



Pomarance



Monteverdi  
Marittimo

COMUNE DI POMARANCE  
COMUNE DI MONTEVERDI MARITTIMO  
Provincia di Pisa  
PIANO STRUTTURALE INTERCOMUNALE  
ai sensi dell'art.94 della L.R. 65/2014

Sindaco del Comune di Pomarance:

Avv. Ilaria Bacci

Sindaco e assessore all'Urbanistica  
del Comune di Monteverdi Marittimo:

Francesco Govi

Assessore all'urbanistica del Comune di Pomarance:

Arch. Paola Pierotti

Responsabile del Procedimento PSI:

Arch. Roberta Costagli

Responsabile del Settore Tecnico  
del Comune di Pomarance:

Arch. Roberta Costagli

Responsabili del Settore Tecnico  
del Comune di Monteverdi Marittimo:

Arch. Davide Pedrini

Geom. Alessandro Guarguaglini

Garante dell'informazione e della partecipazione:

Arch. Silvia Ribechini

Progettazione Urbanistica

Valutazione Ambientale Strategica VAS:

Arch. Graziano Massetani - STUDIO MASSETANI Architettura & Urbanistica

Arch. Massimo Bartolozzi

Collaboratori:

Pian. Terr. Fabio Mancini

Ing. Mattia Iannuzzi

Pian. Terr. Antoine Tallarico

Laureanda in Architettura Magistrale Veronica Braccini

Indagini agronomiche-forestali:

P.F.M. S.r.l. Società tra professionisti

Dottore Agronomo Guido Franchi

Dottore Agronomo Federico Martinelli

Dottore Agronomo Caterina Poli

Indagini geologiche:

Geoprogetti Studio Associato

Geol. Emilio Pistilli

Geol. Sergio Crocetti

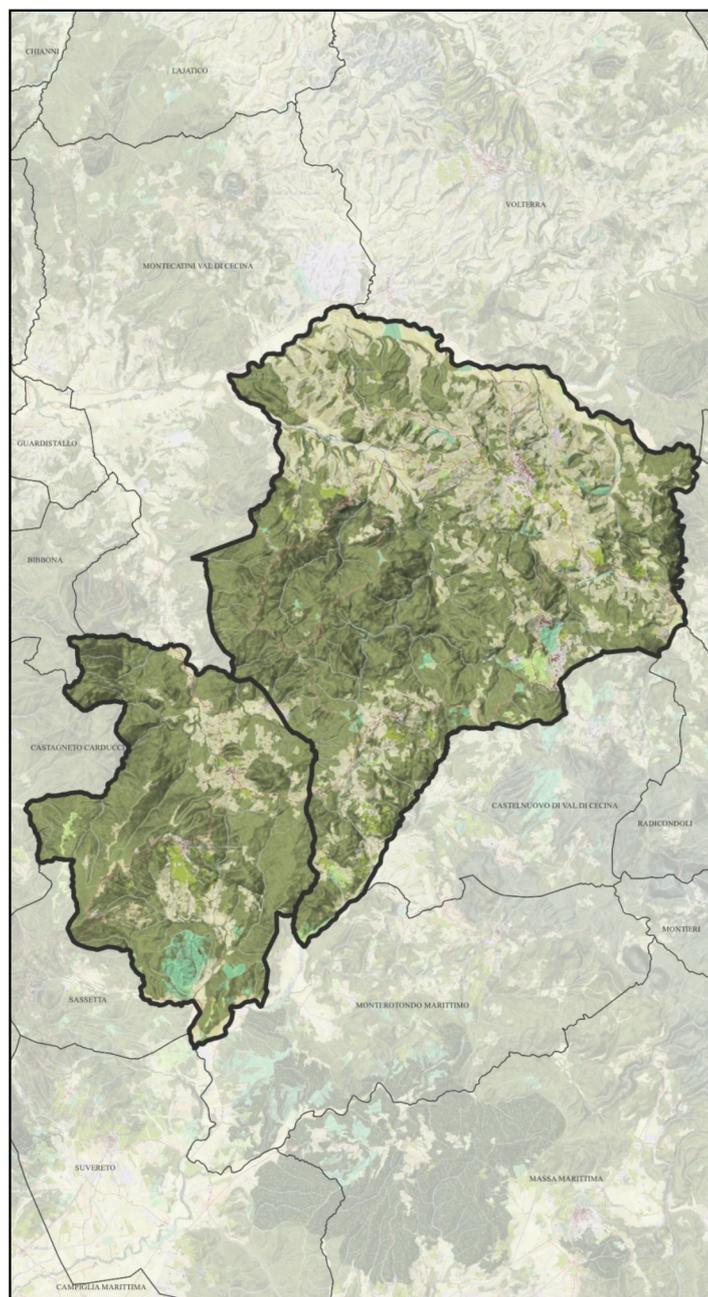
Indagini idrauliche:

Ing. Alessio Gabrielli

Indagini archeologiche:

Dott. Federico Salzotti

Archeotipo s.r.l.



Adozione

Data: Marzo 2024

Approvazione

Q.C.

08

RELAZIONE IDROLOGICO-IDRAULICA

## INDICE

<b>1. Premessa .....</b>	<b>2</b>
<b>2. Inquadramento generale e sintesi del lavoro .....</b>	<b>3</b>
<b>2.1 Territorio urbanizzato e interferenze con il reticolo idrografico .....</b>	<b>3</b>
2.1.1 <i>Reticolo interferente in Loc. San Dalmazio (Pomarance)</i> .....	5
2.1.2 <i>Reticolo interferente in Loc. Montecerboli (Pomarance)</i> .....	7
2.1.3 <i>Reticolo interferente in Loc. Larderello (Pomarance)</i> .....	9
2.1.4 <i>Reticolo interferente in Loc. Pian della Macie (Pomarance)</i> .....	10
2.1.5 <i>Reticolo interferente in Loc. Monteverdi (Monteverdi Marittimo)</i> .....	11
2.1.6 <i>Reticolo interferente in Loc. Canneto (Monteverdi Marittimo)</i> .....	13
2.2 Pericolosità da alluvione P.G.R.A. e studi pregressi.....	15
2.3 Approccio metodologico e articolazione del lavoro.....	19
<b>3. Idrologia .....</b>	<b>21</b>
<b>4. Modellistica idraulica .....</b>	<b>29</b>
<b>5. Verifica idraulica Loc. San Dalmazio (Pomarance).....</b>	<b>32</b>
5.1 Singolarità dei corsi d'acqua.....	32
5.2 Documentazione fotografica.....	33
5.3 Idrologia .....	36
5.4 Idraulica .....	40
5.5 Risultati della modellazione .....	41
<b>6. Verifica idraulica Loc. Montecerboli (Pomarance) .....</b>	<b>43</b>
6.1 Singolarità dei corsi d'acqua.....	43
6.2 Documentazione fotografica.....	44
6.3 Idrologia .....	47
6.4 Idraulica .....	52
6.5 Risultati della modellazione .....	53
<b>7. Verifica idraulica Loc. Monteverdi (Monteverdi Marittimo) .....</b>	<b>55</b>
7.1 Singolarità del corso d'acqua .....	55
7.2 Documentazione fotografica.....	56
7.3 Idrologia .....	58
7.4 Idraulica .....	62
7.5 Risultati della modellazione .....	63
<b>8. Verifica idraulica Loc. Canneto (Monteverdi Marittimo).....</b>	<b>65</b>
8.1 Singolarità dei corsi d'acqua.....	65
8.2 Documentazione fotografica.....	66
8.3 Idrologia .....	68
8.4 Idraulica .....	73
8.5 Risultati della modellazione .....	74

## 1. PREMESSA

Il presente studio è redatto a supporto del Piano Strutturale Intercomunale dei Comuni di Pomarance e Monteverdi Marittimo, in Provincia di Pisa.

Esso si propone di aggiornare le classificazioni di pericolosità idraulica, o da alluvione, su alcune porzioni dei rispettivi territori comunali, con riferimento al limite del Territorio Urbanizzato (TU) ed alle attuali mappature di pericolosità del Piano di Gestione del Rischio Alluvioni del Distretto Appennino Settentrionale.

Tale studio è redatto ai sensi del D.P.G.R. n. 5R/2020, in particolare dell'Allegato A, "Direttive tecniche per lo svolgimento delle indagini geologiche, idrauliche e sismiche", nonché della L.R. 41/2018.

Esso inoltre è eseguito in coerenza con le indicazioni dell'Allegato 3 ("Modalità per le proposte di revisione ed aggiornamento delle mappe del PGRA") della Disciplina del Piano di Gestione del Rischio Alluvioni del Distretto Appennino Settentrionale.

Il Quadro Conoscitivo inerente agli aspetti idraulici dei due Comuni risulta abbastanza datato, e quindi necessitante di aggiornamento e soprattutto di riallineamento con le classificazioni derivanti dall'entrata in vigore delle normative di settore più recenti, come i già citati Regolamento 5R/2020 e la L.R. 41/2018.

In virtù delle caratteristiche morfologiche ed idrografiche dei due territori comunali le interferenze tra reticolo e Territorio Urbanizzato risultano modeste, tanto che anche in passato sono poche le località ed i corsi d'acqua per i quali si sono resi necessari approfondimenti di tipo idraulico.

I due territori sono caratterizzati, infatti, dalla presenza di piccoli nuclei urbani isolati, per lo più posti su rilievi collinari, pertanto il reticolo idrografico che li lambisce o li attraversa è rappresentato dai tratti iniziali di questi corsi d'acqua, sui quali insistono spesso bacini di piccole o piccolissime dimensioni.

Un aspetto che accumuna molti di questi piccoli corsi d'acqua è però dato dalla presenza di tratti tombati, e dalla commistione, in alcuni casi, tra reticolo superficiale e reticolo fognario; queste peculiarità rappresentano senza dubbio gli elementi di maggiore criticità, che possono dar luogo anche a problematiche di allagamento a carattere locale.

E' soprattutto a queste fattispecie che, nel presente lavoro, è stata rivolta attenzione.

Per tutto il restante reticolo che attraversa il territorio aperto dei due Comuni, costituito anche da corsi d'acqua principali come il Fiume Cecina per Pomarance ed il Fiume Cornia per Monteverdi Marittimo, il quadro conoscitivo attuale non è stato modificato.

Nell'ambito del presente studio sono stati predisposti anche i seguenti elaborati grafici:

- Q.C. 08 - Relazione idrologico-idraulica  
Comune di Pomarance
- Q.C. 08 (a1 – a2 – a3 – a4 - a5) - Carta della pericolosità da alluvioni (scala 1:10.000)
- Q.C. 08 b1 – Carta dei tematismi idraulici Loc. San Dalmazio (scala 1:2.000)
- Q.C. 08 b2 – Carta dei tematismi idraulici Loc. Montecerboli (scala 1:2.000)  
Comune di Monteverdi Marittimo
- Q.C. 08 (a6 - a7) - Carta della pericolosità da alluvioni (scala 1:10.000)
- Q.C. 08 b3 – Carta dei tematismi idraulici Loc. Monteverdi Marittimo (scala 1:2.000)
- Q.C. 08 b4 – Carta dei tematismi idraulici Loc. Canneto (scala 1:2.000).

Come si può osservare da questo elenco, non sono state predisposte mappe dei battenti, della velocità della corrente e della magnitudo idraulica a scala comunale, o intercomunale, dal momento che i nuovi studi si sono concentrati su aree di modeste dimensioni; è sembrato quindi più opportuno predisporre un elaborato specifico per ciascuna area di studio (Carta dei tematismi idraulici) in cui sono riportati estratti di tutte queste grandezze, compresa la pericolosità da alluvioni, alla scala 1:2.000.

## **2. INQUADRAMENTO GENERALE E SINTESI DEL LAVORO**

### **2.1 Territorio urbanizzato e interferenze con il reticolo idrografico**

I territori dei Comuni di Pomarance e Monteverdi, come detto, sono costituiti da nuclei abitati di piccole e medie dimensioni, che sorgono generalmente su rilievi collinari, dove i centri storici sono posti in posizioni apicali e l'edificato più recente vi si sviluppa d'intorno.

Molti di questi nuclei, come ad esempio i centri storici dei due capoluoghi (Pomarance e Monteverdi Marittimo) non presentano particolari interferenze con il reticolo idrografico; in altri casi, però, l'urbanizzazione, anche quella meno recente, si è sviluppata a ridosso di piccoli corsi d'acqua, e ciò ha indotto alcune modifiche del reticolo idrografico originario, con deviazioni e, soprattutto, tombamenti.

Tant'è che si osservano anche lievi incoerenze tra i tracciati effettivi di alcuni corsi d'acqua rispetto alle aste "ufficiali" del reticolo idrografico regionale.

Oltre a queste casistiche, nel territorio di Pomarance si individuano anche interferenze "più tradizionali" tra alcuni insediamenti e corsi d'acqua, come nel caso di Larderello (rispetto al Torrente Possera) e nell'area produttiva in zona Pian delle Macie, rispetto al Fiume Cecina.

Di seguito è proposta una breve descrizione delle singole interferenze tra reticolo idrografico e Territorio Urbanizzato.

La seguente figura, innanzitutto, mostra l'articolazione del Territorio Urbanizzato dei due Comuni ed il reticolo idrografico regionale di cui alla ex L.R. 79/2012 (aggiornamento 2023).

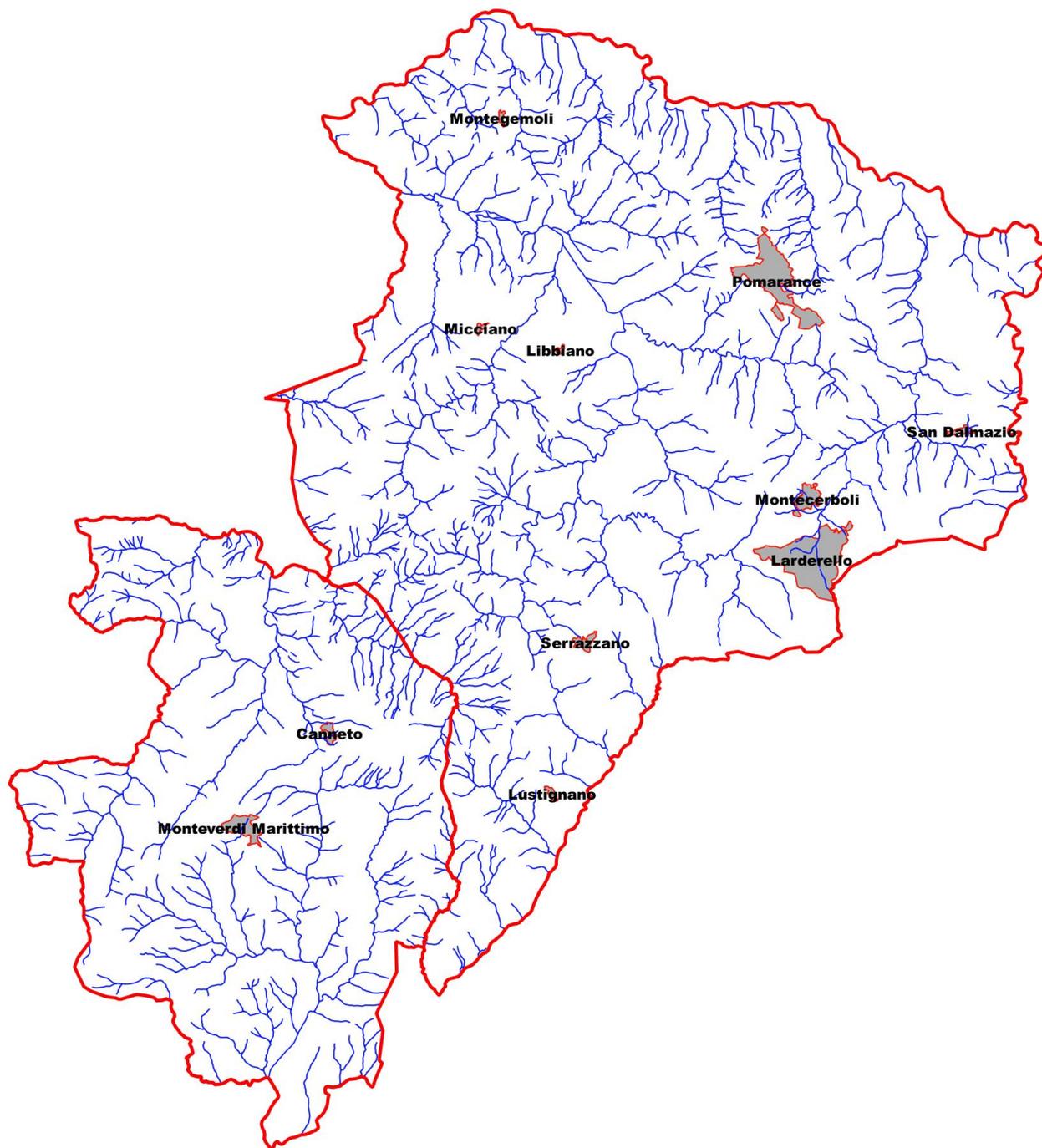


Fig. 1 – Territorio Urbanizzato dei Comune di Pomarance e Monteverdi Marittimo con reticolo idrografico regionale

Dalla figura precedente si può ben vedere quanto sia articolato il reticolo idrografico e allo stesso tempo quanto ridotte siano le dimensioni del TU.

Per poter apprezzare le interferenze tra reticolo e TU è necessario ingrandire l'immagine sulle singole località dei due Comuni.

L'approfondimento sulle singole interferenze è effettuato nei sotto-paragrafi successivi.

Nella seguente tabella è intanto fornito un riepilogo dei corsi d'acqua che attraversano o lambiscono ciascuna frazione o località dei due territori comunali; molti di essi sono privi di toponimo nel database regionale, quindi sono stati denominati con il relativo codice.

Frazioni/Località	Comune	Corsi d'acqua
San Dalmazio	Pomarance	TC7643, TC7651
Montecerboli		TC8039, Botro della Zolfacia, Botro del Madonnino
Larderello		Torrente Possera e corsi d'acqua minori
Pian delle Macie (no TU)		Fiume Cecina e corsi d'acqua minori
Altre località (TU e no TU)		Nessuna interferenza
Monteverdi Marittimo	Monteverdi Marittimo	Botro Pelato
Canneto		TC9235, TC9273, Botro delle Capannacce, altri corsi d'acqua minori non appartenente a reticolo regionale
Altre località (no TU)		Nessuna interferenza

Tab. 1 – Interferenze tra reticolo idrografico e varie località del TU

Come meglio chiarito nei successivi sottoparagrafi, alcune di queste interferenze sono state valutate con apposita modellistica idrologico-idraulica, per altre invece sono state effettuate alcune valutazioni qualitative oppure gli approfondimenti sono stati rimandati a fasi successive.

### 2.1.1 Reticolo interferente in Loc. San Dalmazio (Pomarance)

In Loc. San Dalmazio transitano due piccoli corsi d'acqua che nascono sui rilievi che si ergono alle spalle dell'abitato.

Questi due corsi d'acqua appartengono al reticolo idrografico regionale, ma sono privi di toponimo.

Le due aste di monte sono quindi denominate mediante i relativi codici, ovvero TC7643, il principale dei 2, e TC7651.

Secondo la rappresentazione del reticolo regionale, i tracciati dei due corsi d'acqua passano sotto alcuni fabbricati del nucleo storico del borgo e si incontrano indicativamente all'altezza della piazza.

Dai sopralluoghi effettuati non è stato possibile chiarire se effettivamente questo sia lo sviluppo dei due corsi d'acqua.

Per quanto di difficile modellazione, i due corsi d'acqua interferiscono chiaramente con l'abitato e quindi sono stati oggetto di verifica idraulica; l'approccio modellistico adottato è illustrato nel capitolo specifico.

Di seguito sono riportate due planimetrie (su foto aerea e su C.T.R. in scala 1:10.000) che mostrano lo sviluppo del reticolo idrografico in Loc. San Dalmazio ed il perimetro del TU.



Fig. 2 – Territorio Urbanizzato e reticolo idrografico in Loc. San Dalmazio (su foto aerea)

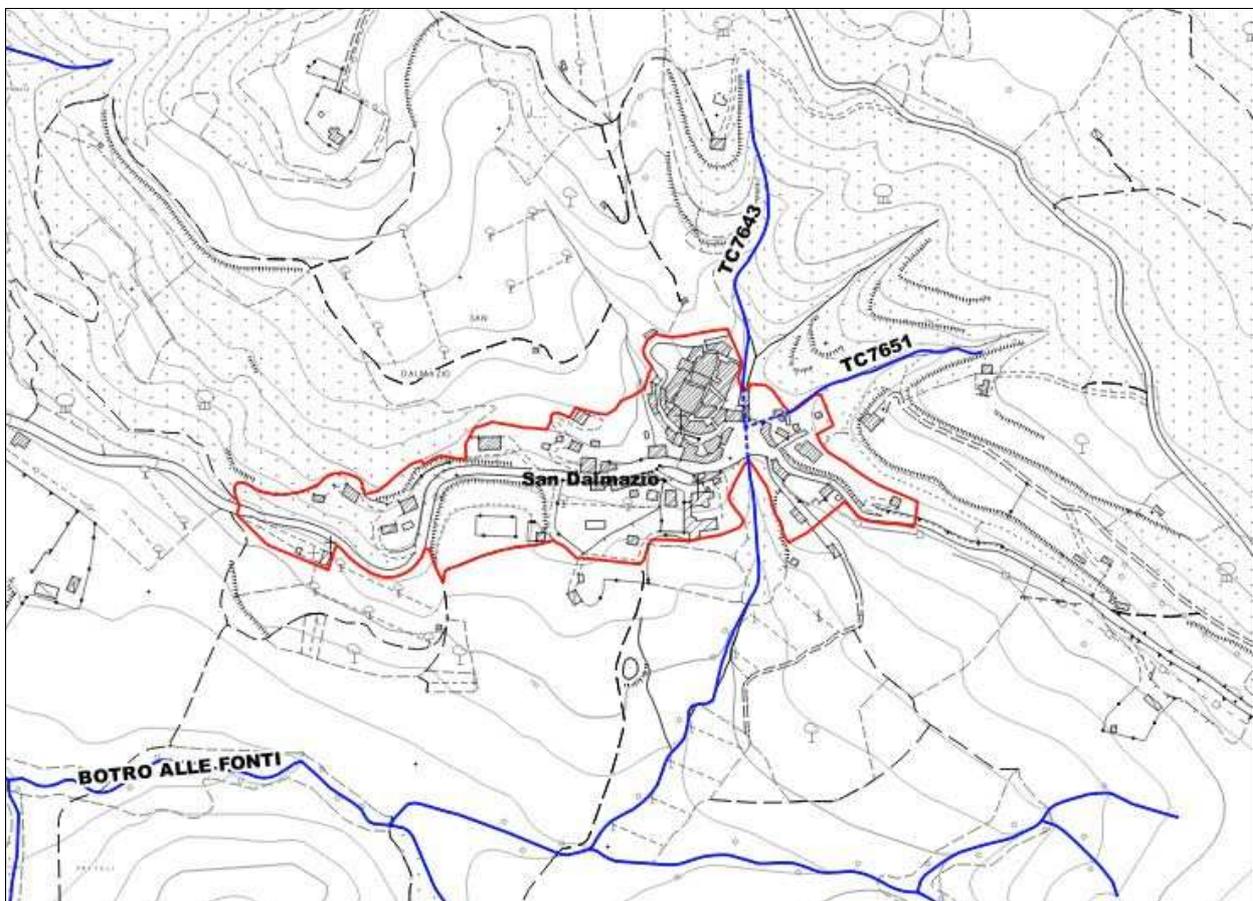


Fig. 3 – Territorio Urbanizzato e reticolo idrografico in Loc. San Dalmazio (su CTR 10k)

### **2.1.2 Reticolo interferente in Loc. Montecerboli (Pomaranace)**

La Loc. Montecerboli, nella parte di edificato più recente, è attraversata da un corso d'acqua di piccole dimensioni che è stato tombato a monte dell'abitato e torna a cielo aperto alcune centinaia di metri più a valle; in questo tratto vi si immette anche buona parte del reticolo fognario della frazione. Si tratta del fosso privo di toponimo individuato con il codice di reticolo regionale TC8039.

Oltre a questo corso d'acqua, l'abitato di Montecerboli è lambito, nella parte di monte, da un altro fosso, il Botro della Zolfaia, che funge da canale di gronda delle acque provenienti dal rilievo collinare retrostante, per ricondurle nella parte Ovest della frazione, nel Botro del Madonnino.

Il Botro della Zolfaia ha evidente origine artificiale, e segue tutto il perimetro NordOvest di Montecerboli; inoltre esso è collegato anche con il suddetto fosso TC8039, per il quale, all'occasione, funge da "scolmatore".

Nell'ultimo tratto prima di immettersi nel Botro del Madonnino il Botro della Zolfaia è tombato per alcune decine di metri.

Il Botro del Madonnino, invece, è un corso d'acqua naturale che proviene dai rilievi ad Ovest, e transita lungo Montecerboli nella parte Sud, attraversandolo solo in corrispondenza della S.S. 439, dopo aver ricevuto le acque della Zolfaia.

Tutti i corsi d'acqua appena indicati appartengono al reticolo idrografico regionale.

I tracciati di questi corsi d'acqua, secondo il database regionale, paiono sostanzialmente coerenti con quelli effettivi.

In questo lavoro si è provveduto a modellare questo reticolo, pur sotto delle ipotesi semplificative, come illustrato nel relativo capitolo.

Di seguito sono riportate due planimetrie (su foto aerea e su C.T.R. in scala 1:10.000) che mostrano lo sviluppo del reticolo idrografico in Loc. Montecerboli ed il perimetro del TU.



Fig. 4 – Territorio Urbanizzato e reticolo idrografico in Loc. Montecerboli (su foto aerea)

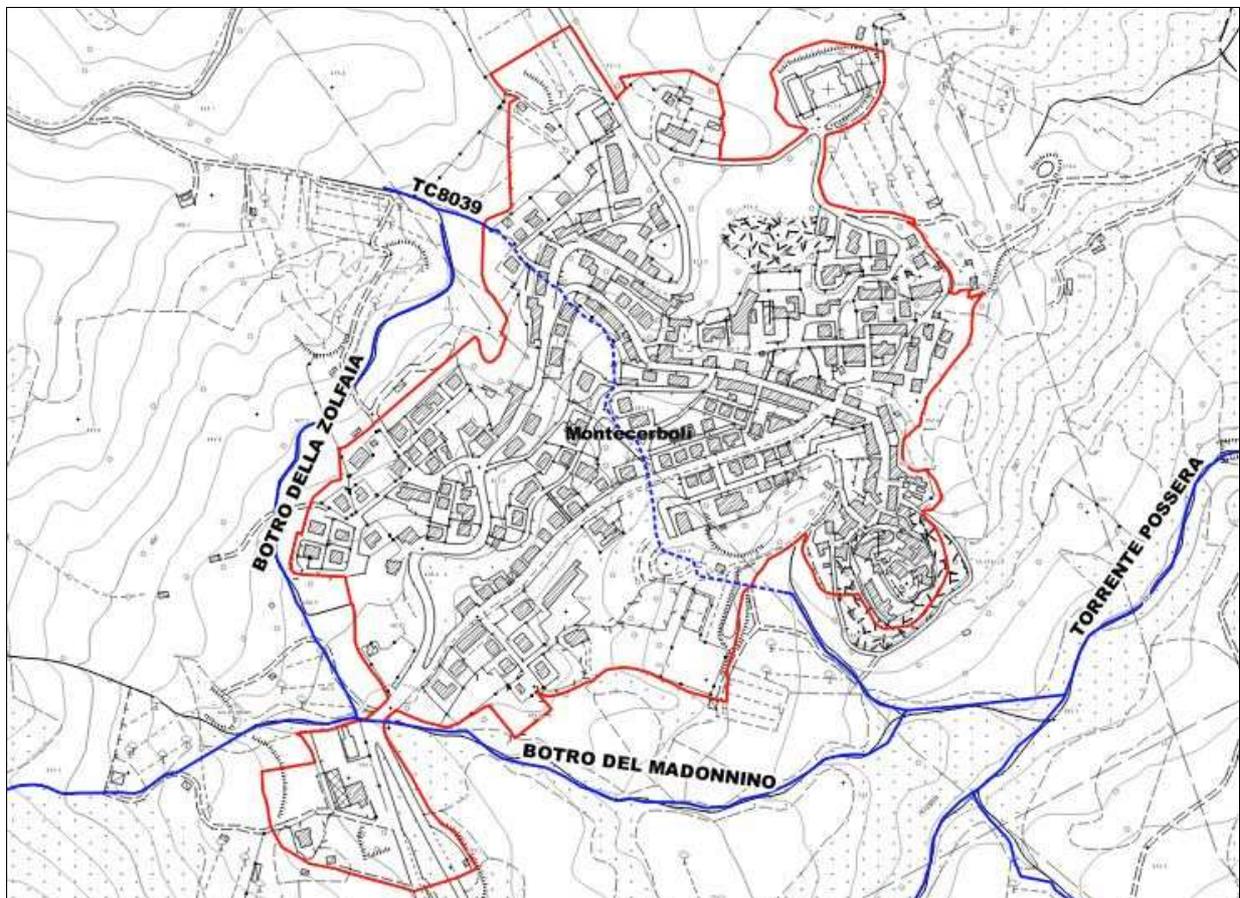


Fig. 5 – Territorio Urbanizzato e reticolo idrografico in Loc. Montecerboli (su CTR 10k)

### 2.1.3 Reticolo interferente in Loc. Larderello (Pomarance)

La località di Larderello è attraversata dal Torrente Possera e da alcuni suoi affluenti minori.

Tutta l'area urbana di Larderello nonché quella delle centrali geotermiche e attività correlate sono inseriti all'interno del limite del Territorio Urbanizzato; ve ne fa parte anche un'ampia porzione di territorio boscato o comunque non edificato, ma attraversato da condotte ed altri impianti tecnologici.

A differenza delle altre frazioni del territorio comunale di Pomarance, capoluogo compreso, in cui il perimetro del TU segue in modo piuttosto preciso le attuali zone edificate, a Larderello questo perimetro è molto ampio perché va a ricomprendere l'insieme di tutti i servizi ed impianti riconducibili all'attività estrattiva; si tratta infatti di un'area ad accesso per lo più interdetto.

La zona è caratterizzata da un forte dislivello tra il fondovalle del Torrente Possera e la parte collinare d'intorno; lo stesso corso d'acqua mostra una certa pendenza, tanto che lungo l'asta sono presenti anche numerosi salti idraulici.

Per quanto detto, l'interferenza tra Territorio Urbanizzato e corso d'acqua risulta solo a livello planimetrico, come mostra la successiva figura, ma nella sostanza non si ritengono necessari particolari approfondimenti di indagine.

Del resto, non si hanno notizie storiche di particolari problematiche idrauliche determinate dal Torrente Possera sulle aree urbanizzate, anche in caso di eventi di piena importanti che si sono verificati. Il corso d'acqua presenta infatti un alveo piuttosto ampio ed incassato, ed è capace di contenere anche portate di piena significative; le stesse perimetrazioni della pericolosità da alluvione del PGRA non eccedono le strette adiacenze dell'alveo fluviale.

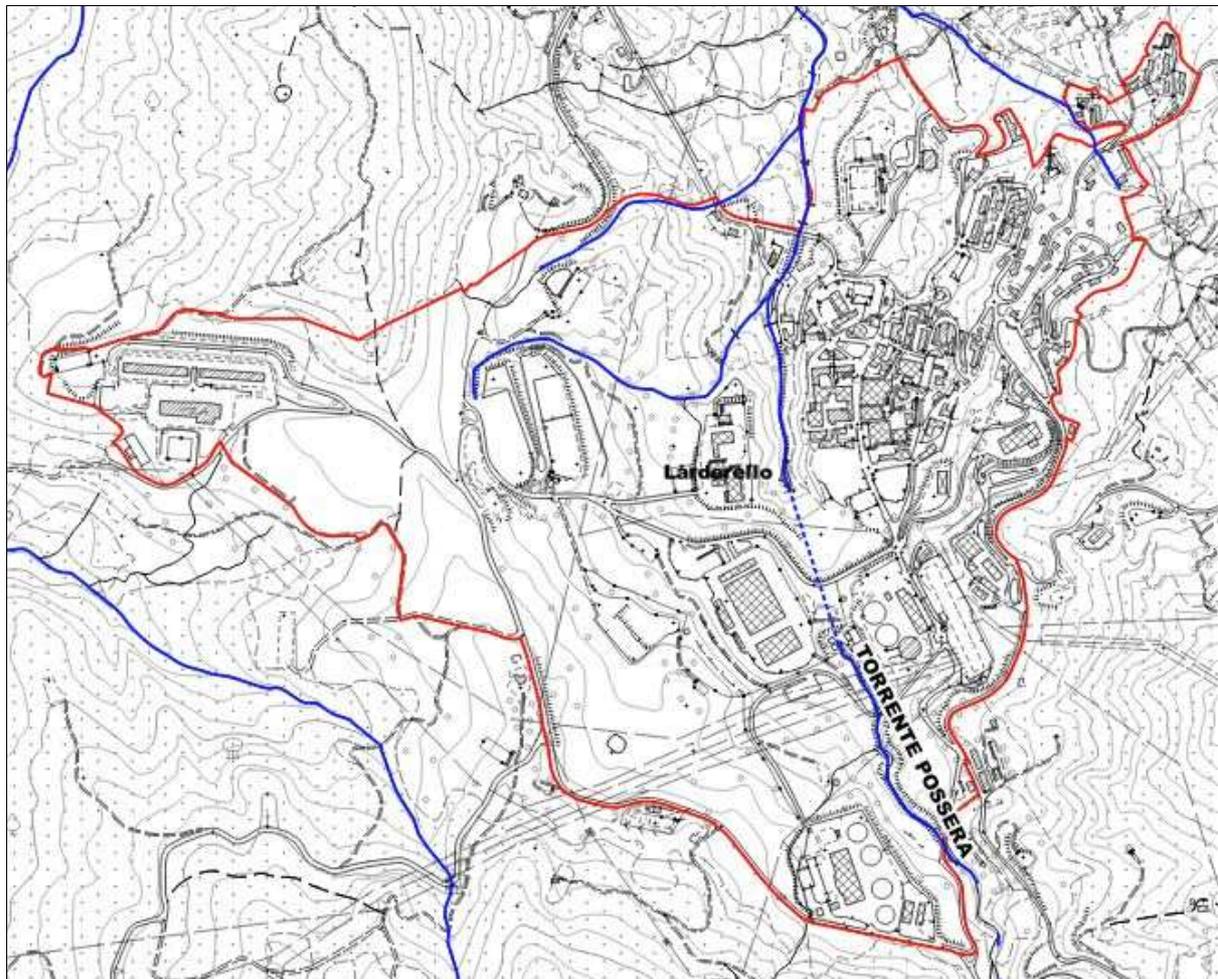


Fig. 6 – Territorio Urbanizzato e reticolo idrografico in Loc. Larderello (su CTR 10k)

### 2.1.4 Reticolo interferente in Loc. Pian della Macie (Pomarance)

Si ritiene opportuno citare anche l'importante area produttiva (impianto di lavorazione inerti) presente lungo l'asta del Fiume Cecina in Loc. Pian delle Macie.

Benché esterna al limite del Territorio Urbanizzato, questa è sicuramente una delle aree maggiormente strategiche del territorio comunale di Pomarance.

Essa, oltre al Fiume Cecina, è lambita anche da altri due corsi d'acqua minori.

In questo tratto il Fiume Cecina (a valle della confluenza con il Torrente Fosci) è classificato come *reticolo principale* dalla Disciplina del Piano di Gestione del Rischio Alluvioni dell'Autorità di bacino Distrettuale dell'Appennino Settentrionale (Allegato 4).

In quanto tale, gli studi idraulici finalizzati alla revisione delle mappe del PGRA devono essere condotti secondo determinati criteri metodologici e lungo tratti fluviali significativi, sotto il coordinamento del Distretto Appennino Settentrionale ed in collaborazione/condivisione con tutti i comuni interessati.

Trattandosi anche di aree esterna al TU, quindi esclusa dal campo di indagine stabilito dal D.P.G.R. 5R/2020, il Comune di Pomarance ha al momento rimandato l'effettuazione di uno studio idraulico aggiornato sul Fiume Cecina nel tratto comunale, compreso quello di Pian delle Macie.

Di seguito è mostrato un estratto planimetrico dell'area in oggetto posta in sinistra idraulica del Fiume Cecina, con individuazione di tutto il reticolo interferente.



Fig. 7 – Territorio Urbanizzato e reticolo idrografico in Loc. Pian delle Macie (su foto aerea)

### **2.1.5 Reticolo interferente in Loc. Monteverdi (Monteverdi Marittimo)**

Anche il capoluogo di Monteverdi Marittimo si sviluppa prevalentemente su un rilievo collinare, e quindi non presenta grandi interferenze con il reticolo idrografico.

L'unica asta fluviale che attraversa il Territorio Urbanizzato è quella del Botro Pelato, che passa nella parte Ovest dell'area urbana, quella di più recente edificazione.

Analogamente ai corsi d'acqua di San Dalmazio e Montecerboli, anche il Botro Pelato a Monteverdi Marittimo presenta un tratto tombato sotto una viabilità di realizzazione abbastanza recente.

Secondo la rappresentazione del reticolo regionale, il tracciato del corso d'acqua è correttamente riportato, ma non viene indicato il tratto tombato.

Questo corso d'acqua giunge all'imbocco del tombamento con notevole pendenza e senza particolari protezioni, tanto che, nonostante le piccole dimensioni del bacino, non sono da escludersi problematiche di possibile ostruzione e fuoriuscite.

E' stata perciò eseguita un'apposita modellazione idraulica con criteri analoghi a quelli adottati per gli altri corsi d'acqua, come illustrato nel relativo capitolo.

Di seguito sono riportate due planimetrie (su foto aerea e su C.T.R. in scala 1:10.000) che mostrano lo sviluppo del reticolo idrografico in Loc. Monteverdi Marittimo ed il perimetro del TU.



Fig. 8 – Territorio Urbanizzato e reticolo idrografico in Loc. Monteverdi Marittimo (su foto aerea)

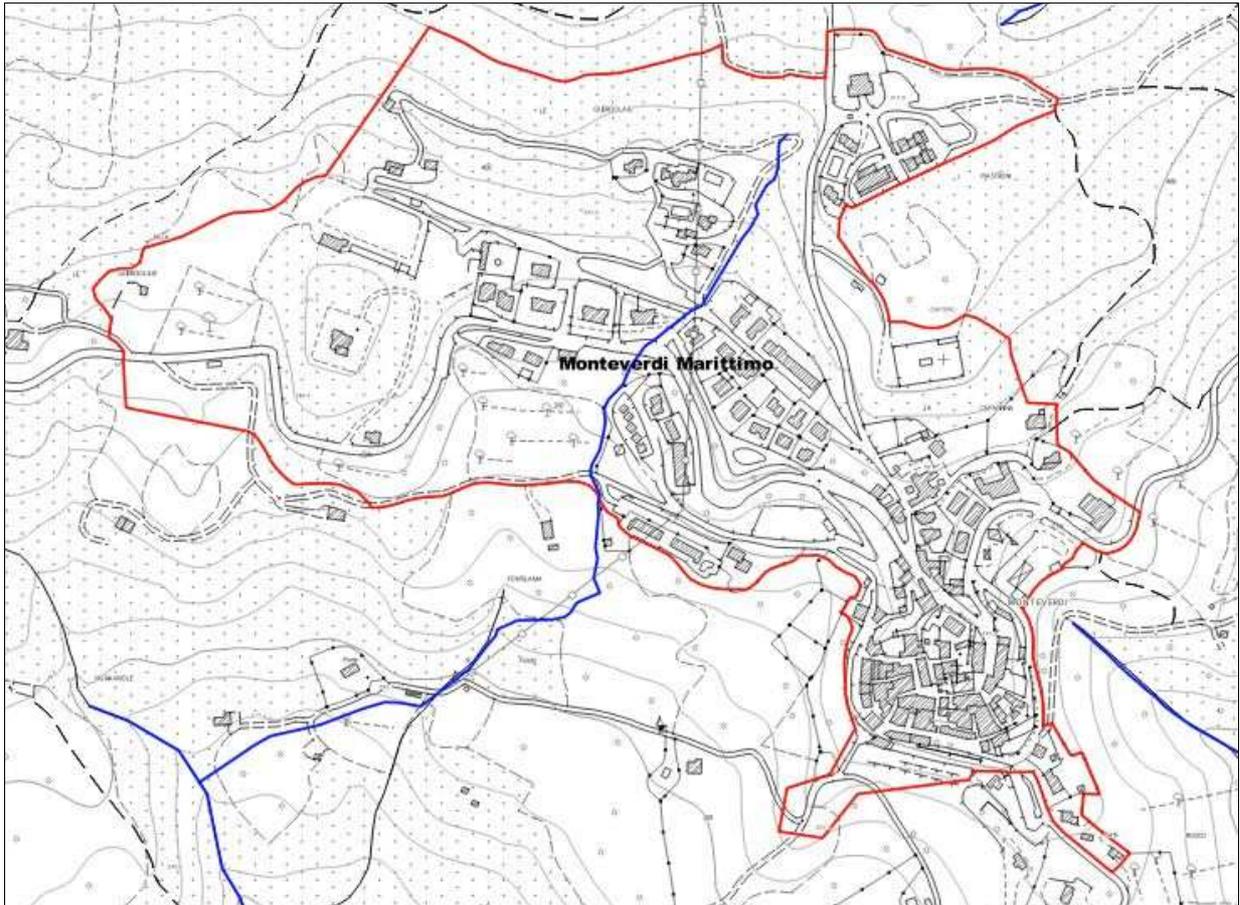


Fig. 9 – Territorio Urbanizzato e reticolo idrografico in Loc. Monteverdi Marittimo (su CTR 10k)

### **2.1.6 Reticolo interferente in Loc. Canneto (Monteverdi Marittimo)**

Il reticolo interferente in Loc. Canneto è costituito da una serie di piccoli fossi provenienti dal versante collinare ad Ovest della frazione, che, a valle di essa, recapitano le proprie acque nel Torrente Rinotri.

Tutti questi corsi d'acqua presentano attraversamento e/o tratti tombati potenzialmente critici.

Partendo da Nord, si incontra il fosso indicato dal reticolo idrografico regionale con il codice TC9235. Esso risulta tombato per un lungo tratto da Via Pertini fino a valle del parcheggio lungo la Strada Provinciale dei Quattro Comuni, a Nord del centro storico.

Più a valle scorre il fosso TC9273, che interferisce con l'edificato più recente di Canneto.

Esso risulta tombato a partire dalla S.P. n. 329 e torna a cielo aperto abbondantemente più a valle, ad Ovest dell'abitato.

Infine c'è il Botro delle Capannacce, che lambisce il limite del TU nella parte Sud; esso presenta solo un breve tratto tombato di alcune decine di metri a partire dal secondo attraversamento della S.P. n. 329, ma il nodo più critico è rappresentato dall'attraversamento più a monte, sempre sotto la S.P. n. 329, il cui imbocco è di dimensioni molto ridotte.

Nel loro passaggio attraverso Canneto questi corsi d'acqua ricevono anche le acque del sistema fognario e di altri piccoli fossi di scolo delle acque meteoriche; uno di essi, posto tra il fosso TC9273 e il Botro delle Capannacce, è di maggior interesse in quanto dotato di un bacino di dimensioni apprezzabili, per gran parte tombato ed anch'esso attraversa la S.P. n. 329 con tombino di piccole dimensioni.

Tutti questi corsi d'acqua, eccetto l'ultimo citato, appartengono al reticolo idrografico regionale.

I tracciati di questi corsi d'acqua, secondo il reticolo idrografico regionale, paiono sostanzialmente coerenti con quelli effettivi, anche se il database regionale non riporta il lungo tombamento del fosso TC9273.

In questo lavoro si è provveduto a modellare questo reticolo, pur sotto delle ipotesi semplificative, ma cautelative.

Di seguito sono riportate due planimetrie (su foto aerea e su C.T.R. in scala 1:10.000) che mostrano lo sviluppo del reticolo idrografico in Loc. Canneto ed il perimetro del TU.



Fig. 10 – Territorio Urbanizzato e reticolo idrografico in Loc. Canneto (su foto aerea)

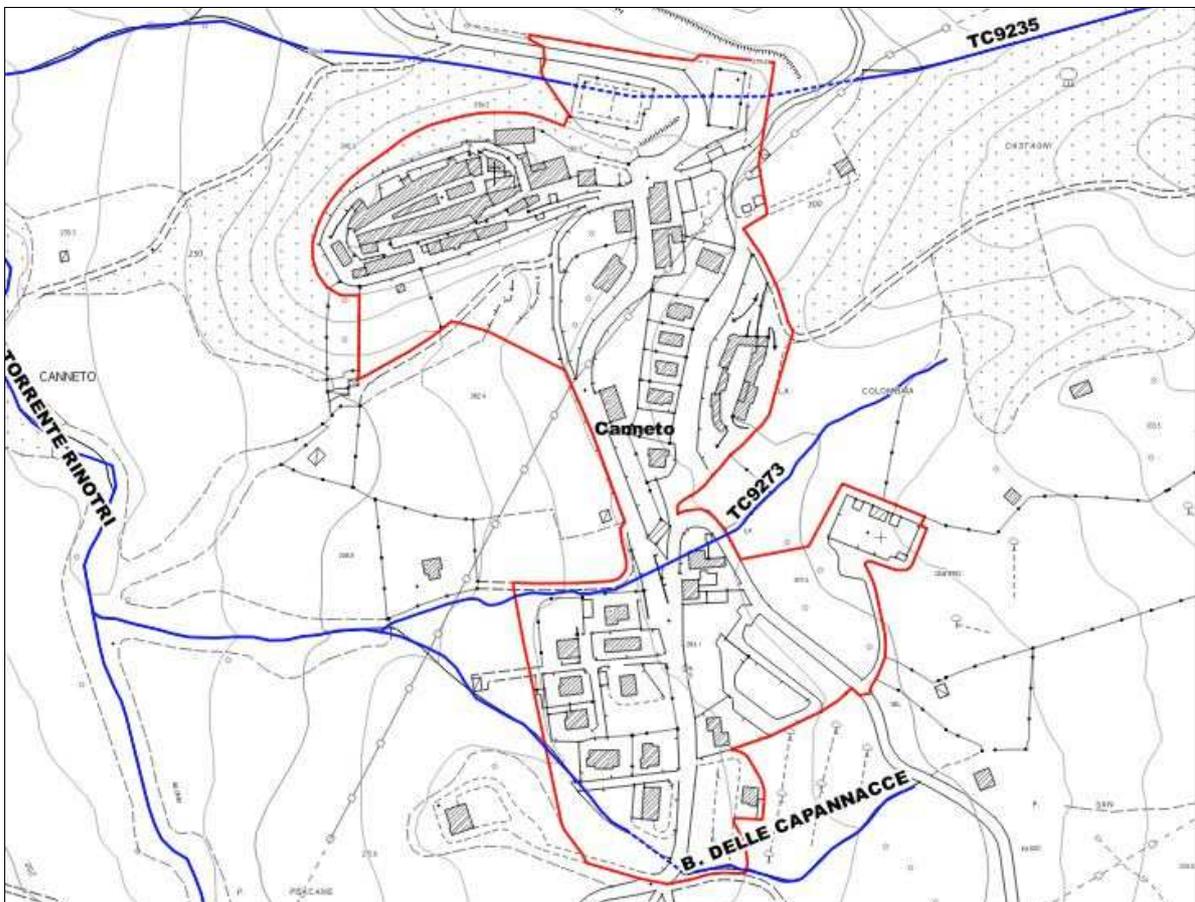


Fig. 11 – Territorio Urbanizzato e reticolo idrografico in Loc. Canneto (su CTR 10k)

## 2.2 Pericolosità da alluvione P.G.R.A. e studi pregressi

In questo paragrafo è effettuata una rapida analisi circa le vigenti perimetrazioni di pericolosità da alluvione del PGRA.

Innanzitutto è mostrato un quadro d'insieme delle pericolosità sui due territori comunali; sono mostrate anche i limiti del Territorio Urbanizzato.

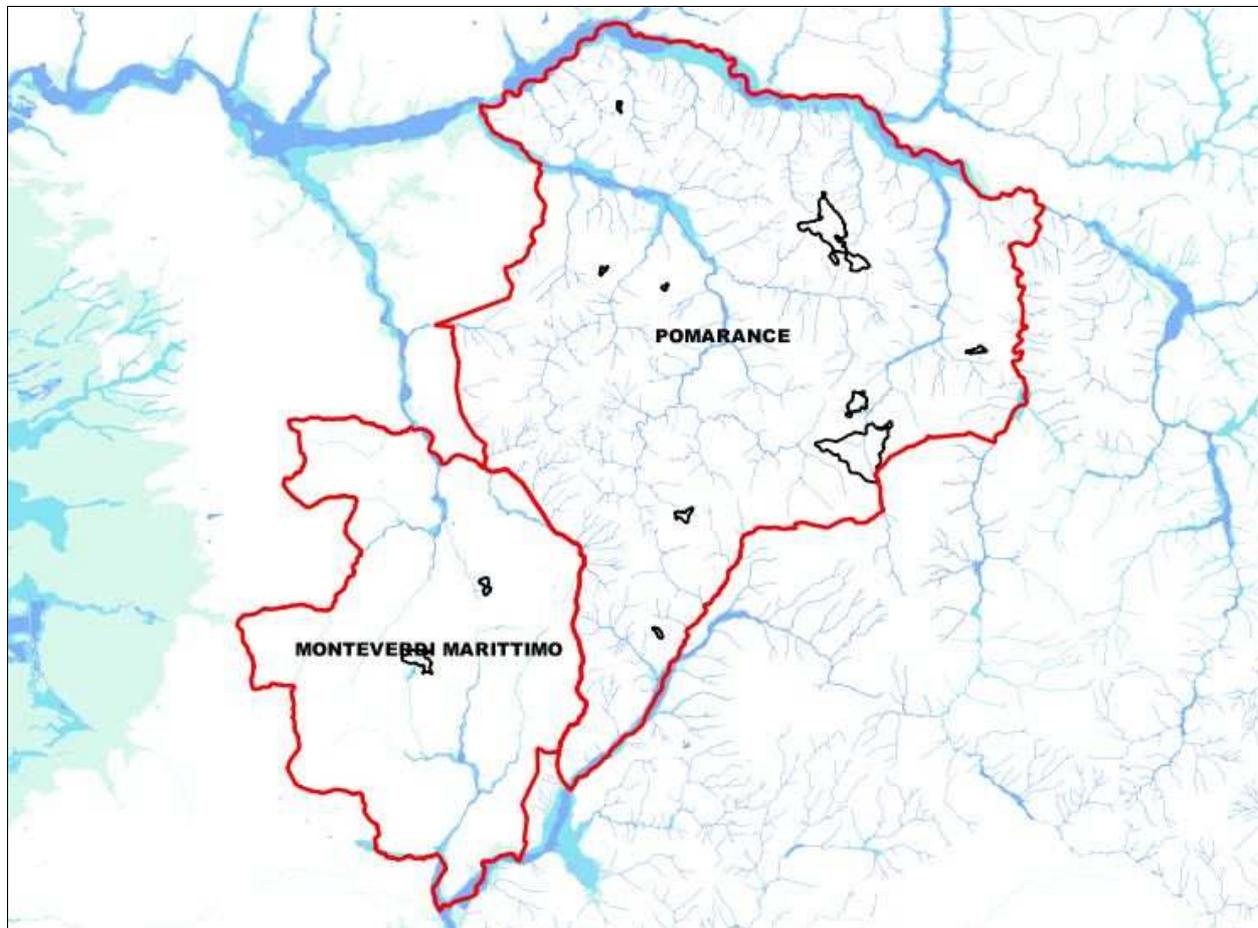


Fig. 12 – Pericolosità da alluvione del PGRA vigente sui comuni di Pomarance e Monteverdi Marittimo

Sul territorio comunale di Pomarance la pericolosità da alluvione è perimetrata per tutto il reticolo idrografico regionale.

Le perimetrazioni sono state redatte secondo criteri morfologici nell'ambito degli studi di supporto ai precedenti strumenti urbanistici comunali, ed in particolare al Regolamento Urbanistico, approvato con D.C.C. n. 67 del 07/11/2011.

Oltre alle perimetrazioni su base morfologica, sul territorio di Pomarance si distinguono anche pericolosità da alluvione frutto di studi idraulici pregressi; in particolare si segnala la pericolosità del Fiume Cecina in Loc. Pian delle Macie, il quale è stato oggetto, negli anni, di varie verifiche idrauliche predisposte a cura delle attività produttive ivi insediate e messe a disposizione dell'Amministrazione Comunale, che ne ha introdotto i risultati all'interno della propria strumentazione urbanistica.

Sul Comune di Pomarance le attuali pericolosità da alluvione del PGRA risultano coerenti con quelle del Regolamento Urbanistico vigente.

Per quanto riguarda Monteverdi Marittimo, invece, dalla precedente figura si osserva una mappatura meno capillare del reticolo idrografico comunale.

Anche in questo caso, le perimetrazioni del PGRA (coerenti con quelle degli strumenti urbanistici comunali) derivano in parte da vecchie mappature secondo criteri morfologici e/o storico-inventariali dei corsi d'acqua principali ed in parte da verifiche idrauliche condotte sul reticolo interferente con le aree urbanizzate.

I corsi d'acqua oggetto già oggetto di studi idraulici sono gli stessi analizzati nel presente lavoro, ovvero il Botro Pelato a Monteverdi Marittimo ed il sistema di fossi in Loc. Canneto.

Lo studio del Botro Pelato è stato condotto proprio nell'ambito del Regolamento Urbanistico comunale approvato con D.C.C. n. 7 del 22/03/2012, mentre i corsi d'acqua di Canneto erano già stati studiati in precedenza, in occasione di una progettazione che ha portata anche alla realizzazione di alcuni interventi di sistemazione del reticolo.

Per entrambi i Comuni, consultando la documentazione pregressa resasi disponibile (non molta, per la verità), si conferma come il reticolo oggetto di maggiore attenzione nel passato è esattamente quello di cui, con il presente lavoro, ne è proposta una nuova revisione.

Fanno eccezione, per Pomarance, il Fiume Cecina, di cui, come detto, gli approfondimenti di indagine sono al momento rimandati, ed il reticolo idraulico in Loc. San Dalmazio, che non risulta mai stato studiato.

Dall'analisi delle perimetrazioni di pericolosità e dai sopralluoghi effettuati, si suppone invece che il reticolo idrografico in Loc. Montecerboli sia stato oggetto di precedenti valutazioni, soprattutto per quanto riguarda il Botro della Zolfaia, dal momento che vi sono stati realizzati evidenti interventi di adeguamento; a riguardo, però, non è stata reperita alcuna documentazione.

Per completezza e maggiore chiarezza, sono di seguito riportati gli estratti planimetrici di dettaglio della pericolosità da alluvione del PGRA nelle aree oggetto di indagine, ovvero presso gli abitati di San Dalmazio e Montecerboli (Pomarance), e Monteverdi Marittimo e Canneto (Monteverdi Marittimo); seguono alcuni commenti sulle perimetrazioni.

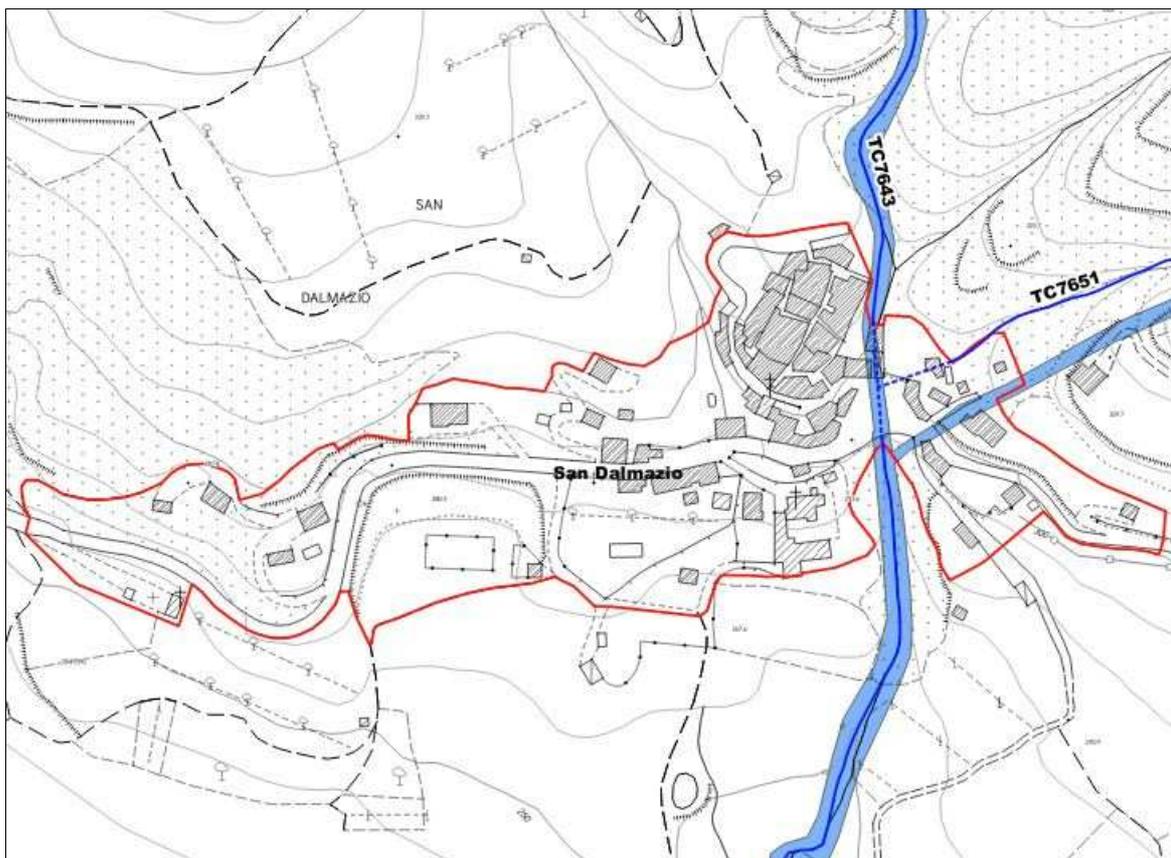


Fig. 13 – Pericolosità da alluvione del PGRA vigente in Loc. San Dalmazio (Pomarance)

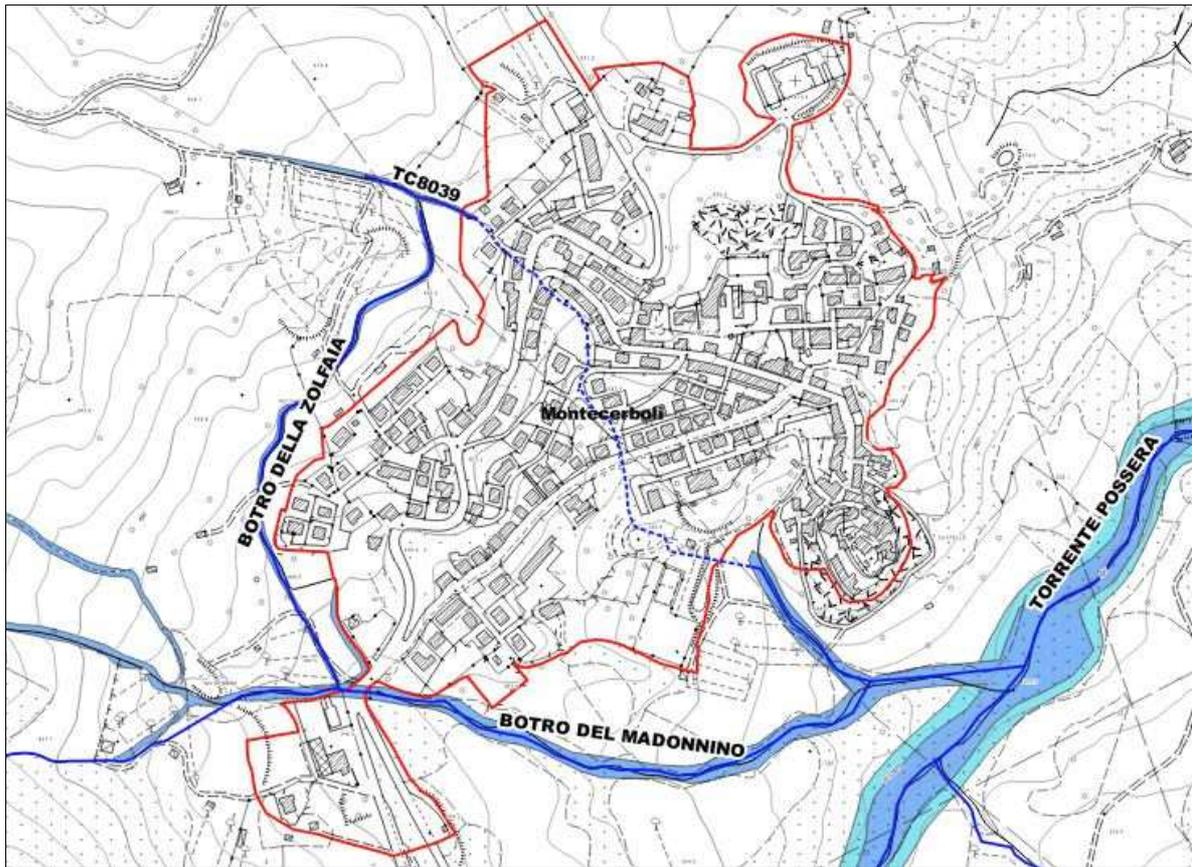


Fig. 14 – Pericolosità da alluvione del PGRA vigente in Loc. Montecerboli (Pomarance)

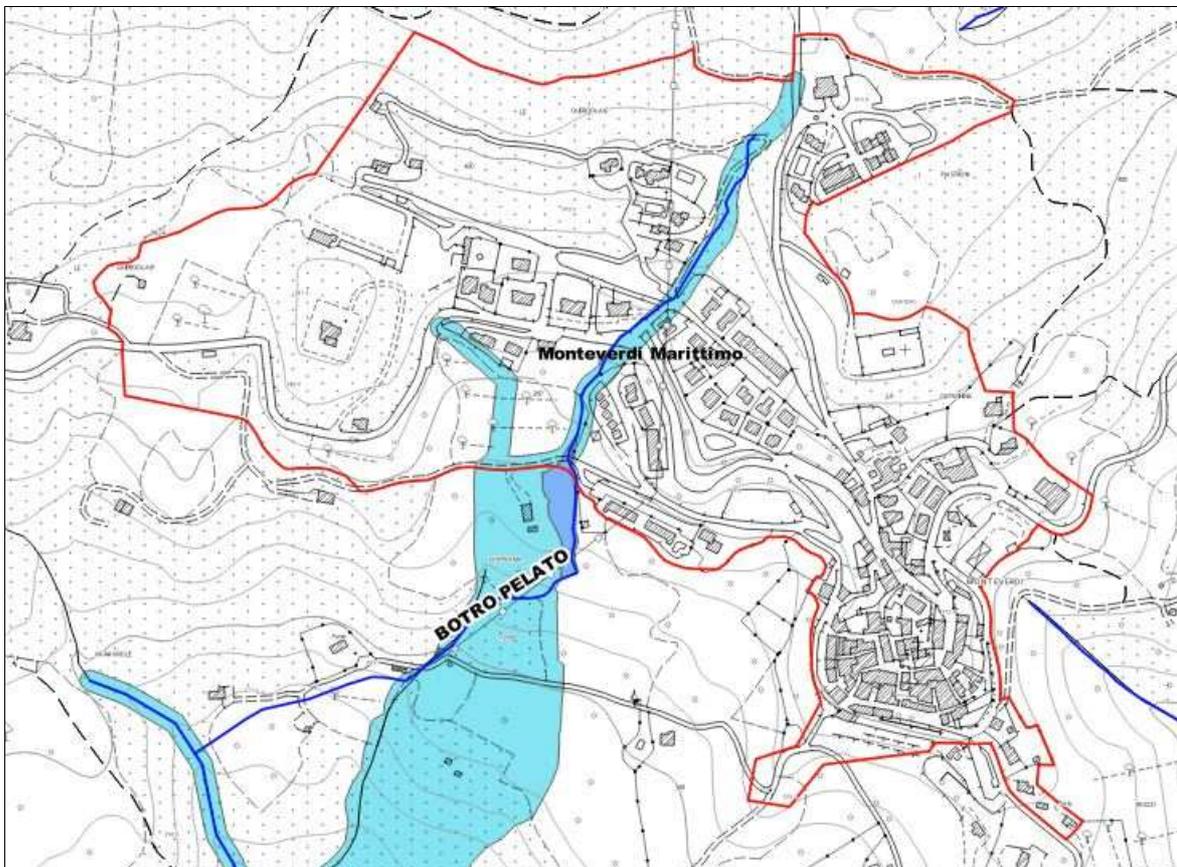


Fig. 15 – Pericolosità da alluvione del PGRA vigente in Loc. Monteverdi Marittimo

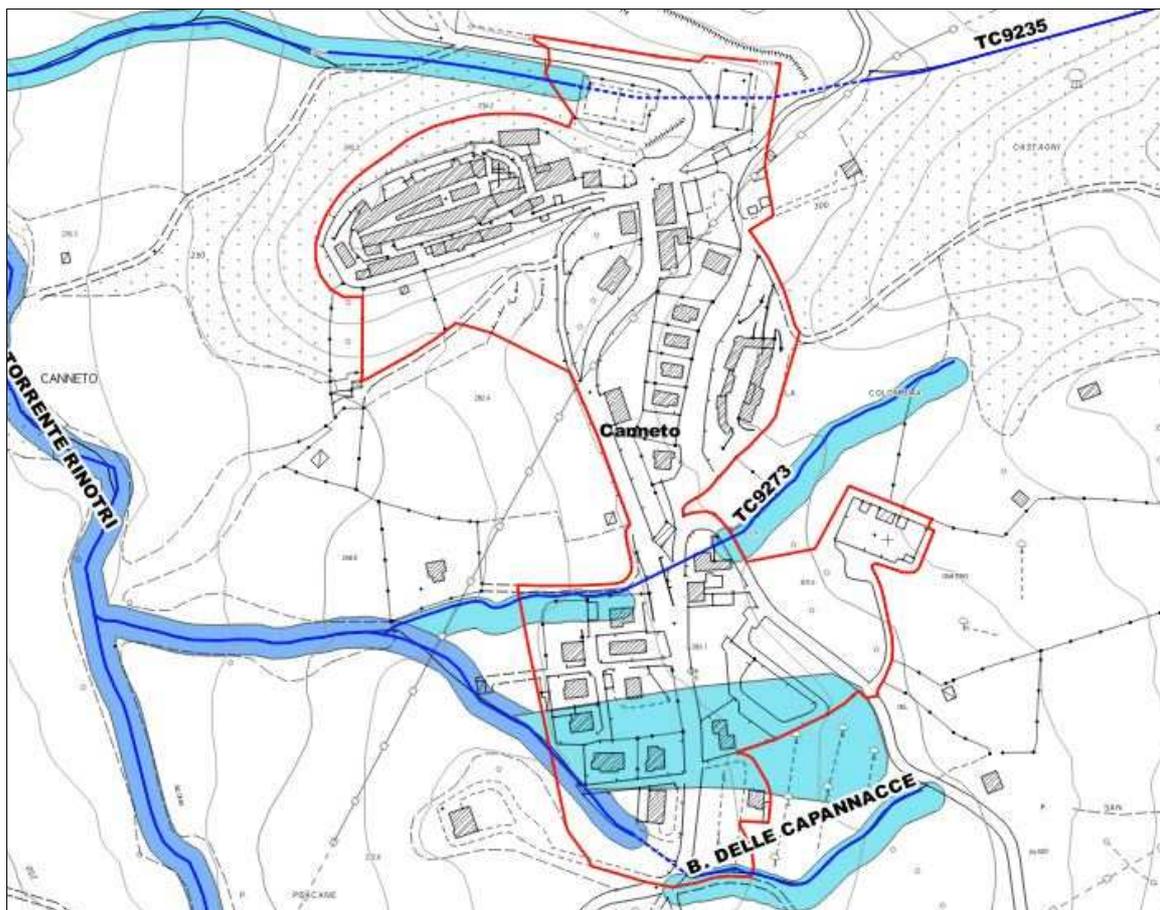


Fig. 15 – Pericolosità da alluvione del PGRA vigente in Loc. Canneto (Monteverdi Marittimo)

Con riguardo alle precedenti figure si possono fare alcune considerazioni.

Per la zona di San Dalmazio (Fig. 12) le aree allagate dei due corsi d'acqua si limitano a dei *buffer* a ridosso degli alvei, ma per il fosso TC7651 l'area bagnata sembra mal posizionata; non è però da escludere che si sia voluto mappare una piccola strada ad elevatissima pendenza lungo la quale, in caso di piogge intense, si può verificare un significativo scorrimento d'acqua. Questa perimetrazione dovrà comunque essere aggiornata.

Anche nella zona di Montecerboli (Fig. 13) le aree bagnate si limitano a fasce di pericolosità P3 a ridosso dei corsi d'acqua.

Da queste perimetrazioni si evince un'assegnazione con criteri morfologici e non frutto di verifiche idrauliche.

Presso il capoluogo di Monteverdi Marittimo (Fig. 14) le pericolosità lungo il Botro Pelato sono, in modo evidente, il risultato di uno studio idraulico, ovvero di quello redatto a supporto del R.U. del 2012.

Le perimetrazioni, in prevalenza P2, seguono comunque in modo abbastanza fedele le aste (anche quella ad Ovest del Botro Pelato, non appartenente al reticolo regionale), per poi ampliarsi nell'area agricola a valle dell'abitato.

Come per Monteverdi, anche a Canneto (Fig. 15) le pericolosità del PGRA sono tracciate in parte mediante *buffer*, ed in parte con una mappatura più ampia all'esito di verifiche idrauliche di dettaglio. Anche in questo caso prevale la pericolosità da alluvione media P2.

## 2.3 Approccio metodologico e articolazione del lavoro

In questo paragrafo sono sviluppate alcune puntualizzazioni circa l'approccio tecnico-metodologico adottato nel presente lavoro, sia sul piano della modellistica idrologica che idraulica.

Le scelte metodologiche effettuate partono dall'analisi delle caratteristiche del reticolo idrografico e delle sue potenziali criticità; inoltre tali scelte dipendono anche dall'osservazione del quadro conoscitivo attuale e dalle modalità con cui, in passato, sono stati eseguiti gli studi idraulici su determinati corsi d'acqua.

In calce al paragrafo precedente sono state sviluppate alcune considerazioni circa l'origine delle perimetrazioni della pericolosità da alluvione vigente.

Si è visto che in alcuni casi le mappature pregresse derivano dall'applicazione di criteri morfologici, come consentito dall'ex D.P.G.R. 26R/2006 sulla base del quale erano stati effettuati gli studi di supporto ai Regolamenti Urbanistici dei due Comuni.

E' evidente che le verifiche idrauliche mediante modellazione, laddove necessarie e/o possibili, rappresentino un'evoluzione ed un passo avanti nella conoscenza del territorio e nella mappatura dei fenomeni alluvionali rispetto alle perimetrazioni su base morfologica e/o storico-inventariale.

Ma al di là del doveroso aggiornamento idrologico (gli studi del passato sono basati su dati idrologici ormai superati), anche la modellazione idraulica dei corsi d'acqua deve adesso tenere conto di aspetti a cui un tempo veniva prestata meno attenzione.

E nel caso dei corsi d'acqua in esame, l'elemento sempre trascurato negli studi precedenti è legato alla possibile inefficienza dei numerosi attraversamenti e tratti tombati presenti lungo il reticolo; questo elemento assume una grande rilevanza proprio nei casi come questo, ovvero di corsi d'acqua di piccole dimensioni dotati di restringimenti potenzialmente soggetti ad ostruzione in caso di eventi di piena significativi.

Negli studi del passato è sempre stata supposta la piena funzionalità idraulica di tutti gli attraversamenti e di tutti i tombamenti; ciò lo si evince dalla forma e dall'estensione delle perimetrazioni di pericolosità da alluvione vigente, che non tenendo conto di questo fenomeno risultano talvolta non particolarmente cautelative.

L'elemento di novità introdotto con il presente lavoro è quello di approcciare alla modellazione idraulica ipotizzando la completa ostruzione delle sezioni di imbocco dei tombamenti (spesso di dimensioni molto ridotte) e/o di alcuni attraversamenti stradali.

Questa scelta, come detto, segue sicuramente un indirizzo di cautela, ma come spesso dimostrano anche i fenomeni alluvionali reali, rappresenta talvolta anche il miglior modo per riprodurli.

Condividendo la scelta con il Settore Genio Civile Valdarno Inferiore, si è quindi optato per trascurare la modellazione monodimensionale delle piccole aste in esame, e di concentrarsi sulle dinamiche di allagamento a partire dai punti di possibile fuoriuscita, ovvero le sezioni di ingresso di tombini e tombamenti.

Sono disponibili alcuni studi, come ad esempio quello dell'*Australian Rainfall e Runoff (ARR), Project 11, Blockage of Hydraulic Structures*, che definiscono, pur con un certo grado di incertezza, le modalità per valutare la possibile ostruzione dei tombini; applicando questi dettami ai tombini presenti lungo il reticolo in esame (tombini, se circolari, di diametro sempre inferiore a 1 mt) la totalità di essi risulterebbe potenzialmente ostruita al 100% sia per eventi con tempo di ritorno di 30 anni che di 200 anni.

Quindi, anche con il conforto "scientifico" di pubblicazioni che trattano il tema, si ritiene corretto proporre modellazioni idrauliche che tengano conto di questi potenziali fenomeni.

A questo punto, la modellazione monodimensionale degli alvei di questi piccoli corsi d'acqua assume un valore marginale.

Per quanto detto, dal momento che tutti i corsi d'acqua in esame sono dotati di tombamenti o "attraversamenti lunghi", potenzialmente bloccati, si è proceduto predisponendo modellazioni puramente bidimensionali applicando gli input idrologici direttamente a campagna, sulla base 2D.

E come base 2D è stato utilizzato il recente rilievo Lidar "DTM/DSM da rilievo LiDAR" – di titolarità IRS s.r.l. concesso in uso a Regione Toscana, risalente all'anno 2021.

Per quanto riguarda invece l'analisi idrologica si è fatto ricorso ad un approccio già sovente condiviso per studi idrologico-idraulici su corsi d'acqua di questo tipo.

Per tutti i bacini in esame è stato adottato il medesimo metodo di calcolo.

I fondamenti teorici dell'analisi idrologica sono illustrati nel successivo Cap. 3.

Nei successivi capitoli relativi ai sub-modelli sono poi riportate tutti le parametrizzazioni utilizzate, e gli idrogrammi di piena stimati per ciascun bacino di interesse.

In ragione delle scelte effettuate riguardo la modellistica idraulica (modelli puramente bidimensionali con input idrologico a campagna), l'analisi idrologica si è limitata a considerare solo i bacini di monte, ovvero quelli che, in tutti i casi in esame, si sviluppano a tergo delle aree urbanizzate.

Infatti, ipotizzando l'ostruzione dei tombini di sottoattraversamento di strade o fabbricati, le possibili problematiche idrauliche scaturiscono da monte, ed i contributi di valle risultano trascurabili; peraltro, in molti casi non è neanche noto se, e come, gli apporti idrologici a valle dei tombamenti vi confluiscono, anche in ragione delle forti pendenze e dei dislivelli che caratterizzano le zone di studio.

Oltre agli aspetti idrologici, nei capitoli delle singole verifiche idrologico-idrauliche sono proposte anche ulteriori precisazioni circa le singolarità di ciascun corso d'acqua, mostrate alcune fotografie di elementi degni di attenzione, ed illustrata la modellazione idraulica con i relativi risultati.

Prima dei capitoli specifici, però, sono anticipati alcuni aspetti generali della modellazione idraulica, comuni a tutti i casi di studio (Cap. 4).

### 3. IDROLOGIA

In questo capitolo è illustrato l'approccio metodologico utilizzato per l'analisi idrologica dei corsi d'acqua in esame.

Il criterio adottato è quello del metodo SCS, sia per la depurazione delle piogge (basata sul parametro *Runoff Curve Number*), che per la trasformazione afflussi-deflussi (idrogramma unitario adimensionale SCS), ritenuto più pertinente per la specificità dei bacini in esame.

Per l'analisi idrologica di tutti i corsi d'acqua e bacini di interesse è stato predisposto un modello idrologico unico, adottando come solutore delle equazioni di calcolo il software HEC HMS.

Per quanto riguarda gli aspetti pluviometrici, sono stati implementati i dati dello studio *Analisi di frequenza regionale delle precipitazioni estreme* (Regione Toscana, 2014), che fornisce i valori dei parametri  $a$  ed  $n$  delle linee segnalatrici di possibilità pluviometrica come *raster* a maglie di 1 kmq, elaborabili in ambiente *Gis*.

L'afflusso meteorico (altezza lorda di precipitazione) su un bacino di riferimento, per un dato tempo di ritorno e una data durata di pioggia, è stimato attraverso la seguente relazione:

$$h = a \cdot t^n \quad (1)$$

con  $a$  ed  $n$  caratteristiche dell'intero bacino e funzione del tempo di ritorno prescelto.

Considerato che la pubblicazione regionale fornisce i valori di  $a$  ed  $n$  sotto forma di dati discreti e diversi per celle di 1 kmq, per definire l'altezza di precipitazione su un determinato bacino idrografico risulta necessario valutare la media delle singole altezze di precipitazione di ciascuna cella ricadente all'interno del bacino stesso.

Infatti non è proceduralmente corretto mediare sul bacino i coefficienti  $a$  ed  $n$  forniti dalla Regione, bensì mediare, sempre sul bacino, la relativa altezza di pioggia  $h$ , e successivamente, se necessario, procedere a ritroso e ricavare i relativi valori di  $a$  ed  $n$  per così dire "medi" e caratteristici del bacino.

Per semplificare il calcolo ed essere comunque cautelativi, nel caso del presente studio sono state prelevate le altezze di precipitazione massime tra quelle ricadenti sui bacini stessi (viste le modeste dimensioni dei bacini, le celle insistenti su di essi risultano assai poche, e spesso con valori di  $h$  molti simili).

Per ciascuna delle varie località di studio è stata assegnata un'altezza di precipitazione comune a tutti i bacini su di essa insistenti.

I tempi di ritorno analizzati sono quelli di 30 e 200 anni.

L'analisi idrologica si è limitata a scenari di pioggia di breve durata, ovvero pari a 0.5, 1 e 2 ore. Nella maggior parte dei casi la durata critica di precipitazione dei bacini è prossima ai 30 minuti; probabilmente alcuni di essi presentano durate critiche anche inferiori, ma si è ritenuto eccessivamente forzato effettuare simulazioni con durata di pioggia troppo breve.

La seguente figura mostra la distribuzione delle altezze di precipitazione sui territori di Pomaranace e Monteverdi Marittimo nei diversi scenari di studio (TR30 e TR200 anni, e durate di pioggia variabili da 0.5 a 2 ore); sono riportati anche i bacini delle zone di studio.

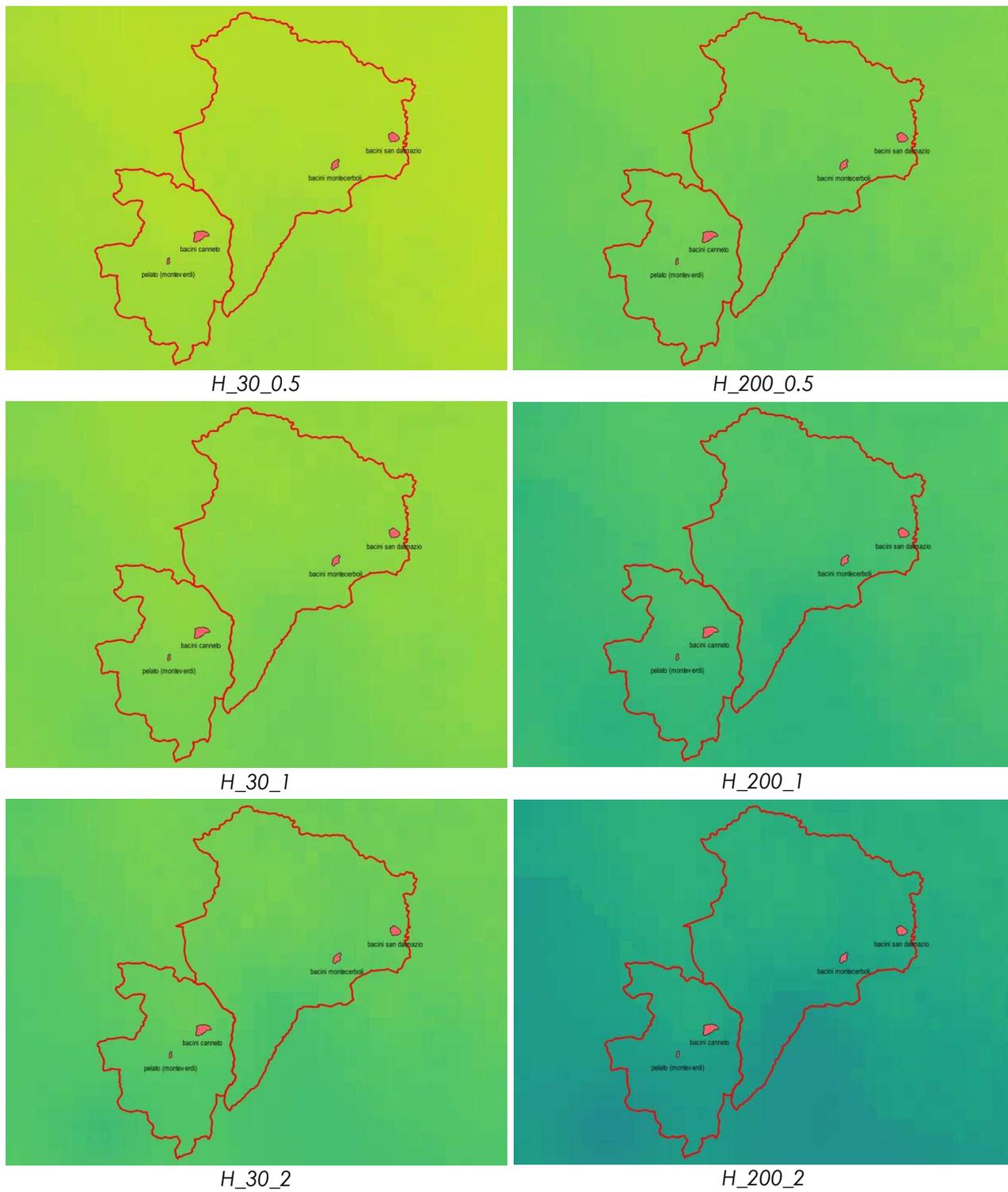


Fig. 16 – Altezze di precipitazione da LSPR regionali negli scenari considerati sui due territori comunali

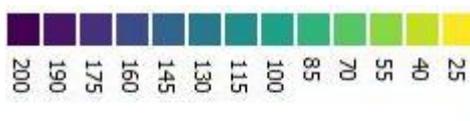


Fig. 17 – Legenda altezze di precipitazione di figura precedente (mm)

Nell'analisi idrologica l'afflusso meteorico è stato schematizzato attraverso ietogrammi di forma triangolare, con picco centrale.

Viste le modeste dimensioni dei bacini, l'afflusso meteorico non è stato ragguagliato alla superficie, adottando quindi un coefficiente di ragguaglio  $K_r$  pari ad 1.

Nel modello idrologico la trasformazione tra pioggia "lorda" e pioggia efficace, o "netta", è stata effettuata mediante la stima e l'implementazione del parametro del *Runoff Curve Number* (CN).

I valori del CN sono funzione della tessitura e dell'umidità iniziale del suolo, nonché del suo uso e/o copertura vegetale.

Il metodo SCS stima la precipitazione netta come funzione della precipitazione lorda cumulata secondo la seguente relazione:

$$P_n = \frac{(P - I_a)^2}{P - I_a + S} \quad (2)$$

in cui  $P_n$  rappresenta la precipitazione netta al tempo  $t$ ,  $P$  la cumulata lorda al medesimo tempo, e  $I_a$  la perdita iniziale (dovuta ad intercettazione e detenzione superficiale, e infiltrazione fino all'inizio dello scorrimento, mm).

$S$  rappresenta invece la cosiddetta ritenzione potenziale, ovvero il massimo volume specifico d'acqua (mm) che il terreno può trattenere in condizioni di saturazione, ed è calcolato mediante la seguente relazione:

$$S = 25.4 \cdot [(1000/CN) - 10] \quad (3)$$

in cui ritroviamo proprio il valore del *Curve Number* caratteristico del bacino.

Anche il valore di  $I_a$  è funzione del CN, secondo la seguente relazione:

$$I_a = \beta \cdot S \quad (4)$$

Al coefficiente  $\beta$  è stato assegnato il valore di 0.2, comunemente utilizzato.

Ad ogni intervallo di tempo  $t$ , la precipitazione netta  $P_n$  coincide con il valore calcolato mediante la precedente formula (2) solo per  $P > I_a$ ; in caso contrario, ovvero per  $P \leq I_a$ ,  $P_n$  sarà pari a zero.

Per quanto detto, l'unico coefficiente da cui è fatta dipendere la precipitazione netta, ad ogni intervallo di tempo, è proprio il *Curve Number*.

Per la valutazione del CN caratteristico di ogni singolo bacino in esame si è proceduto come segue.

Innanzitutto occorre specificare che il CN varia in funzione delle caratteristiche di permeabilità del terreno ed uso e copertura del suolo.

Come suggerito dallo studio del Prof. Castelli *Modellazione idrologica caso pilota. Implementazione modello distribuito per la Toscana MOBIDIC. Addendum: Parametrizzazione HMS (2014)* redatto nell'ambito dell'Accordo di Collaborazione Scientifica tra Regione Toscana e Dipartimento di Ingegneria Civile e Ambientale dell'Università di Firenze per Attività di Ricerca per la Mitigazione del Rischio Idraulico nella Regione Toscana, per l'assegnazione dei valori di CN si è fatto riferimento alle corrispondenze della seguente tabella.

Corine LIVELLO 3	SCS-CN per diversi HSG				Rif. USDA 1986
	A	B	C	D	
111 - Tessuto urbano continuo	89	92	94	95	Commercial and business (85% imp.)
112 - Tessuto urbano discontinuo	77	85	90	92	1/8 acre or less (town houses) (65% imp.)/small>
121 - Unità industriali o commerciali	81	88	91	93	Industrial (72% imp.)
122 - Reti di strade e binari e territori associati	98	98	98	98	Paved parking lots, roofs, driveways, etc.
123 - Aree portuali	98	98	98	98	Paved parking lots, roofs, driveways, etc.
124 - Aeroporti	98	98	98	98	Paved parking lots, roofs, driveways, etc.
131 - Luoghi di estrazioni di minerali	76	85	89	91	Gravel (including right of way)
132 - Discariche	81	88	91	93	Industrial (72% imp.)
133 - Luoghi di costruzione	77	86	91	94	Newly graded areas (pervious areas only, no vegetation)
141 - Aree di verde urbano	49	69	79	84	Fair condition (grass cover 50 to 75%)
142 - Strutture di sport e tempo libero	68	79	86	89	Poor condition (grass cover <50%)

211 - Seminativi non irrigati	61	73	81	84	Contoured (C)
212 - Suolo permanentemente irrigato	67	78	85	89	Straight row (SR)
213 - Risaie	62	71	78	81	Contoured & terraced (C&T)
221 - Vigneti	76	85	90	93	Crop residue cover
222 - Frutteti e frutti minori	43	65	76	82	Woods—grass combination (orchard or tree farm)
223 - Oliveti	43	65	76	82	Woods—grass combination (orchard or tree farm)
231 - Pascoli	49	69	79	84	Pasture, grassland, or range—continuous forage for grazing.
241 - Colture annuali associate a colture permanenti	61	73	81	84	Small grain
242 - Coltivazione complessa	61	73	81	84	Small grain
243 - Suoli principalmente occupati dall'agricoltura	61	73	81	84	Small grain
244 - Aree di agro-selvicultura	43	65	76	82	Small grain
311 - Foreste a latifoglie	<del>36</del>	<del>60</del>	<del>73</del>	<del>79</del>	Woods
312 - Foreste a conifere	<del>36</del>	<del>60</del>	<del>73</del>	<del>79</del>	Woods
313 - Foreste miste	<del>36</del>	<del>60</del>	<del>73</del>	<del>79</del>	Woods
321 - Prateria naturale	49	69	79	84	Pasture, grassland, or range—continuous forage for grazing.
322 - Lande e brugheria	49	69	79	84	Pasture, grassland, or range—continuous forage for grazing.
323 - Vegetazione sclerofila	35	56	70	77	Brush—brush-weed-grass mixture with brush the major element
324 - Transizione suolo boscoso/arbusti	35	56	70	77	Brush—brush-weed-grass mixture with brush the major element
331 - Spiagge, dune e piani di sabbia	46	65	77	82	12% imp.
332 - Roccia nuda	96	96	96	96	Artificial desert landscaping
333 - Aree scarsamente vegetate	63	77	85	88	Natural desert landscaping (pervious area only)
334 - Aree bruciate	63	77	85	88	Natural desert landscaping (pervious area only)
335 - Ghiacciai e nevi perenni	98	98	98	98	Impervious surfaces, water bodies
411 - Paludi interne	98	98	98	98	Impervious surfaces, water bodies
412 - Torbiere	98	98	98	98	Impervious surfaces, water bodies
421 - Paludi di sale	98	98	98	98	Impervious surfaces, water bodies
422 - Saline	98	98	98	98	Impervious surfaces, water bodies
423 - Piani intertidali	98	98	98	98	Impervious surfaces, water bodies
511 - Corsi d'acqua	98	98	98	98	Impervious surfaces, water bodies
512 - Corpi d'acqua	98	98	98	98	Impervious surfaces, water bodies
521 - Lagune costiere	98	98	98	98	Impervious surfaces, water bodies
522 - Estuari	98	98	98	98	Impervious surfaces, water bodies
523 - Mare	98	98	98	98	Impervious surfaces, water bodies

Tab. 2 – Valori del CN da "Implementazione modello distribuito per la Toscana MOBIDIC" (Accordo di collaborazione scientifica tra la R.T. e Università di Firenze, 2014).

Si osservi che le caselle relative alle superfici boscate (woods), corrispondenti ai codici *Corine* 311, 312 e 313, sono state barrate.

Questo perché è stata applicata una correzione ai valori di CN in analogia a quanto fatto in altri lavori e confermato da alcune pubblicazioni scientifiche, adottando la parametrizzazione proposta da USDA (*Tabella 9-1, National Engineering Handbook, part 630 Hydrology, Chapter 9: Hydrologic Soil Complexes*).

Ai parametri di CN relativi ai codici 311, 312 e 313 sono stati assegnati i valori di 48, 57 e 63 rispettivamente per suoli di tipo B, C e D, mentre per il suolo A è stato confermato il valore di 36.

Come si osserva dalla precedente tabella, il metodo SCS suddivide i suoli in 4 gruppi (dal gruppo A, suolo molto permeabile, al gruppo D, suolo quasi impermeabile), ed "incrocia" tali valori con le caratteristiche di uso e copertura dei suoli.

Per la classificazione dei suoli sui bacini in esame si è fatto riferimento alle indicazioni del Database Geopedologico della Regione Toscana (2017), e non alla classificazione dei suoli del Database regionale proposto dal Prof. Castelli nell'ambito del citato *studio Implementazione di modello idrologico distribuito per il territorio toscano (suoli\_toscana.shp)*. Questa scelta è stata effettuata in continuità con quanto già fatto in altri studi, ed anche perché questa seconda classificazione pare meno diversificata e dettagliata rispetto a quelle del Database Geopedologico.

Si noti che il Database Geopedologico non assegna classi di suolo alle aree urbane; ad esse, in via cautelativa, è stata assegnata la classe a minore permeabilità (D).

La distribuzione delle classi di suolo sui bacini in esame è mostrata nei capitoli relativi alle singole verifiche idrologico-idrauliche.

Per la classificazione dell'uso del suolo si è invece fatto riferimento al Database regionale di Uso e Copertura del Suolo, nella versione dell'anno 2019 (UCS 2019).

Anche in questo caso, la distribuzione delle classi di uso del suolo (codici *Corine*) sui bacini in esame è mostrata nei capitoli specifici.

Una volta ricavate le distribuzioni delle classi di suolo SCS (da Database Geopedologico) e di uso e copertura del suolo (da UCS2019) si è proceduto incrociando i dati sulla base della precedente Tab. 2 (con variante per le aree boscate) ottenendo i relativi valori medi di CN per tutti i bacini di studio.

Questi valori si riferiscono però al CN II (condizioni di media umidità del suolo), pertanto è stata implementata la seguente formulazione:

$$CN(III) = \frac{23 CN(II)}{10 + 0.13CN(II)} \quad (5)$$

ed ottenuti i valori finali di CN III (condizioni di elevata umidità del suolo) per tutti i bacini in esame.

Applicando dunque le precedenti **(2) (3) (4)** mediante apposito modello idrologico con HEC HMS 4.6.1 a partire da un afflusso meteorico di forma triangolare è stata calcolata la precipitazione netta su ciascun bacino.

Come anticipato, anche per la trasformazione da afflussi meteorici a deflussi di piena si è fatto ricorso al metodo SCS, che si basa sull'applicazione dell'idrogramma unitario adimensionale.

Esso è rappresentato nella seguente figura.

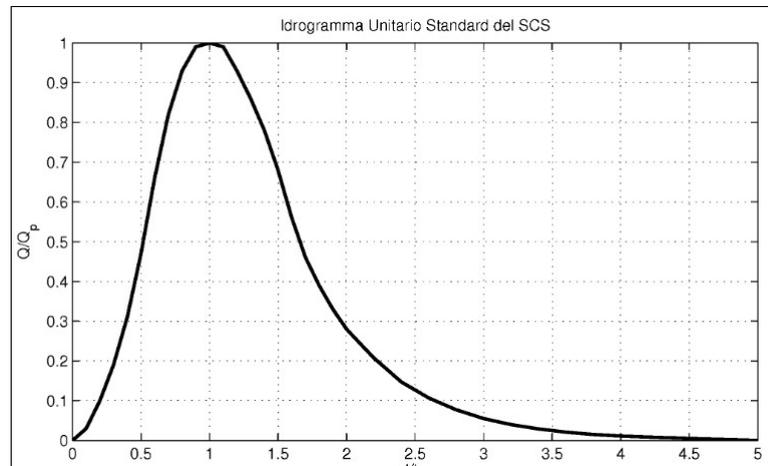


Fig. 18 – Idrogramma unitario adimensionale SCS

Il tempo di picco di detto idrogramma è funzione del tempo di ritardo  $T_l$ , che a sua volta è legato al tempo di corrivazione  $T_c$  del bacino, secondo la seguente relazione:

$$T_l = 0,6 T_c \quad (6)$$

Per il calcolo del tempo di corrivazione sono state valutate diverse formulazioni empiriche di uso comune, fondate su dati geomorfologici caratteristici dei bacini idrografici.

I tempi di corrivazione (ore) sono stati calcolati mediante i seguenti metodi:

#### SCS

$$T_c = 0,342 \cdot L_{max}^{0,8} \cdot (1000/CN-9)^{0,7} \cdot i_{bac\%}^{-0,5} \quad (7)$$

#### PEZZOLI

$$T_c = 0,55 \cdot L \cdot i_{asta\%}^{-0,5} \quad (8)$$

#### PUGLISI

$$T_c = 6 \cdot L^{2/3} \cdot (H_{max} - H_0)^{-1/3} \quad (9)$$

#### FERRO

$$T_c = 0,675 \cdot A^{0,5} \quad (10)$$

#### GIANDOTTI

$$T_c = (4 \cdot A^{0,5} + 1,5 \cdot L_{max}) / (0,8 \cdot \Delta H_{mean0}^{0,5}) \quad (11)$$

#### KIRPICH

$$T_c = (0,0662 \cdot L_{max}^{0,77} \cdot i_{percmax\%}^{-0,385}) \quad (12)$$

#### REGIONALIZZAZIONE

$$T_c = (1,66 \cdot L^{0,82} \cdot H_{mean}^{-0,188}) \quad (13)$$

in cui  $L_{max}$  (km) rappresenta la massima distanza percorsa dall'acqua,  $L$  (km) la lunghezza dell'asta principale,  $A$  (km<sup>2</sup>) la superficie del bacino,  $i_{percmax}$ ,  $i_{asta\%}$  e  $i_{bac\%}$  rispettivamente le pendenze medie, espresse in percentuale, della massima distanza percorsa dall'acqua, dell'asta principale e del bacino,  $H_{max}$ ,  $H_{mean}$  e  $H_0$  (m s.l.m.) rispettivamente l'altitudine massima e media del bacino e l'altitudine alla sezione di chiusura, e  $\Delta H_{mean0}$  (m) l'altezza media sulla sezione di chiusura.

Mediante analisi geomorfologica dei bacini in ambiente Gis sono stati calcolati tutti i parametri necessari per applicare le formulazioni sopra riportate e stimata la media.

Nei paragrafi inerenti i singoli modelli idrologico-idraulici sono riportati i valori finali dei tempi di corrvazione assunti per ciascun bacino di interesse, calcolati in base alla media aritmetica dei singoli  $T_c$  valutati mediante le precedenti espressioni.

Una volta determinato il tempo di corrvazione, mediante l'ausilio del software HEC HMS sono stati stimati gli idrogrammi di piena per le varie durate di precipitazione ed i tempi di ritorno pari a 30 e 200 anni.

A titolo puramente informativo è di seguito mostrata la schematizzazione del modello idrologico di HMS che contiene i bacini di tutte le zone di studio, benché distanti tra loro.

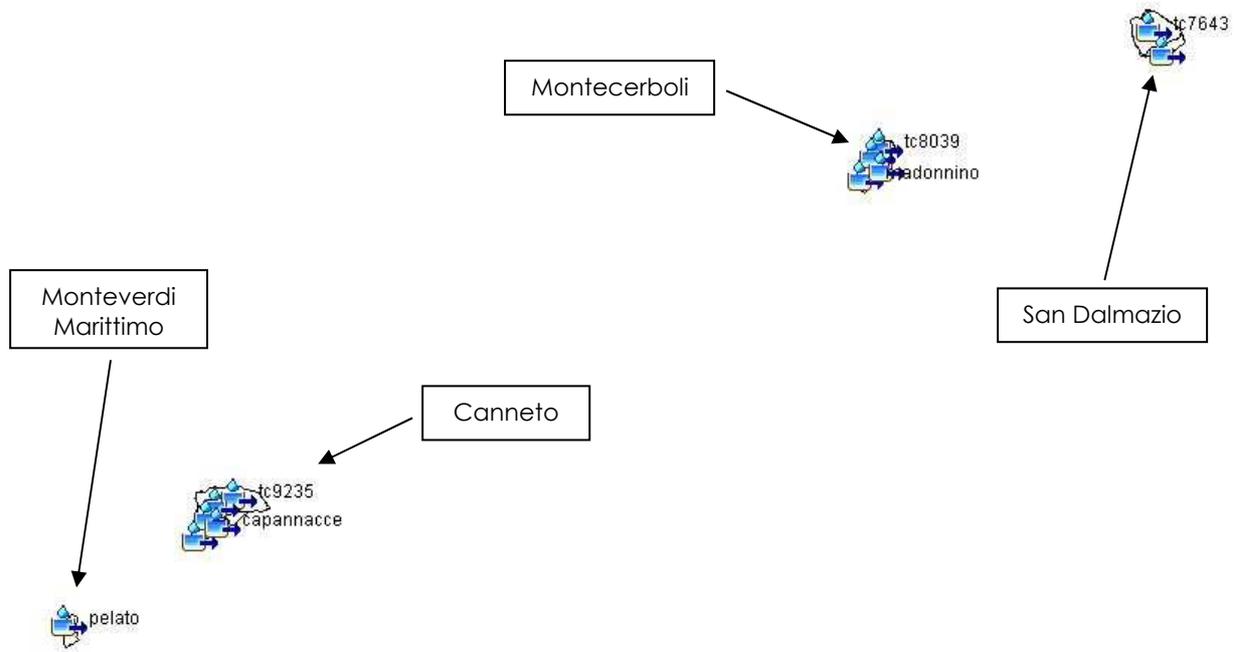


Fig. 19 – Schematizzazione del modello idrologico

## 4. MODELLISTICA IDRAULICA

L'approccio adottato per la modellistica idraulica del presente lavoro è già stato anticipato nel precedente Par. 2.3.

In questo capitolo sono puntualizzati soltanto alcuni aspetti comuni a tutti gli ambiti di studio.

Innanzitutto, vista l'omogeneità tipologica dei corsi d'acqua in esame, ed anche la modesta estensione delle aree oggetto di modellazione, si è scelto di predisporre un unico modello idraulico complessivo costituito da 4 distinti settori (San Dalmazio, Montecerboli, Monteverdi Marittimo e Canneto).

Nei successivi capitoli la modellazione di ciascun settore è illustrata separatamente, ma in realtà la base modellistica è unitaria (come nel caso del modello idrologico).

A titolo puramente informativo, è di seguito mostrato un estratto della planimetria del modello idraulico globale.

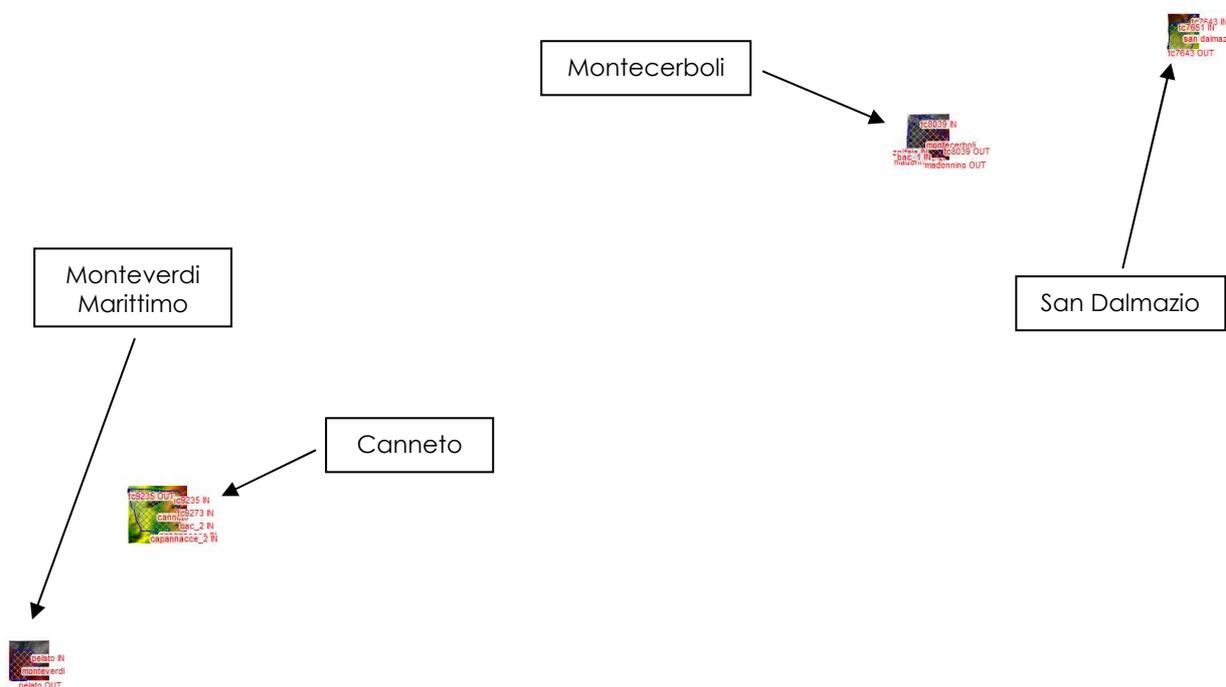


Fig. 19 – Schematizzazione del modello idraulico

In coerenza con quanto suggerito dall'Allegato 3 della Disciplina del P.G.R.A., le verifiche idrauliche sono state eseguite mediante il software non proprietario HEC RAS (versione 6.5).

Ormai comunemente utilizzato e consolidato, il codice di calcolo Hec Ras consente la risoluzione numerica delle equazioni del moto e di continuità per una corrente liquida in condizioni non stazionarie, assumendo la gradualità spazio-temporale del fenomeno e quindi valutando sia le perdite di carico distribuite che quelle localizzate (contrazione-espansione della sezione).

Al fine di non appesantire la trattazione, per maggiori dettagli circa i fondamenti teorici alla base del funzionamento e della risoluzione delle equazioni del moto vario del codice di calcolo si rimanda alla consultazione del relativo manuale d'uso, disponibile anche all'indirizzo URL <http://www.hec.usace.army.mil>.

Il codice di calcolo consente di accoppiare il modello monodimensionale d'alveo con la modellazione bidimensionale delle aree golenali e/o aree adiacenti ai corsi d'acqua.

Le equazioni che descrivono il moto bidimensionale sono quelle di De Saint Venant, derivate a partire dalla formulazione completa di Navier-Stokes.

Le equazioni si ottengono imponendo la conservazione della massa (equazione di continuità) e della quantità di moto nelle due direzioni principali  $x$  e  $y$  all'interno di un generico volume di controllo. Il software permette la modellazione bidimensionale del flusso idrico sia utilizzando le equazioni complete di De Saint Venant, sia il modello semplificato diffusivo (nel presente lavoro i nuovi modelli prevedono la risoluzione delle equazioni complete).

Le aree adiacenti al corso d'acqua sono quindi rappresentate attraverso un insieme di celle (*mesh*) strutturate o non strutturate, quindi di diversa forma e dimensione, su aree definite come *2D Flow Area*.

In caso di superamento da parte della corrente in alveo (modello monodimensionale) delle sommità arginali o dei cigli di sponda i volumi in eccesso sono trasferiti nelle celle della base 2D attraverso gli elementi di collegamento 1D-2D, ovvero le *Lateral Structure*, che seguono la legge dello stramazzo in parete grossa.

Il trasferimento "a campagna", tra cella e cella, dei volumi fuoriusciti è valutato con il metodo dei "volumi finiti", in caso di utilizzo delle equazioni complete di De Saint Venant; in alternativa, per il modello diffusivo, il software consente anche di adottare il metodo di risoluzione alle differenze finite. In entrambi i casi, lo schema risolutivo è quello semi-implicito generalizzato di Crank-Nicholson.

Per ulteriori approfondimenti circa i principi teorici del moto bidimensionale, e accoppiato, secondo lo schema di calcolo di HEC RAS si rimanda nuovamente alla consultazione del relativo manuale.

Di quanto brevemente riportato, nel presente lavoro trova applicazione solo la componente bidimensionale.

Il modello geometrico è infatti costituito essenzialmente dalla base 2D (*terrain*), suddivisa nei 4 settori di studio.

Come detto, la base bidimensionale è fondata sul rilievo LIDAR, messo a disposizione dalla società titolare della licenza attraverso la Regione Toscana per i soli enti pubblici; delle 2 rappresentazioni disponibili, il terreno è stato riprodotto mediante DTM (*Digital Terrain Model*) e non mediante DSM (*Digital Surface Model*); in realtà la volontà iniziale era quella di utilizzare entrambe le versioni e metterle a confronto i risultati, ma la rappresentazione DSM si è mostrata troppo irregolare per poter essere utile all'uopo.

Sulle 4 aree di modellazione sono state costruite le *2DFlowArea*, discretizzate mediante una *mesh* di calcolo a maglia 3x3 mt.

Per quanto riguarda la scabrezza della base 2D si è fatto riferimento alle associazioni tra codici *Corine* di uso del suolo e valori del coefficiente  $n$  di Manning di cui alla seguente tabella.

Code	Designation	n
111	Continuous urban fabric	0.230
112	Discontinuous urban fabric	0.115
121	Industrial or commercial units	0.230
122	Roads and rail networks and associated land	0.038
124	Airports	0.230
131	Mineral extraction sites	0.104
132	Dump sites	0.115
133	Construction sites	0.115
142	Sport and leisure facilities	0.023
211	Non-irrigated arable land	0.043
212	Permanently irrigated land	0.043
213	Rice fields	0.023
221	Vineyards	0.043
222	Fruit trees and berry plantations	0.043
223	Olive groves	0.043
231	Pastures	0.298
241	Annual crops associated w/permanent crops	0.043
242	Complex cultivation patterns	0.023
243	Agriculture, w/significant natural vegetation	0.058
244	Agro-forestry areas	0.058
311	Broad-leaved forest	0.230
312	Coniferous forest	0.127
313	Mixed forest	0.230
321	Natural grasslands	0.039
322	Moors and heathland	0.058
323	Sclerophyllous vegetation	0.058
324	Transitional woodland-shrub	0.058
331	Beaches, dunes, sands	0.138
332	Bare rocks	0.104
333	Sparsely vegetated areas	0.104
334	Burnt areas	0.104
411	Inland marshes	0.115
511	Water courses	0.035
512	Water bodies	0.035

Tab. 3 – Resistenza del terreno (Pestana e al., 2013), espressa come coefficiente  $n$  di Manning ( $\text{sm}^{-1/3}$ )

Tutte le verifiche idrauliche sono state eseguite rispetto ai due eventi di piena di riferimento per il D.P.G.R. 5R/2020 ed il P.G.R.A., ovvero gli eventi con tempo di ritorno di 30 e 200 anni, a cui sono fatte rispettivamente corrispondere la pericolosità per alluvioni frequenti (detta anche pericolosità da alluvione elevata, P3, secondo il P.G.R.A.) e la pericolosità per alluvioni poco frequenti (detta anche pericolosità da alluvione media, P2).

Le simulazioni di tutti i corsi d'acqua sono state eseguite, sia per TR30 che per TR200, per i seguenti scenari di precipitazione; 0.5 ore, 1 ora e 2 ore.

Anche le condizioni al contorno del modello sono state assegnate direttamente sulla base bidimensionale.

In uscita dai domini di calcolo, in corrispondenza degli alvei dei corsi d'acqua, sono state inserite delle *BCLine* assegnandovi condizioni di pendenza di moto uniforme (*normal depth*), in base alla pendenza locale dei corsi d'acqua.

La pendenza dell'asta è stata assegnata anche alle *BCLine interne*, ovvero quelle con cui sono stati inseriti gli idrogrammi di piena.

## 5. VERIFICA IDRAULICA LOC. SAN DALMAZIO (POMARANCE)

In questo capitolo è descritto il sub-modello idrologico-idraulico dei corsi d'acqua interferenti con l'abitato di San Dalmazio, nel Comune di Pomarance.

### 5.1 Singolarità dei corsi d'acqua

Come anticipato, presso l'abitato di San Dalmazio si incontrano due piccoli corsi d'acqua identificati con i codici TC7643 e TC7651 nel reticolo idrografico regionale.

Nella figura che segue sono identificati, e successivamente commentati, alcuni loro elementi caratteristici.

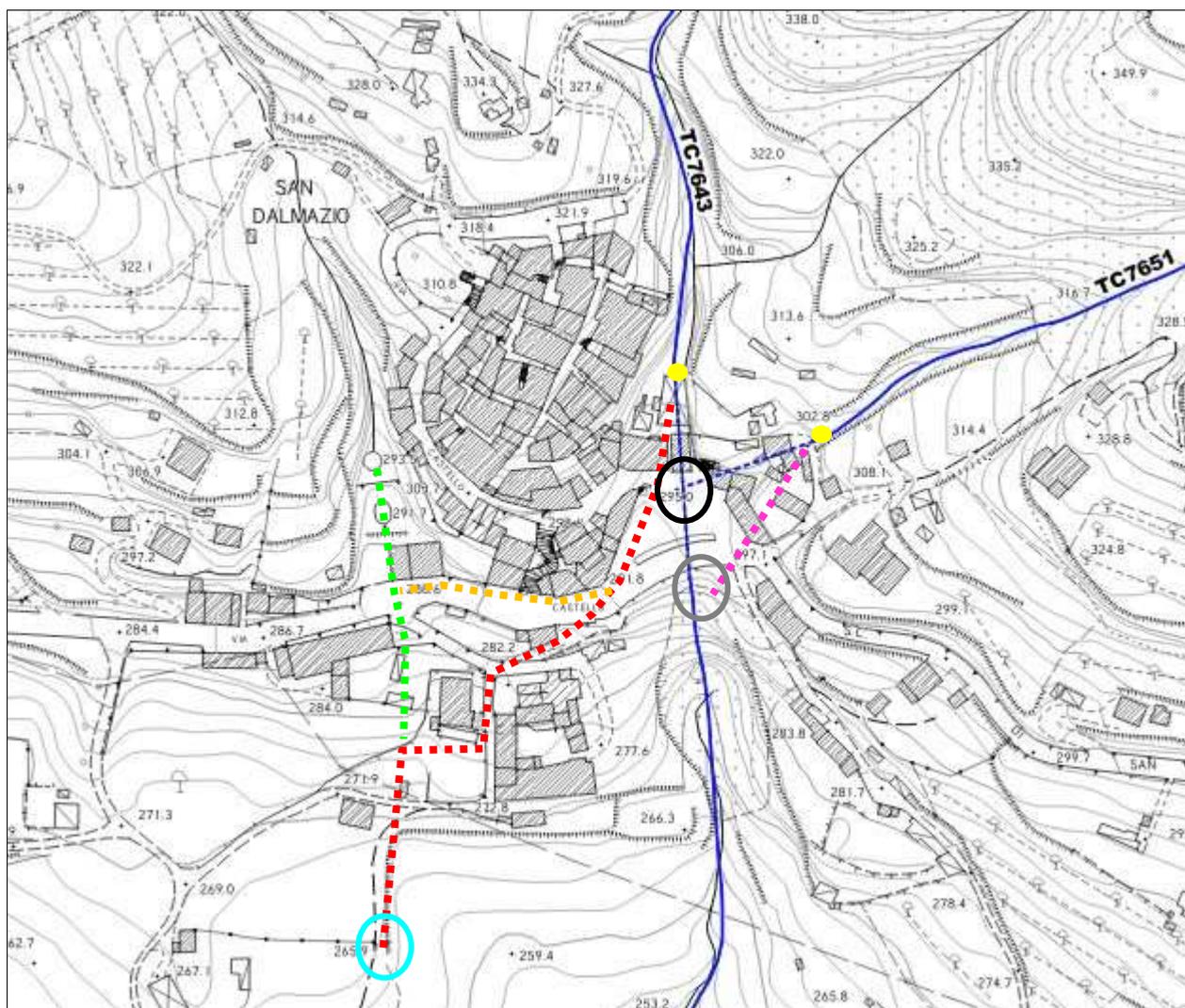


Fig. 20 – Planimetria del reticolo superficiale, tombato e fognario in Loc. San Dalmazio

Secondo il reticolo idrografico regionale il tracciato dei fossi TC7643 e TC7651 è quello riportato in azzurro nella precedente figura.

Sicuramente nei punti indicati in colore giallo iniziano i tratti coperti dei due corsi d'acqua; quello del fosso TC7651 è ben visibile, l'altro non è precisamente identificabile.

La loro confluenza, sempre secondo il reticolo regionale, si trova in corrispondenza della piazza di San Dalmazio (cerchio nero).

Dai sopralluoghi effettuati e dalle informazioni ricevute da abitanti del luogo, il percorso di questi due corsi d'acqua potrebbe essere anche diverso.

Si ipotizza infatti che il fosso TC7643 possa transitare sul lato Ovest della piazza ed innestarsi nella fognatura che corre lungo la S.P. n. 27 (tracciato arancione) per poi raggiungere il tombamento di un ulteriore fosso, non classificato (tracciato verde), e da qui dirigersi verso Sud.

In alternativa, il fosso TC7643 potrebbe seguire l'intero percorso indicato in rosso, fino a ritrovare il fosso minore.

Lo scarico finale del reticolo idrografico/fognario nel punto cerchiato in celeste è certo.

Per quanto riguarda il fosso TC7651 si ritiene che il tracciato più verosimile sia quello riportato in viola; anche in questo caso la presenza di uno scarico a cielo (nella zona del cerchio grigio) è nota.

Anche in ragione di questa persistente incertezza circa il reale percorso di questi piccoli corsi d'acqua a San Dalmazio, si è ritenuto opportuno predisporre una modellazione idraulica che non dipendesse da tale incertezza.

Peraltro è stato riferito di eventi alluvionali che hanno causato allagamenti localizzati soprattutto ai piani interrati, ed in particolare per il fosso TC7651.

Come anticipato in precedenza, la verifica idraulica in Loc. San Dalmazio ha previsto la modellazione puramente bidimensionale dei corsi d'acqua con introduzione degli input idrologici a monte dei due tratti tombati.

## 5.2 Documentazione fotografica

Di seguito sono riportate alcune fotografie rappresentative della zona oggetto di studio.

Si noti che solo alcune di esse mostrano sezioni idrauliche di corsi d'acqua; per il resto sono rappresentati punti di passaggio dei tratti tombati, avvalendosi di linee tratteggiate con le medesime colorazioni di quelle utilizzate nella precedente Fig. 20.



Piazza di San Dalmazio con percorsi possibili di TC7643



Presunto scarico a cielo aperto dei fossi (azzurro), lungo SP27; in rosso tracciato alternativo di TC7643



Possibili tracciati alternativi di TC7643



Passaggio tombato di TC7643 sotto il fabbricato della seguente fotografia



Traccia del tombamento del fosso TC7643 a monte della piazza



Traccia del tombamento del fosso TC7643 a monte della piazza



Inizio del tombamento del fosso TC7651 a monte della piazza



Primo tratto del tombamento del fosso TC7651 a monte della piazza



Inizio del tombamento del fosso TC7651 a monte della piazza



Fosso TC7651 a monte del tombamento (con piccola briglia in lontananza)



Pozzetto lungo il tratto tombato di TC7651 presso resede di abitazione privata



Resede di abitazione privata con traccia del tombamento di TC7651

### 5.3 Idrologia

L'analisi idrologica dei corsi d'acqua in Loc. San Dalmazio è compiuta secondo i criteri di cui al precedente Cap. 3.

In questo paragrafo sono mostrati alcuni dettagli planimetrici dei bacini e fornite tutte le parametrizzazioni di calcolo; infine sono riportati gli idrogrammi di piena stimati.

Innanzitutto è mostrata la planimetria dei bacini, a cui è stata assegnata la stessa denominazione dei rispettivi corsi d'acqua.

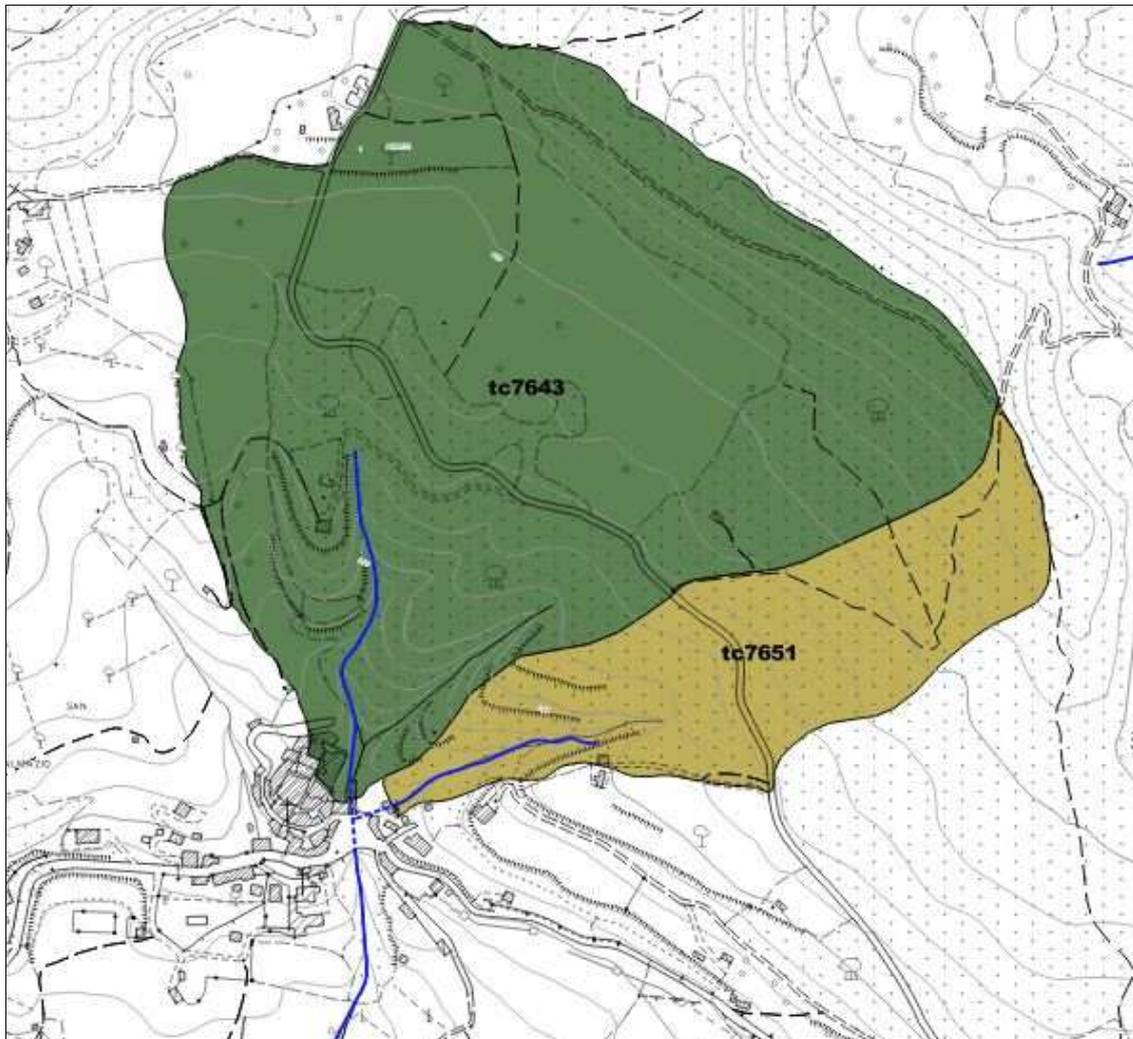


Fig. 21 – Bacini dei corsi d'acqua in Loc. San Dalmazio, chiusi a monte dei tratti tombati

Seguono le distribuzioni dell'uso del suolo e delle classi di suolo SCS sui bacini.

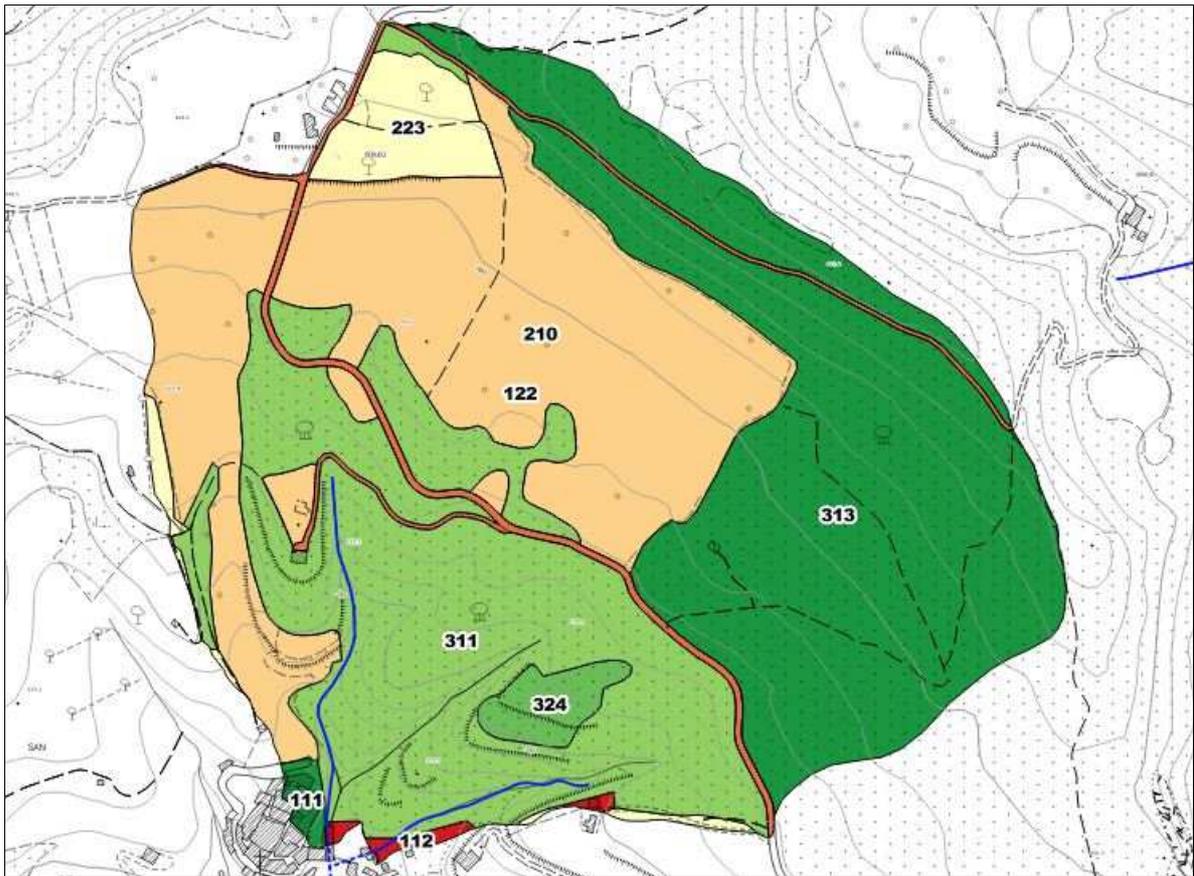


Fig. 22 – Distribuzione dell'uso del suolo sui bacini dei corsi d'acqua in Loc. San Dalmazio

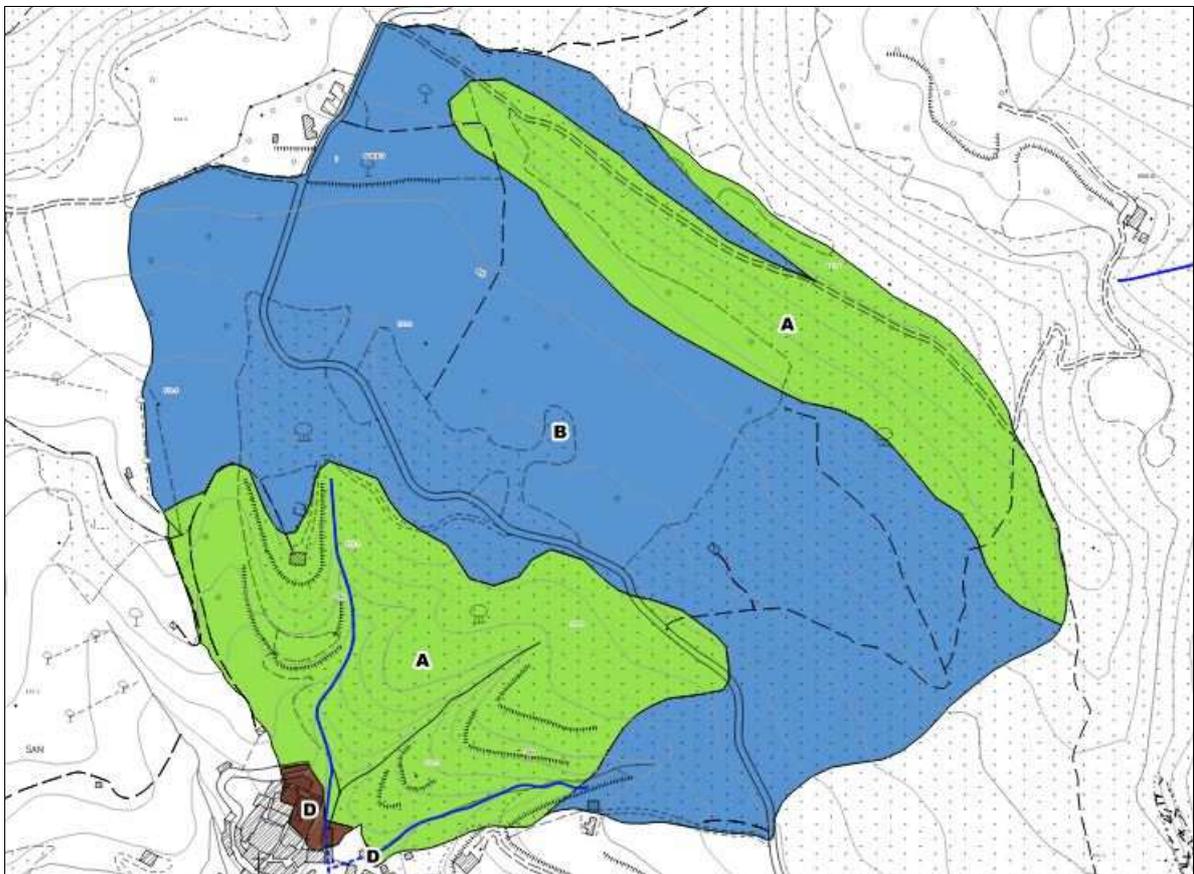


Fig. 23 – Distribuzione delle classi di suolo SCS sui bacini dei corsi d'acqua in Loc. San Dalmazio

Seguendo i criteri metodologici del Cap. 3 è stato stimato il valore caratteristico del CN su ciascuno dei bacini.

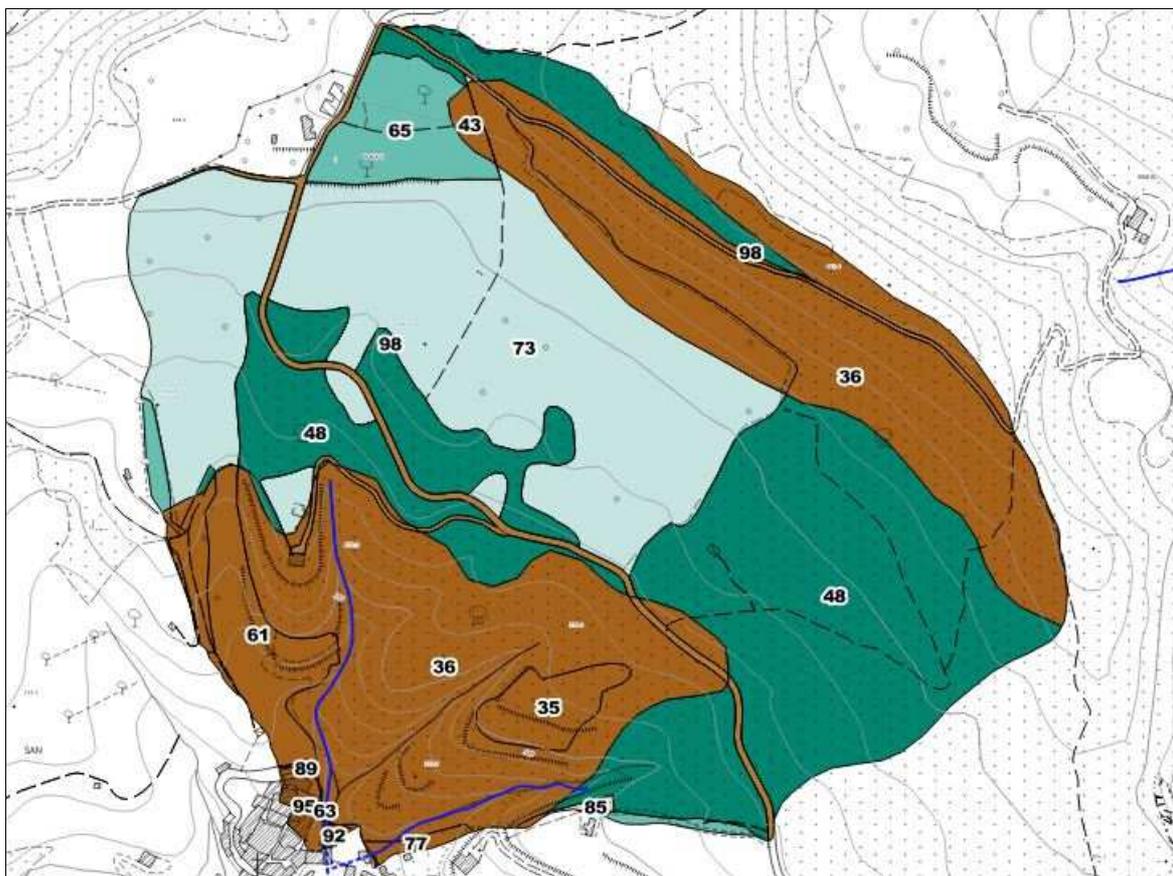


Fig. 24 – Distribuzione del CN (III) sui bacini dei corsi d'acqua in Loc. San Dalmazio

Per quanto riguarda le forzanti meteoriche sono state acquisite, a partire dai parametri  $a$  ed  $n$  delle LSPP regionali, delle altezze di pioggia omogenee sul bacino complessivo (somma dei due bacini), per le varie durate di precipitazione (0.5, 1, e 2 ore) e tempi di ritorno considerati.

Bacino	H_30_0.5 (mm)	H_30_1 (mm)	H_30_2 (mm)	H_200_0.5 (mm)	H_200_1 (mm)	H_200_2 (mm)
Bacini in Loc. San Dalmazio	45.08	54.73	66.45	61.62	76.16	94.13

Tab. 4 – Altezze medie di precipitazione sui bacini in Loc. San Dalmazio

Segue una tabella di riepilogo in cui sono indicate le superfici dei bacini, il valore del CN (III) ed il tempo di corrivazione in ore; si ricorda che il  $T_c$  è stato stimato attraverso la media aritmetica delle 7 formulazioni di cui al Cap. 3.

Bacino	Area (kmq)	CN (III)	Tempo di corrivazione assunto $T_c$ (h)
TC7643	0.35	72.5	0.28
TC7651	0.09	64.9	0.21

Tab. 5 – Superficie, CN e tempo di corrivazione dei vari bacini in Loc. San Dalmazio

Tutti i parametri geomorfologici ed idrologici stimati sono stati implementati nel modello idrologico con il software HEC HMS per il calcolo degli idrogrammi di piena.

La successiva tabella mostra la sintesi dei valori al colmo delle portate di piena per tutti i sottobacini e tutti gli scenari idrologici esaminati.

Segue la graficizzazione di tutti gli idrogrammi di *output* del modello idrologico.

Bacino	Q_30_0.5 (mc/s)	Q_30_1 (mc/s)	Q_30_2 (mc/s)	Q_200_0.5 (mc/s)	Q_200_1 (mc/s)	Q_200_2 (mc/s)
TC7643	1.74	2.07	1.85	3.97	4.34	3.71
TC7651	0.21	0.30	0.30	0.66	0.77	0.69

Tab. 6 – Valori al colmo delle portate di piena nei diversi scenari studiati

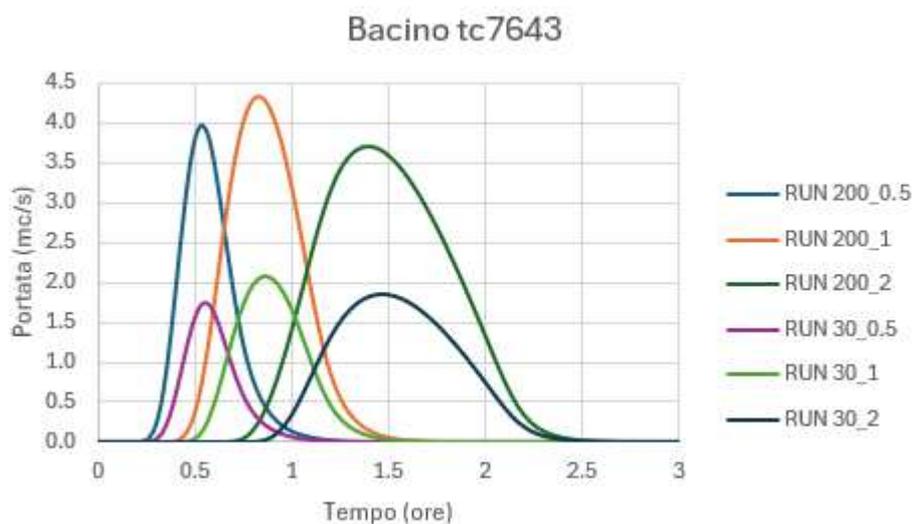


Fig. 25 – Idrogrammi TC7643

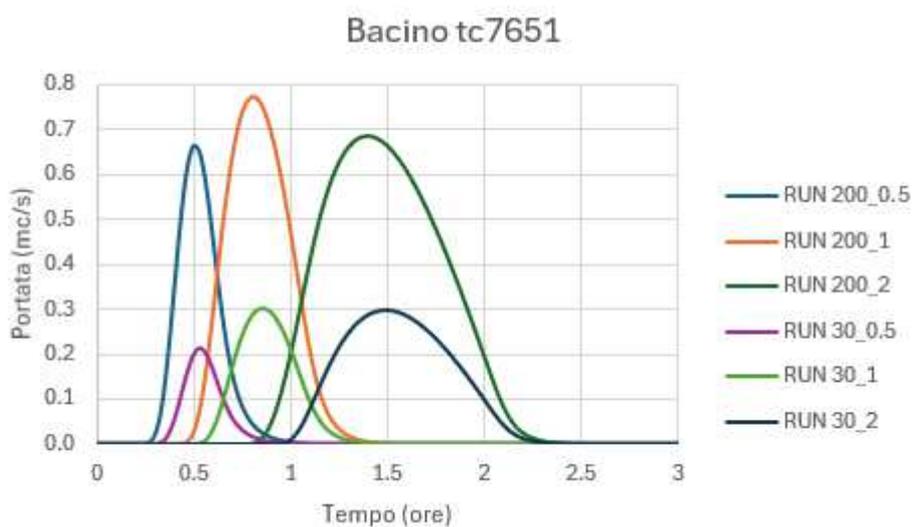


Fig. 26 – Idrogrammi TC7651

## 5.4 Idraulica

Del modello idraulico globale è di seguito mostrato lo schema che riguarda la modellazione dei corsi d'acqua in Loc. San Dalmazio.

La base bidimensionale del modello si compone di un'unica *2dFlowArea* che copre interamente il dominio di studio; alla *mesh* è stata assegnata una maglia pari a 3x3 mt.

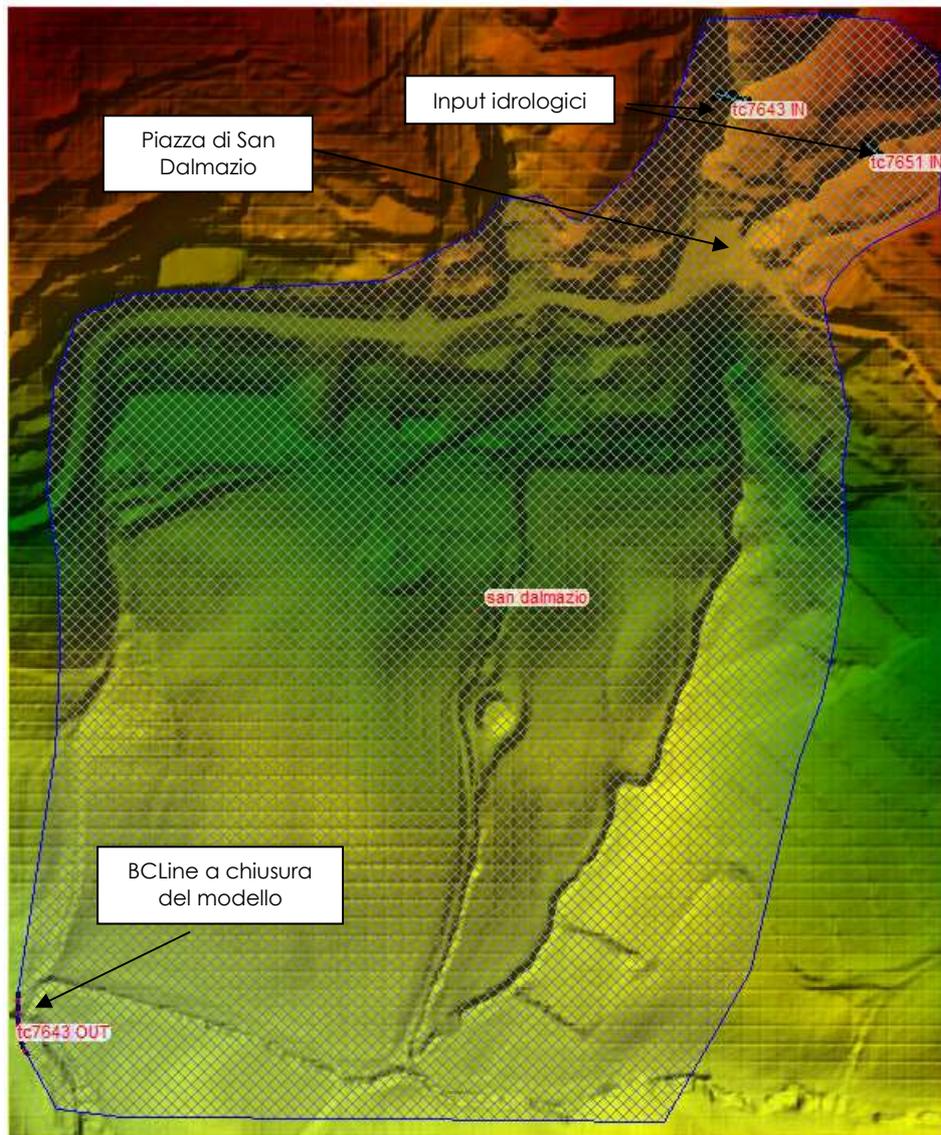


Fig. 27 – Schema del modello idraulico in Loc. San Dalmazio

Come si può vedere dallo schema di Fig. 27, nel modello non è presente alcun ulteriore elemento idraulico o antropico.

Vista le caratteristiche dell'area di studio, l'introduzione di tombini, muretti o edifici sarebbe stata del tutto arbitraria, e quindi si è optato per lasciare inalterata la base 2D.

Del resto, si ricorda che l'attribuzione delle scabrezze di cui alla precedente Tab. 2 tiene già conto della presenza di manufatti nelle aree urbane, tanto che i valori di *n* di Manning per determinati codici *Corine* sono molti elevati.

## 5.5 Risultati della modellazione

Nei seguenti estratti sono riportate le pericolosità da alluvione risultanti dalle nuove verifiche, e la magnitudo idraulica.

Le aree allagabili con tempo di ritorno di 30 anni e di 200 anni hanno pressoché identica estensione, pertanto è stata assegnata soltanto la classe di pericolosità P3 per alluvioni frequenti.

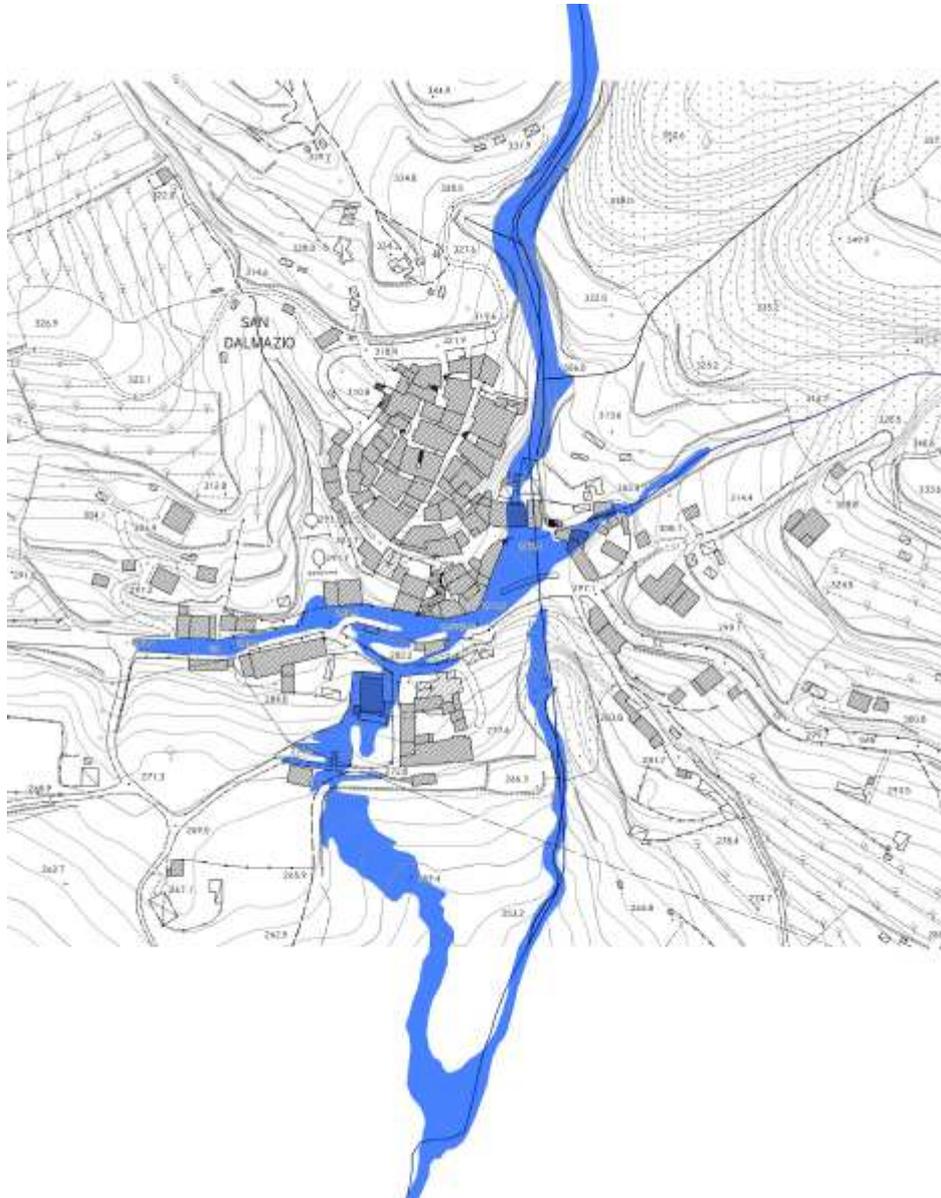


Fig. 28 – Pericolosità da alluvione in Loc. San Dalmazio



Fig. 29 – Magnitudo idraulica in Loc. San Dalmazio

## 6. VERIFICA IDRAULICA LOC. MONTECERBOLI (POMARANCE)

In questo capitolo è descritto il sub-modello idrologico-idraulico dei corsi d'acqua interferenti con l'abitato di Montecerboli, nel Comune di Pomarance.

### 6.1 Singolarità dei corsi d'acqua

Come anticipato, nei pressi dell'abitato di Montecerboli scorrono i seguenti corsi d'acqua: fosso TC8039, Botro della Zolfiaia e Botro del Madonnino, tutti appartenenti al reticolo idrografico regionale.

E' stato individuato un ulteriore fossetto di piccole dimensioni confluyente nel Botro del Madonnino a valle della S.S. n. 439, di cui è stato tenuto conto sia nell'analisi idrologica che nella modellistica idraulica.

Nella figura che segue sono identificati, e successivamente commentati, alcuni elementi caratteristici dell'area di studio.

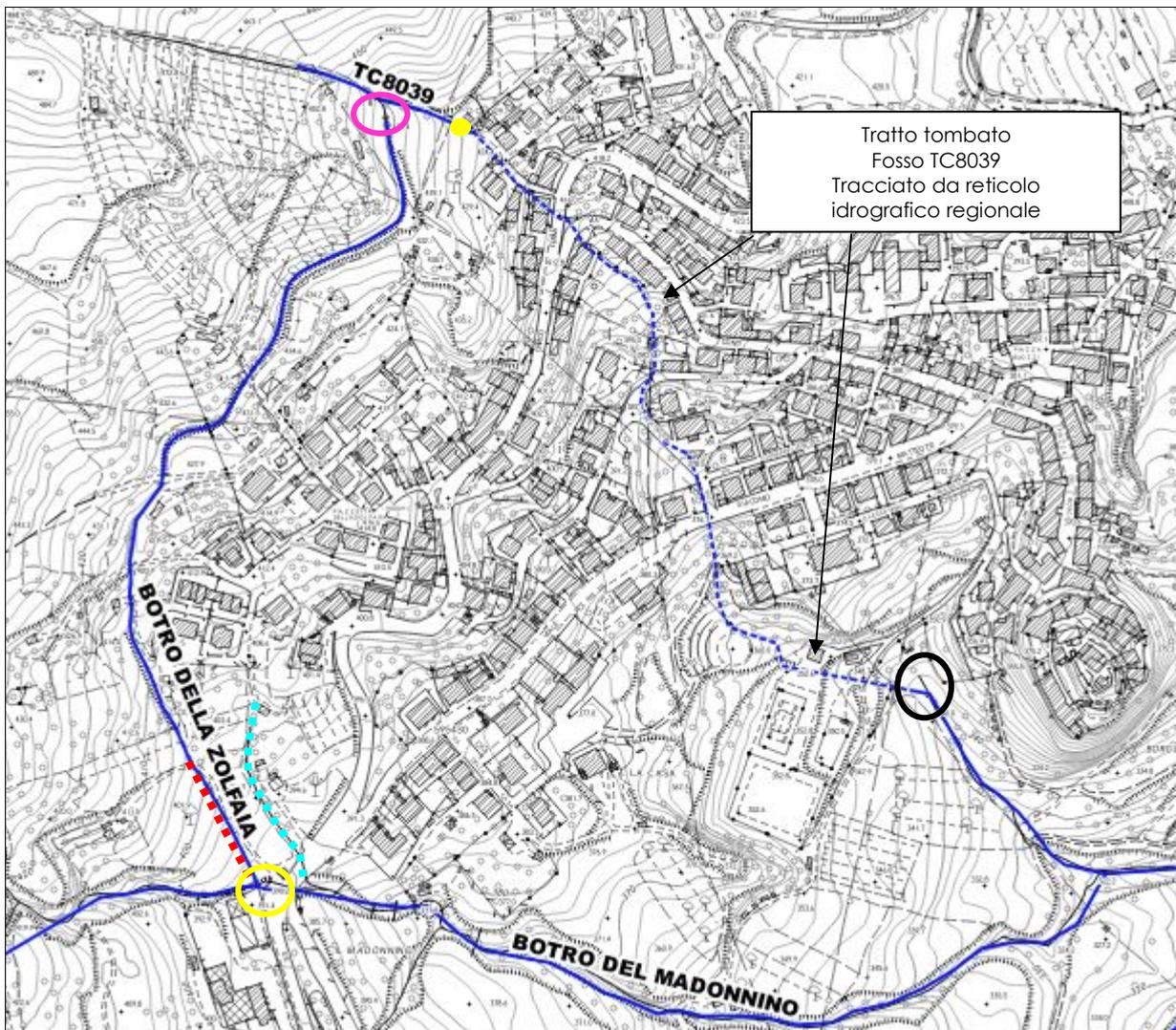


Fig. 30 – Planimetria dei corsi d'acqua in Loc. Montecerboli

Secondo il reticolo idrografico regionale il tracciato dei corsi d'acqua suddetti è quello riportato in azzurro nella precedente figura.

Il lungo tombamento del fosso TC8039 è correttamente individuato, compresi i punti iniziale e finale.

Invece lungo il Botro della Zolfaia il reticolo idrografico non riporta la presenza del tratto tombato a monte della confluenza con il Botro del Madonnino (rosso tratteggiato in Fig. 30).

Come anticipato, si rileva la presenza di un piccolo fosso che drena una parte dell'area urbana posta a valle del Botro della Zolfaia; tale corso d'acqua è riportato in colore celeste nella precedente figura.

Tutta la restante area urbana di Montecerboli, invece, è servita dalla rete fognaria o da piccole canalette o zanelle a cielo aperto che conducono le acque a valle, o verso il Botro del Madonnino o verso il tombamento del fosso TC8039.

Nella precedente figura sono identificati anche altri punti di interesse, ovvero l'attraversamento della S.C. n. 439 sul Botro del Madonnino (cerchio di colore giallo), ed il collegamento idraulico tra Botro della Zolfaia e fosso TC8039 (cerchio di colore viola)

Alcuni di questi elementi sono mostrati nella documentazione fotografica del paragrafo successivo.

Anche per i corsi d'acqua di Montecerboli la verifica idraulica è stata effettuata mediante modellazione puramente bidimensionale con introduzione degli input idrologici a monte dei due tratti tombati (per TC8039 e Botro della Zolfaia) o a monte degli attraversamenti stradali (per il Botro del Madonnino e per il fosso minore).

## 6.2 Documentazione fotografica

Di seguito sono riportate alcune fotografie rappresentative della zona oggetto di studio.

Si noti che solo alcune di esse mostrano sezioni idrauliche di corsi d'acqua; per il resto sono rappresentati punti di passaggio dei tratti tombati, avvalendosi di linee tratteggiate con le medesime colorazioni di quelle utilizzate nella precedente Fig. 20.



Inizio tratto tombato TC8039



Inizio tratto tombato TC8039



Tratto a cielo aperto di TC8039 a monte del tombamento



Manufatto di collegamento tra TC8039 e Botro della Zolfaia



Manufatto di collegamento tra TC8039 e Botro della Zolfaia



Primo tratto del Botro della Zolfaia



Particolare dell'alveo del Botro della Zolfaia



Particolare dell'alveo del Botro della Zolfaia



Particolare dell'alveo del Botro della Zolfaia



Inizio del tombamento del Botro della Zolfaia



Scarico del Botro della Zolfaia (da sinistra) nel Botro del Madonnino (con attraversamento stradale)



Attraversamento stradale del Botro del Madonnino



Botro del Madonnino a valle dell'attraversamento stradale



Botro del Madonnino a valle dell'attraversamento stradale

### 6.3 Idrologia

L'analisi idrologica dei corsi d'acqua in Loc. Montecerboli è compiuta secondo i criteri di cui al precedente Cap. 3.

In questo paragrafo sono mostrati alcuni dettagli planimetrici dei bacini e fornite tutte le parametrizzazioni di calcolo; infine sono riportati gli idrogrammi di piena stimati.

Innanzitutto è mostrata la planimetria dei bacini, a cui è stata assegnata la stessa denominazione dei rispettivi corsi d'acqua; il bacino del piccolo fosso che si immette nel Botro del Madonnino a valle della S.S. n. 439 è stato denominato *Bac\_1*.

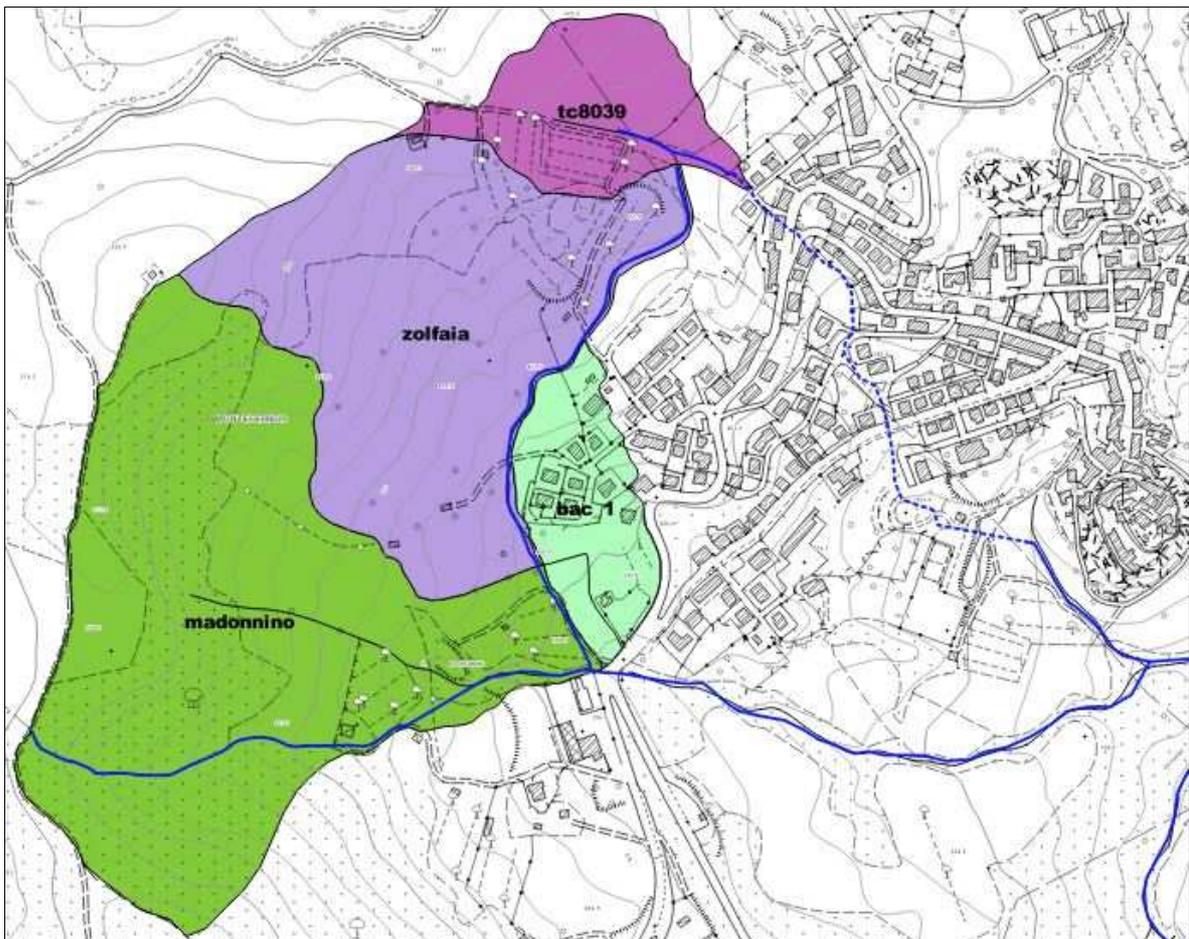


Fig. 31 – Bacini dei corsi d'acqua in Loc. Montecerboli, chiusi a monte dei tratti tombati o degli attraversamenti

Seguono le distribuzioni dell'uso del suolo e delle classi di suolo SCS sui bacini.

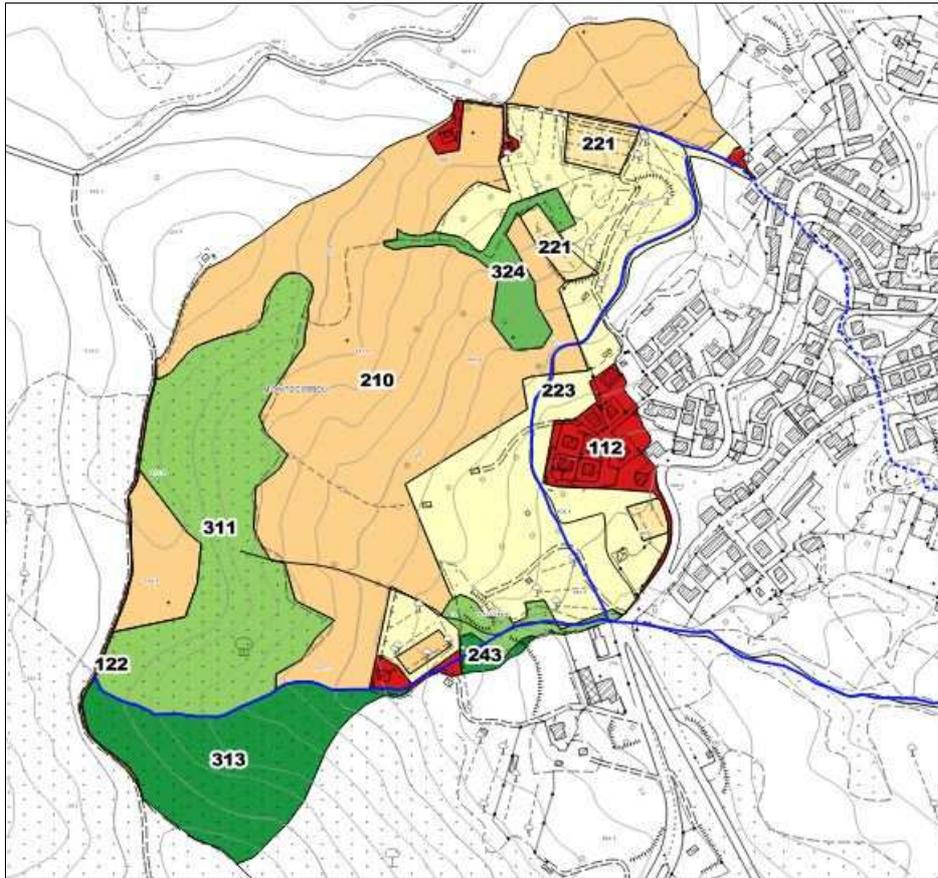


Fig. 32 – Distribuzione dell'uso del suolo sui bacini dei corsi d'acqua in Loc. Montecerboli

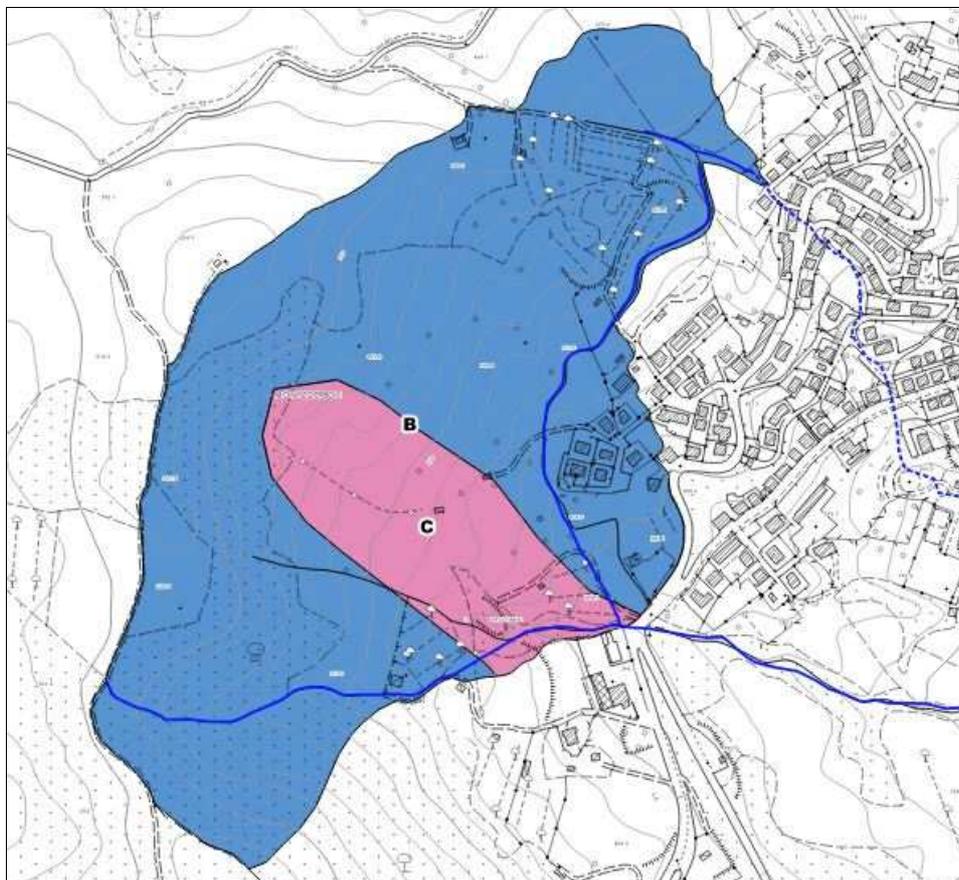


Fig. 33 – Distribuzione delle classi di suolo SCS sui bacini dei corsi d'acqua in Loc. Montecerboli

Seguendo i criteri metodologici del Cap. 3 è stato stimato il valore caratteristico del CN su ciascuno dei bacini.

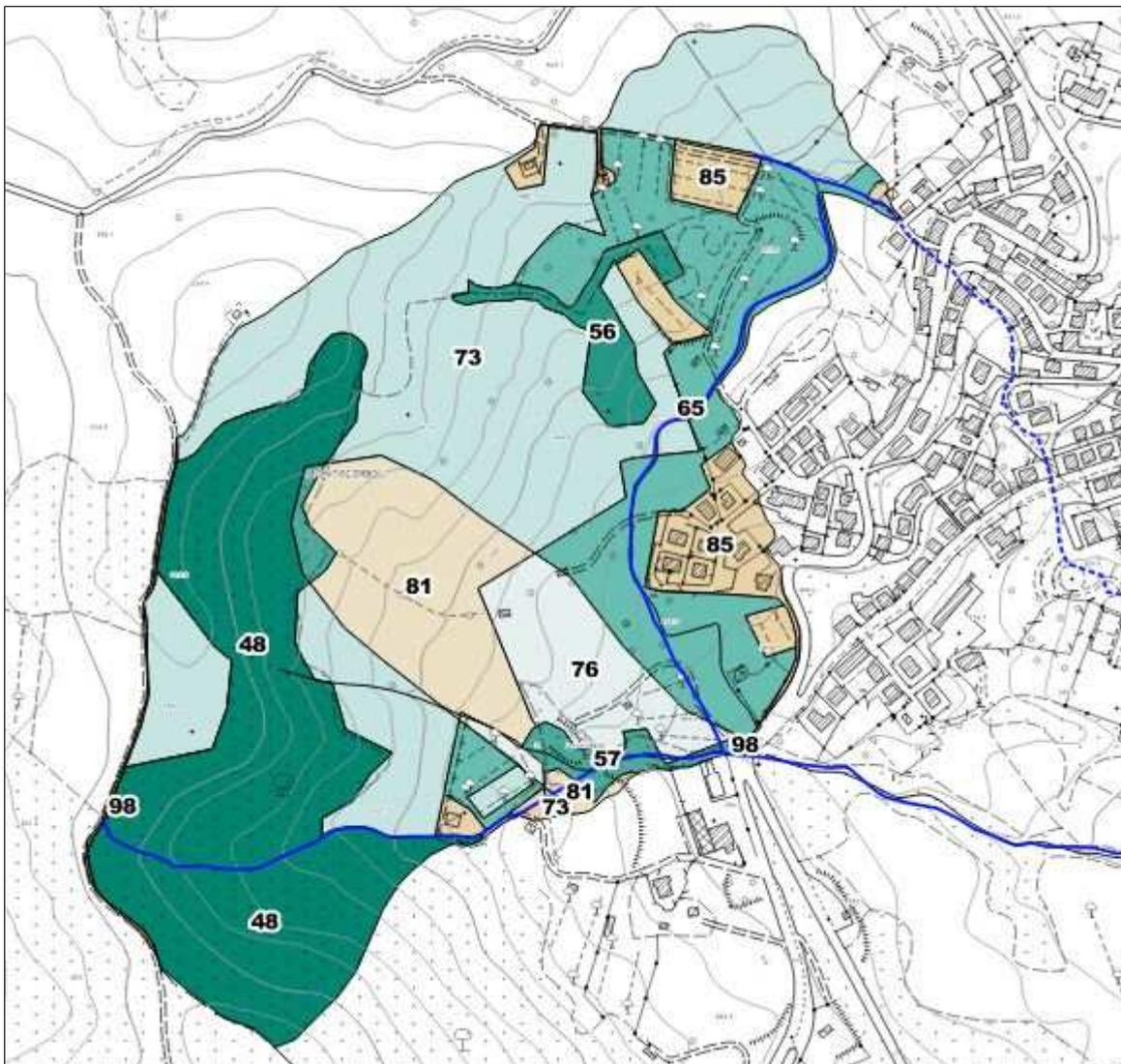


Fig. 34 – Distribuzione del CN (II) sui bacini dei corsi d'acqua in Loc. Montecerboli

Per quanto riguarda le forzanti meteoriche sono state acquisite, a partire dai parametri  $a$  ed  $n$  delle LSPP regionali, delle altezze di pioggia omogenee sul bacino complessivo (somma dei quattro bacini), per le varie durate di precipitazione (0.5, 1, e 2 ore) e tempi di ritorno considerati.

Bacino	H_30_0.5 (mm)	H_30_1 (mm)	H_30_2 (mm)	H_200_0.5 (mm)	H_200_1 (mm)	H_200_2 (mm)
Bacini in Loc. Montecerboli	46.67	56.93	69.44	63.81	79.23	98.37

Tab. 7 – Altezze medie di precipitazione sui bacini in Loc. Montecerboli

Segue una tabella di riepilogo in cui sono indicate le superfici dei bacini, il valore del CN (III) ed il tempo di corrivazione in ore; si ricorda che il  $T_c$  è stato stimato attraverso la media aritmetica delle 7 formulazioni di cui al Cap. 3.

Bacino	Area (kmq)	CN (III)	Tempo di corrivazione assunto Tc (h)
TC8039	0.03	85.9	0.17
Zolfaia	0.10	84.5	0.26
Madonnino	0.15	77.4	0.30
Bac_1	0.02	86.5	0.13

Tab. 8 – Superficie, CN e tempo di corrivazione dei vari bacini in Loc. Montecerboli

Tutti i parametri geomorfologici ed idrologici stimati sono stati implementati nel modello idrologico con il software HEC HMS per il calcolo degli idrogrammi di piena.

La successiva tabella mostra la sintesi dei valori al colmo delle portate di piena per tutti i sottobacini e tutti gli scenari idrologici esaminati.

Segue la graficizzazione di tutti gli idrogrammi di *output* del modello idrologico.

Bacino	Q_30_0.5 (mc/s)	Q_30_1 (mc/s)	Q_30_2 (mc/s)	Q_200_0.5 (mc/s)	Q_200_1 (mc/s)	Q_200_2 (mc/s)
TC8039	0.55	0.48	0.35	0.93	0.79	0.58
Zolfaia	1.46	1.38	1.07	2.52	2.33	1.79
Madonnino	1.20	1.31	1.12	2.37	2.48	2.06
Bac_1	0.40	0.33	0.24	0.66	0.55	0.40

Tab. 9 – Valori al colmo delle portate di piena nei diversi scenari studiati

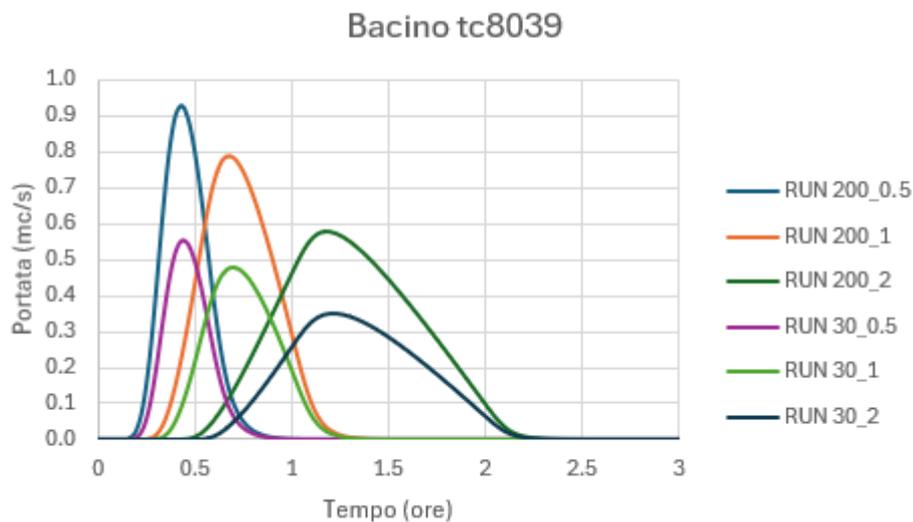


Fig. 35 – Idrogrammi TC8039

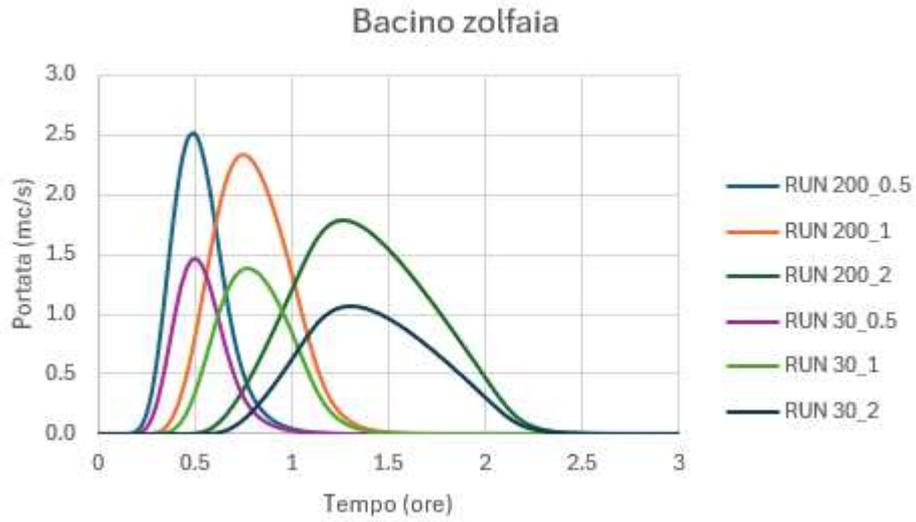


Fig. 36 – Idrogrammi Zolfaia

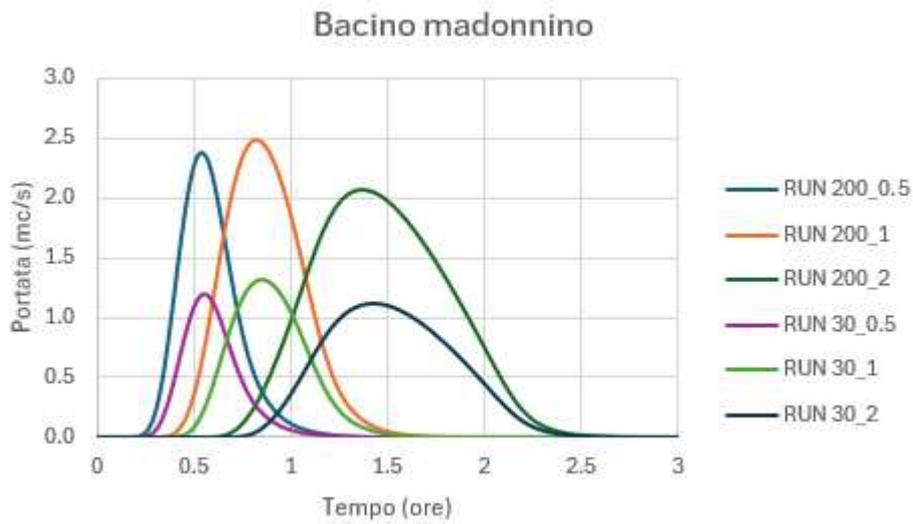


Fig. 37 – Idrogrammi Madonnino

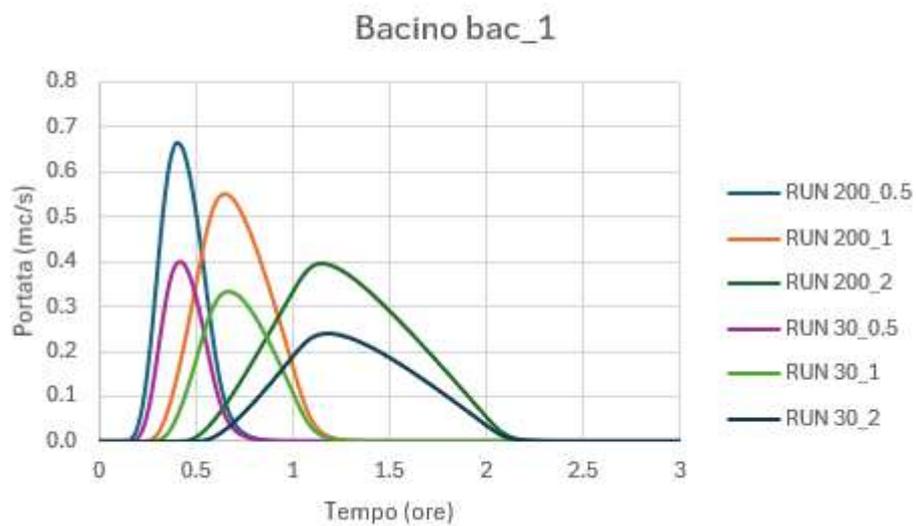


Fig. 38 – Idrogrammi Bac\_1

## 6.4 Idraulica

Del modello idraulico globale è di seguito mostrato lo schema che riguarda la modellazione dei corsi d'acqua in Loc. Montecerboli.

La base bidimensionale del modello si compone di un'unica *2dFlowArea* che copre interamente il dominio di studio; alla *mesh* è stata assegnata una maglia pari a 3x3 mt.

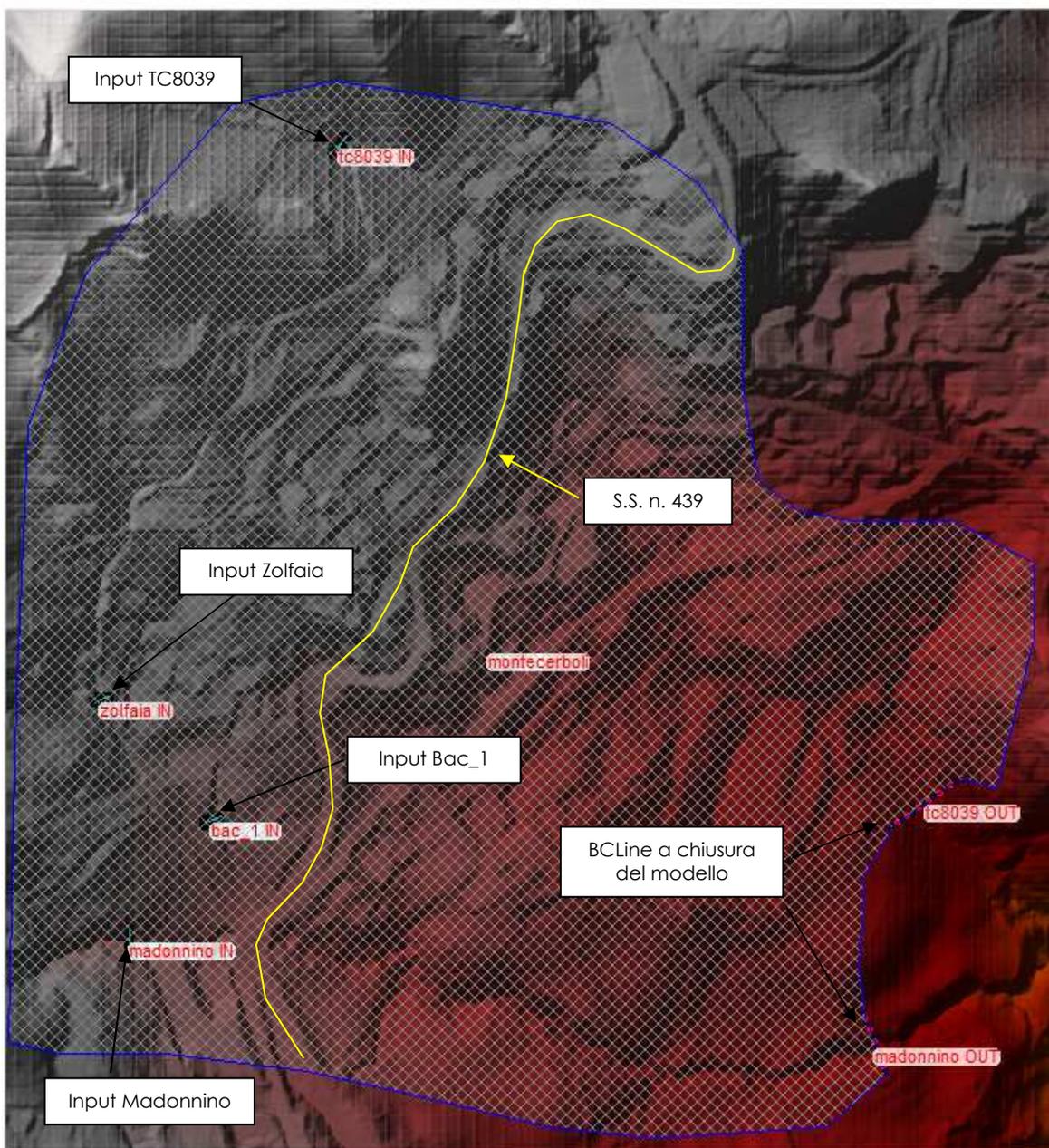


Fig. 39 – Schema del modello idraulico in Loc. Montecerboli

Come si può vedere dallo schema di Fig. 39, nel modello non è presente alcun ulteriore elemento idraulico o antropico.

Vista le caratteristiche dell'area di studio, l'introduzione di tombini, muretti o edifici sarebbe stata del tutto arbitraria, e quindi si è optato per lasciare inalterata la base 2D.

Del resto, si ricorda che l'attribuzione delle scabrezze di cui alla precedente Tab. 2 tiene già conto della presenza di manufatti nelle aree urbane, tanto che i valori di *n* di Manning per determinati codici *Corine* sono molti elevati.

## 6.5 Risultati della modellazione

Nei seguenti estratti sono riportate le pericolosità da alluvione risultanti dalle nuove verifiche, e la magnitudo idraulica.

Le aree allagabili con tempo di ritorno di 30 anni e di 200 anni hanno pressoché identica estensione, pertanto è stata assegnata soltanto la classe di pericolosità P3 per alluvioni frequenti.

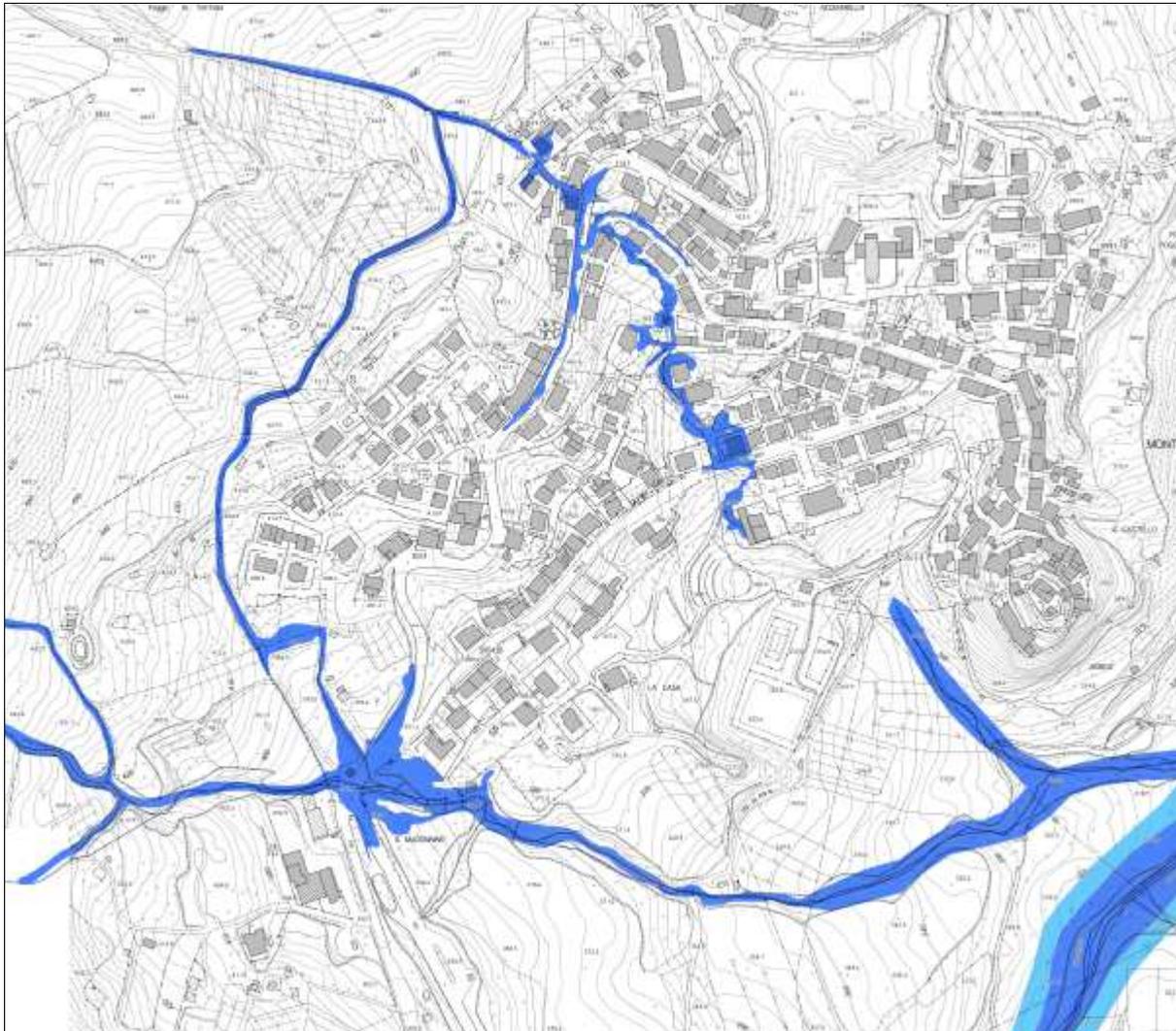


Fig. 40 – Pericolosità da alluvione in Loc. Montecerboli

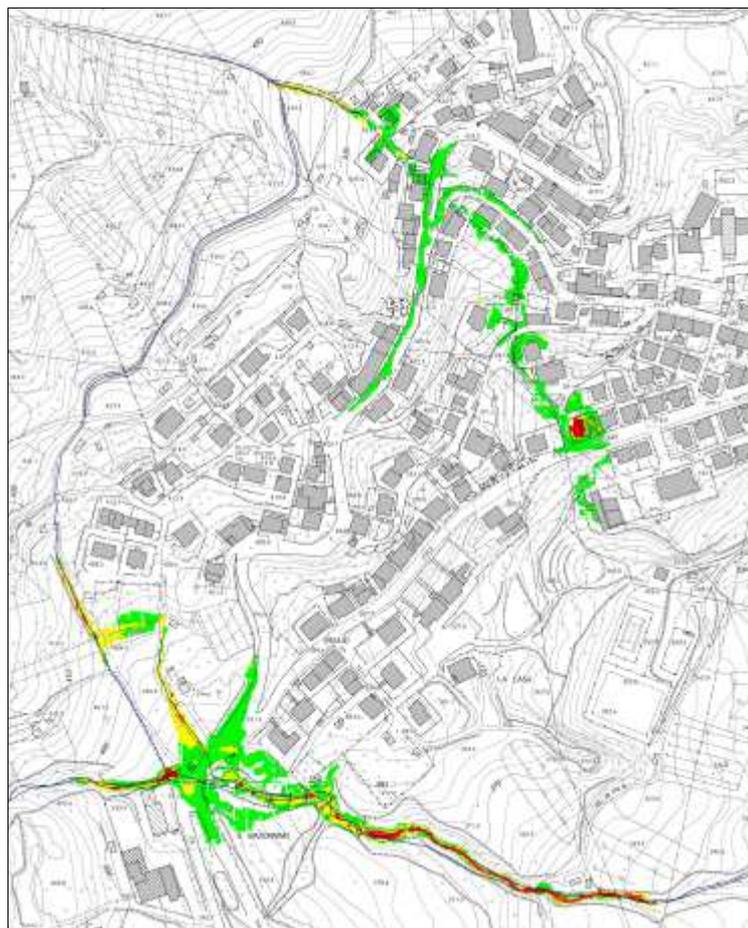


Fig. 41 – Magnitudo idraulica in Loc. Montecerboli

## 7. VERIFICA IDRAULICA LOC. MONTEVERDI (MONTEVERDI MARITTIMO)

In questo capitolo è descritto il sub-modello idrologico-idraulico predisposto sull'unico corso d'acqua interferente con l'abitato di Monteverdi Marittimo, ossia il Botro Pelato.

### 7.1 Singolarità del corso d'acqua

Il Botro del Pelato attraversa l'abitato di Monteverdi Marittimo nella parte Ovest, dove è presente l'edificato più recente.

Questo corso d'acqua è già stato oggetto di verifica idraulica nell'anno 2012, a supporto del Regolamento Urbanistico comunale.

Esso non presenta particolari singolarità se non un tratto tombato di alcune decine di metri che scorre lungo la viabilità urbana; il reticolo regionale non identifica tale tombamento.

Nella figura che segue è mostrata una planimetria del tracciato "ufficiale" del corso d'acqua su CTR e foto aerea, con la rappresentazione anche del tratto tombato (in rosso).



Fig. 42 – Planimetria del tratto urbano del Botro Pelato in Loc. Monteverdi Marittimo

## 7.2 Documentazione fotografica

Di seguito sono riportate alcune fotografie rappresentative del tratto fluviale in esame.



Botro Pelato a monte del tombamento



Imbocco del tombamento con tubazione circolare di piccole dimensioni



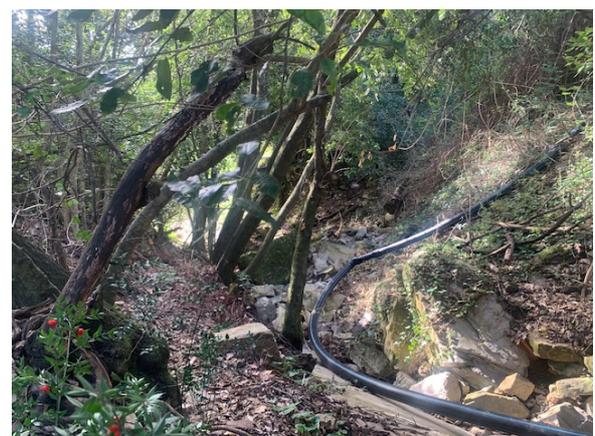
Dettaglio dell'imbocco del tombamento (già piuttosto interrato ed ostruito)



Viabilità sotto la quale scorre il Botro Pelato



Viabilità sotto la quale scorre il Botro Pelato



Alveo del Botro Pelato a valle del tombamento



Altro particolare dell'alveo del Botro Pelato a valle del tombamento



Piccolo salto nel tratto a valle del tombamento

### 7.3 Idrologia

L'analisi idrologica del Botro Pelato in Loc. Monteverdi Marittimo è compiuta secondo i criteri di cui al precedente Cap. 3.

In questo paragrafo sono mostrati alcuni dettagli planimetrici del bacino e fornite tutte le parametrizzazioni di calcolo; infine sono riportati gli idrogrammi di piena stimati.

Innanzitutto è mostrata la planimetria del bacino, a cui è stata assegnata la medesima denominazione del corso d'acqua.

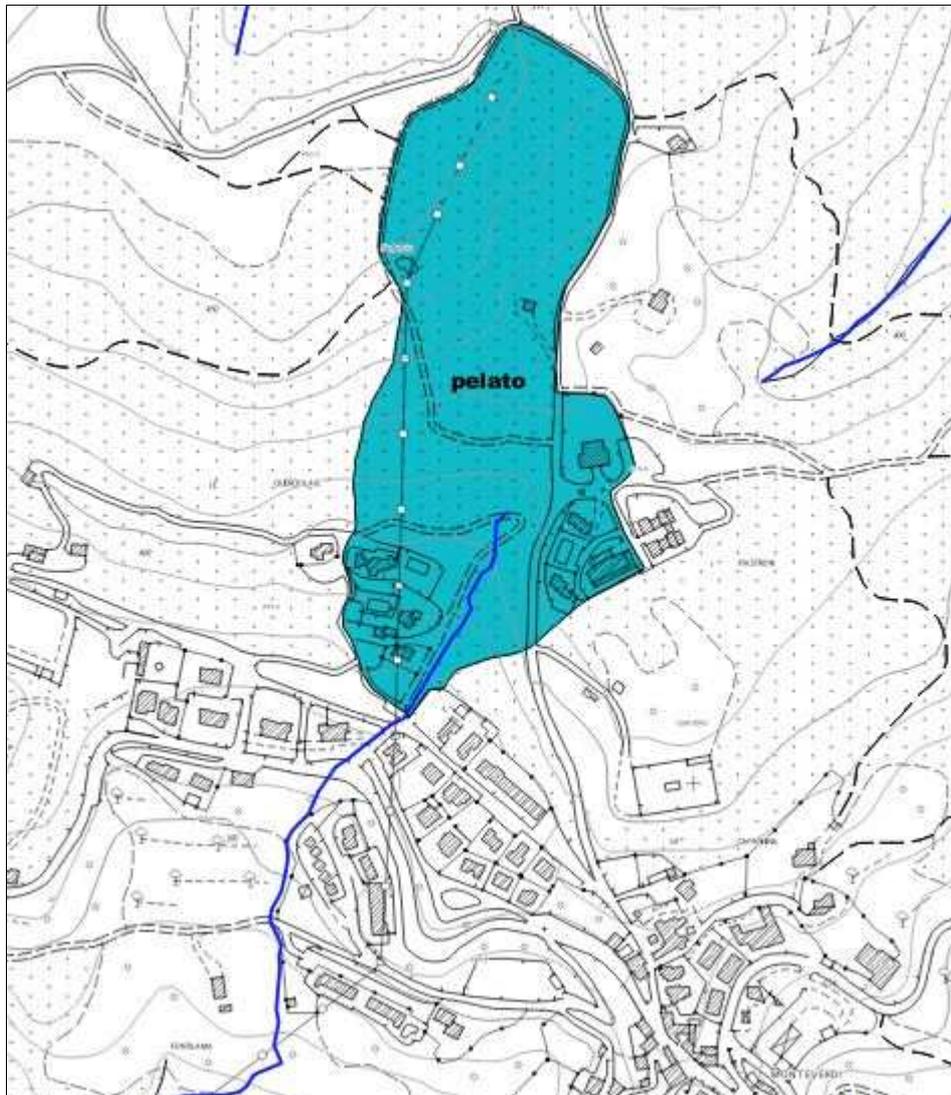


Fig. 43 – Bacino del Botro Pelato in Loc. Monteverdi Marittimo, chiuso a monte del tratto tombato

Seguono le distribuzioni dell'uso del suolo e delle classi di suolo SCS sul bacino.

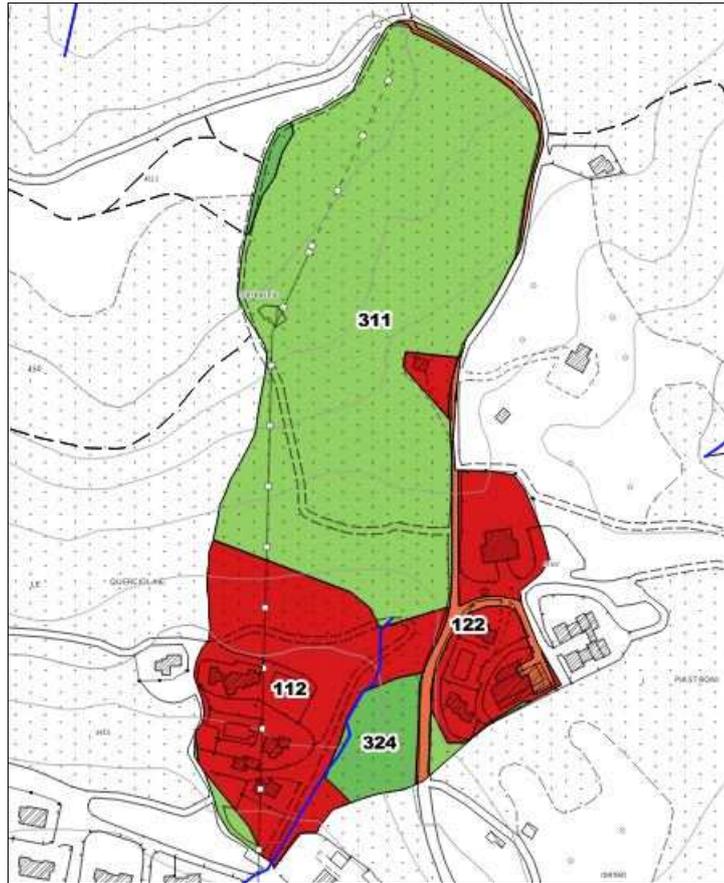


Fig. 44 – Distribuzione dell'uso del suolo sul bacino del Botro Pelato in Loc. Monteverdi Marittimo

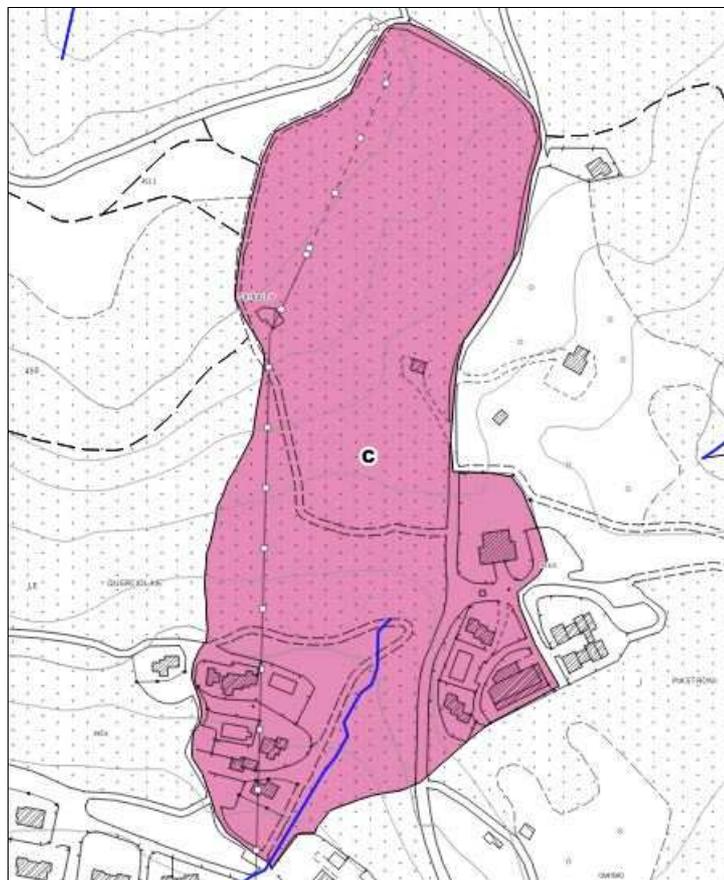


Fig. 45 – Distribuzione delle classi di suolo SCS sul bacino del Botro Pelato in Loc. Monteverdi Marittimo

Seguendo i criteri metodologici del Cap. 3 è stato stimato il valore caratteristico del CN sul bacino.

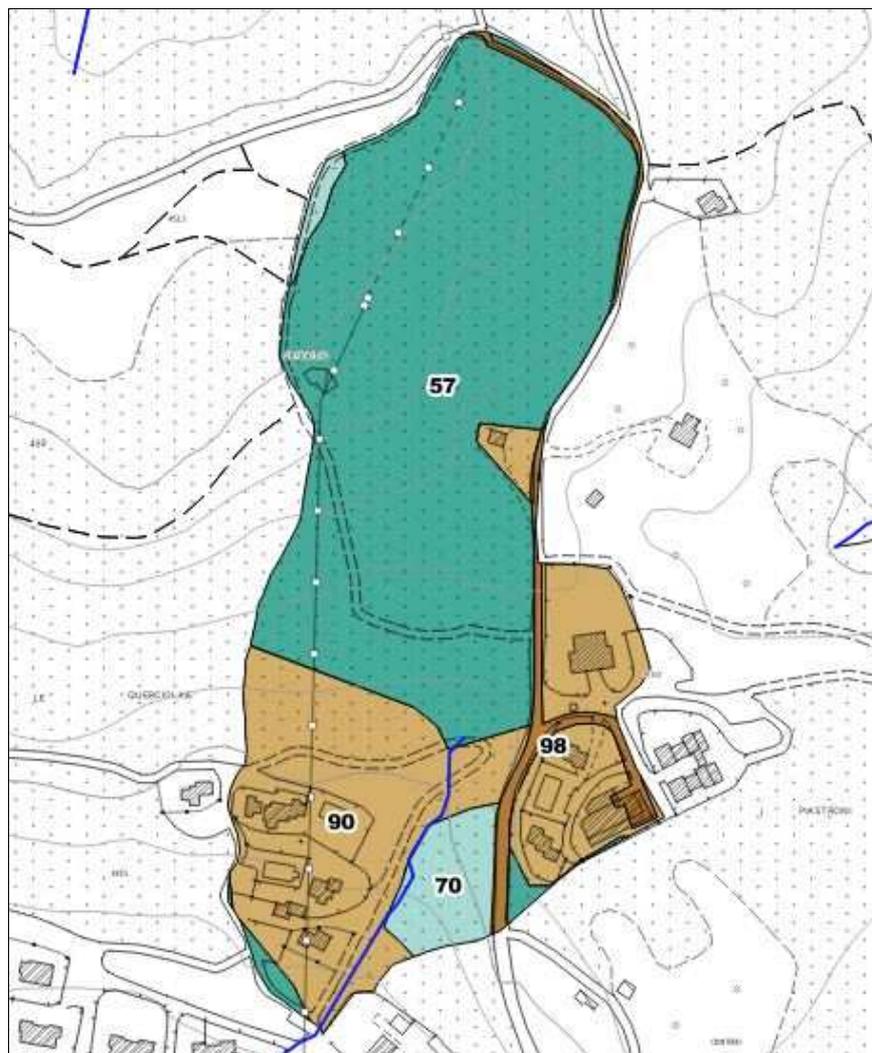


Fig. 46 – Distribuzione del CN (III) sul bacino del Botro Pelato in Loc. Monteverdi Marittimo

Per quanto riguarda le forzanti meteoriche sono state acquisite, a partire dai parametri  $a$  ed  $n$  delle LSPP regionali, delle altezze di pioggia omogenee sul bacino, per le varie durate di precipitazione (0.5, 1, e 2 ore) e tempi di ritorno considerati.

Bacino	H_30_0.5 (mm)	H_30_1 (mm)	H_30_2 (mm)	H_200_0.5 (mm)	H_200_1 (mm)	H_200_2 (mm)
Bacino del Botro Pelato	48.59	58.66	70.80	64.68	81.59	102.91

Tab. 10 – Altezze medie di precipitazione sul bacino del Botro Pelato

Segue una tabella di riepilogo in cui sono indicate la superficie del bacino, il valore del CN (III) ed il tempo di corrivazione in ore; si ricorda che il  $T_c$  è stato stimato attraverso la media aritmetica delle 7 formulazioni di cui al Cap. 3.

Bacino	Area (kmq)	CN (III)	Tempo di corrivazione assunto $T_c$ (h)
Pelato	0.08	83	0.18

Tab. 11 – Superficie, CN e tempo di corrivazione del bacino del Botro Pelato in Loc. Monteverdi Marittimo

Tutti i parametri geomorfologici ed idrologici stimati sono stati implementati nel modello idrologico con il software HEC HMS per il calcolo degli idrogrammi di piena.

La successiva tabella mostra la sintesi dei valori al colmo delle portate di piena per tutti i sottobacini e tutti gli scenari idrologici esaminati.

Segue la graficizzazione di tutti gli idrogrammi di *output* del modello idrologico.

Bacino	Q_30_0.5 (mc/s)	Q_30_1 (mc/s)	Q_30_2 (mc/s)	Q_200_0.5 (mc/s)	Q_200_1 (mc/s)	Q_200_2 (mc/s)
Pelato	1.26	1.12	0.84	2.10	1.93	1.49

Tab. 12 – Valori al colmo delle portate di piena nei diversi scenari studiati

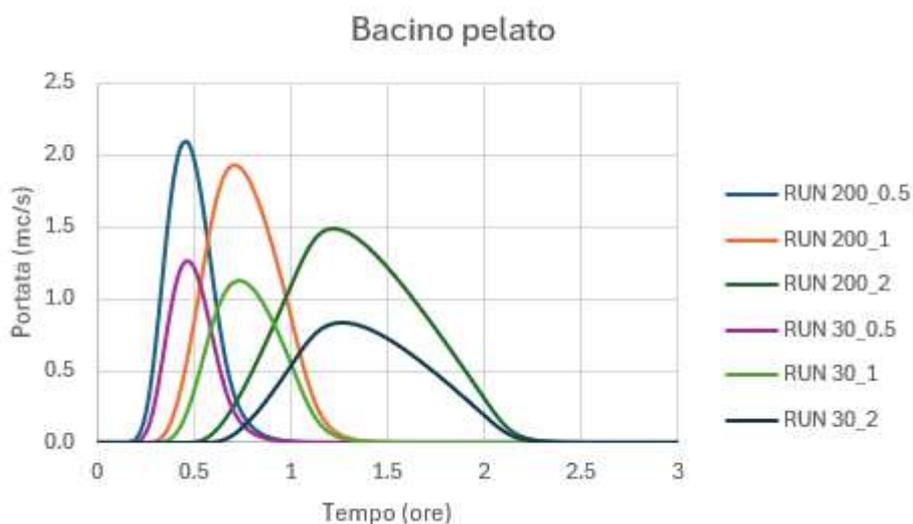


Fig. 47 – Idrogrammi Pelato

## 7.4 Idraulica

Del modello idraulico globale è di seguito mostrato lo schema che riguarda la modellazione del Botro Pelato a Monteverdi Marittimo.

Come nei casi precedenti, la base bidimensionale del modello si compone di un'unica *2dFlowArea* che copre interamente il dominio di studio; alla *mesh* è stata assegnata sempre una maglia pari a 3x3 mt.

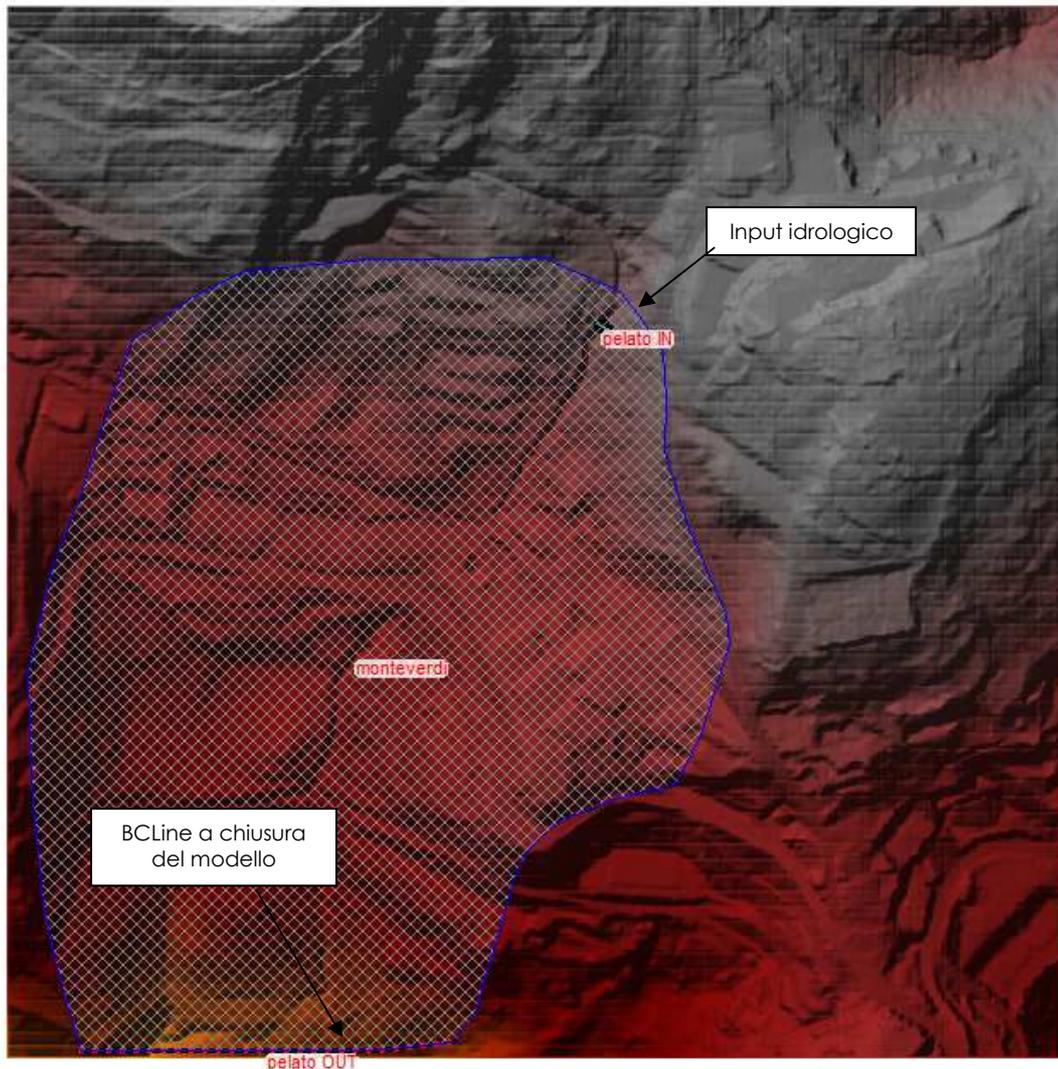


Fig. 48 – Schema del modello idraulico in Loc. Monteverdi Marittimo

Come si può vedere dallo schema di Fig. 48, nel modello non è presente alcun ulteriore elemento idraulico o antropico.

## 7.5 Risultati della modellazione

Nei seguenti estratti sono riportate le pericolosità da alluvione risultanti dalle nuove verifiche, e la magnitudo idraulica.

Le aree allagabili con tempo di ritorno di 30 anni e di 200 anni hanno pressoché identica estensione, pertanto è stata assegnata soltanto la classe di pericolosità P3 per alluvioni frequenti.

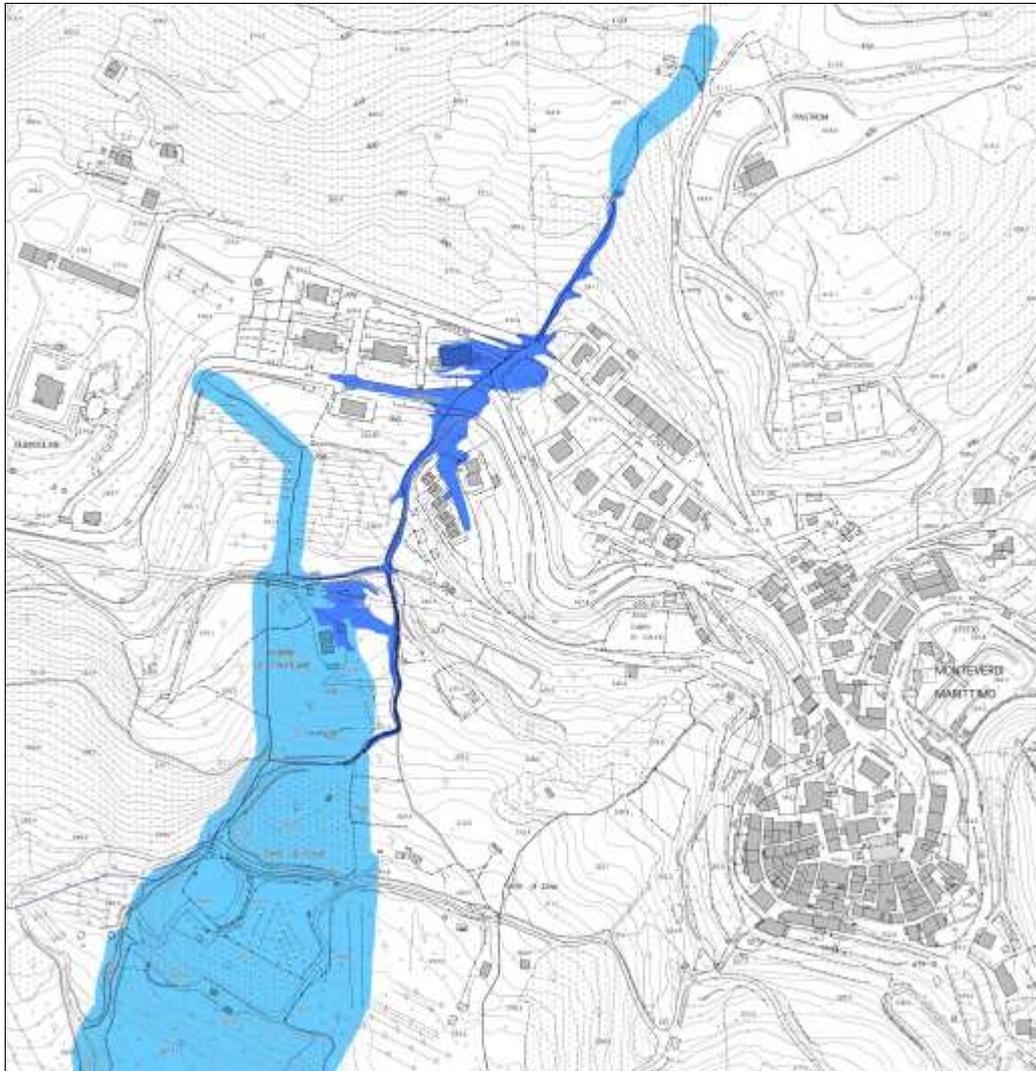


Fig. 49 – Pericolosità da alluvione in Loc. Monteverdi Marittimo

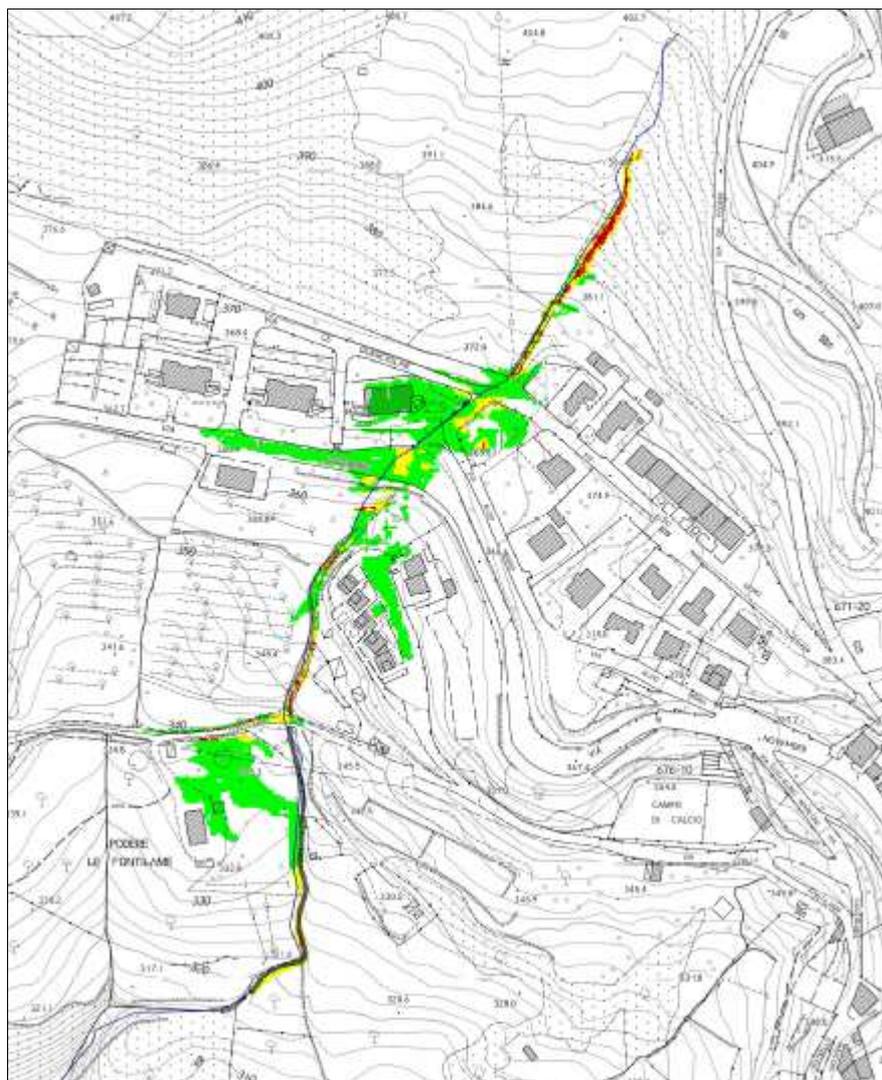


Fig. 50 – Magnitudo idraulica in Loc. Monteverdi Marittimo

## 8. VERIFICA IDRAULICA LOC. CANNETO (MONTEVERDI MARITTIMO)

In questo capitolo è descritto il sub-modello idrologico-idraulico dei corsi d'acqua interferenti con l'abitato di Canneto, nel Comune di Monteverdi Marittimo.

### 8.1 Singolarità dei corsi d'acqua

Come anticipato, l'abitato di Canneto è attraversato da alcuni corsi d'acqua in direzione Est-Ovest, per lo più tombati. Si tratta dei fossi TC9235, TC9273 e del Botro della Capannacce, tutti appartenenti al reticolo idrografico regionale.

E' stato individuato un ulteriore fossetto di piccole dimensioni interposto tra i bacini del fosso TC9273 ed il Botro delle Capannacce, di cui è stato tenuto conto sia nell'analisi idrologica che nella modellistica idraulica.

Nella figura che segue sono identificati, e successivamente commentati, alcuni elementi caratteristici dell'area di studio.

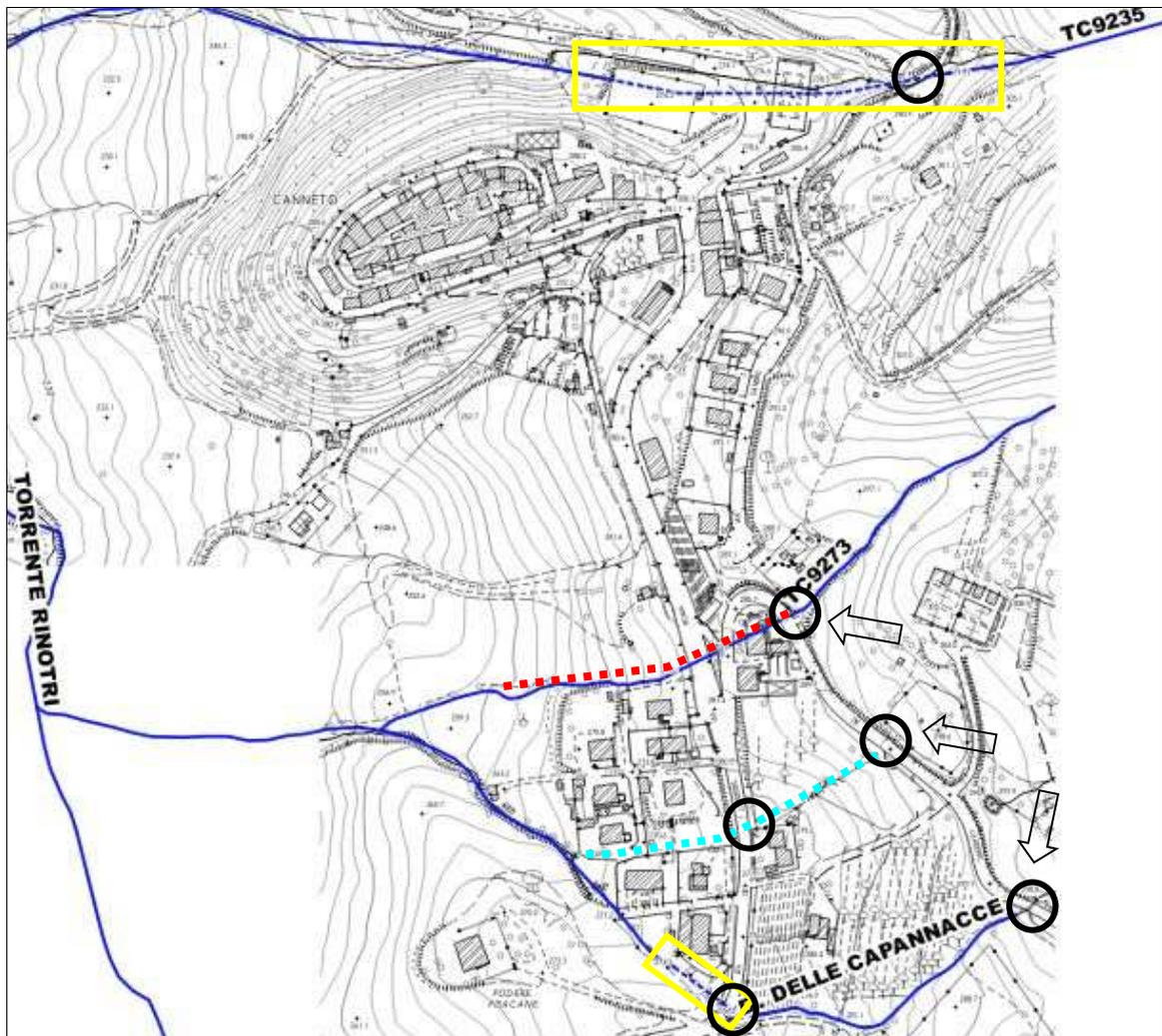


Fig. 51 – Planimetria dei corsi d'acqua in Loc. Canneto

Secondo il reticolo idrografico regionale il tracciato dei corsi d'acqua suddetti è quello riportato in azzurro nella precedente figura.

Il tombamento del fosso TC9235 è correttamente individuato, come anche quello, più breve, del Botro delle Capannacce (riquadri gialli), mentre è assente quello del fosso TC9273 (in figura è indicato con il tratteggio rosso).

Nella precedente figura è mostrato anche il tracciato indicativo del fossetto interposto tra TC9273 e Botro delle Capannacce.

Nel primo tratto esso non è facilmente distinguibile (si presume sia tombato), nel secondo tratto invece torna a cielo aperto.

In colore nero sono cerchiato le sezioni di attraversamento, o di inizio tombamento, dei corsi d'acqua in esame; alcune di esse sono anche indicate con delle frecce.

Per i corsi d'acqua che presentano più di un attraversamento, i nodi ritenuti più critici sono quelli di monte, che presentano sezioni di diametro molto ridotto, a differenza di quelli di valle che presentano una sezione maggiore, come nel caso del Botro delle Capannacce.

Perciò anche per i corsi d'acqua di Canneto la verifica idraulica è stata effettuata mediante modellazione puramente bidimensionale con introduzione degli input idrologici a monte dei vari tratti tombati (per TC9235, TC9273 e per il fosso minore) o a monte degli attraversamenti stradali (per il Botro delle Capannacce).

## 8.2 Documentazione fotografica

Di seguito sono riportate alcune fotografie rappresentative della zona oggetto e dei corsi d'acqua oggetto di studio.



Tombamento del Fosso TC9235 proveniente da monte



Tombamento del Fosso TC9235 passante sotto la strada e sotto il campo da calcio



Fine del tratto tombato di TC9235



Tratto a cielo aperto di TC9235



Inizio del tratto tombato del fosso TC9273



Tratto a cielo aperto del fosso TC9273 a monte del tombamento



Tratto a cielo aperto del fosso TC9273 a valle del tombamento



Attraversamento di valle del Botro delle Capannacce



Alveo del Botro delle Capannacce a valle del tombamento



Alveo del fossetto di scolo a valle del secondo attraversamento della Strada Provinciale

### 8.3 Idrologia

L'analisi idrologica dei corsi d'acqua in Loc. Canneto è compiuta secondo i criteri di cui al precedente Cap. 3.

In questo paragrafo sono mostrati alcuni dettagli planimetrici dei bacini e fornite tutte le parametrizzazioni di calcolo; infine sono riportati gli idrogrammi di piena stimati.

Innanzitutto è mostrata la planimetria dei bacini, a cui è stata assegnata la stessa denominazione dei rispettivi corsi d'acqua; il bacino del piccolo fosso che tra TC9273 e Botro delle Capannacce è stato denominato *Bac\_2*.

Si osservi inoltre che il bacino del Botro delle Capannacce è stato suddiviso in bacino di monte (*Capannacce*) e bacino di valle (*Capannacce\_2*); il contributo di quest'ultimo è stato inserito nel modello nel tratto compreso tra i due attraversamenti stradali.

Un altro aspetto da sottolineare è quello relativo al fatto che non tutti i bacini in esame sono stati chiusi esattamente all'altezza dei primi tombamenti o attraversamenti; ad esempio per il *Bac\_2* è stata considerata la superficie fino al secondo passaggio sotto la Strada Provinciale, mentre, come detto, per il Botro delle Capannacce il settore di valle è stato considerato come un bacino distinto.

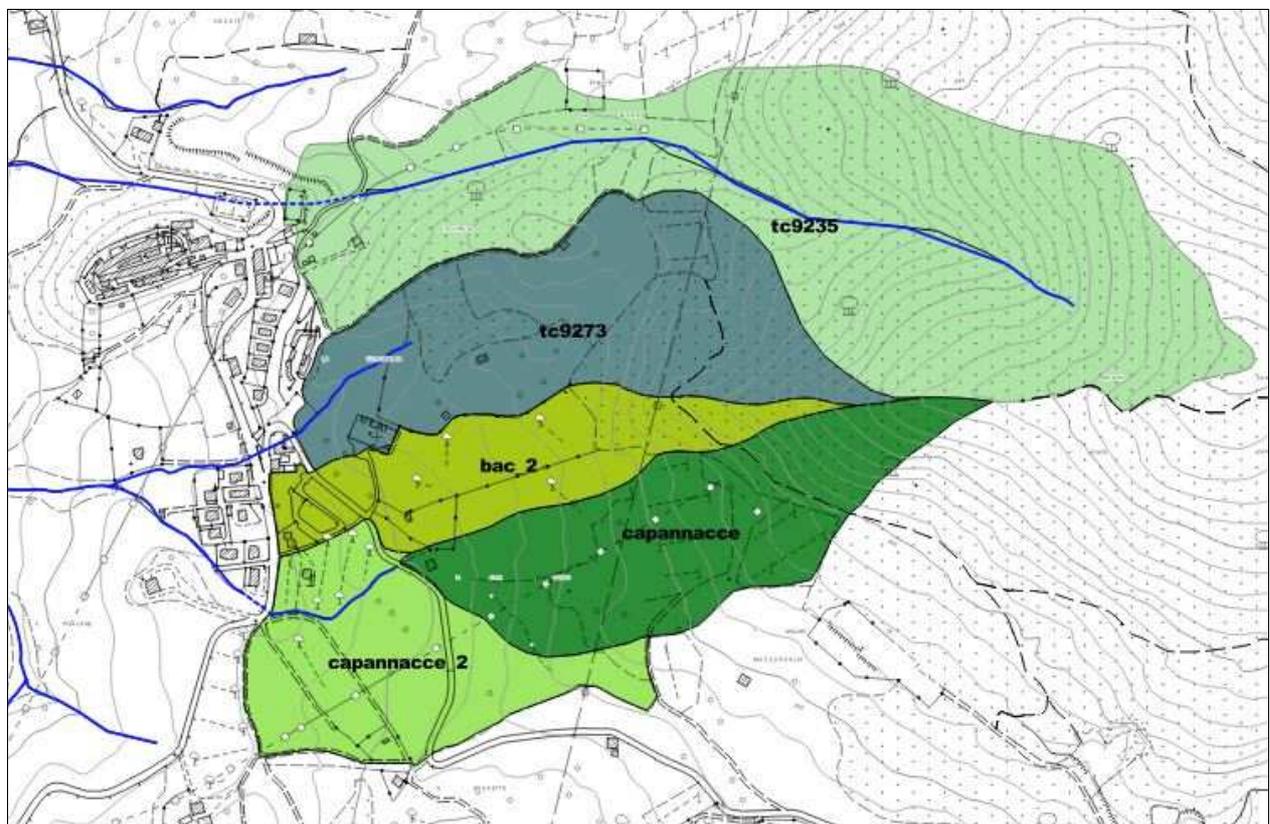


Fig. 52 – Bacini dei corsi d'acqua in Loc. Canneto

Seguono le distribuzioni dell'uso del suolo e delle classi di suolo SCS sui bacini.

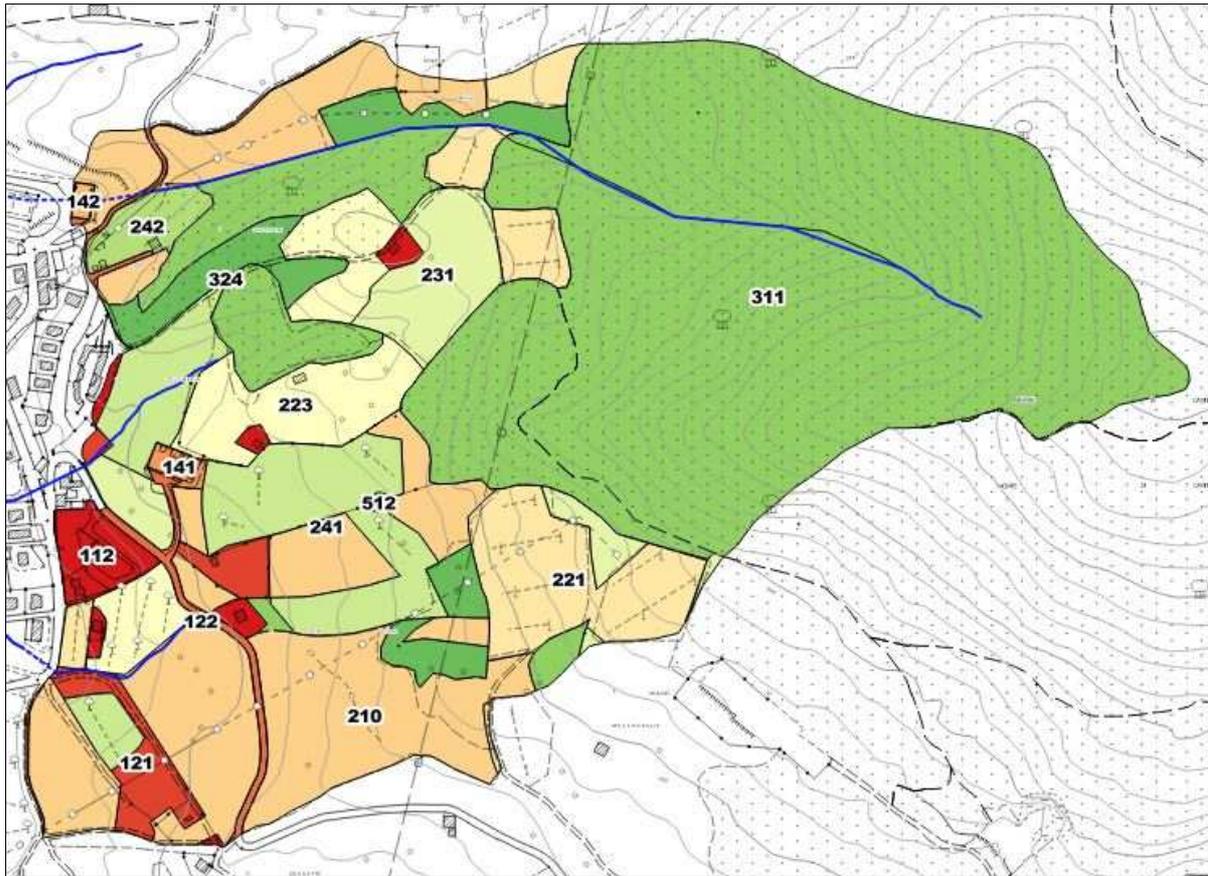


Fig. 53 – Distribuzione dell'uso del suolo sui bacini dei corsi d'acqua in Loc. Canneto

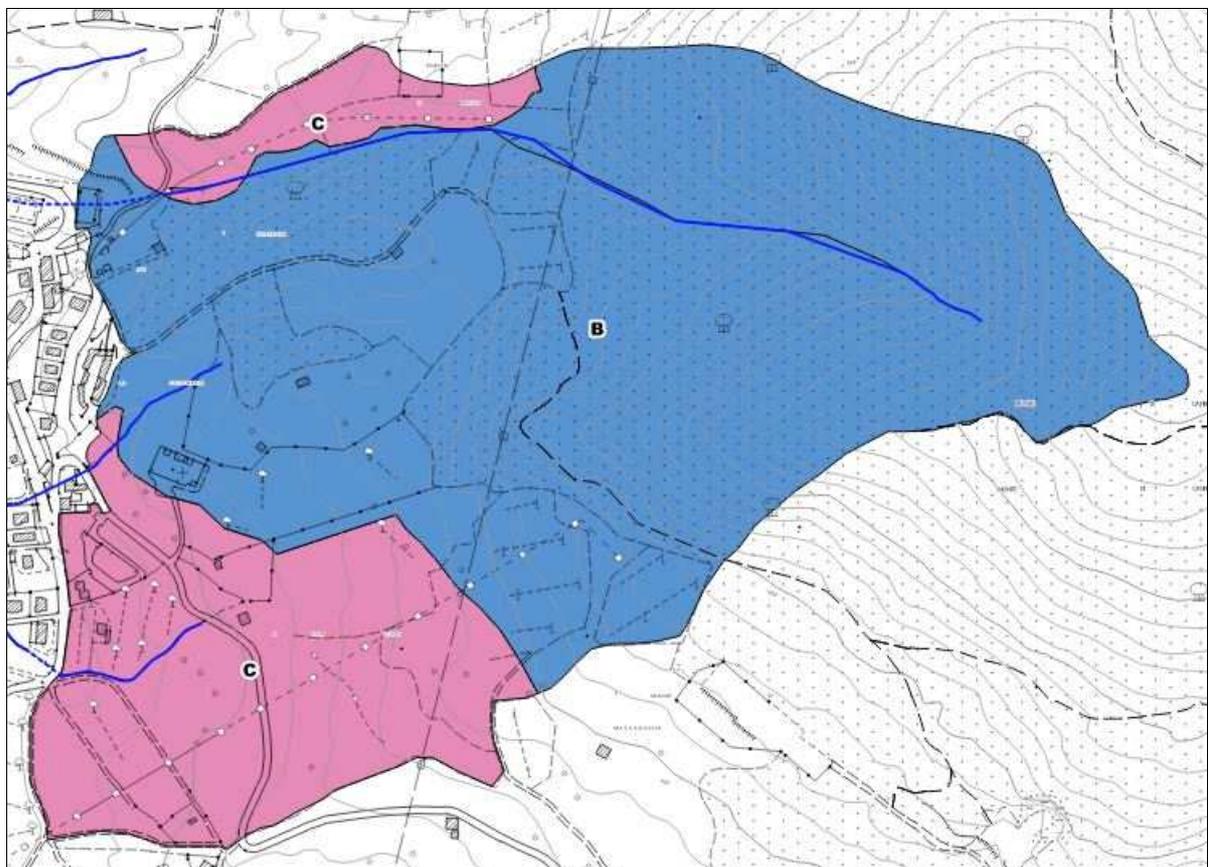


Fig. 54 – Distribuzione delle classi di suolo SCS sui bacini dei corsi d'acqua in Loc. Canneto

Seguendo i criteri metodologici del Cap. 3 è stato stimato il valore caratteristico del CN su ciascuno dei bacini.

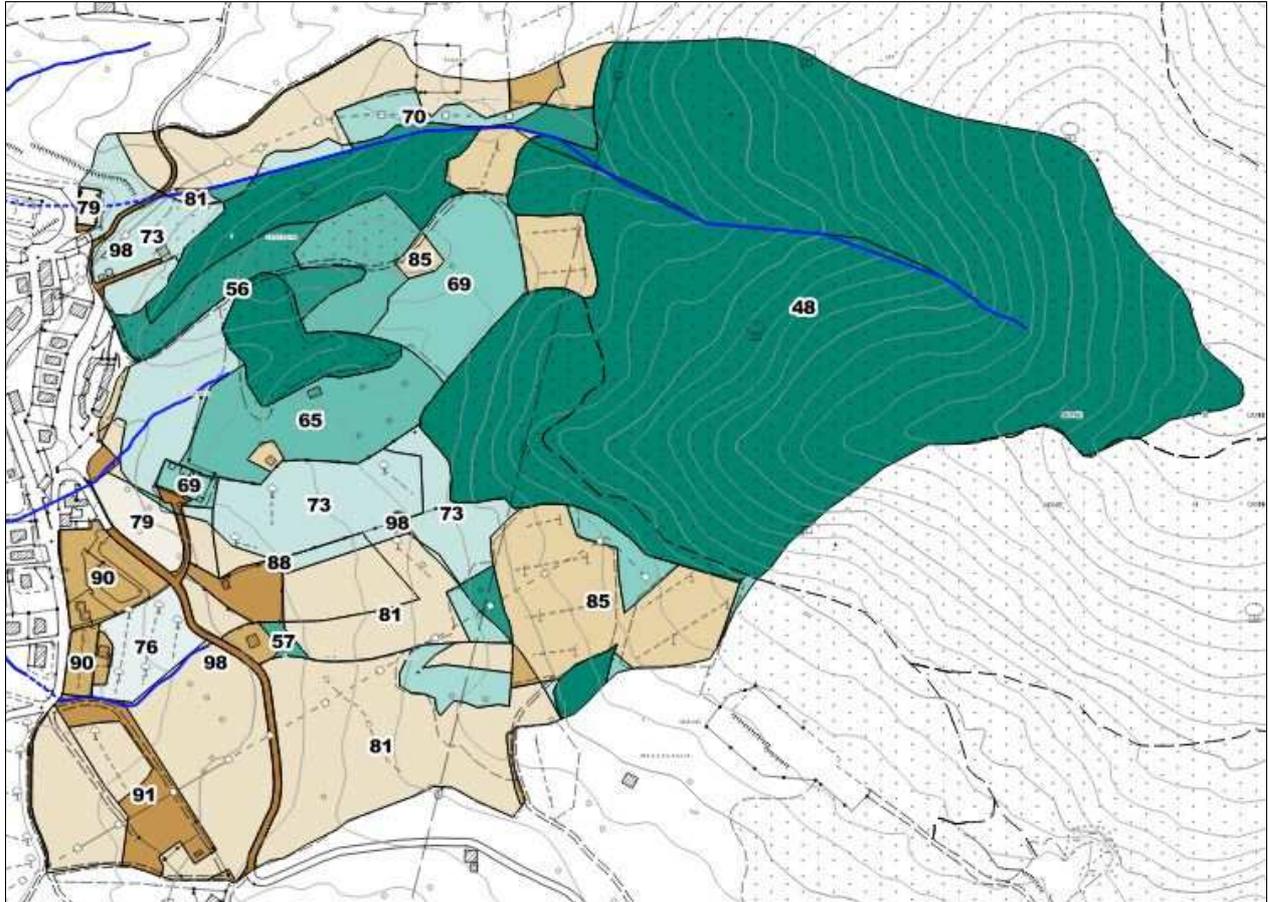


Fig. 55 – Distribuzione del CN (III) sui bacini dei corsi d'acqua in Loc. Canneto

Per quanto riguarda le forzanti meteoriche sono state acquisite, a partire dai parametri  $a$  ed  $n$  delle LSPP regionali, delle altezze di pioggia omogenee sul bacino complessivo (somma dei cinque bacini), per le varie durate di precipitazione (0.5, 1, e 2 ore) e tempi di ritorno considerati.

Bacino	H_30_0.5 (mm)	H_30_1 (mm)	H_30_2 (mm)	H_200_0.5 (mm)	H_200_1 (mm)	H_200_2 (mm)
Bacini in Loc. Canneto	46.06	56.20	67.12	64.33	78.21	95.08

Tab. 13– Altezze medie di precipitazione sui bacini in Loc. Canneto

Segue una tabella di riepilogo in cui sono indicate le superfici dei bacini, il valore del CN (III) ed il tempo di corrvazione in ore; si ricorda che il  $T_c$  è stato stimato attraverso la media aritmetica delle 7 formulazioni di cui al Cap. 3.

Bacino	Area (kmq)	CN (III)	Tempo di corrvazione assunto $T_c$ (h)
TC9235	0.28	72.5	0.39
TC9273	0.13	75.5	0.20
Capannacce	0.10	84.1	0.13
Capannacce_2	0.08	91.5	0.19
Bac_2	0.07	84.5	0.12

Tab. 14 – Superficie, CN e tempo di corrvazione dei vari bacini in Loc. Canneto

Tutti i parametri geomorfologici ed idrologici stimati sono stati implementati nel modello idrologico con il software HEC HMS per il calcolo degli idrogrammi di piena.

La successiva tabella mostra la sintesi dei valori al colmo delle portate di piena per tutti i sottobacini e tutti gli scenari idrologici esaminati.

Segue la graficizzazione di tutti gli idrogrammi di *output* del modello idrologico.

Bacino	Q_30_0.5 (mc/s)	Q_30_1 (mc/s)	Q_30_2 (mc/s)	Q_200_0.5 (mc/s)	Q_200_1 (mc/s)	Q_200_2 (mc/s)
TC9235	1.28	1.59	1.45	2.89	3.31	2.9
TC9273	1.12	1.08	0.86	2.26	2.11	1.63
Capannacce	1.74	1.44	1.03	2.98	2.47	1.75
Capannacce_2	1.99	1.60	1.11	3.07	2.47	1.72
Bac_2	1.31	1.05	0.74	2.24	1.79	1.25

Tab. 15 – Valori al colmo delle portate di piena nei diversi scenari studiati

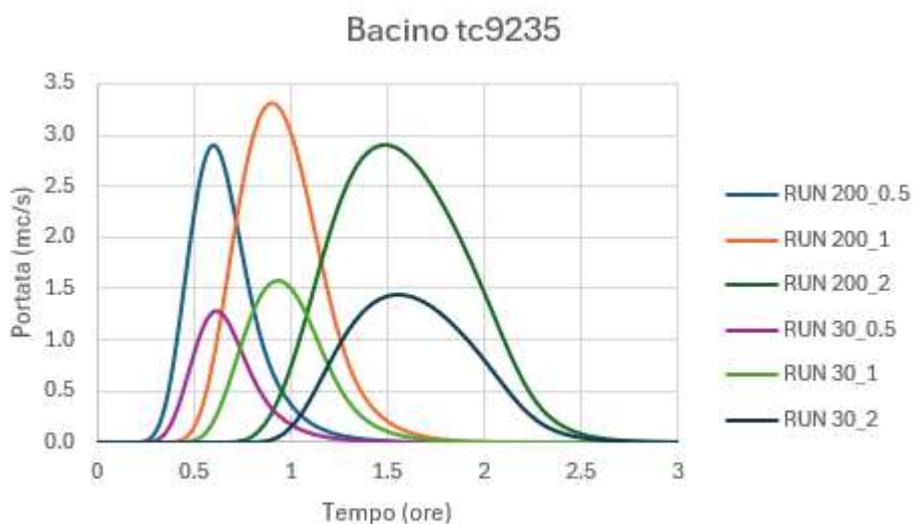


Fig. 56 – Idrogrammi TC9235

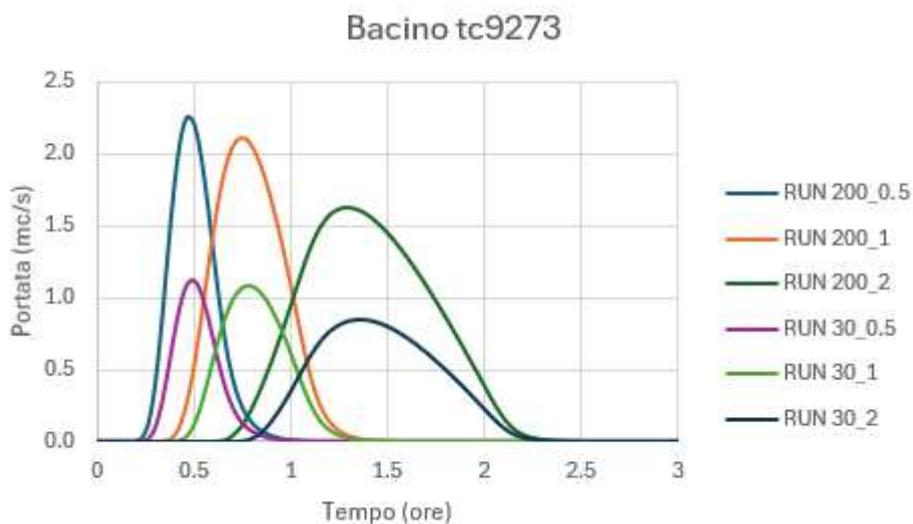


Fig. 57 – Idrogrammi TC9273

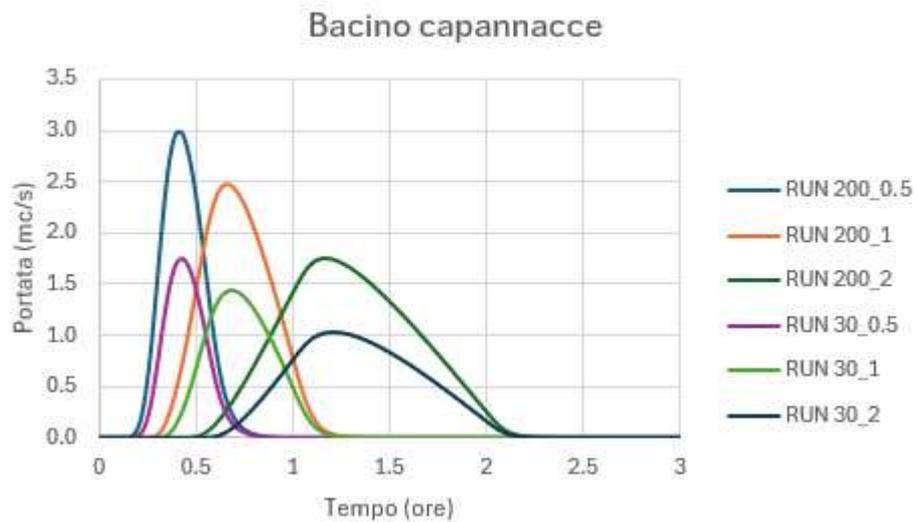


Fig. 58 – Idrogrammi Capannacce

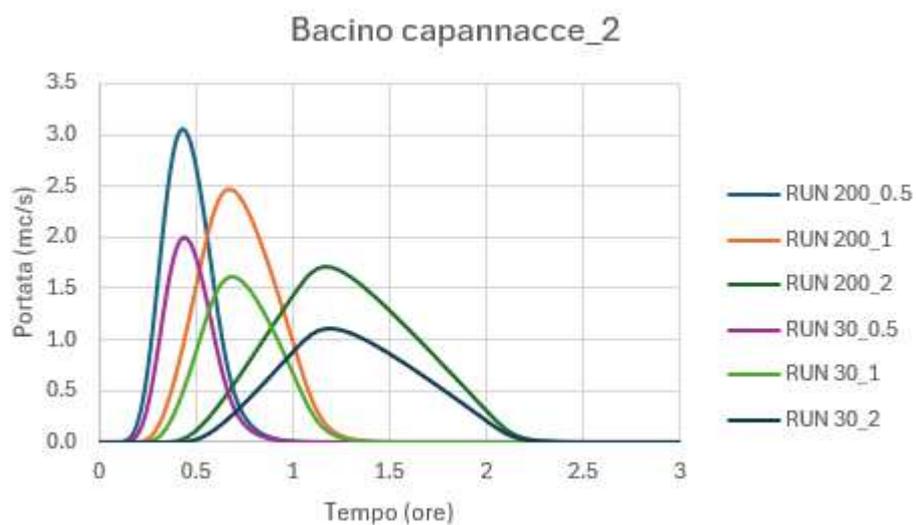


Fig. 59 – Idrogrammi Capannacce\_2

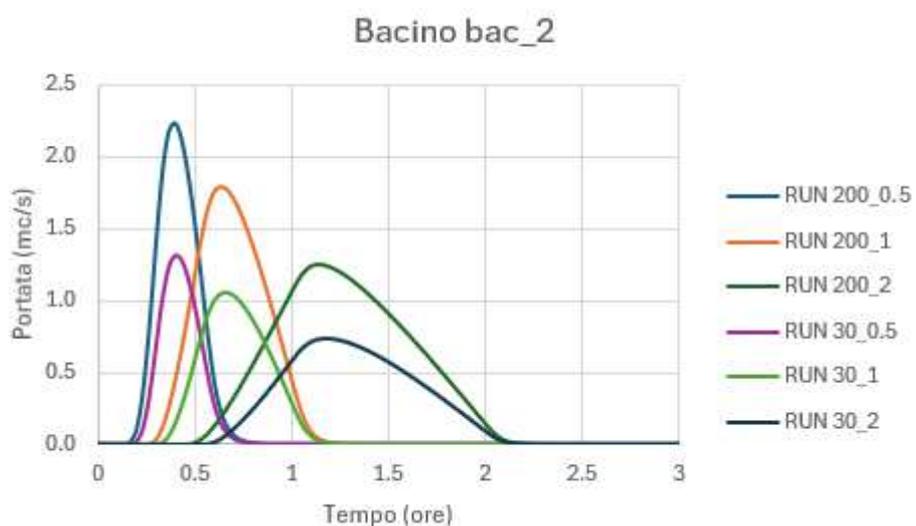


Fig. 60 – Idrogrammi Bac\_2

## 8.4 Idraulica

Del modello idraulico globale è di seguito mostrato lo schema che riguarda la modellazione dei corsi d'acqua in Loc. Canneto.

Come negli altri casi, la base bidimensionale del modello si compone di un'unica *2dFlowArea* che copre interamente il dominio di studio; alla *mesh* è stata assegnata una maglia pari a 3x3 mt.

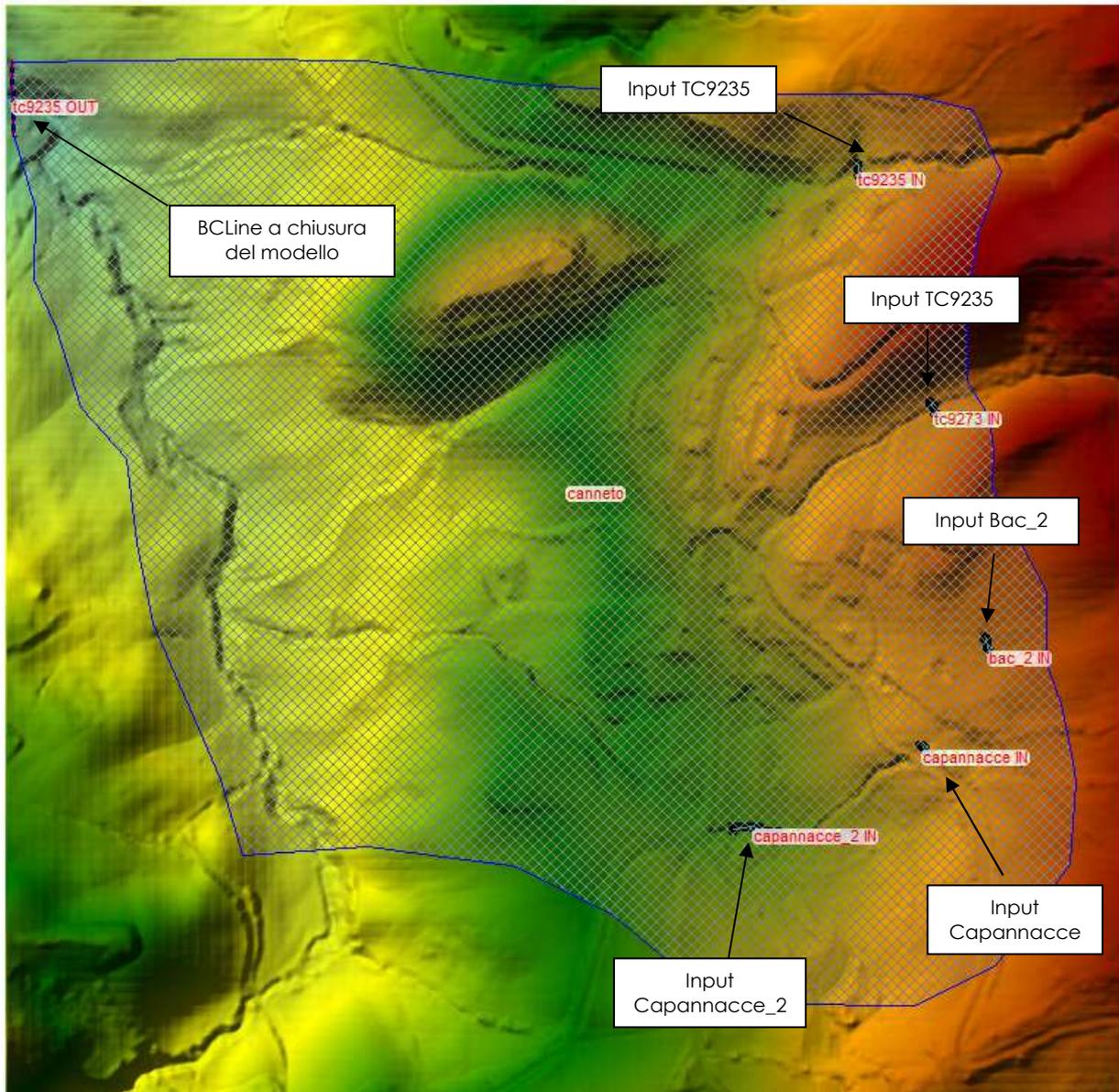


Fig. 61 – Schema del modello idraulico in Loc. Canneto

Come si può vedere dallo schema di Fig. 61, nel modello non è presente alcun ulteriore elemento idraulico o antropico.

Vista le caratteristiche dell'area di studio, l'introduzione di tombini, muretti o edifici sarebbe stata del tutto arbitraria, e quindi si è optato per lasciare inalterata la base 2D.

Del resto, si ricorda che l'attribuzione delle scabrezze di cui alla precedente Tab. 2 tiene già conto della presenza di manufatti nelle aree urbane, tanto che i valori di *n* di Manning per determinati codici *Corine* sono molti elevati.

## 8.5 Risultati della modellazione

Nei seguenti estratti sono riportate le pericolosità da alluvione risultanti dalle nuove verifiche, e la magnitudo idraulica.

Le aree allagabili con tempo di ritorno di 30 anni e di 200 anni hanno pressoché identica estensione, pertanto è stata assegnata soltanto la classe di pericolosità P3 per alluvioni frequenti.



Fig. 62 – Pericolosità da alluvioni in Loc. Canneto



Fig. 63 – Magnitudo idraulica in Loc. Canneto