

Variante S.S.1 Aurelia – Variante in Comune di Massa 1°Lotto (Canal Magro – Stazione).

PROGETTO DEFINITIVO

COD. F1397

PROGETTAZIONE: RAGGRUPPAMENTO TEMPORANEO PROGETTISTI		MANDATARIA: 		MANDANTI:  	
IL RESPONSABILE DELL'INTEGRAZIONE DELLE PRESTAZIONI SPECIALISTICHE: <i>Ing. Andrea Renso – TECHNITAL</i> <i>Ordine Ingegneri Provincia di Verona n. A2413</i>			IL PROGETTISTA: GRUPPO DI PROGETTAZIONE: COORDINAMENTO PROGETTAZIONE, PROGETTAZIONE STRADALE, GEOTECNICA ED OPERE STRUTTURALI: <i>Ing. Marcello Mancone – POLITECNICA</i> <i>ordine ingegneri Provincia di Firenze n.5723</i>		
IL GEOLOGO: <i>Geol. Pietro Accolti Gil – POLITECNICA</i> <i>Ordine Geologi Regione Toscana n° 728</i>			STUDIO DI IMPATTO AMBIENTALE: <i>Arch. Paola Gabrielli – POLITECNICA</i> <i>ordine Architetti Provincia di Bologna n. 2921</i>		
IL COORDINATORE PER LA SICUREZZA IN FASE DI PROGETTAZIONE: <i>Ing. Marcello Mancone – POLITECNICA</i> <i>ordine ingegneri Provincia di Firenze n.5723</i>			CANTIERIZZAZIONE E FASI ESECUTIVE: <i>Ing. Alessio Gori – POLITECNICA</i> <i>ordine ingegneri Provincia di Firenze n.5969</i>		
VISTO: IL RESP. DEL PROCEDIMENTO: <i>Ing. Raffaele Franco Carso</i>			IDROLOGIA ED IDRAULICA: <i>Ing. Alessandro Cecchelli – POLITECNICA</i> <i>ordine ingegneri Provincia di Grosseto n.760</i>		
PROTOCOLLO:		DATA:		COLLABORATORI DI PROGETTO: <i>Ing. Massimo Palermo – POLITECNICA</i> <i>Ing. Mattia De Caro – POLITECNICA</i> <i>Ing. Giulio Melosi – POLITECNICA</i> <i>Geom. Franco Mariotti – POLITECNICA</i>	

03 – IDROLOGIA E IDRAULICA

Studio di compatibilità idraulica

CODICE PROGETTO PROGETTO LIV. PROG. N. PROG. D P F I 1 0 D 1 9 0 1		NOME FILE 0301_T00ID00IDRRE01B		Progr. ELAB. 0301		REV.	SCALA:
		CODICE ELAB.		T 0 0 I D 0 0 I D R R E 0 1		B	-
D							
C							
B	REVISIONE PER ISTRUTTORIA ANAS	10/2020	POLITECNICA	G. MELOSI	A. CECHELLI	A. RENSO	
A	EMISSIONE	06/2020	POLITECNICA	G. MELOSI	A. CECHELLI	A. RENSO	
REV.	DESCRIZIONE	DATA	SOCIETA'	REDATTO	VERIFICATO	APPROVATO	

SOMMARIO

1	PREMESSA	1
2	INQUADRAMENTO IDROGRAFICO DELL'AREA	3
3	ANALISI DEI VINCOLI SULL'AREA	4
3.1	Autorità di Bacino Distrettuale Appennino Settentrionale	4
3.1.1	Il Piano di Gestione del Rischio Alluvioni (PGRA)	4
3.2	Il Piano Strutturale del Comune di Massa.....	7
4	INQUADRAMENTO NORMATIVO AI SENSI DELLA LR 41/2018	10
5	MODELLAZIONE IDROLOGICA	12
5.1	Analisi geomorfologica.....	12
5.2	Analisi idrologica.....	12
6	MODELLAZIONE IDRAULICA	13
6.1	Modello matematico a moto vario monodimensionale	13
6.2	Modello di calcolo a moto vario bidimensionale	14
6.3	Caratteristiche geometriche dei modelli idraulici	15
6.3.1	Geometria stato attuale	17
6.3.2	Geometria stato di progetto	18
6.3.3	Parametri di scabrezza e coefficienti di perdita concentrata	20
6.3.4	Condizioni al contorno	20
7	RISULTATI MODELLAZIONI IDRAULICHE	21
7.1	Confronto con mappe di pericolosità del PGRA	21
7.2	Confronto tra stato attuale e stato di progetto.....	23
7.2.1	Scenario TR30.....	23
7.2.2	Scenario TR200.....	30
8	GESTIONE DEL RISCHIO RESIDUO	39
9	CONCLUSIONI	41

1 PREMESSA

Il presente Progetto Definitivo sviluppa quanto previsto dal Progetto Preliminare redatto nel 2013 per conto del Comune di Massa nell'ambito della Convenzione stipulata con Anas SpA, Provincia di Massa – Carrara e Regione Toscana, denominata “Variante SS1 Aurelia Opere Infrastrutturali per il potenziamento ed il miglioramento funzionale degli accessi alla Città di Massa”.

La via Aurelia costituisce una delle principali connessioni viabilistiche all'interno del panorama viario nazionale, mettendo in relazione i principali insediamenti del territorio attraversato (da Roma al confine con la Francia).

Come riportato nel Piano Urbano del Traffico e della Mobilità del Comune di Massa (anno 2010), la via Aurelia, che assolve la funzione originaria di strada di scorrimento a scala regionale e attraversa il centro cittadino, allo stato attuale risulta profondamente inadeguata a soddisfare le tipologie di traffico dalle quali è interessata.

Le principali problematiche sono le seguenti:

- Presenza di diversi accessi liberi, senza particolare differenziazione nelle Intersezioni, tutte a raso e spesso prive di regolazione semaforica;
- La piattaforma stradale misura mediamente 7 m;
- Il tracciato planimetrico è in alcuni tratti tortuoso e attraversa alcune zone altamente urbanizzate.

A questo si aggiungono i problemi di inquinamento atmosferico e acustico causati dalle frequenti code che si formano nel centro abitato, per cui è comprensibile come la realizzazione della variante SS. 1 sia quanto mai urgente e prioritaria.

Il presente Progetto Definitivo si riferisce alla zona di accesso est della città, prevedendo il collegamento viario dalla stazione ferroviaria all'Ospedale Pediatrico (situato ad est del Canal Magro), col tracciato in variante a partire dall'intersezione via Pellegrini – via Del Papino. Tale sistema di collegamento viario viene denominato nella presente fase di progettazione definitiva Lotto 1, mentre era denominato Lotto 3 all'interno del Progetto Preliminare.

Come mostrato nella seguente immagine, buona parte del tracciato stradale è previsto in affiancamento dell'esistente rilevato ferroviario.

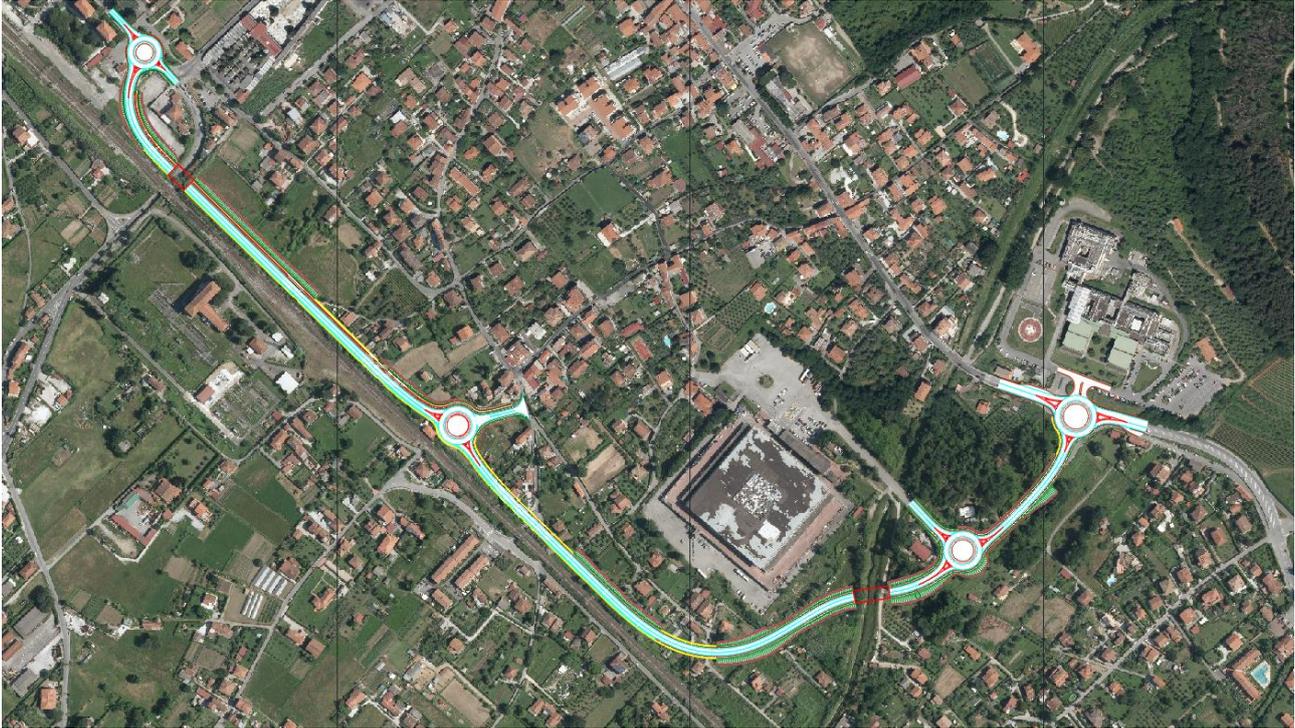


Figura 1 – Planimetria di progetto su orto foto

La relazione si articola innanzitutto nell'inquadramento idrografico dell'area e successivamente in un'analisi del quadro vincolistico dell'area oggetto di studio, ponendo particolare attenzione alla compatibilità normativa dell'intervento ai sensi della recente Legge Regionale 24 Luglio 2018 n.41, contenente "disposizioni in materia di rischio di alluvioni e di tutela dei corsi d'acqua".

La presente ha infatti lo scopo di indagare mediante modellazioni idrauliche bidimensionali le criticità idrauliche e verificare il non aggravio del rischio idraulico in seguito alla realizzazione del rilevato stradale di progetto, confrontando lo stato ante-operam e post-operam in termini di pericolosità e rischio idraulici, in ottemperanza alla LR 41/2018.

2 INQUADRAMENTO IDROGRAFICO DELL'AREA

Il tracciato, dal suo inizio all'intersezione via Pellegrini – via Del Papino fino all'Ospedale Pediatrico interferisce i seguenti corsi d'acqua:

- Fosso Magliano, poco a valle della confluenza dei fossi Grondini e San Remigio;
- Canale demaniale irriguo Canale di Centro
- Torrente Canalmagro

Di seguito si riporta un estratto del reticolo idrografico e di gestione, individuato dalla Regione Toscana in attuazione a quanto disposto dall'art. 22, comma 2, lett. e) della Legge Regionale 79/2012, aggiornato all'anno 2019.



Figura 2 – Inquadramento idrografico

Lo sviluppo del tracciato stradale si trova in direzione perpendicolare alla pendenza naturale del terreno e alla direzione del deflusso delle piene di esondazione. Essendo per buona parte in affiancamento all'esistente rilevato ferroviario, il progetto non modifica in maniera significativa la conformazione idrografica e la morfologia attuale, oltre a non andare ad impattare sul libero deflusso delle acque rispetto allo stato di fatto durante eventi meteorologici critici.

3 ANALISI DEI VINCOLI SULL'AREA

3.1 Autorità di Bacino Distrettuale Appennino Settentrionale

3.1.1 Il Piano di Gestione del Rischio Alluvioni (PGRA)

Con delibera del Comitato Istituzionale dell'Autorità di bacino del fiume Arno n. 235 del 3 marzo 2016 il P.G.R.A. (Piano di Gestione del Rischio Alluvioni), è stato definitivamente approvato e sostituisce integralmente, per la parte idraulica, i contenuti del P.A.I. (Piano di Assetto Idrogeologico), che mantiene i propri contenuti e le proprie norme d'uso per quanto riguarda la pericolosità ed il rischio da frana nel bacino.

Il Piano di Gestione delle Alluvioni è composto dalle seguenti mappe:

a) Mappa della pericolosità da alluvione fluviale e costiera: le aree con pericolosità da alluvione fluviale sono rappresentate su tre classi, secondo la seguente gradazione: - pericolosità da alluvione elevata (P3), corrispondenti ad aree inondabili da eventi con tempo di ritorno minore/uguale a 30 anni; - pericolosità da alluvione media (P2), corrispondenti ad aree inondabili da eventi con tempo di ritorno maggiore di 30 anni e minore/uguale a 200 anni; - pericolosità da alluvione bassa (P1) corrispondenti ad aree inondabili da eventi con tempo di ritorno superiore a 200 anni e comunque corrispondenti al fondovalle. Nella mappa della pericolosità da alluvione è rappresentata la distribuzione degli elementi a rischio individuati ai sensi della direttiva 2007/60/CE e definiti all'art. 5.

b) Mappa delle aree di contesto fluviale: le aree di contesto fluviale sono quelle di particolare interesse ai fini della gestione del rischio idraulico, della tutela del buon regime dei deflussi, della salvaguardia delle peculiarità ambientali culturali e paesaggistiche associate al reticolo idraulico.

c) Mappa delle aree destinate alla realizzazione delle misure di protezione: in tale mappa sono rappresentate le misure di protezione tramite elementi poligonali, lineari e puntuali.

d) Mappa della pericolosità derivata da fenomeni di flash flood: in tale mappa viene rappresentata la distribuzione nel bacino della propensione al verificarsi di eventi intensi e concentrati; la rappresentazione è in quattro classi a propensione crescente.

e) Mappa del rischio di alluvione: la mappa del rischio di alluvioni definisce la distribuzione del rischio ai sensi di quanto previsto dal decreto legislativo n. 49/2010. Le aree a rischio sono rappresentate in quattro classi, secondo la seguente gradazione: R4, rischio molto elevato; R3, rischio elevato; R2, rischio medio; R1, rischio basso.

Nella mappa della pericolosità idraulica del PGRA, le aree destinate alla realizzazione dell'asse viario di progetto, essendo molto estese e ricadendo in distinti bacini idrografici ricadono in tutte le classi di pericolosità, come mostrato nella seguente immagine.

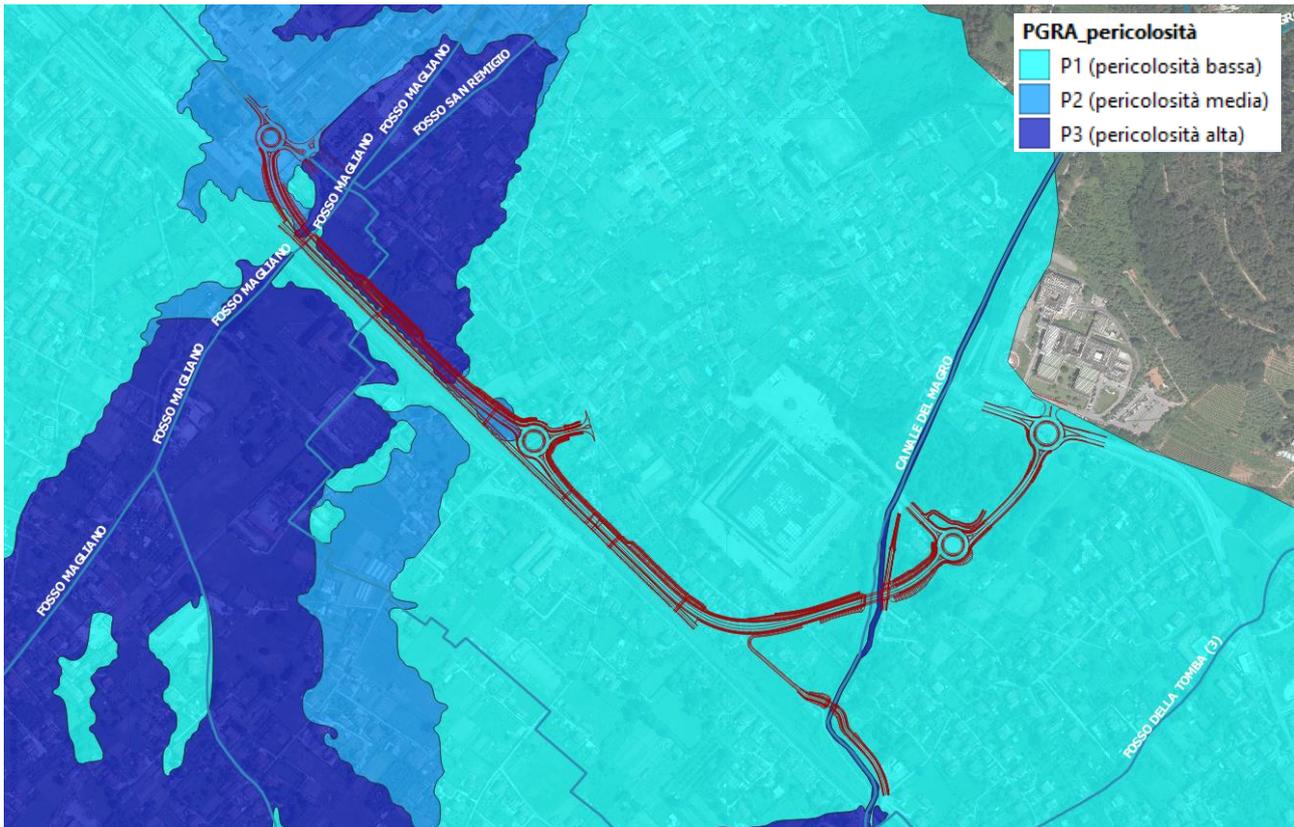


Figura 3 – PGRA – Stralcio mappa della pericolosità idraulica

Dalla figura si evince che gran parte del tracciato è previsto in aree classificate P1, due ridotte porzioni di tracciato in aree P2 e un tratto di circa 300 metri in aree P3.

La seguente tabella mostra nel dettaglio le porzioni di tracciato e le relative aree occupate:

ASSE TRACCIATO	SEZIONI	LUNGHEZZA TRATTO	PERICOLOSITA' IDRAULICA
A	1A – 7A	120 m	P2
A	7A – 19A	300 m	P3
A	19A – 24A	120m	P2
B	Intero tratto	-	P1
C	Intero tratto	-	P1

La disciplina di piano del PGRA regola gli interventi nelle aree classificate a pericolosità idraulica.

Nelle aree classificate a bassa pericolosità (P1), secondo la disciplina di piano non c'è nessun vincolo di tipo costruttivo e realizzativo.

Nelle aree classificate a media pericolosità (P2), secondo l'Art.9, comma 2, lettera d), possono essere realizzati:

d) nuovi interventi relativi alle opere pubbliche o di interesse pubblico riferite ai servizi essenziali e alla rete infrastrutturale primaria

Nelle aree classificate ad alta pericolosità da alluvione (P3), secondo l'Art.7 comma 2 lettera d), sono consentiti:

d) nuovi interventi relativi alle opere pubbliche o di interesse pubblico riferite ai servizi essenziali e alla rete infrastrutturale primaria;

a condizione che tali interventi "siano realizzati in condizioni di gestione del rischio idraulico" in ottemperanza all'Art.9 comma 1 dello stesso piano

Anche nella mappa del rischio il tracciato attraversa aree classificate in ogni classe di rischio.

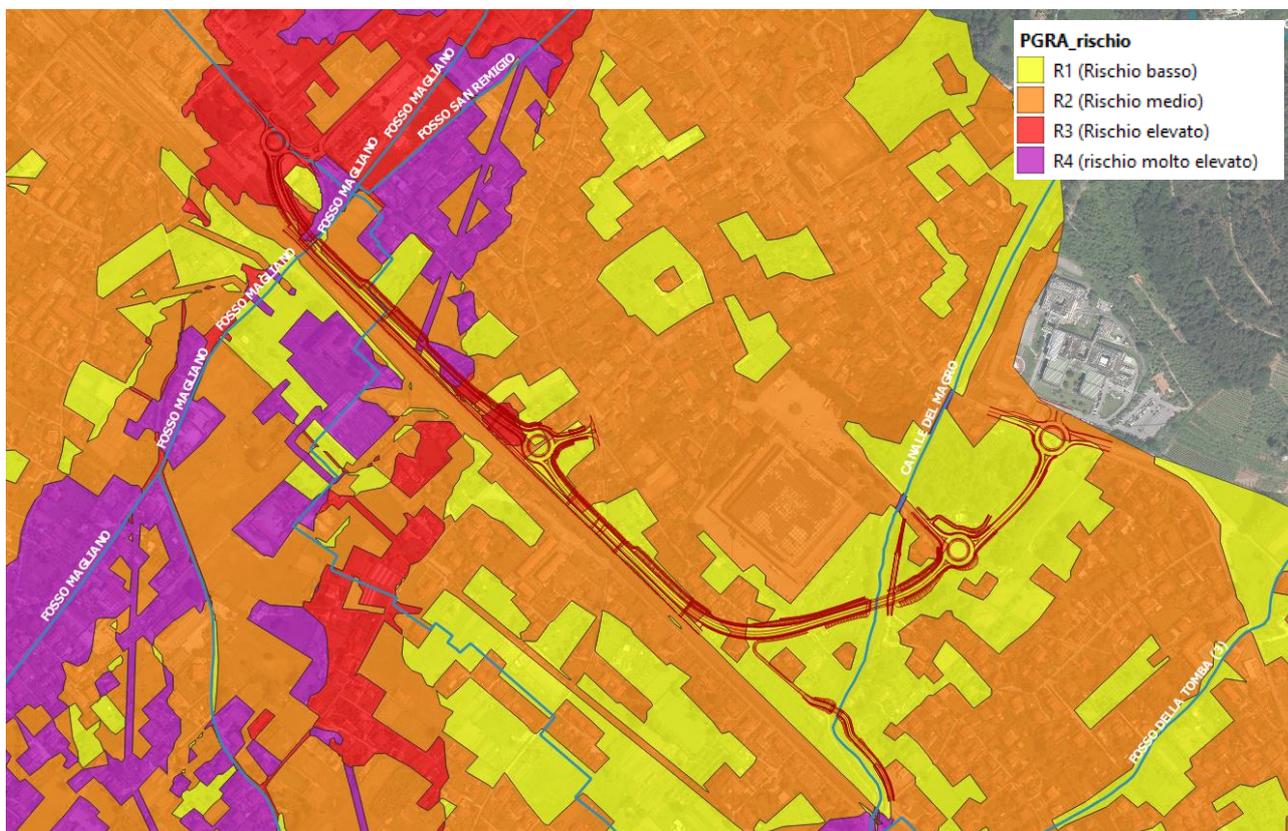


Figura 4 – PGRA – Mappa del rischio da alluvione

La disciplina di piano del PGRA regola gli interventi soltanto in riferimento alle aree di pericolosità idraulica, dunque la classificazione delle classi di rischio non è vincolante ai fini realizzativi dell'opera.

L'area occupata dal tracciato inoltre non rientra nelle zone studiate per la classificazione della pericolosità da flashflood.

In conclusione, l'opera in esame, in ottemperanza alle norme di attuazione del PGRA, è realizzabile a condizione che sia gestito il rischio idraulico che ne consegue.

3.2 Il Piano Strutturale del Comune di Massa

Il Piano strutturale è stato adottato con deliberazione del Consiglio comunale n. 32 del 7/4/2009 ed approvato con successiva deliberazione del Consiglio comunale n. 66 del 9/12/2010. Con deliberazione del Consiglio comunale n. 34 del 12/05/2015 il piano è stato soggetto di un aggiornamento delle indagini idrologiche e idrauliche, del reticolo idraulico, della dinamica costiera e definizione degli ambiti di pertinenza fluviale.

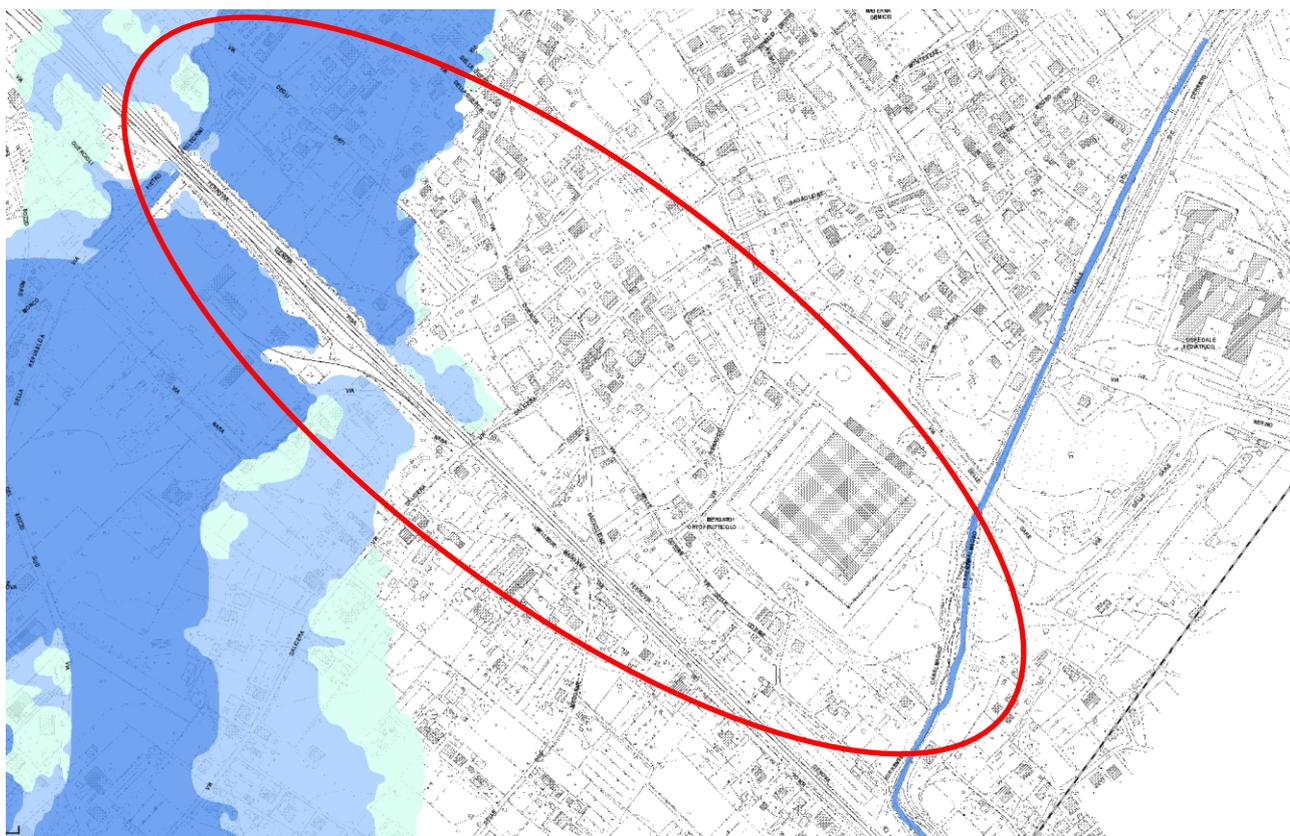


Figura 5 – Piano Strutturale del Comune di Massa – Carta della pericolosità da alluvione

Secondo la disciplina di piano (aggiornate al Dicembre 2013), agli articoli 59 “*Disciplina del rischio idraulico: Pericolosità idraulica molto elevata (I.4)*” e 60 “*Disciplina del rischio idraulico: Pericolosità idraulica elevata (I.3)*” si definisce che:

Art.59

Le aree con pericolosità idraulica molto elevata, indicate nelle Tavv. B.pi, A22.a e A22.b sono quelle interessate da allagamenti per eventi con $Tr \leq 30$ anni.

Nelle parti del territorio caratterizzate da pericolosità idraulica molto elevata (I.4) devono essere rispettati i seguenti criteri generali:

- gli atti di governo del territorio non possono prevedere interventi di nuova edificazione o nuove infrastrutture per i quali non sia dimostrabile il rispetto di condizioni di sicurezza o non sia prevista la preventiva o contestuale realizzazione di interventi di messa in sicurezza per eventi con tempo di ritorno di 200 anni.
- gli atti di governo del territorio, nelle aree che risultino soggette a inondazioni con tempi di ritorno inferiori a 20 anni, possono prevedere solo infrastrutture a rete non diversamente localizzabili, per le quali sarà comunque necessario attuare tutte le dovute precauzioni per la riduzione del rischio a livello compatibile con le caratteristiche dell'infrastruttura; la realizzazione degli interventi di messa in sicurezza idraulica, o di riduzione del rischio, consentirà la riclassificazione di tali aree e la revisione delle relative previsioni.
- gli interventi di messa in sicurezza, definiti sulla base di studi idrologici e idraulici, non devono aumentare il livello di rischio in altre aree con riferimento anche agli effetti dell'eventuale incremento dei picchi di piena a valle;
- gli interventi di nuova edificazione previsti nel tessuto insediativo esistente, in attesa della messa in sicurezza complessiva del territorio comunale rispetto ad eventi con tempo di ritorno di 200 anni, sono consentiti nel rispetto delle norme del PAI, con particolare riferimento alle seguenti condizioni:
 - dimostrazioni dell'assenza o dell'eliminazione di pericolo per le persone e i beni, anche tramite sistemi di autosicurezza, compatibilmente con la natura dell'intervento ed il contesto territoriale;
 - dimostrazione che gli interventi non determinano aumento delle pericolosità a monte e a valle;
- della sussistenza delle condizioni di cui sopra deve essere dato atto anche nel procedimento amministrativo relativo al titolo abilitativo all'attività edilizia;
- possono essere previsti interventi per i quali venga dimostrato che la loro natura è tale da non determinare pericolo per persone e beni, da non aumentare la pericolosità in altre aree e purché siano adottate, ove necessario, idonee misure atte a ridurre la vulnerabilità;
- fino alla certificazione dell'avvenuta messa in sicurezza conseguente la realizzazione ed il collaudo delle opere idrauliche accompagnata dalla delimitazione delle aree risultanti in sicurezza, non può essere rilasciata dichiarazione di abitabilità e di agibilità;
- deve essere garantita la gestione di quanto in essere tenendo conto della necessità di raggiungimento anche graduale di condizioni di sicurezza idraulica fino a $Tr = 200$ per il patrimonio edilizio e infrastrutturale esistente e per tutte le funzioni connesse.

Il RU deve contenere un'analisi di dettaglio delle criticità presenti sul reticolo tombato e la previsione degli interventi strutturali e di adeguamento dei tratti tombati.

Art.60

Le aree con pericolosità idraulica elevata, indicate nelle Tavv. B.pi, A22.a e A22.b sono quelle interessate da allagamenti per eventi compresi tra $30 < Tr \leq 200$ anni.

Nelle situazioni caratterizzate da pericolosità idraulica elevata (I.3) devono essere rispettati i criteri generali indicati nelle aree a pericolosità idraulica molto elevata (I.4).

I soggetti interessati possono dimostrare la non sussistenza delle condizioni di pericolosità attraverso uno specifico ulteriore studio di dettaglio contenente un rilievo planaltimetrico.

Secondo i riportati articoli delle norme di attuazione del Piano Strutturale del Comune di Massa, l'opera in esame risulta quindi realizzabile previa attuazione di tutte le dovute precauzioni per la riduzione del rischio idraulico.

4 INQUADRAMENTO NORMATIVO AI SENSI DELLA LR 41/2018

Sul BURT 33 del 01/08/2018 è stata pubblicata la Legge Regionale n. 41 del 24 luglio 2018, contenente disposizioni in materia di rischio di alluvioni e di tutela dei corsi d'acqua in attuazione del decreto legislativo 23 febbraio 2010, n. 49 (Attuazione della direttiva 2007/60/CE relativa alla valutazione e alla gestione dei rischi di alluvioni). Modifiche alla l.r. 80/2015 e alla l.r. 65/2014.

La legge è entrata in vigore il 01/10/2018.

Come mostrato nel precedente capitolo, il tracciato attraversa aree a pericolosità idraulica media ed elevata, che la LR41/2018 definisce rispettivamente “aree a pericolosità per alluvioni poco frequenti” e “aree a pericolosità per alluvioni frequenti”.

Per la presente analisi normativa si fa riferimento agli articoli 8 e 13.

La prima distinzione introdotta dalla nuova legge è fra:

CAPO IV – Interventi edilizi all'esterno del perimetro del territorio urbanizzato

CAPO III - Interventi edilizi all'interno del perimetro del territorio urbanizzato

In accordo con la definizione di “territorio urbanizzato” espressa nella L.R.65/2014 “Norme per il governo del territorio”, il campo di applicazione per l'intervento in esame è il Capo III, Art. 13 - Infrastrutture lineari o a rete.

I commi 1 e 2 di tale articolo sanciscono quanto segue:

1. Nuove infrastrutture a sviluppo lineare e relative pertinenze possono essere realizzate nelle aree a pericolosità per alluvioni frequenti, indipendentemente dalla magnitudo idraulica, a condizione che sia realizzata almeno una delle opere di cui all'articolo 8, comma 1, lettere a), b) o c).

2. Nuove infrastrutture a sviluppo lineare e relative pertinenze possono essere realizzate nelle aree a pericolosità per alluvioni poco frequenti, indipendentemente dalla magnitudo idraulica, a condizione che sia assicurato il non aggravio delle condizioni di rischio in altre aree, che non sia superato il rischio medio R2 e che siano previste le misure preventive atte a regolarne l'utilizzo in caso di eventi alluvionali.

Secondo l'articolo 8 - Opere per la gestione del rischio di alluvioni:

1. La gestione del rischio di alluvioni è assicurata mediante la realizzazione delle seguenti opere finalizzate al raggiungimento almeno di un livello di rischio medio R2:

a) opere idrauliche che assicurano l'assenza di allagamenti rispetto ad eventi poco frequenti;

b) opere idrauliche che riducono gli allagamenti per eventi poco frequenti, conseguendo almeno una classe di magnitudo idraulica moderata, unitamente ad opere di sopraelevazione, senza aggravio delle condizioni di rischio in altre aree;

c) opere di sopraelevazione, senza aggravio delle condizioni di rischio in altre aree;

d) interventi di difesa locale.

Fermo restando che ai sensi dell'art.7, comma 4,

“I comuni individuano le opere di cui all'articolo 8 secondo criteri di appropriatezza in relazione alla tipologia di intervento da realizzare nell'ambito della gestione del rischio di alluvioni, unitamente ai costi ed ai benefici di natura economica ed ambientale in coerenza con il d.lgs. 49/2010”

In ottemperanza agli articoli 8 e 13 della vigente LR 41/2018, nelle aree a pericolosità per alluvioni frequenti è prevista la realizzazione dell'opera in sopraelevazione (art.8, comma 1.c). Difatti il rilevato stradale è stato impostato ad una quota superiore alla quota di esondazione relativa ad uno scenario con tempo di ritorno pari a 200 anni.

Si fa notare che, ai fini progettuali strettamente legati alla materia stradale, anche per il tracciato in aree P2 è prevista la realizzazione in rilevato.

Il non aggravio del rischio idraulico, senza la necessità di realizzare opere idrauliche di regimazione è mostrato nei capitoli successivi mediante il supporto di modellazioni idrauliche bidimensionali, confrontano lo stato ante-operam e post-operam in termini di pericolosità e rischio idraulici.

5 MODELLAZIONE IDROLOGICA

In questo capitolo si riassume la metodologia che ha portato allo sviluppo degli idrogrammi di progetto definiti come input dei modelli idraulici. Per la trattazione completa e di dettaglio si rimanda all'elaborato specifico "Relazione idrologica idraulica" allegato al progetto.

Lo studio idrologico è stato sviluppato con un'iniziale analisi geomorfologica dei bacini idrografici, al fine di calcolare il tempo di corrivazione delle aree drenanti. Successivamente è stata sviluppata l'analisi idrologica.

5.1 Analisi geomorfologica

Con l'utilizzo del DTM Idrologico (10m x 10m) e del LIDAR (1m x 1m) disponibile sui portali della Regione Toscana e l'utilizzo di un software applicativo GIS sono stati determinati:

- L'estensione dell'area drenante del Fosso Magliano e dei suoi due affluenti, il Fosso delle Grondini e il Fosso San Remigio, del Torrente Canalmagro e del Fosso della Tomba;
- Le caratteristiche geomorfologiche dei bacini idrografici;
- Il tempo di corrivazione, mediante l'utilizzo delle più note formule presenti in bibliografia (Giandotti, Kirpich, Ventura, Pezzoli, Tournon, Puglisi, Pasini, California) e scegliendo poi i valori che meglio si pongono in funzione delle caratteristiche dei singoli bacini.

5.2 Analisi idrologica

Il modello idrologico è stato sviluppato utilizzando il software HEC-HMS secondo i seguenti criteri:

- Definizione delle perdite di bacino secondo la metodologia dell'SCS Curve Number. Il Curve Number è stato calcolato utilizzando la Carta dell'Uso e della Copertura dei Suoli della Regione Toscana e pesando i valori del CN in funzione delle aree discretizzate. Sono stati modellati gli idrogrammi considerando la condizione di saturazione media del terreno AMC II.
- Definizione delle piogge mediante le Linee Segnalatrici di Possibilità Pluviometrica fornite dalla Regione Toscana (aggiornate al 2012) ed impostando ietogrammi di durata variabile da 30 minuti a 24 ore e di forma triangolare con picco della durata impostata a $t = 0.5 T$ ossia a metà della durata totale;
- Definizione della trasformazione afflussi – deflussi netti mediante l'utilizzo dell'idrogramma unitario della metodologia proposta dall'SCS Curve Number;
- Calcolo degli idrogrammi di progetto
- Scelta dell'idrogramma generato da una durata di pioggia che massimizza il picco in termini di portata.

6 MODELLAZIONE IDRAULICA

La modellazione idraulica per la verifica degli effetti indotti dal tracciato stradale in progetto sul funzionamento idraulico delle aree di interesse è stata condotta mediante il software HEC-RAS 5.0.5 (Hydrologic Engineering Center – River Analysis System) prodotto dal Corpo degli Ingegneri dell'esercito americano (USACE) utilizzando uno schema di calcolo a moto vario monodimensionale per la modellazione delle aste fluviali e bidimensionale per la modellazione delle aree golenali e di esondazione.

A seguire si riporta una breve descrizione dei modelli matematici di HEC-RAS, rimandando direttamente ai manuali del software per maggiori dettagli.

6.1 Modello matematico a moto vario monodimensionale

La forma delle equazioni del moto vario (o equazioni di De Saint Venant) utilizzate in HEC-RAS è la seguente:

Equazione di continuità:

$$\frac{(\partial A)}{(\partial t)} + \frac{(\partial(\Phi \cdot Q))}{(\partial x_c)} + \frac{(\partial[(1 - \Phi) \cdot Q])}{(\partial x_f)} = 0$$

Equazione di conservazione della quantità di moto:

$$\frac{(\partial Q)}{(\partial t)} + \frac{(\partial(\Phi^2 Q^2/A_c))}{(\partial x_c)} + \frac{(\partial((1 - \Phi)^2 Q^2/A_f))}{(\partial x_f)} + gA_c \left[\frac{(\partial Z)}{(\partial x_c)} + S_{fc} \right] + gA_f \left[\frac{(\partial Z)}{(\partial x_f)} + S_{ff} \right] = 0$$

con:

$$Q_c = \Phi \cdot Q; \quad \Phi = (K_c)/(K_c + K_f)$$

I pedici *c* ed *f* si riferiscono rispettivamente al *main channel* (alveo centrale) ed alle *floodplain* (aree golenali), *Q* rappresenta la portata, *g* l'accelerazione di gravità, *x* l'ascissa, *t* il tempo, *K* la *conveyance* (o fattore di trasporto) della sezione, *Z* la quota del pelo libero (somma della quota di fondo *z* e dell'altezza liquida *y*), *A* l'area liquida, *S_f* la pendenza della linea dell'energia.

HEC-RAS utilizza generalmente il modello completo delle equazioni di De Saint Venant. Nelle analisi in moto vario le tecniche di soluzione numerica delle equazioni del moto assumono un'importanza maggiore rispetto alle analisi a moto permanente. La soluzione numerica di tali equazioni in regime di corrente lenta è basata su un metodo alle differenze finite di tipo implicito a quattro punti, noto in letteratura come *box scheme*. Dalla discretizzazione alle differenze finite delle equazioni del moto applicate ad un tratto di corso d'acqua, e dall'applicazione delle condizioni al contorno, risulta un sistema lineare di *N* equazioni in *N* incognite, con *N* pari a 2 volte il numero di sezioni in cui è stato suddiviso il corso d'acqua meno le sezioni in cui sono state assegnate le condizioni al contorno. Tale sistema deve essere risolto ad ogni successivo istante di calcolo. Il sistema di equazioni lineari viene risolto con metodo

iterativo, utilizzando l'algoritmo *skyline*, specificatamente pensato per la soluzione dei problemi di moto vario nelle reti a pelo libero.

Nel caso di corrente mista lenta o veloce HEC-RAS utilizza la tecnica LPI "*Local Partial Inertia*", mediante la quale si passa gradualmente dalla soluzione delle equazioni complete del moto alla soluzione del modello parabolico delle equazioni del moto vario. Il modello parabolico viene applicato dal programma soltanto nei tratti di corso d'acqua in cui si ha un numero di Froude maggiore di un valore soglia definibile dall'utente (generalmente si assume $Fr=1$, corrispondente al passaggio della corrente attraverso lo stato critico). Il modello matematico riesce così a garantire una buona stabilità di calcolo anche nei tratti interessati da corrente veloce o mista, pur mantenendo un'adeguata accuratezza di calcolo.

Per ulteriori dettagli sulle equazioni e gli algoritmi di calcolo si rimanda alla manualistica di HEC-RAS ed in particolare all'*Hydraulic Reference Manual*.

6.2 Modello di calcolo a moto vario bidimensionale

Il modello matematico bidimensionale utilizza le equazioni di conservazione della massa e della quantità di moto, che vengono risolte con uno schema ai volumi finiti

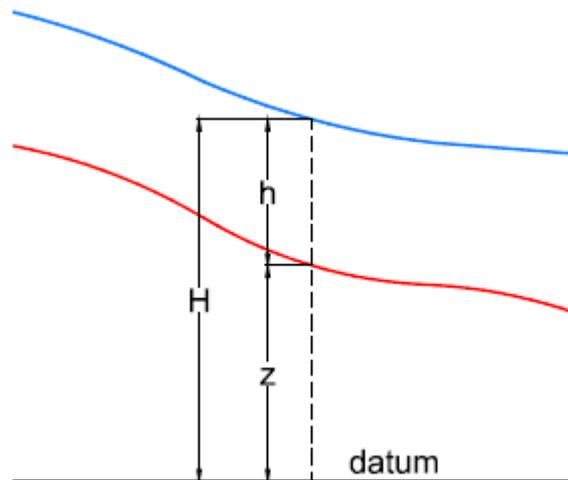


Figura 6 - Sistema di riferimento di Hec-Ras 2D: la quota del terreno è indicata con $z(x,y)$ l'altezza idrica con $h(x,y,t)$; la quota del pelo libero con $H(x,y,t) = z(x,y) + h(x,y,t)$

Conservazione della massa: assumendo il fluido incomprimibile, l'equazione differenziale della conservazione della massa (continuità) in moto vario è:

$$\frac{\partial H}{\partial t} + \frac{\partial (h \cdot u)}{\partial x} + \frac{\partial (h \cdot v)}{\partial y} + q = 0$$

in cui t è il tempo, u e v sono rispettivamente le componenti di velocità lungo le direzioni x ed y e q è la portata in ingresso ed in uscita dovuta a immissioni od uscite di acqua.

Conservazione della quantità di moto: quando la dimensione orizzontale caratteristica dell'area di studio è molto maggiore della dimensione verticale, gli effetti legati alla componente verticale della velocità possono essere trascurati e si può assumere una distribuzione idrostatica delle pressioni, a partire dalle equazioni di Navier-Stokes. In tali ipotesi e nell'ipotesi di densità del fluido costante, l'equazione di conservazione della quantità di moto assume la seguente forma:

$$\frac{\partial u}{\partial t} + u \cdot \frac{\partial u}{\partial x} + v \cdot \frac{\partial v}{\partial y} = -g \cdot \frac{\partial H}{\partial x} + v_t \cdot \left(\frac{\partial^2 u}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 u}{\partial y^2} \right) - c_f \cdot u + f \cdot v$$

$$\frac{\partial v}{\partial t} + u \cdot \frac{\partial v}{\partial x} + v \cdot \frac{\partial v}{\partial y} = -g \cdot \frac{\partial H}{\partial y} + v_t \cdot \left(\frac{\partial^2 v}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 v}{\partial y^2} \right) - c_f v - fu$$

in cui oltre ai simboli già illustrati, g è l'accelerazione di gravità, v_t è il coefficiente di viscosità turbolenta, c_f è il coefficiente di attrito al fondo, ed f è il coefficiente di Coriolis.

Utilizzando la formula di Chézy il coefficiente di scabrezza sul fondo è dato da:

$$c_f = \frac{g \cdot |V|}{C^2 \cdot R}$$

in cui g è l'accelerazione di gravità, $|V|$ è il modulo del vettore velocità, C è il coefficiente di Chézy ed R è il raggio idraulico. Utilizzando la formula di Manning $C = R^{1/6}/n$, in cui n è il coefficiente di scabrezza di Manning, pertanto si ha:

$$c_f = \frac{n^2 \cdot g \cdot |V|}{R^{4/3}}$$

Per la modellazione del campo di moto HEC-RAS utilizza l'approccio batimetrico sub-grid sviluppato da Casulli. Con tale approccio si riesce a sfruttare informazioni topografiche ad alta risoluzione (ad esempio dati Lidar con passo della griglia pari ad 1m) pur utilizzando celle di calcolo a dimensione caratteristica maggiore rispetto alla risoluzione dei dati in ingresso. Per ogni singola cella di calcolo infatti in fase di pre-processione viene ricavata la legge di variazione con la quota del pelo libero delle grandezze idrauliche caratteristiche, basandosi sui dati topografici ad alta risoluzione relativi alla cella stessa. Vengono così determinate: curva di invaso della cella, area, contorno bagnato e raggio idraulico su ogni bordo della cella. Tale schema di risoluzione consente di sfruttare al massimo il dettaglio dei dati in ingresso.

6.3 Caratteristiche geometriche dei modelli idraulici

Come premesso, sono state sviluppate due geometrie: una per lo stato ante-operam e una per lo stato post-operam.

Entrambi i modelli iniziano a circa 500 metri a monte del rilevato ferroviario esistente, dove i tombamenti dei fossi Grondini e San Remigio presentano il punto di discontinuità più prossimo all'area di intervento e dove sono state riscontrate le prime criticità in termini di insufficienza idraulica delle sezioni ed esondazioni.

La condizione al contorno di valle è stata posta a circa 150 metri a valle del rilevato ferroviario, distanza ritenuta sufficiente al fine di rendere il modello stabile e non risentire delle condizioni al contorno di valle settate nel modello.

6.3.1 Geometria stato attuale

La geometria dello stato attuale si basa sulle seguenti informazioni topografiche:

- Sezioni idrauliche delle aste fluviali, dei tratti tombati e degli attraversamenti idraulici, ricavate da appositi rilievi topografici, per la definizione del modello monodimensionale mediante elementi *Cross Section*, *Bridge* e *Culvert*.
- Modello digitale del terreno LIDAR per la definizione del modello bidimensionale mediante elementi *2D Flow area* e *Breakline/Connection*

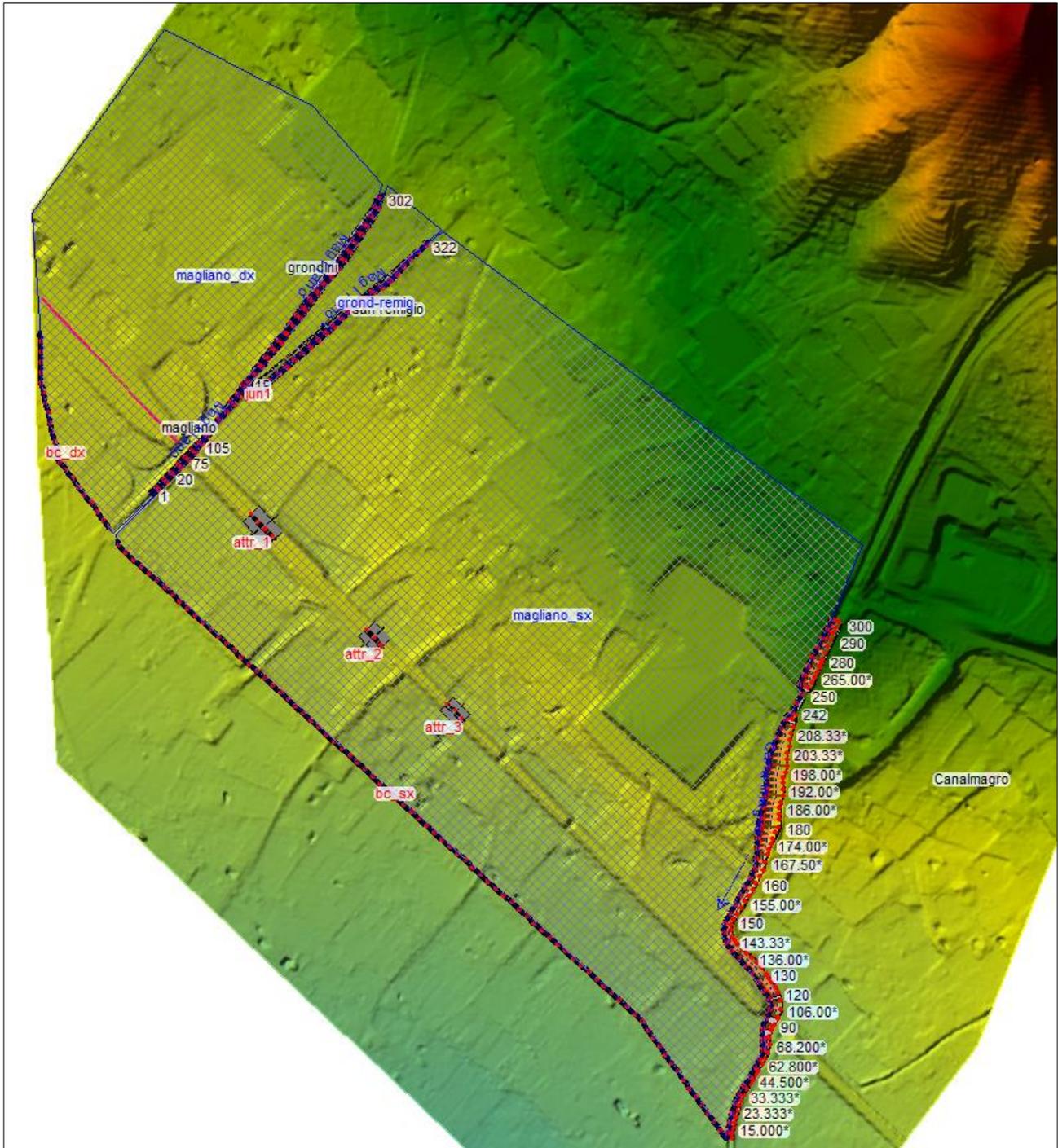


Figura 7 – Geometria stato ante-operam – Ambiente Hec-Ras

6.3.2 Geometria stato di progetto

La geometria dello stato di progetto è stata sviluppata come segue:

- Sezioni idrauliche delle aste fluviali, dei tratti tombati e degli attraversamenti idraulici ricavate da appositi rilievi topografici per la definizione del modello monodimensionale mediante elementi *Cross Section*, *Bridge* e *Culvert*.

- Inserimento delle seguenti opere idrauliche di progetto:
 - Prolungamento dell'attraversamento idraulico del Fosso Magliano (OP.04);
 - Ponte sul Torrente Canalmagro dell'asse principale di progetto (OP.01) e rivestimento dell'alveo in prossimità del ponte stesso;
 - Ponte sul Torrente Canalmagro di Via delle Gorine (Op.02) e rivestimento dell'alveo in prossimità del ponte stesso;
 - Prolungamento degli attraversamenti idraulici secondari del rilevato ferroviario (AI.01, AI.02, AI.03, AI.04, AI.05).
- Elaborazione del modello digitale del terreno LIDAR con l'inserimento dei modelli 3d del rilevato stradale e dei fossi di guardia provenienti dal software di modellazione stradale.

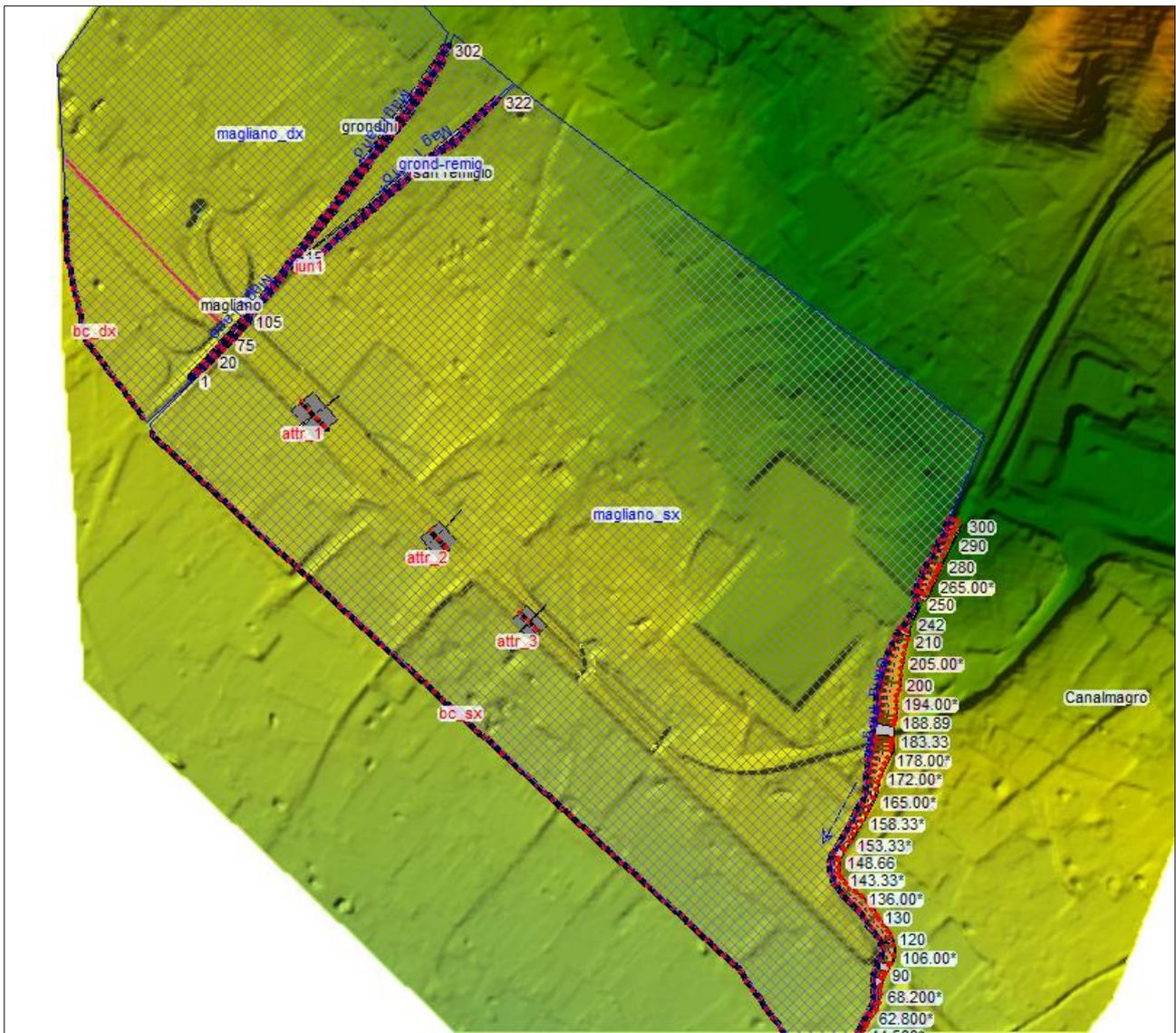


Figura 8 – Geometria stato post-operam – Ambiente Hec-Ras

6.3.3 Parametri di scabrezza e coefficienti di perdita concentrata

I coefficienti di scabrezza n di Manning adottati nel presente studio sono stati così impostati:

- Superficie posta tra gli argini delle aste fluviali nell'elemento *Cross Section*: 0.04
- Superficie golenale delle aste fluviali nell'elemento *Cross Section*: 0.06
- Superficie delle aree golenali nell'elemento *2D Flow Area*: 0.06
- Tratti tombati: 0.014
- Rivestimenti dell'alveo sotto ai ponti: 0.02

I valori dei coefficienti di perdita concentrata per i tratti tombati, per gli attraversamenti idraulici e per i ponti sono stati impostati pari a 0.5 (coeff. di contrazione) e 1 (coeff. di espansione).

6.3.4 Condizioni al contorno

Le condizioni al contorno sono state impostate così come segue:

- Condizioni al contorno di monte:
 - idrogrammi relativi a scenari con tempo di ritorno pari a 30 e 200 anni per le durate critiche dei bacini idrografici del Fosso delle Grondini, dell Fosso San Remigio e del Torrente Canalmagro, come elemento *Flow Hydrograph*;
 - Idrogramma relativo a scenari con tempo di ritorno pari a 30 e 200 anni per la durata critica del bacino idrografico del Fosso della Tomba come elemento *Lateral Inflow Hydrograph* inserito alla sezione di confluenza nel Torrente Canalmagro.
- Condizione al contorno di valle: pendenza pari a 0.1% impostata come elemento *Normal Depth*, ossia la pendenza media del terreno e la pendenza media degli alvei in direzione mare dalla fine del modello idraulico.

I grafici degli idrogrammi di progetto sono mostrati nel dettaglio nella “Relazione Idrologica Idraulica”.

7 RISULTATI MODELLAZIONI IDRAULICHE

Nel presente capitolo sono mostrati i risultati delle modellazioni idrauliche finora descritte, in termini di aree di esondazioni, tiranti idrici, rischio idraulico e, per lo scenario duecentennale, un ulteriore approfondimento in termini di magnitudo idraulica.

Inizialmente, per assicurare la corretta taratura del modello, viene mostrato il confronto dei risultati con le aree a pericolosità idraulica del PGRA.

Di seguito sono mostrate le mappe di confronto tra stato attuale e stato di progetto, che mostrano la sostanziale invarianza di rischio idraulico indotta dalla realizzazione del rilevato di progetto.

7.1 Confronto con mappe di pericolosità del PGRA

Come primo elemento di confronto, a supporto della corretta taratura del modello idraulico dello stato attuale, sono mostrate di seguito le mappe di esondazione risultanti dai modelli confrontate con le aree a pericolosità idraulica del PGRA.

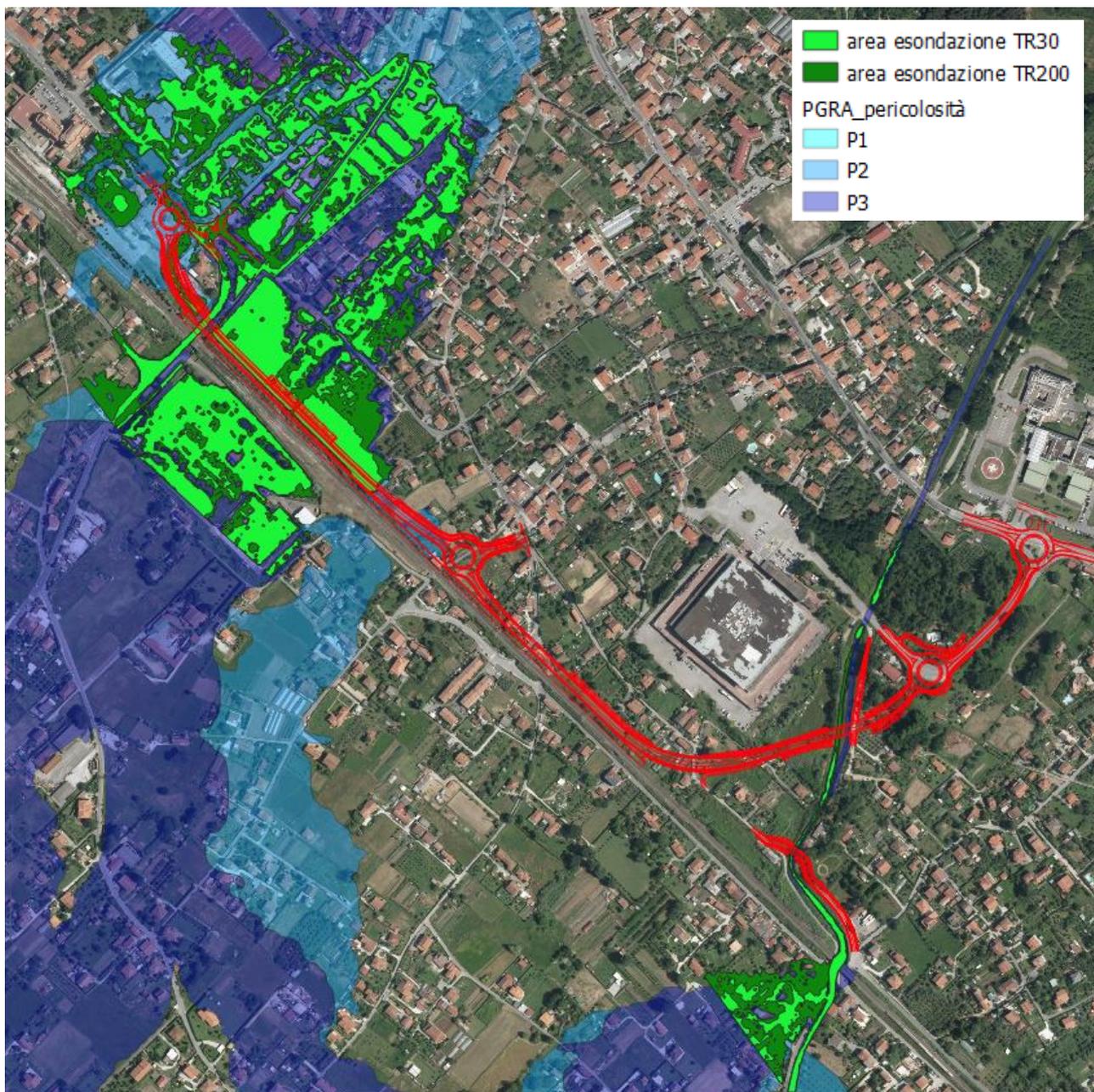


Figura 9 – Confronto aree di esondazione modello idraulico ed aree di pericolosità PGRA

Le esondazioni a monte del rilevato interessano i corsi d'acqua Fosso Magliano e i suoi due affluenti Fosso delle Grondini e Fosso San Remigio i quali sono totalmente tombati nel loro percorso cittadino e sono causate dall'insufficienza delle sezioni idrauliche dei tombamenti stessi, che nei loro punti di discontinuità (griglie di raccolta, pozzetti di ispezione) rigurgitano e provocano allagamenti diffusi e deflussi superficiali verso valle.

Le aree di esondazione provenienti dai modelli idraulici, nella zona modellata, risultano pressoché coincidenti alle aree di pericolosità del PGRA. Ciò sta a supportare la correttezza degli input idrologici e dei parametri idraulici delle modellazioni oltre ad assicurare l'attendibilità dei risultati mostrati di seguito.

7.2 Confronto tra stato attuale e stato di progetto

Il confronto tra stato attuale e stato di progetto è stato impostato come segue, mostrando:

- Mappe dei battenti e delle velocità per gli scenari TR30 e TR200
- Variazione dei battenti tra stato attuale e stato di progetto per gli scenari TR30 e TR200

e valutando l'eventuale cambiamento della classe di rischio laddove si riscontrano differenze tra stato ante-operam e post-operam.

Per completezza di trattazione, vista la recente l'introduzione della tematica della magnitudo idraulica nelle vigenti normative, verrà esposto anche un confronto in termini di variazione delle mappe della magnitudo idraulica tra stato attuale e stato di progetto

7.2.1 Scenario TR30

Di seguito sono riportate le mappe dei battenti e delle velocità allo stato attuale e di progetto nello scenario con tempo di ritorno pari a 30 anni.

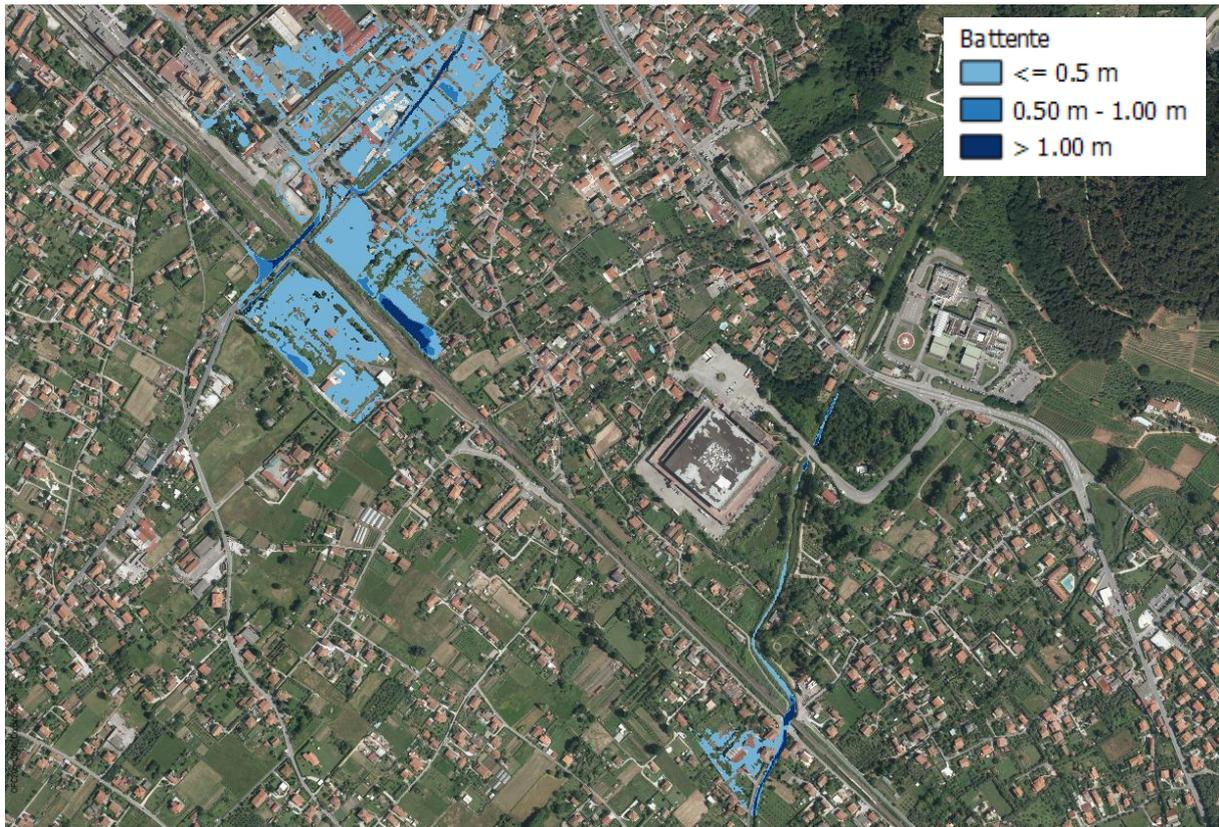


Figura 10 – Mappa dei battenti – Stato attuale – TR30



Figura 11 – Mappa della velocità – Stato attuale – TR30

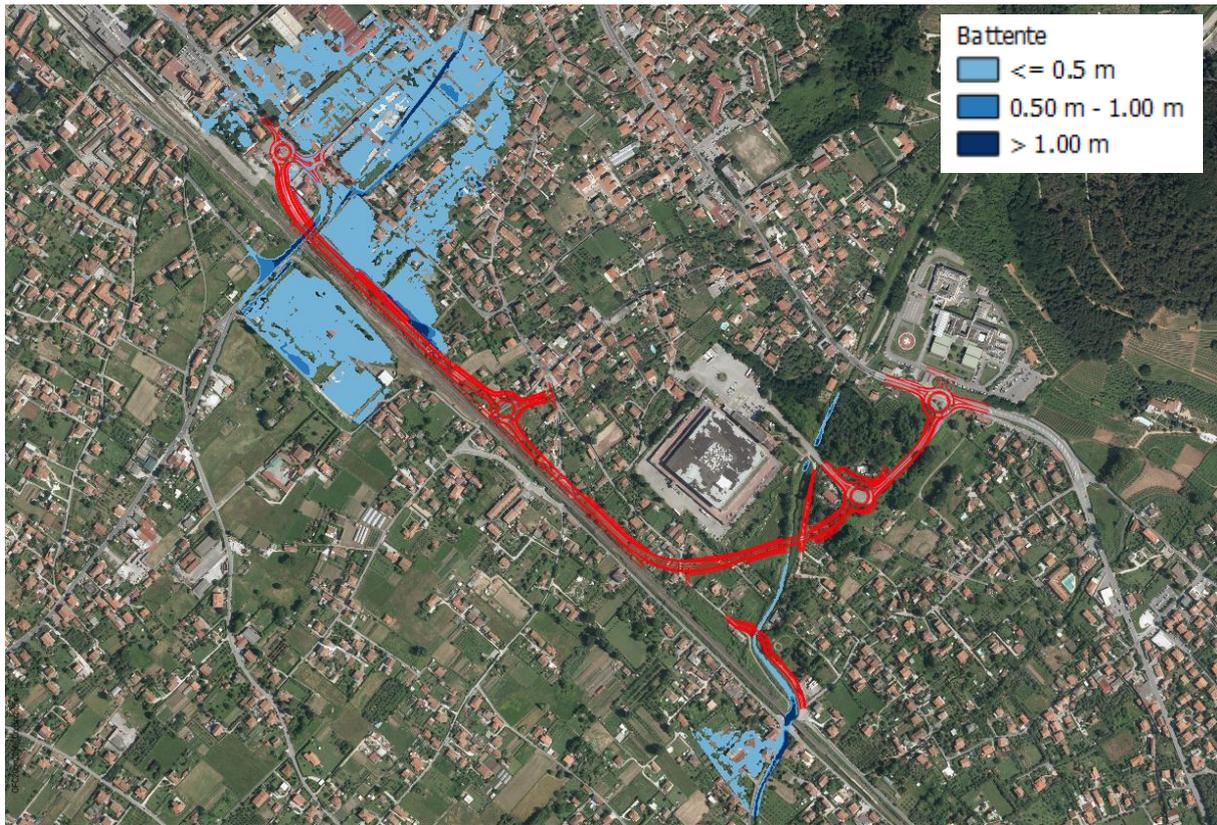


Figura 12 – Mappa dei battenti – Stato di progetto – TR30



Figura 13 – Mappa delle velocità – Stato di progetto – TR30

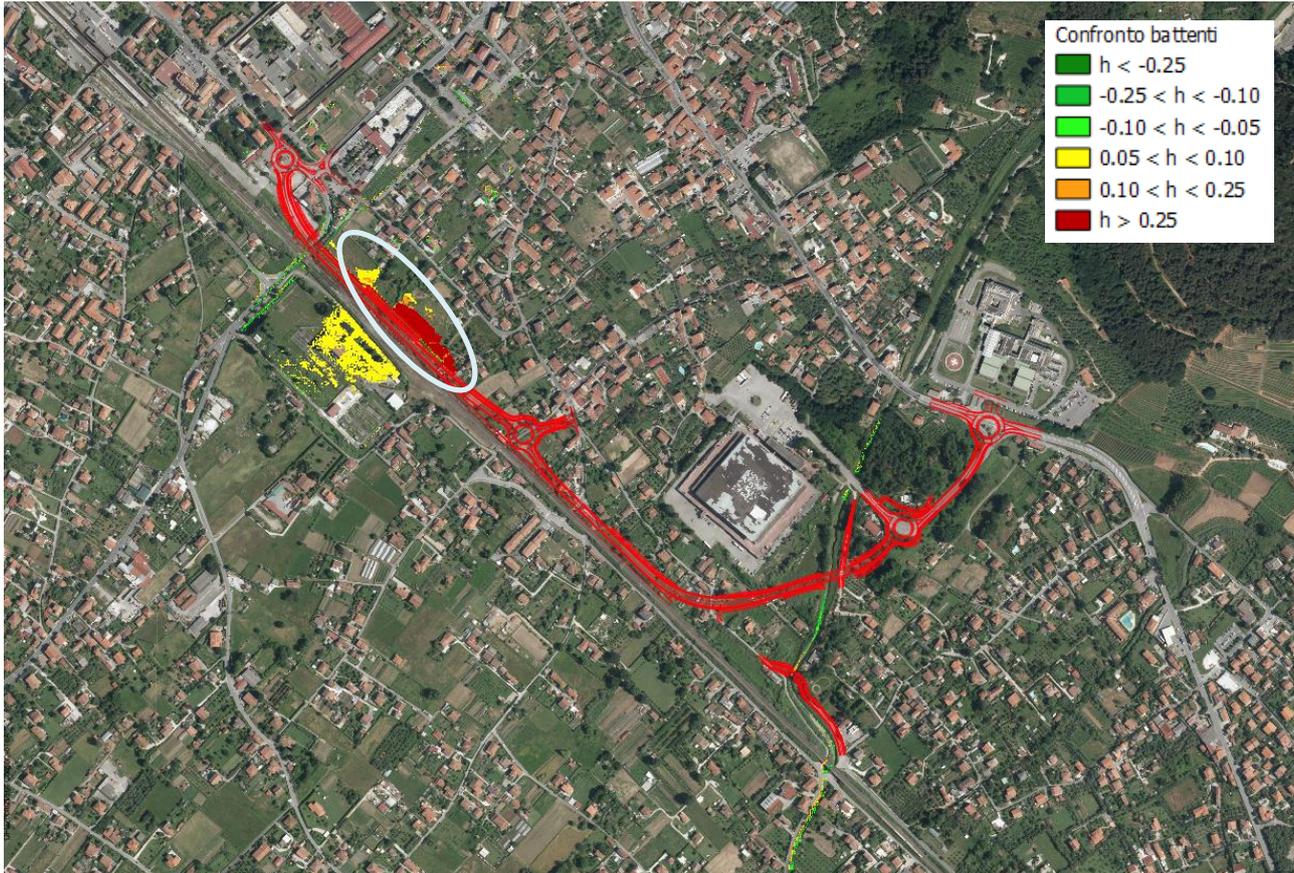


Figura 14 – Variazione dei battenti – TR30

L'immagine mostra la variazione dei battenti per lo scenario TR30. Le bande verdi indicano una diminuzione dei battenti, mentre le bande dal giallo al rosso mostrano un aumento del battente. Nell'area cerchiata si riscontra l'aumento di battente più significativo, di seguito mostrato in dettaglio.

Dalla figura si evince anche un leggero incremento del battente a valle del rilevato ferroviario. Tale risultato è poco rappresentativo dello stato di fatto dei luoghi, poiché in quel tratto è presente un attraversamento idraulico che è a servizio, oltre alle aree drenanti, anche del canale irriguo Canale Centrale. Il canale, lungo il suo tracciato a valle del rilevato, alterna tratti a cielo aperto a tratti tombati con frequenti cambi di sezione e non risulta presente nel modello digitale del terreno LIDAR utilizzato per le modellazioni idrauliche. Lo scorrimento che dal modello idraulico risulta superficiale è quindi in realtà drenato dal canale irriguo.

Non avendo a disposizione informazioni topografiche sul canale (sezione idraulica, quote di scorrimento), si rimandano alla successiva fase progettuale le valutazioni idrauliche di dettaglio sul recapito nel Canale Centrale, previa ricezione di informazioni sul corso d'acqua dall'ente competente in termini sia di dimensioni che di funzionamento idraulico.

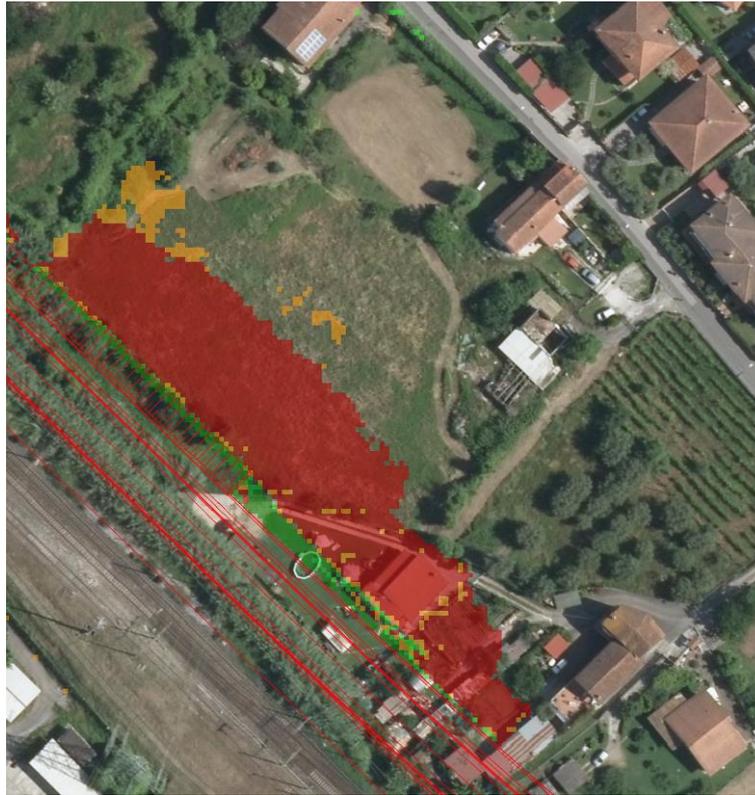


Figura 15 – Variazione dei battenti – TR30 – dettaglio

Nella area mostrata in dettaglio, si riscontra un incremento del tirante idrico superiore a 0.25m. Deve essere quindi attestato il non aggravio della classe di rischio.

Di seguito si mostra un dettaglio della mappa del rischio in quest'area:



Per tale valutazione si deve fare riferimento alla matrice del rischio, come da allegato A della relazione tecnica allegata al PGRA.

	P 3	P 2	P 1
D 4	R4	R3	R2
D 3	R3	R3	R1
D 2	R2	R2	R1
D 1	R1	R1	R1

Figura 16 – Matrice del rischio

La matrice è utilizzata per definire le aree a rischio idraulico incrociando i dati relativi alla pericolosità idraulica (P) e il danno potenziale (D), così definito (ai sensi del *DPCM del 29.09.1998 (Atto di indirizzo e coordinamento per l'individuazione dei criteri relativi agli adempimenti di cui all'art. 1, commi 1 e 2, del D.L. 11.06.1998, n. 180)*):

D4 (Danno potenziale molto elevato): aree in cui si può verificare la perdita di vite umane, ingenti danni ai beni economici, naturali storici e culturali di rilevante interesse, gravi disastri ecologico – ambientali;

D3 (Danno potenziale elevato): aree con problemi per l'incolumità delle persone e per la funzionalità del sistema economico, aree attraversate da linee di comunicazione e da servizi di rilevante interesse, le aree sedi di importanti attività produttive;

D2 (Danno potenziale medio): aree con limitati effetti sulle persone e sul tessuto socio-economico. Aree attraversate da infrastrutture secondarie e attività produttive minori, destinate sostanzialmente ad attività agricole o a verde pubblico;

D1 (Danno potenziale moderato o nullo): comprende le aree libere da insediamenti urbani o produttivi dove risulta possibile il libero deflusso delle piene.

Le aree interessate alla criticità idraulica sono classificate R2 (dove non sono presenti abitazioni) e R4 (dove sono presenti edifici). Leggendo la suddetta matrice, siccome ci troviamo in aree classificate P3, significa che le aree sono da considerarsi rispettivamente classificate, in termini di danno, D2 e D4.

Essendo tali aree totalmente comprese nell'attuale perimetrazione delle aree ad alta pericolosità da alluvione (P3) e non aumentando l'estensione planimetrica delle stesse, dalla matrice sopraindicata si deduce che non si ha un aumento della classe di rischio idraulico.

Inoltre, dato che le particelle catastali e gli edifici nelle aree dove si riscontra esondazione sono già interessate dalle procedure di esproprio per motivi legati alla progettazione stradale (la prescrizione di esproprio prescinde, in questo

caso particolare, dall'analisi di compatibilità idraulica), tali aree passeranno da una classe di danno D4 a D2 e di conseguenza corrisponderà una diminuzione della classe di rischio da R4 a R2.

Per tali motivazioni, **nello scenario di alluvioni frequenti, è da ritenersi soddisfatta la verifica di compatibilità idraulica ai sensi dell'Art.8 comma 1 lettera c) della Legge Regionale 41/2018.**

Un altro elemento di confronto tra stato attuale e stato di progetto, è la verifica dell'invarianza idraulica in termini di picchi di portata e volumi in transito nelle sezioni idrauliche delle aste fluviali a valle del rilevato ferroviario, dovuta alla realizzazione degli attraversamenti idraulici di progetto.

Di seguito si riportano gli idrogrammi, calcolati nell'ultima sezione dei modelli idraulici (parte monodimensionale) per il Fosso Magliano e il Torrente Canalmagro nello scenario TR30.

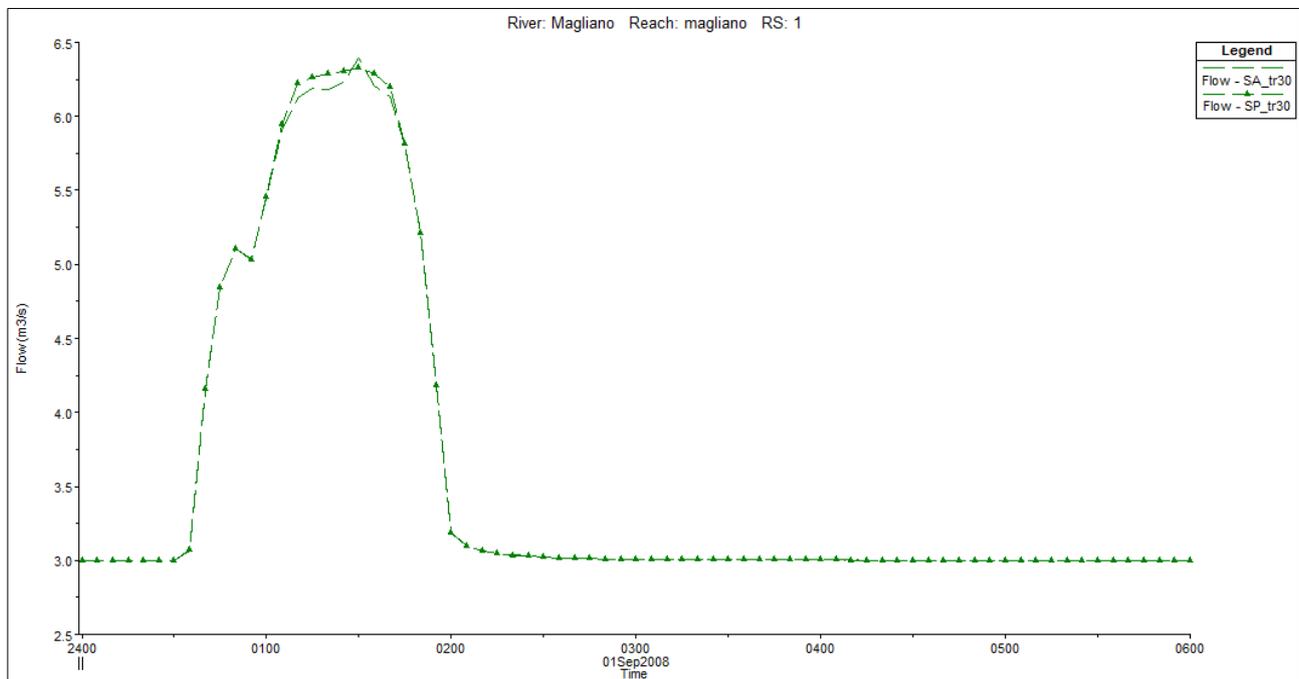


Figura 17 – Confronto idrogramma in uscita dal modello del Fosso Magliano – TR30

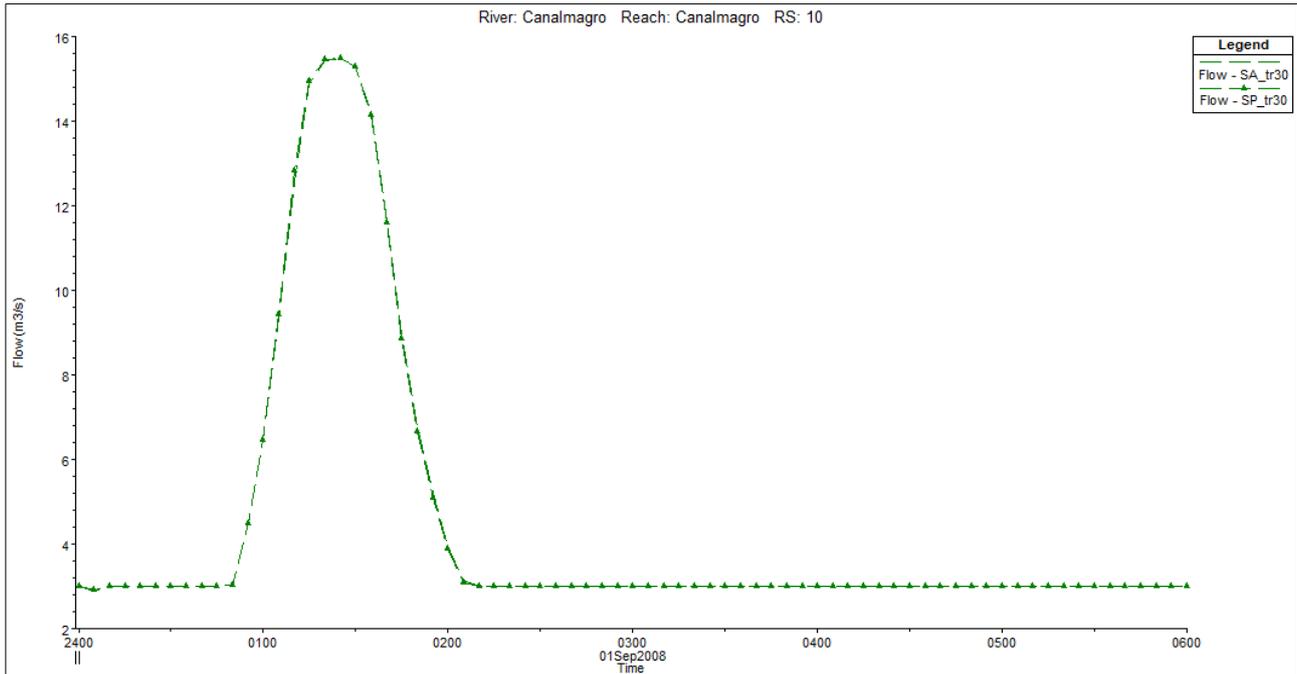


Figura 18 – Confronto idrogramma in uscita dal modello del Torrente Canalmagro – TR30

Come mostrato in figura, gli idrogrammi, allo stato attuale e allo stato di progetto, sono pressoché identici.

7.2.2 Scenario TR200

Di seguito sono riportate le mappe dei battenti e delle velocità e le mappe della magnitudo allo stato attuale e di progetto nello scenario con tempo di ritorno pari a 200 anni.

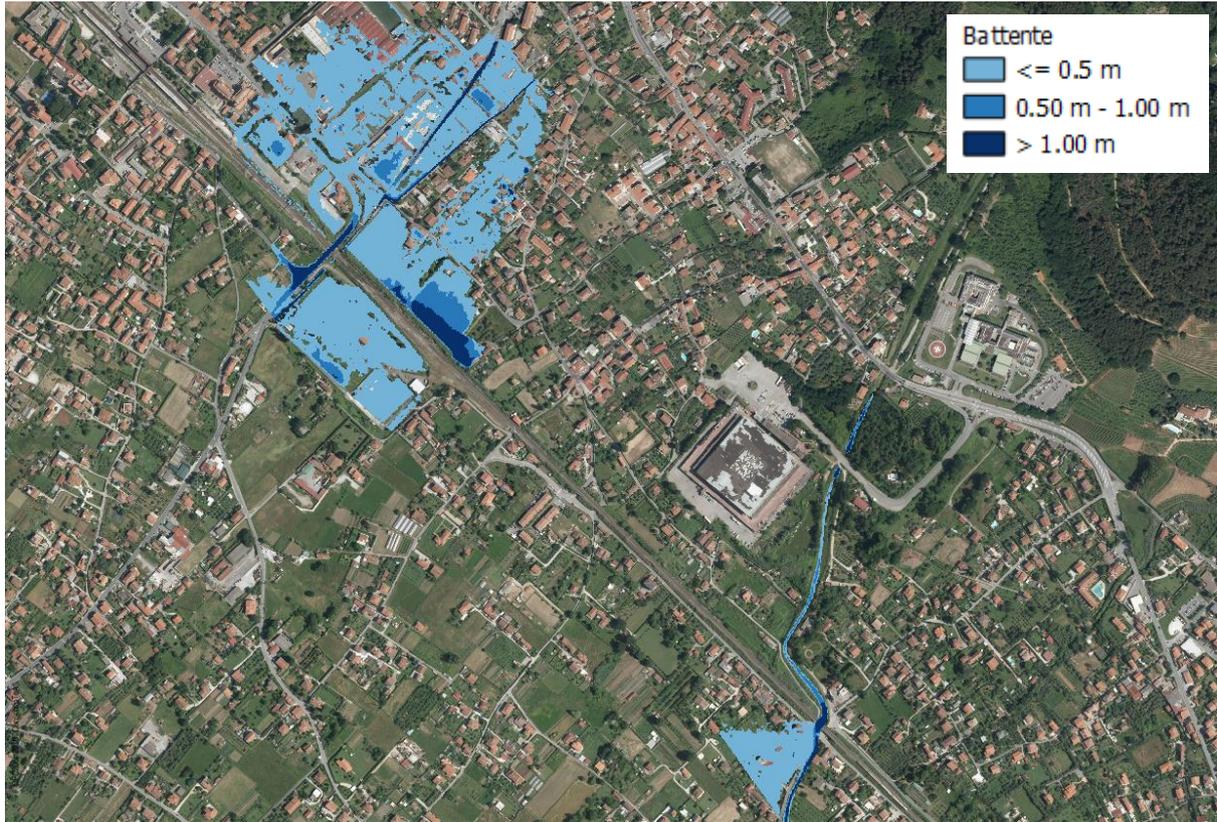


Figura 19 – Mappa dei battenti – Stato attuale – TR200

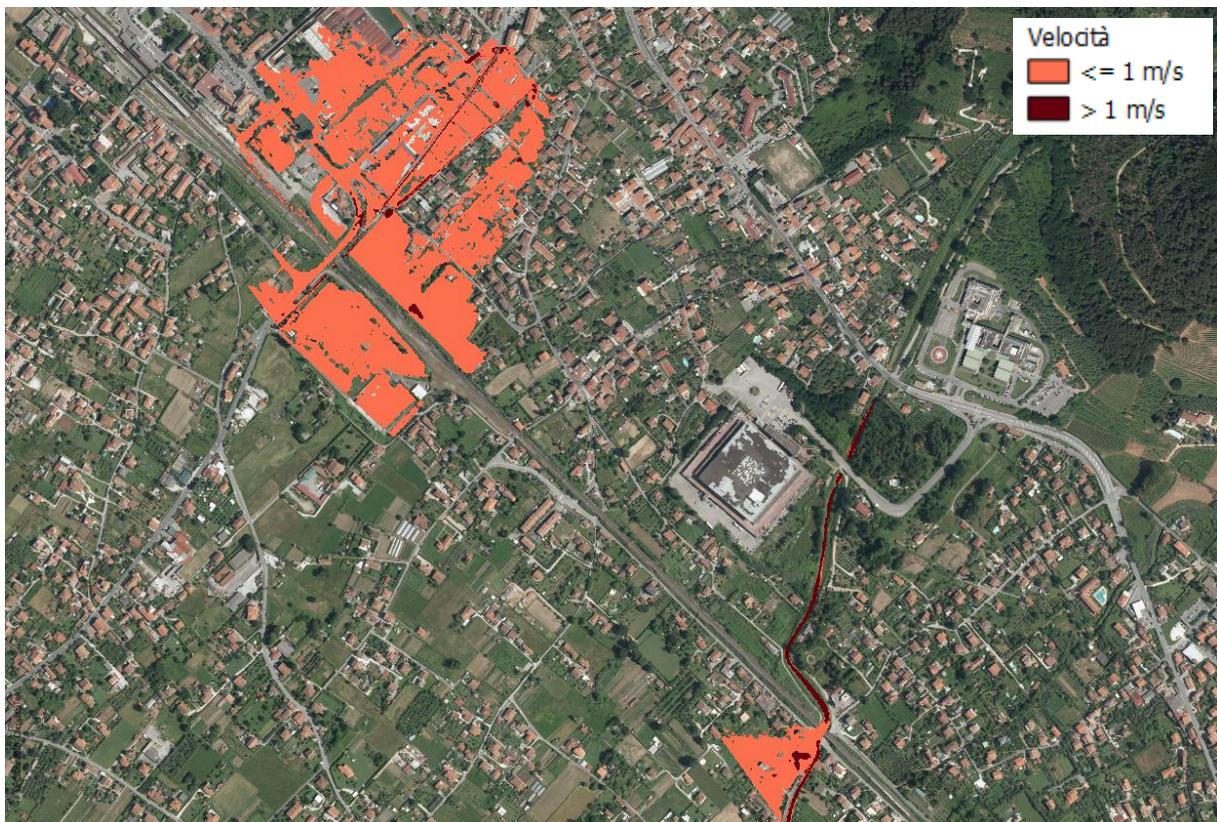


Figura 20 – Mappe delle velocità – Stato attuale – TR200

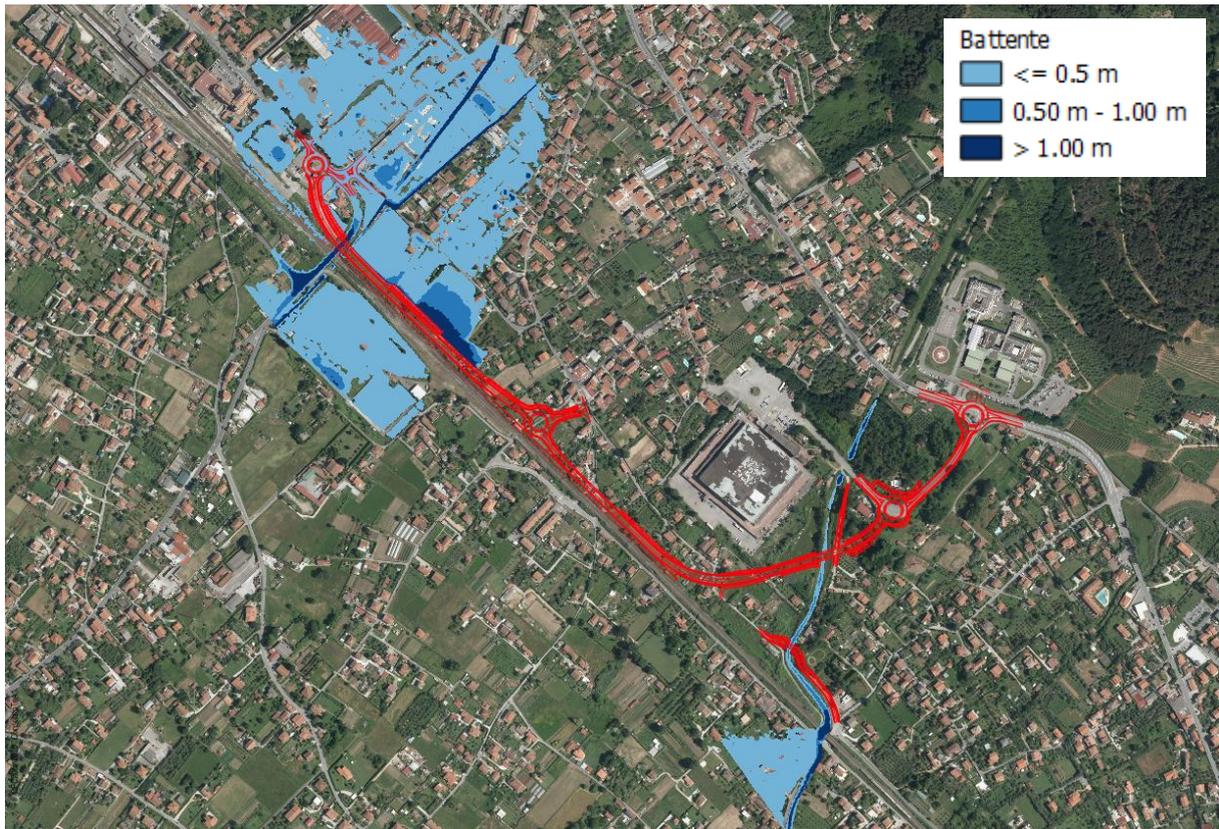


Figura 21 – Mappa dei battenti – Stato di progetto – TR200

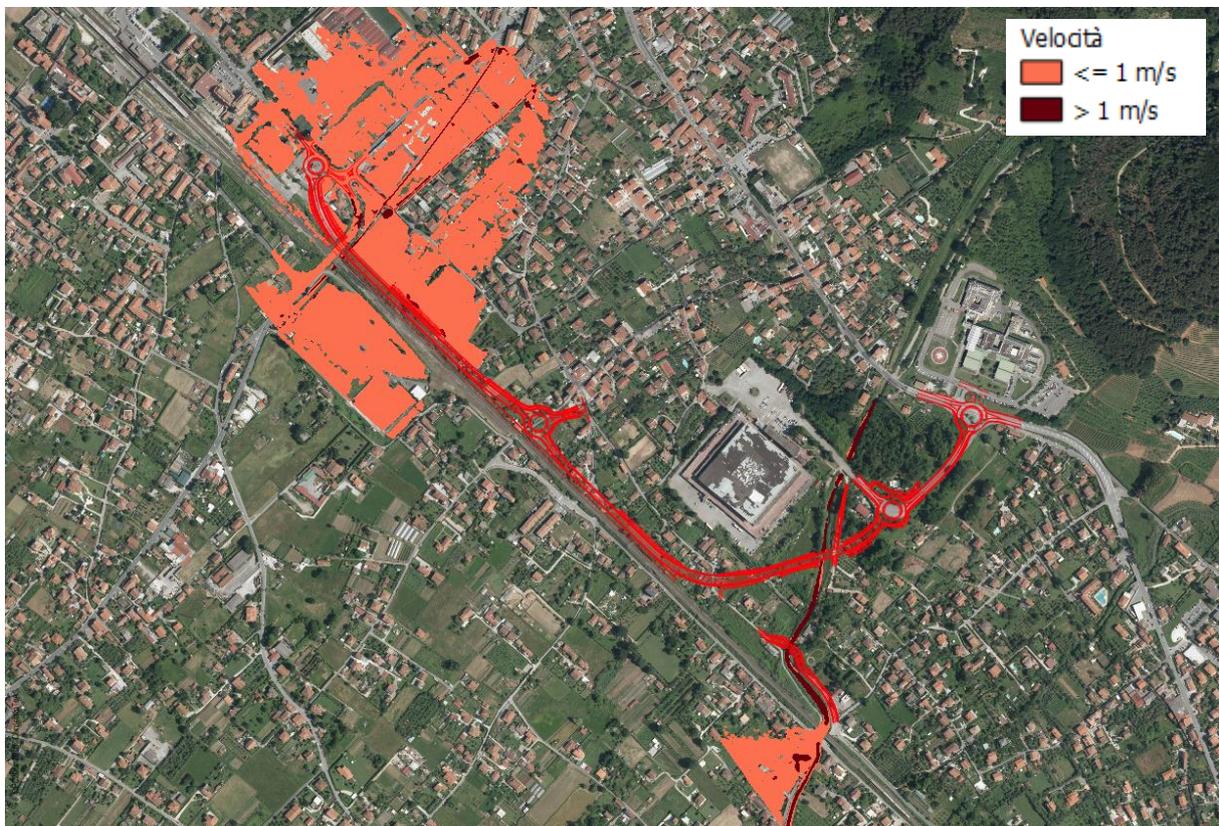


Figura 22 – Mappa delle velocità – Stato di Progetto – TR200

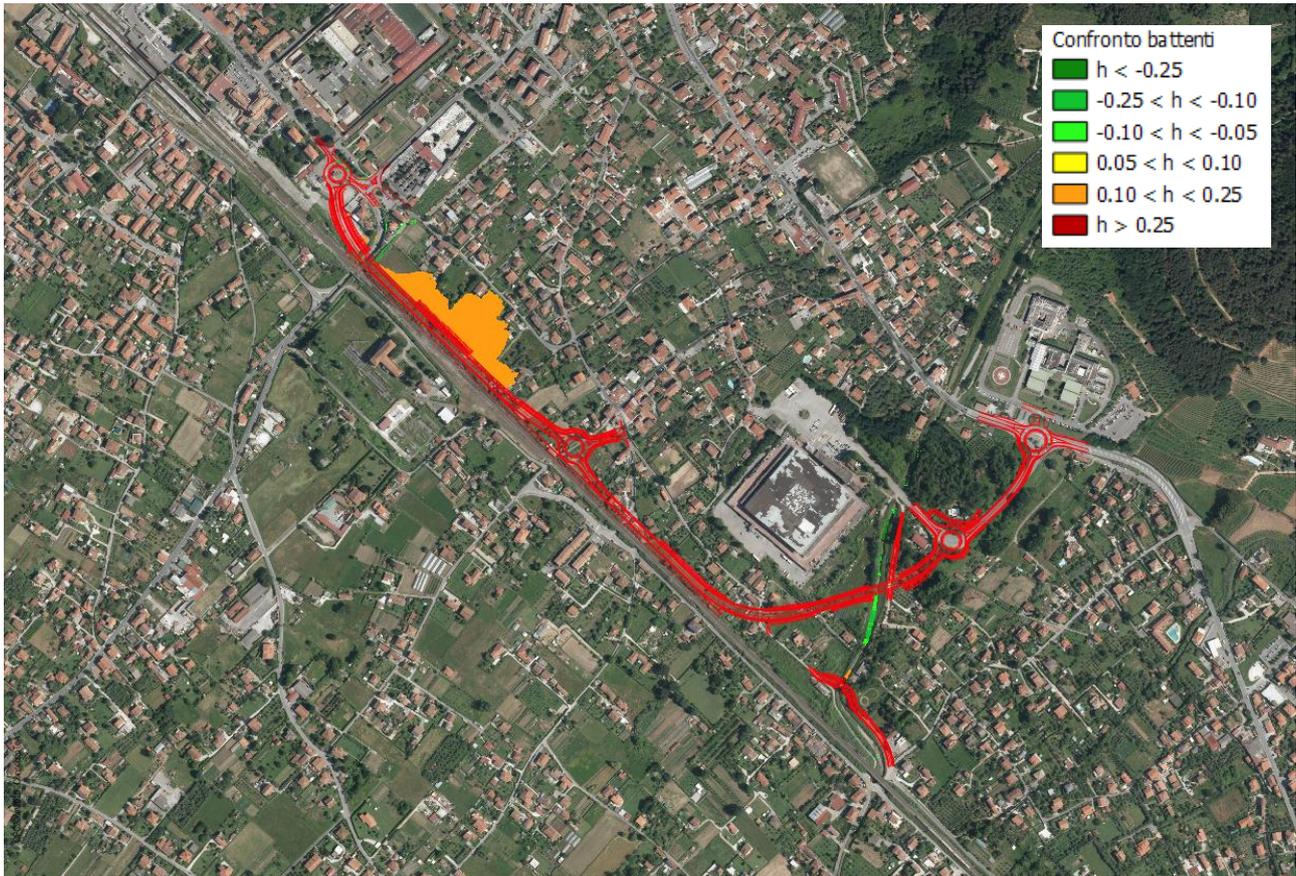


Figura 23 – Variazione dei battenti – TR200

Per lo scenario duecentennale, l'incremento di battente è più modesto e lo si riscontra nelle stesse aree descritte nel precedente paragrafo. Di seguito si mostra nel dettaglio l'area d'interesse.



Figura 24 - Variazione dei battenti – TR200 – Dettaglio

Come mostrato nelle immagini precedenti, si riscontra un aumento di battente pari a circa 15 cm.

Tali aree sono, anche in questo scenario, totalmente comprese nelle esistenti aree a pericolosità idraulica media ed elevata (P2 e P3) e definite a danno potenziale medio e molto elevato (D2 e D4). Dunque, al pari dello scenario trentennale, il solo aumento di battente senza incremento dell'estensione delle aree non implica un aumento della classe di rischio, oltre alla riduzione della classe di rischio da R4 a R2 nelle aree in cui sono previsti gli espropri.

Lo scenario di alluvioni poco frequenti interessa anche le aree interferite dal tracciato classificate a pericolosità P2 e P1, ossia tutto il resto del tracciato. In queste aree non si sono riscontrati incrementi delle esondazioni, né in termini di battente né di estensione delle aree, quindi non ne consegue una modifica alla classe di rischio idraulico.

La mappa del rischio del PGRA mostra, in tali aree, una classe massima R2.

Per tali motivazioni, **nello scenario di alluvioni poco frequenti, è da ritenersi soddisfatta la verifica di compatibilità idraulica ai sensi dell'Art.13 comma 2 della Legge Regionale 41/2018.**

Come per il paragrafo precedente, anche per lo scenario TR200 viene mostrato il confronto tra stato attuale e stato di progetto, in termini di picchi di portata e volumi in transito nelle sezioni idrauliche delle aste fluviali a valle del rilevato ferroviario, al fine di verificare l'invarianza idraulica connessa alla realizzazione degli attraversamenti idraulici di progetto.

Di seguito si riportano gli idrogrammi, calcolati nell'ultima sezione dei modelli idraulici (parte monodimensionale) per il Fosso Magliano e il Torrente Canalmagro nello scenario duecentennale.

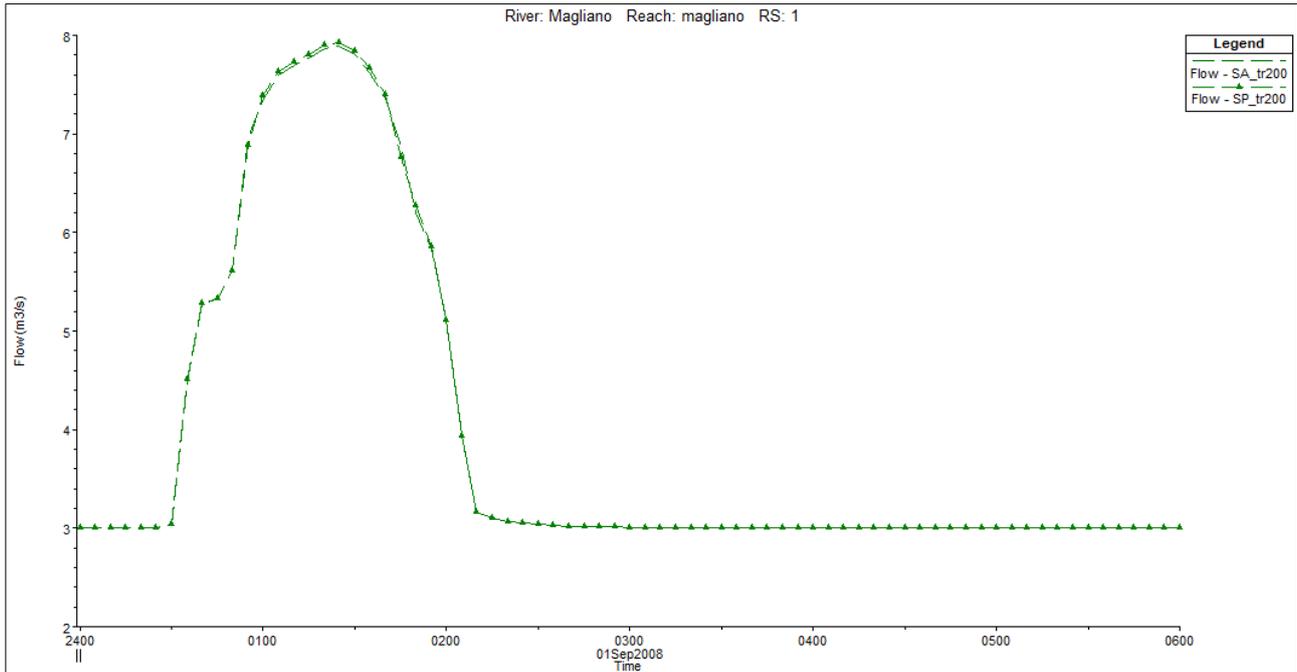


Figura 25 – Confronto idrogramma in uscita dal modello del Fosso Magliano – TR200

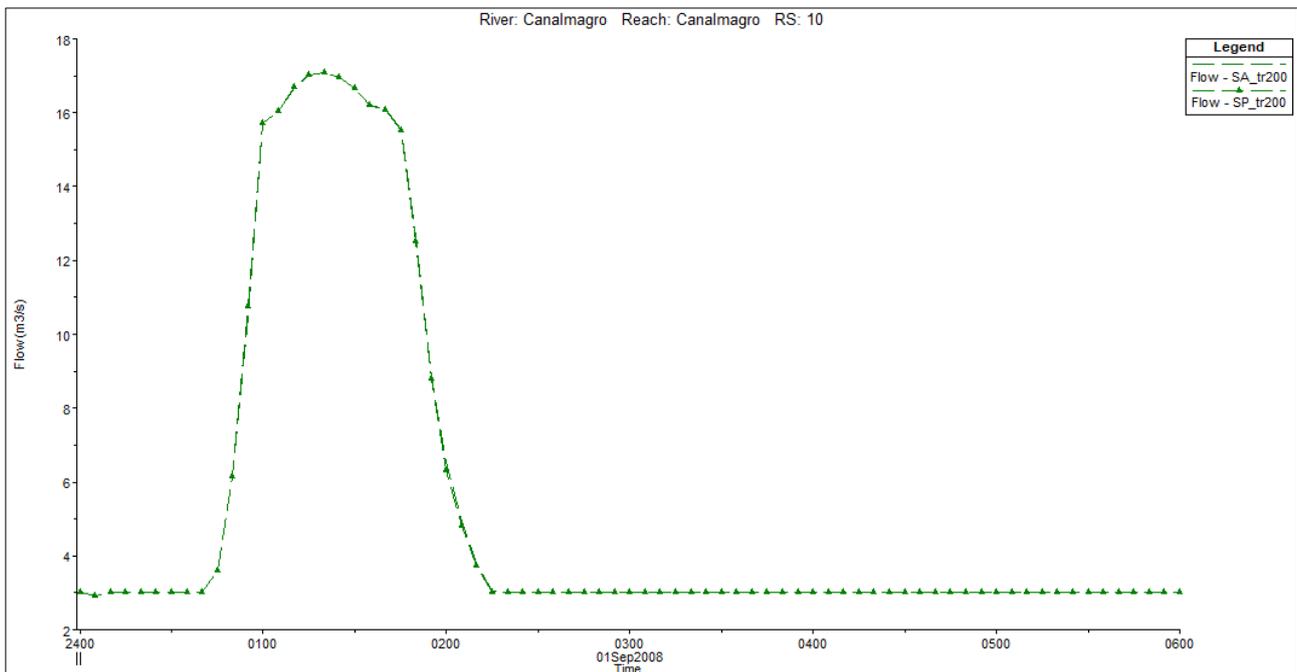


Figura 26 - Confronto idrogramma in uscita dal modello del Torrente Canalmagro – TR200

Come mostrato in figura, gli idrogrammi, allo stato attuale e allo stato di progetto, sono pressoché identici.

Come anticipato, è stato effettuato un approfondimento della condizione di rischio idraulico, anche in termini di magnitudo idraulica.

La magnitudo idraulica, ai sensi dell'Art.2 della LR 41/2018, è definita come la combinazione del battente (di seguito indicato con h) e della velocità della corrente (di seguito indicata con v) in una determinata area, associata allo scenario relativo alle alluvioni poco frequenti (ossia TR200) e viene distinta in tre classi:

Magnitudo idraulica moderata (H1): $h \leq 0.5 \text{ m}$

$$v \leq 1.0 \text{ m/s}$$

Magnitudo idraulica severa (H2): $h \leq 0.5 \text{ m}$

$$v > 1.0 \text{ m/s}$$

oppure

$$0.5 \text{ m} < h \leq 1.0 \text{ m}$$

$$v < 1.0 \text{ m/s}$$

Magnitudo idraulica molto severa (H3): $0.5 \text{ m} < h \leq 1.0 \text{ m}$

$$v > 1.0 \text{ m/s}$$

oppure

$$h > 1.0 \text{ m}$$

Di seguito sono quindi mostrate le mappe della magnitudo idraulica allo stato attuale e allo stato di progetto.

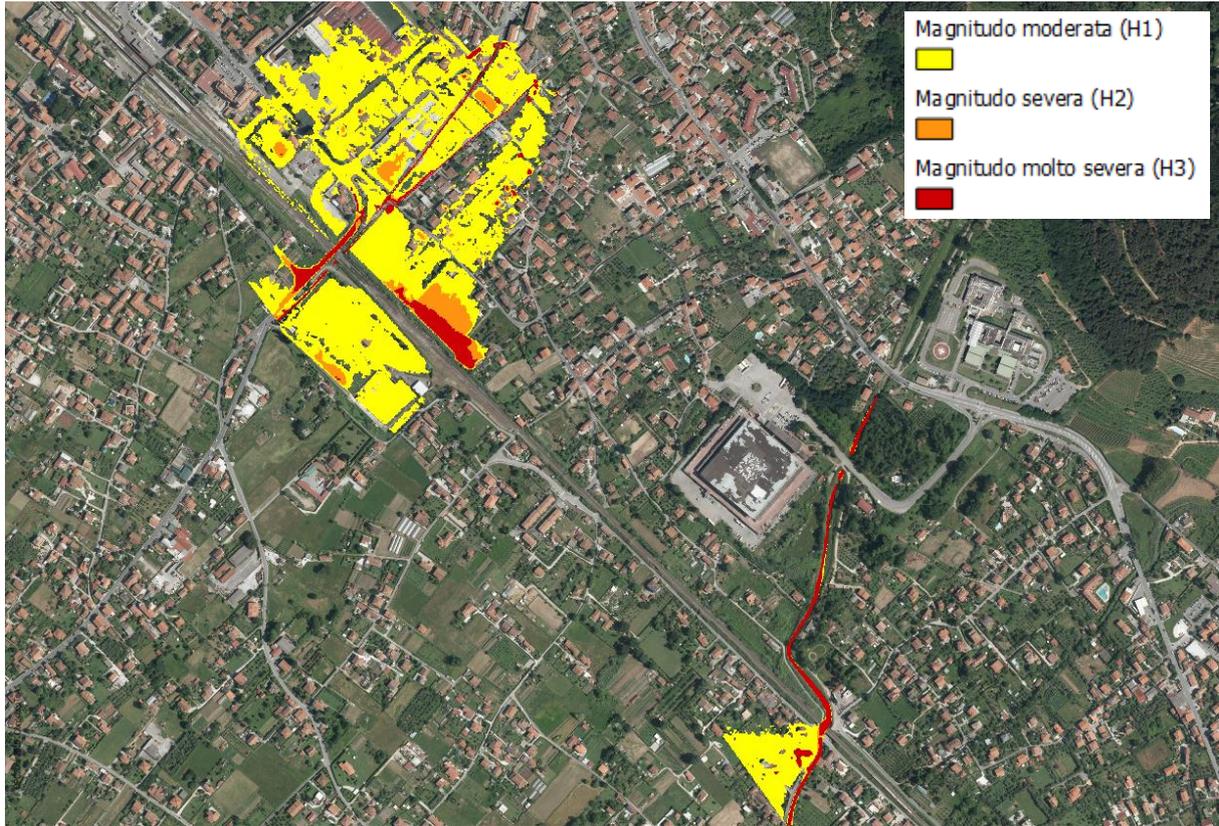


Figura 27 – Mappa della magnitudo idraulica – Stato attuale – TR200

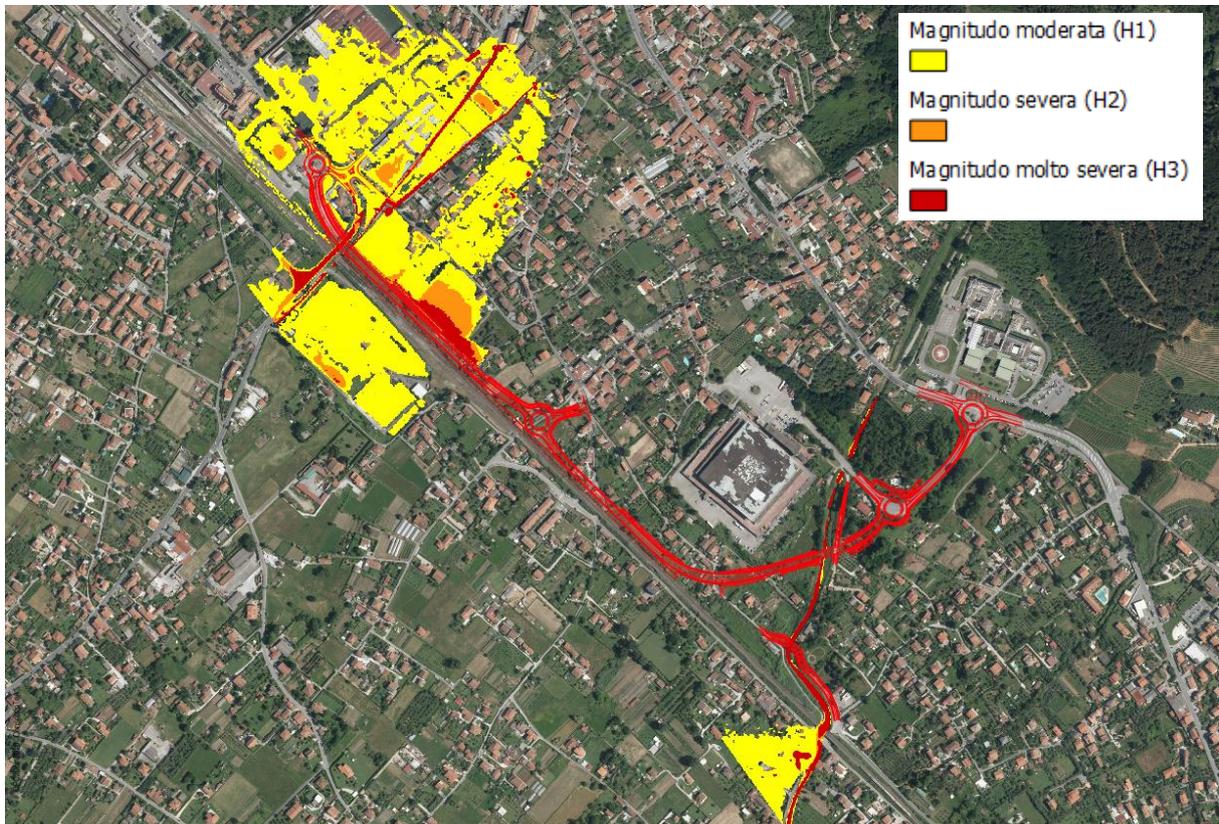


Figura 28 – Mappa della magnitudo idraulica – Stato di progetto – TR200

Nelle medesime aree già descritte dettagliatamente si riscontra un incremento delle estensioni delle aree classificate a magnitudo severa e molto severa, come da seguente stralcio di dettaglio.



Figura 29 – Variazione magnitudo idraulica – Dettaglio

L'aumento dell'estensione delle aree a magnitudo H2 e H3, fermo restando il non aggravio del rischio idraulico, è da ritenersi trascurabile, visto il fenomeno estremamente localizzato e il contesto idraulico e morfologico delle aree interessate alla criticità, essendo già allo stato attuale aree di esondazione in caso di eventi frequenti di alluvione.

8 GESTIONE DEL RISCHIO RESIDUO

Come si evince dalla tavola 0304_T00ID00IDRC002A, la realizzazione della rotatoria di progetto R.01 è prevista in aree classificate a media pericolosità da alluvione nel PGRA, ossia in aree soggette ad inondazioni per uno scenario con tempo di ritorno compreso tra 30 e 200 anni. Tali inondazioni sono causate da fenomeni di rigurgito dei tratti tombati dei fossi Grondini e San Remigio a causa dell'insufficiente sezione idraulica dei tombamenti, che provocano allagamenti anche per tempi di ritorno inferiori a 30 anni.

L'infrastruttura deve inevitabilmente essere realizzata a raso poiché consiste nell'elemento di raccordo tra il nuovo asse viario e la viabilità esistente.

Ai sensi dell'art. 13 comma 2:

“Nuove infrastrutture a sviluppo lineare e relative pertinenze possono essere realizzate nelle aree a pericolosità per alluvioni poco frequenti, indipendentemente dalla magnitudo idraulica, a condizione che sia assicurato il non aggravio delle condizioni di rischio in altre aree, che non sia superato il rischio medio R2 e che siano previste le misure preventive atte a regolarne l'utilizzo in caso di eventi alluvionali.”

Posto che la rotatoria verrà realizzata a raso, è assicurato il non aggravio del rischio in altre aree, in quanto non risulterà elemento di ostacolo al passaggio delle portate alluvionali.

Il Piano Comunale di Protezione Civile affronta in maniera molto dettagliata il tema della gestione del rischio idraulico in caso di eventi alluvionali. Dalla relazione del piano è chiaro che il Comune di Massa non è dotato di tecnologie che consentono la gestione del rischio in maniera automatizzata, ad esempio la chiusura delle strade con sbarre automatiche collegate agli uffici della Protezione Civile che si attivano in caso di allerta meteo o sensori di rilevamento di battenti idrici.

La gestione del rischio da alluvioni è dunque assicurata dal solo intervento della Protezione Civile e delle Forze dell'Ordine, strettamente legato agli avvisi di criticità meteorologica a cui corrisponde uno stato di preallertamento e conseguenti attivazioni in funzione dell'evolversi delle criticità.

In caso di allarme medio o elevato, le squadre dei tecnici/volontari della Protezione Civile e le pattuglie delle Forze dell'Ordine hanno il compito di vigilare direttamente le aree a rischio ed eventualmente gestire le evacuazioni verso aree sicure.

Essendo la rotatoria di progetto un elemento puntuale in un ampio contesto a rischio idraulico, si ritiene che possano essere mantenute le attuali procedure di gestione del rischio.

Fanno eccezione a quanto detto i sottopassi ferroviari, i quali sono dotati di impianti semaforici che si attivano per impedire il passaggio dei veicoli in caso di presenza di battenti considerevoli al loro interno. Per i prolungamenti dei

sottopassi ferroviari di Via delle Madonne e Viale della Repubblica è previsto quindi il mantenimento degli esistenti sistemi di gestione del rischio idraulico.

Sulla viabilità principale di progetto è prevista invece l'installazione di pannelli informativi per avvisare gli utenti della presenza di allerte meteo e la possibilità di allagamenti. I pannelli, oltre ad essere dotati di segnali luminosi per le allerte meteo consentono di informare i viaggiatori mediante messaggi testuali sulle eventuali presenze di inondazioni.



Il nuovo asse viario, infine, potrà servire da via di evacuazione dalle aree ad alto rischio idraulico, essendo la strada stessa in sicurezza idraulica e avendo la possibilità di dirigere gli abitanti in aree non classificate a pericolosità idraulica. Per questo motivo si propone di aggiornare l'elaborato del Piano Comunale di Protezione Civile "Tav.2/bis – Carta Operativa – ATLANTE" inserendo la strada di progetto tra le viabilità principali da utilizzare per l'evacuazione in caso di eventi alluvionali.

9 CONCLUSIONI

Il tracciato di progetto attraversa aree classificate ad alta pericolosità idraulica (P3) nel PGRA definite aree a pericolosità per alluvioni frequenti nella vigente LR 41/2018.

Il campo di applicazione per l'intervento in esame è il Capo III, Art. 13 - Infrastrutture lineari o a rete. L'opera in esame è progettata ai sensi dell'Art 8 comma 1 lettera c) ossia in sopraelevazione, senza aggravio delle condizioni di rischio in altre aree.

Il non aggravio del rischio è stato dimostrato con il supporto di modellazioni idrauliche.

Le modellazioni idrauliche mostrano, per lo scenario trentennale, un incremento localizzato dei battenti idraulici senza incremento dell'estensioni delle aree di esondazione. Poiché tali aree sono totalmente comprese in aree ad oggi classificate ad alta pericolosità idraulica (P3) e poiché non viene aumentata la classe di danno, ma anzi in alcuni casi viene diminuita previa espropri, l'intervento non determina un aumento della classe di rischio idraulico delle aree interessate al fenomeno.

Nello scenario con tempo di ritorno pari a 200 anni, si riscontra lo stesso fenomeno di lieve aumento dei battenti idrici senza aumento dell'estensione delle aree a pericolosità P2. Di conseguenza non si osserva un aumento della classe di rischio in alcuna area. Inoltre, tutte le aree interessate hanno una definizione di classe di rischio massima pari a R2.

Si riscontra tuttavia un lieve incremento localizzato e circoscritto, verso monte, dell'estensione delle aree classificate a magnitudo severa e molto severa. L'incremento è però da ritenersi trascurabile visto il non aggravio della classe di rischio e stante il fenomeno estremamente localizzato in confronto all'estensione della criticità idraulica per eventi poco frequenti e l'esistente classificazione ad alta pericolosità idraulica delle aree in esame.

In conclusione, si ritiene che l'opera oggetto della presente possa essere realizzata ai sensi dell'Art.8 comma 1 lettera c) per scenari di alluvioni frequente e ai sensi dell'Art.13 comma 2 per scenari di alluvioni poco frequenti escludendo la necessità di realizzare ulteriori opere o interventi idraulici di difesa del suolo.

La gestione del rischio idraulico residuo, in particolare per la porzione di viabilità di progetto ricadente in aree a media pericolosità da alluvioni, sarà assicurata, oltre dalle esistenti procedure del Piano Comunale di Protezione Civile, dall'installazione di pannelli informativi per le allerte meteo.