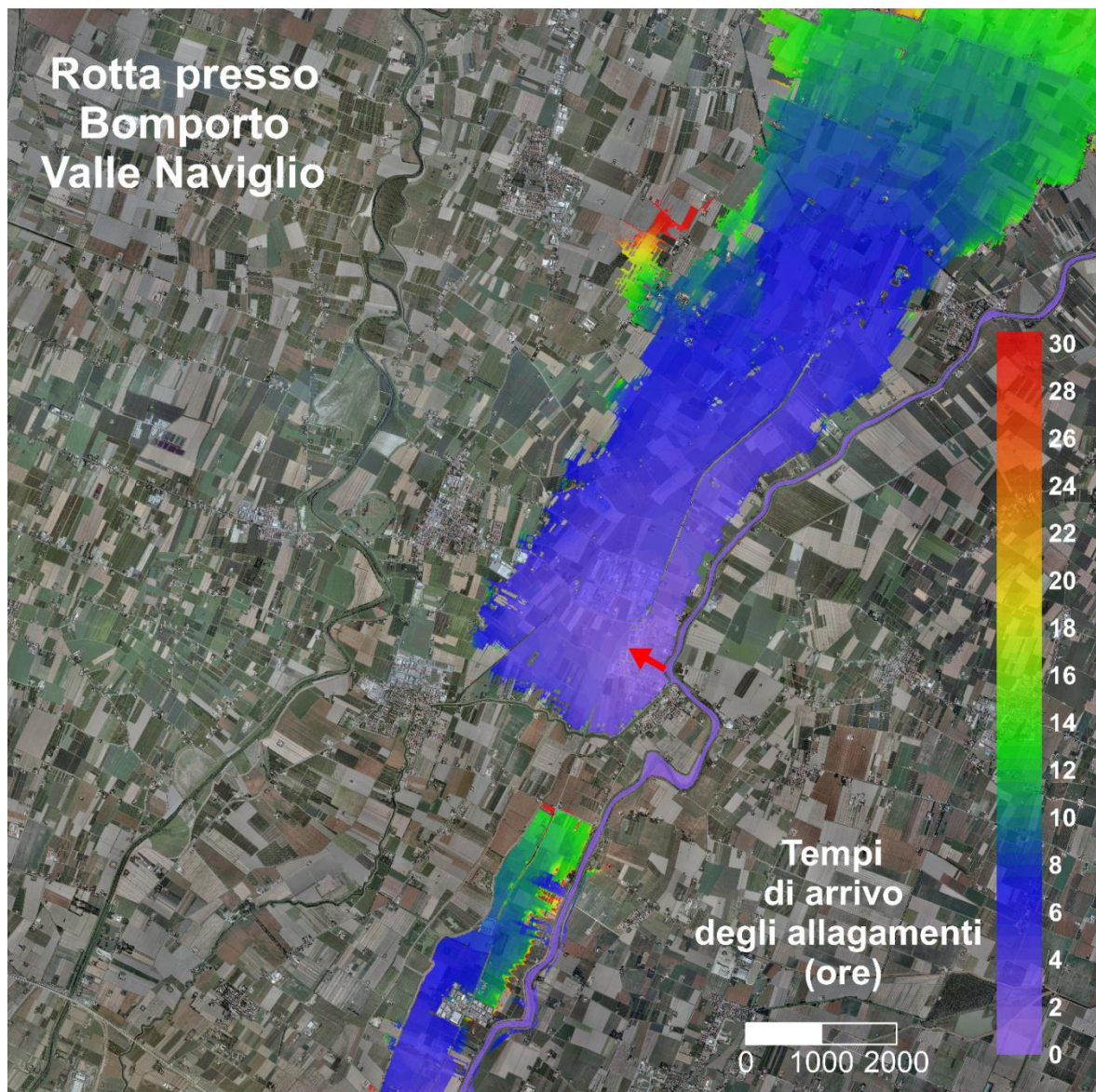


Figura 5-27 – Tempi di arrivo dell'allagamento per la simulazione N.4.

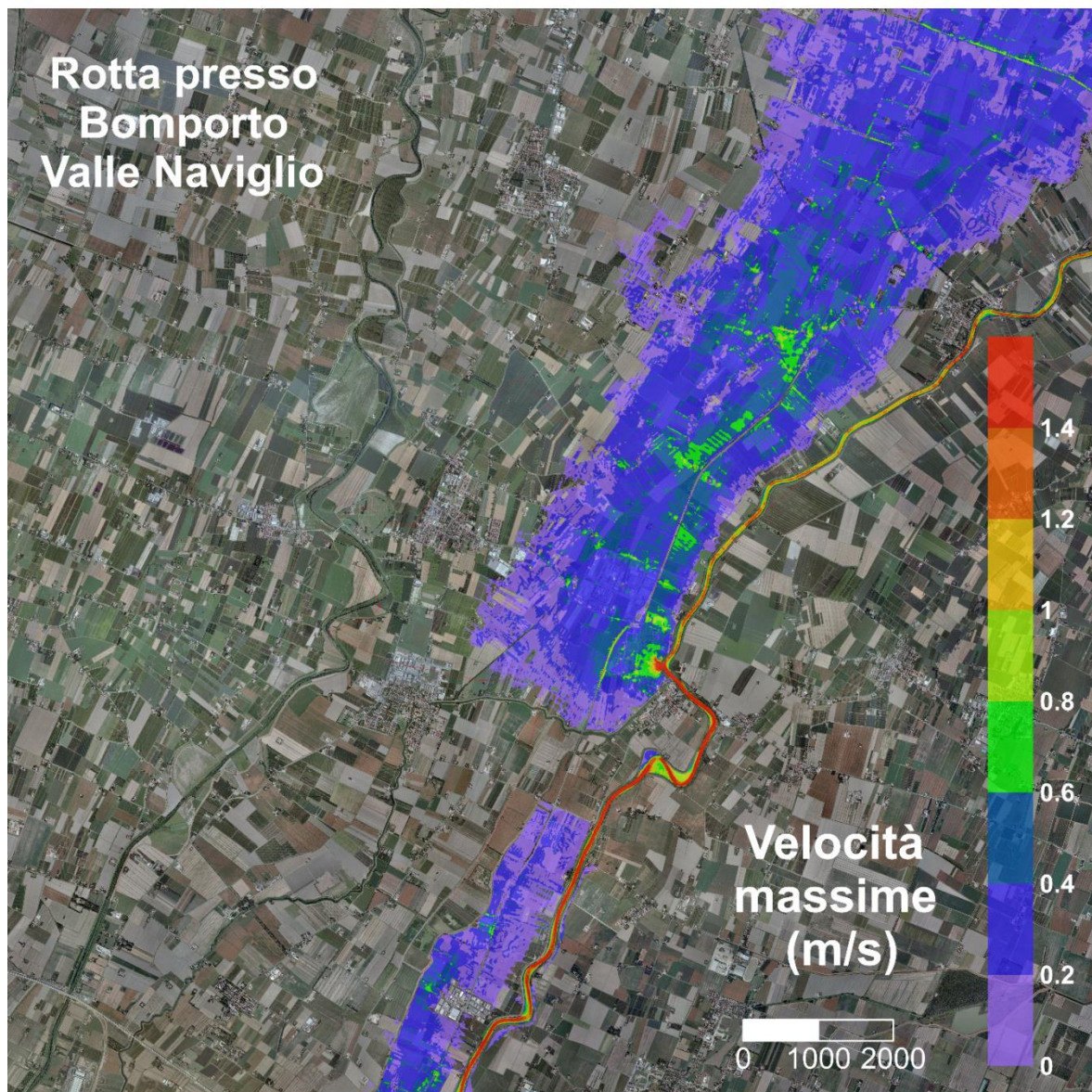


Figura 5-28 – Velocità idriche massime risultanti dalla simulazione N.4.

Anche per lo scenario in esame si sono rappresentati gli andamenti delle portate in ingresso all'asta fluviale, uscenti dalla breccia e transitanti a valle oltre la sezione del cedimento¹⁰. (Figura 5-29). La portata uscente dalla breccia presenta un valore massimo che supera di poco i $500 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$, mentre a

¹⁰ In questo scenario, non ha alcuna rilevanza monitorare l'andamento contemporaneo delle quote idriche nell'area allagata e nel fiume Panaro, in quanto non è possibile identificare alcuna posizione in cui effettuare una rotta artificiale di rientro.

valle nel Panaro prosegue un'onda che da un valore di $500 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$ si riduce fino a $200 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$, per poi risalire a $270\text{-}280 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$.

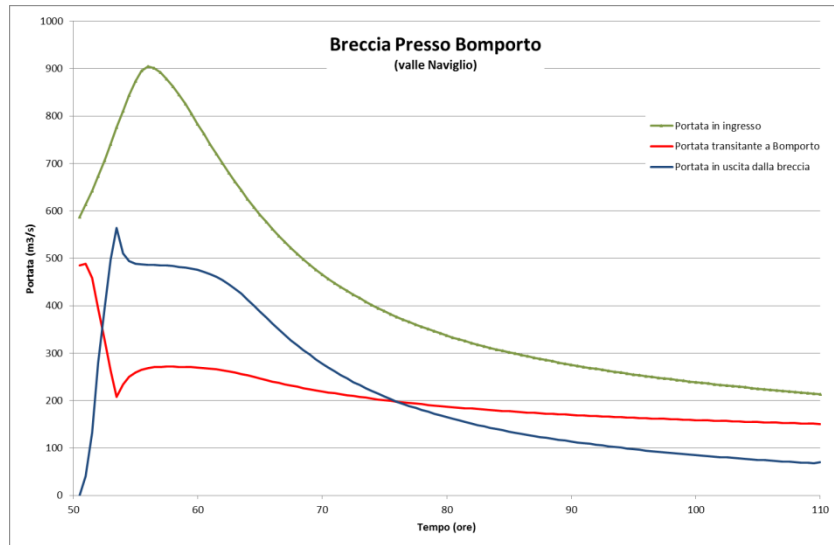


Figura 5-29 – Idrogrammi di portata per la simulazione N.4.

5.2.5. Inviluppo dei risultati delle quattro simulazioni

La Figura 5-30 e la Figura 5-31 riportano rispettivamente l’inviluppo delle quote idriche massime e delle profondità idriche massime risultanti dalle quattro simulazioni. Tali mappe forniscono quindi l’indicazione della “situazione peggiore” in ciascun punto del territorio considerato, in termini di quota idrica (o di profondità idrica)¹¹.

UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI PARMA DICATeA

Dipartimento di Ingegneria Civile, dell’Ambiente, del Territorio e Architettura

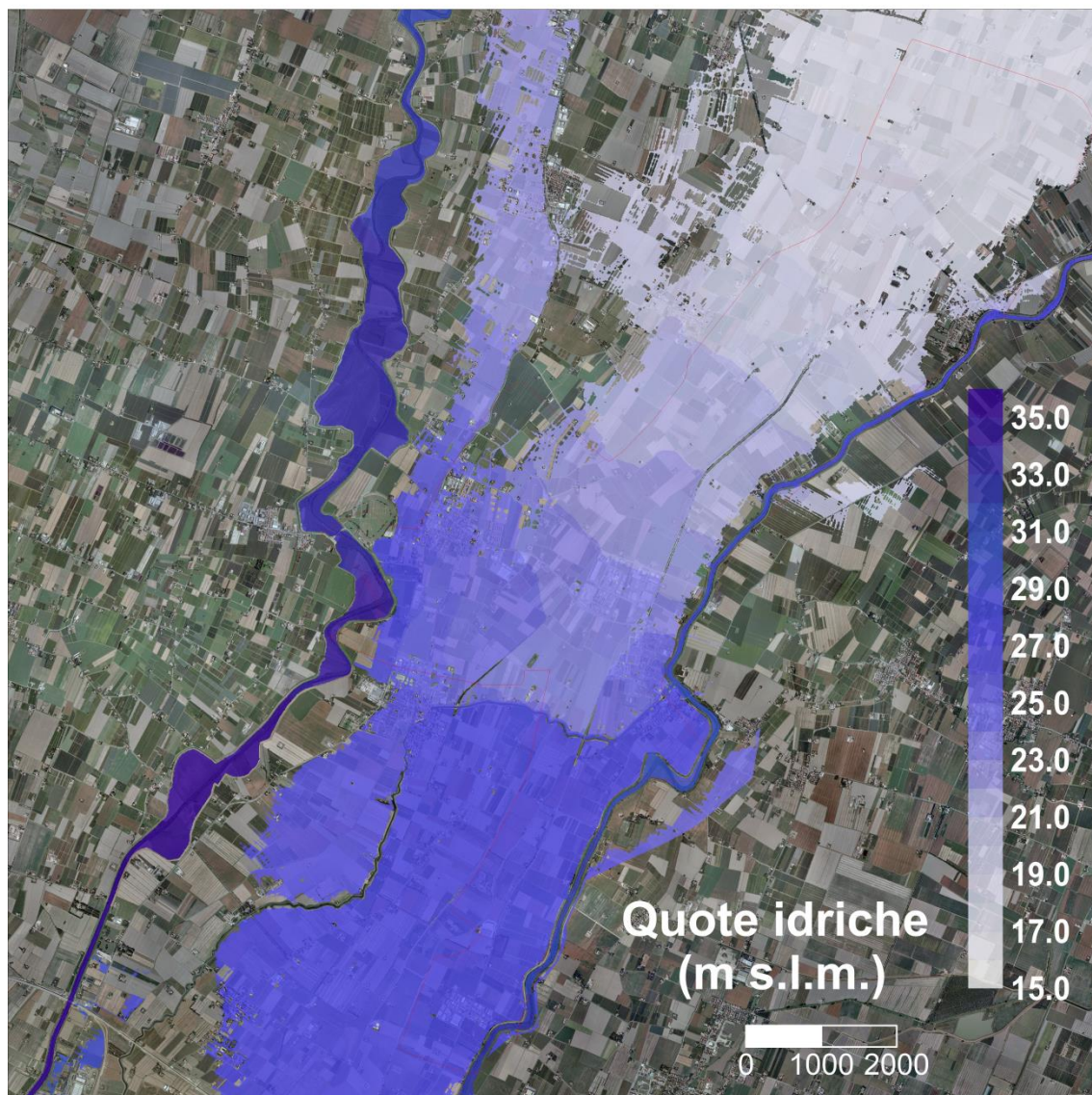


Figura 5-30 – Inviluppo delle quote idriche massime risultanti dalle quattro simulazioni.

¹¹ È appena il caso di segnalare che la “situazione peggiore” in punti diversi non è sempre generata dallo stesso scenario.

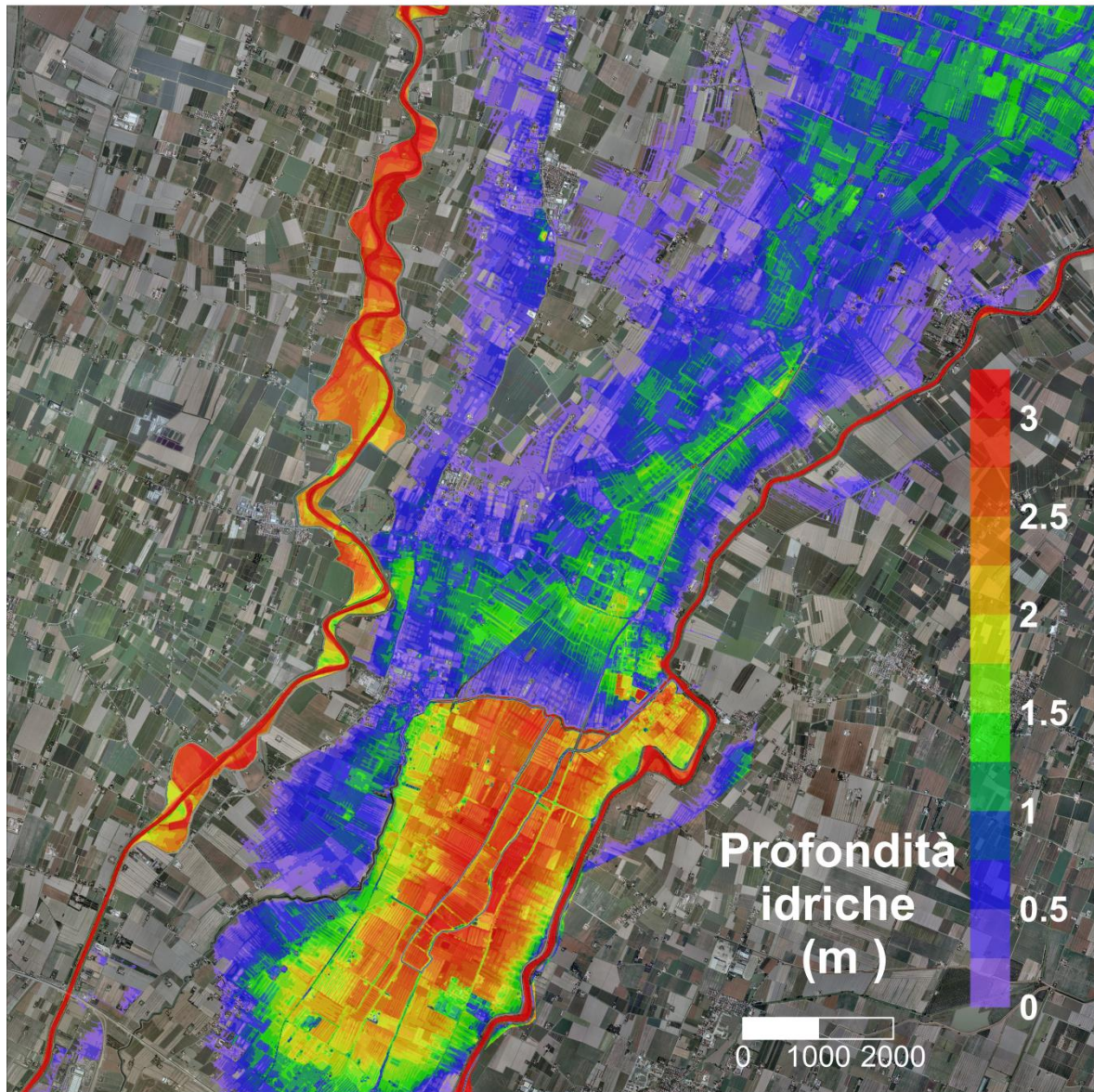


Figura 5-31 – Involuppo delle profondità idriche massime risultanti dalle quattro simulazioni.

Per l'area produttiva a Nord del canale Naviglio sono confermati i valori ottenuti dalla simulazione n.4, che rappresenta lo scenario più gravoso, mentre per l'area produttiva di Villavara sono confermati i valori ottenuti dalla simulazione n.2, con profondità idriche di oltre 3 metri. Nel complesso nell'area di interesse si riscontrano profondità idriche massime comprese tra 0.25 e 3.5 metri, a parte qualche zona particolarmente depressa in cui si raggiungono profondità idriche anche superiori.

In Figura 5-32 sono rappresentati i minimi tempi di arrivo dell'allagamento per le 4 simulazioni effettuate. Tali tempi risultano irregolarmente distribuiti nell'area di indagine poiché punti del territorio anche prossimi possono essere raggiunti dall'allagamento in tempi significativamente diversi conseguenti a scenari differenti.

UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI PARMA DICATeA

Dipartimento di Ingegneria Civile, dell'Ambiente, del Territorio e Architettura

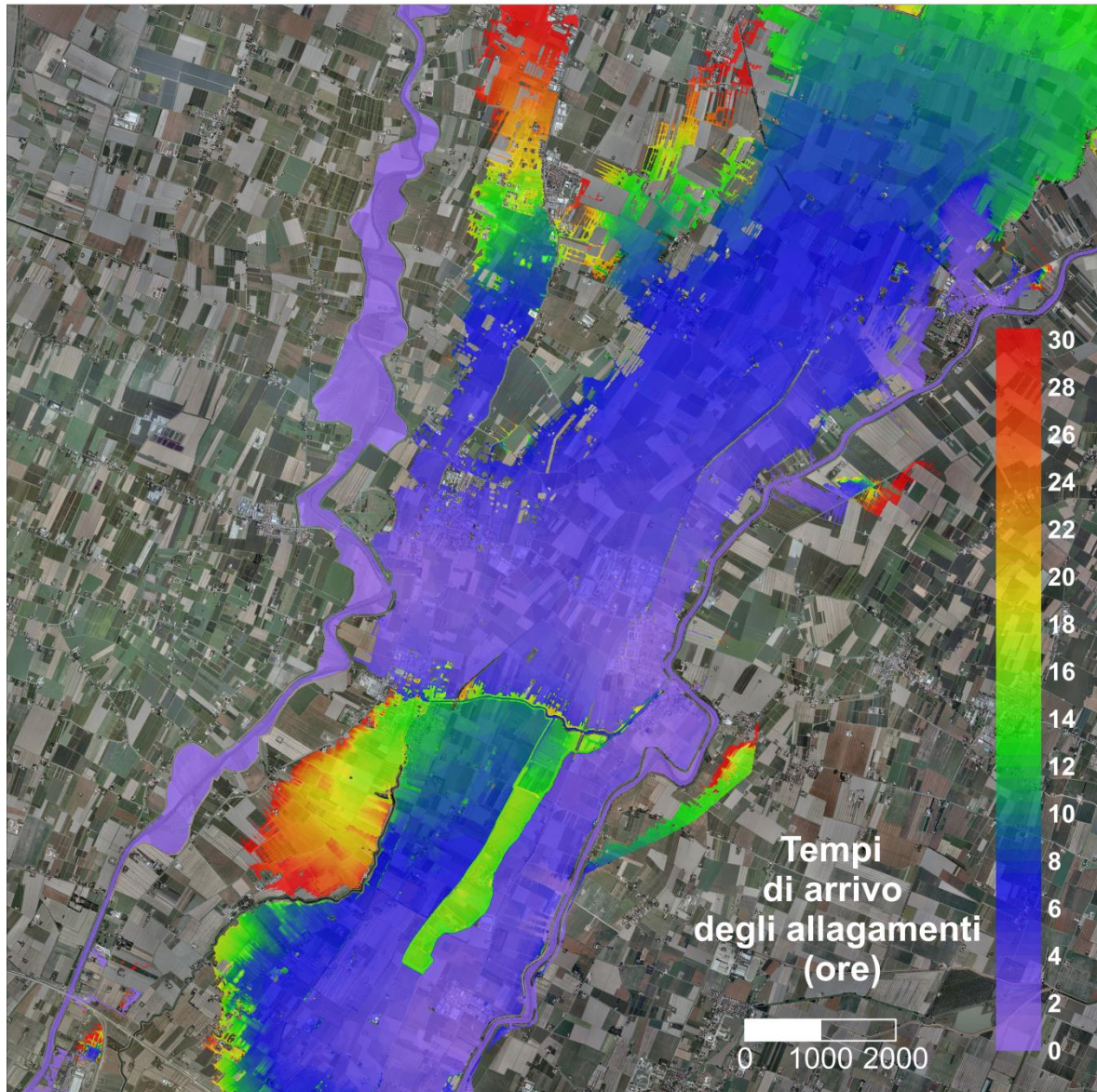


Figura 5-32 – Minimi tempi di arrivo dell'allagamento per le quattro simulazioni effettuate.

6. CONCLUSIONI

Nel presente studio si è valutata, mediante modellazione numerica, la pericolosità idraulica in corrispondenza del territorio comunale di Bomporto.

Al fine di individuare le condizioni idrauliche più gravose, ancorché realistiche, sono state effettuate quattro simulazioni, sia in destra Secchia che in sinistra Panaro, con brecce arginali di rilevante ampiezza e ubicate in posizioni particolarmente gravose per l'area in studio.

I risultati delle simulazioni evidenziano come il territorio del Comune di Bomporto risulti collocato in una posizione altimetricamente sfavorevole e come, nell'eventualità di cedimenti arginali aventi luogo ad una qualche distanza dal centro abitato stesso, l'allontanamento dei volumi idrici eventualmente accumulati potrebbe trarre giovamento dalla presenza di un apposito dispositivo sull'argine destro del canale Naviglio posto a monte dei portoni Vinciani, all'apertura dei quali sarebbe pertanto consentito il recapito nel fiume Panaro.

7. INDICE DELLE FIGURE

Figura 2-1 – Inquadramento e limiti dell’area modellata.	5
Figura 2-2 – Copertura nella zona di interesse del rilievo della Regione Emilia Romagna – Ministero dell’Ambiente (2008) (in alto) e dettaglio delle aree prive di copertura (in basso).	7
Figura 2-3 – DTM della porzione di maggiore interesse della zona oggetto di studio.	8
Figura 3-1 – Onde di piena sintetiche alla sezione della Cassa di Rubiera per T=2, 5, 10, 25, 50, 100 e 200 anni (da [3]).	10
Figura 3-2 – Onde di piena in ingresso (in rosso) ed uscita (in blu) dalla cassa di espansione sul fiume Secchia in località Rubiera per tempo di ritorno T=20 anni (da [1]).	11
Figura 3-3 – Onda di piena in uscita dalla cassa di espansione di Rubiera sul fiume Secchia per T = 20 anni, utilizzata nel presente studio quale condizione al contorno di monte per la simulazione idraulica bidimensionale dello scenario n°1.	11
Figura 3-4 – Onda di piena sintetica per il Panaro a Bomporto assegnata alla sezione in uscita dalla cassa di espansione di San Cesario sul fiume Panaro per T = 50 anni, utilizzata nel presente studio quale condizione al contorno di monte per la simulazione idraulica bidimensionale dello scenario n°4.	13
Figura 3-5 – Onda di piena sintetica per il Panaro a Bomporto assegnata alla sezione in uscita dalla cassa di espansione di San Cesario sul fiume Panaro per T = 100 anni, utilizzata nel presente studio quale condizione al contorno di monte per la simulazione idraulica bidimensionale degli scenari n°2 e 3.	13
Figura 5-1 – Posizione della rotta in destra idraulica sul fiume Secchia.	15
Figura 5-2 – Posizione della rotta in sinistra idraulica sul fiume Panaro, a monte di Villavara.	16
Figura 5-3 – Posizione della rotta in sinistra idraulica sul fiume Panaro, in corrispondenza dell’abitato di Bomporto.	16
Figura 5-4 – Posizione della rotta in sinistra idraulica sul fiume Panaro, in corrispondenza dell’area industriale di Bomporto a valle della confluenza con il Naviglio.	17
Figura 5-5 – Scala delle portate (ricostruita) per il fiume Secchia a Concordia.	17
Figura 5-6 – Scala delle portate (ricostruita) per il fiume Panaro a Camposanto.	18
Figura 5-7 – Coefficienti di scabrezza di Strickler assunti nelle simulazioni.	19
Figura 5-8 – Quote idriche massime risultanti dalla simulazione N.1.	21
Figura 5-9 – Profondità idriche massime risultanti dalla simulazione N.1.	22
Figura 5-10 – Tempi di arrivo dell’allagamento per la simulazione N.1.	23
Figura 5-11 – Velocità idriche massime risultanti dalla simulazione N.1.	24
Figura 5-12 – Quote idriche massime risultanti dalla simulazione N.2.	26
Figura 5-13 – Profondità idriche massime risultanti dalla simulazione N.2.	27
Figura 5-14 – Tempi di arrivo dell’allagamento per la simulazione N.2.	28
Figura 5-15 – Velocità idriche massime risultanti dalla simulazione N.2.	29
Figura 5-16 – Idrogrammi di portata per la simulazione N.2.	30
Figura 5-17 – Quote idriche a Bomporto e nel fiume Panaro (alla confluenza del canale Naviglio) per la simulazione N.2.	30
Figura 5-18 – Quote idriche massime risultanti dalla simulazione N.3.	32
Figura 5-19 – Profondità idriche massime risultanti dalla simulazione N.3.	33
Figura 5-20 – Tempi di arrivo dell’allagamento per la simulazione N.3.	34
Figura 5-21 – Velocità idriche massime risultanti dalla simulazione N.3.	35
Figura 5-22 – Idrogrammi di portata per la simulazione N.3.	36
Figura 5-23 – Quote idriche a Bomporto e nel fiume Panaro (alla confluenza del canale Naviglio) per la simulazione N.3.	37
Figura 5-24 – Quote idriche massime risultanti dalla simulazione N.4.	39
Figura 5-25 – Varco arginale in località Navicello.	40
Figura 5-26 – Profondità idriche massime risultanti dalla simulazione N.4.	40
Figura 5-27 – Tempi di arrivo dell’allagamento per la simulazione N.4.	41
Figura 5-28 – Velocità idriche massime risultanti dalla simulazione N.4.	42
Figura 5-29 – Idrogrammi di portata per la simulazione N.4.	43
Figura 5-30 – Involuppo delle quote idriche massime risultanti dalle quattro simulazioni.	44
Figura 5-31 – Involuppo delle profondità idriche massime risultanti dalle quattro simulazioni.	45
Figura 5-32 – Minimi tempi di arrivo dell’allagamento per le quattro simulazioni effettuate.	46

8. BIBLIOGRAFIA

- [1] Autorità di bacino del fiume Po, 2007. *Studio di fattibilità della sistemazione idraulica del fiume Secchia nel tratto da Lugo alla confluenza in Po.*
- [2] Ministero dei Lavori Pubblici - Magistrato per il Po, a cura dell'Ing. Susin, (1991). *Adeguamento della cassa di espansione del fiume Secchia in località Rubiera (RE) e Campogalliano (MO) alle attuali esigenze idrauliche e alle norme del D.P.R. 1 Nov 1959 n° 1363 e successive (regolamento dighe). Relazione idrologica.*
- [3] Autorità di Bacino del fiume Po - D.I.I.A.R. Politecnico di Milano, (1999). *Studio idrologico e idraulico del sistema fluviale asta del Secchia – cassa di espansione di Rubiera a monte della città di Modena. Relazione idrologica.*
- [4] Vacondio R., Dal Palù A., Mignosa P. (2013). *GPU-enhanced Finite Volume Shallow Water solver for fast flood simulations*, Environmental Modelling & Software, ENVSOFT-D-13-00494.
- [5] ANAS S.p.A. – BETA studio (2005). *Raccordo autostradale Campogalliano-Sassuolo di collegamento tra la A22 e la S.S. 467 Pedemontana. Analisi idraulica con modello bidimensionale. Relazione illustrativa.*
- [6] E.F. Toro, 1999. *Shock Capturing Methods for Free Surface Shallow Water Flows*. Wiley, New York.
- [7] Liang Q. and Marche F., 2009. *Numerical resolution of well-balanced shallow water equations with complex source terms*. Advances in Water Resources, 32(6):873 – 884.
- [8] F. Probst, 2014. *Modellazione numerica 2D di allagamenti conseguenti a brecce arginali sul fiume Secchia*. Tesi di Laurea Magistrale in Ingegneria Civile, Università degli Studi di Parma a.a. 2013-2014.
- [9] C. Grignaffini, 2012. *Cassa di espansione sul Fiume Panaro: valutazione dell'effetto di laminazione in assenza ed in presenza di paratoie*. Tesi di Laurea in per l'Ambiente ed il Territorio, Università degli Studi di Parma a.a. 2010-2011.

Allegato 2

Tavola QC/vPSC_t.idr

**CARTA DI SINTESI DELLA PERICOLOSITÀ IDRAULICA
RELATIVA AL RETICOLO IDROGRAFICO PRINCIPALE**

