

COMUNI DI MASSA E COZZILE, BUGGIANO E UZZANO

Provincia di PISTOIA

STUDIO IDROLOGICO-IDRAULICO RELATIVO AL SOTTOBACINO CANALE MAESTRO
SOTTOCOMPARTO OVEST DI SUPPORTO AGLI STRUMENTI DELLA PIANIFICAZIONE TERRITORIALE

Tavola:

REL01

- RELAZIONE IDROLOGICA IDRAULICA -

Scala:

--

Data:

OTTOBRE 2018



A4 INGEGNERIA

Società Tra Professionisti a Responsabilità Limitata

VIA ROMA 26 - 59100 - PRATO
TEL/FAX: 0574442523
P.IVA e C.F.: 01973140971
MAIL: info@a4ingegneria.it
PEC: a4ingegneria@egalmail.it
WEB: www.a4ingegneria.it

Il Responsabile del progetto:

DOTT. ING. CRISTIANO CAPPELLI
Ord. Ingg. Pistoia N. 693

Modellazione idrologica-idraulica a cura di:

ING. DANIELE BALDI
Ord. Ingg. Pistoia N. 1048

Committenza:



COMUNE DI MASSA E COZZILE

Sede: Via L.V. Giusfredi, 7
51010 MASSA E COZZILE (PT)



COMUNE DI UZZANO

Sede: Piazza Unità d'Italia, 1
51017 UZZANO (PT)



COMUNE DI BUGGIANO

Sede: Piazza Matteotti, 1
51011 BUGGIANO (PT)

data	oggetto della modifica

Questo disegno è protetto dalle vigenti leggi di autore e pertanto non può essere riprodotto, in tutto od in parte, né essere ceduto a terzi senza la nostra autorizzazione scritta.

SOMMARIO

1	PREMESSA	2
2	FASI DELLO STUDIO	2
3	ACQUISIZIONE DATI TOPOGRAFICI	2
3.1	<i>DESCRIZIONE DELLA TECNICA DI RILEVAMENTO LIDAR</i>	<i>2</i>
3.2	<i>DATI LIDAR PER IL TERRITORIO OGGETTO DI STUDIO</i>	<i>4</i>
3.3	<i>GEOREFERENZIAZIONE ALTIMETRICA DEI VOLI LIDAR DISPONIBILI</i>	<i>4</i>
3.4	<i>APPROFONDIMENTI TOPOGRAFICI SPECIFICI PER AGGIORNARE/DETTAGLIARE IL DTM</i>	<i>4</i>
3.5	<i>RILIEVI TOPOGRAFICI DEI CORSI D'ACQUA</i>	<i>5</i>
4	ANALISI IDROLOGICA.....	6
4.1	<i>ANALISI IDROLOGICA CON PIENE</i>	<i>7</i>
4.2	<i>ANALISI IDROLOGICA CON HEC-HMS</i>	<i>14</i>
4.3	<i>ANALISI IDROLOGICA CON URBIS 2003</i>	<i>17</i>
5	ANALISI IDRAULICA.....	18
5.1	<i>DATI D'INPUT DEL MODELLO IDRAULICO DI CALCOLO</i>	<i>21</i>
5.2	<i>RISULTATI</i>	<i>21</i>

1 PREMESSA

La presente relazione è stata redatta nell'ambito dello studio idrologico-idraulico relativo al "Sottobacino Canale Maestro Sottocomparto Ovest, di supporto agli strumenti della pianificazione dei Comuni di Massa e Cozzile, Buggiano ed Uzzano".

Al fine di perimetrare in maniera opportuna le aree potenzialmente allagabili del territorio del Comune di Uzzano, che si trova in prossimità dell'argine sinistro del torrente Pescia di Pescia ed è attraversato dal torrente Pescia Nuova, o Pescina, che confluisce nella Pescia di Pescia, il modello geometrico-idraulico di supporto allo studio è stato sviluppato "ripartendo" dal "sistema" idrologico-idraulico della Pescia di Pescia, ossia il torrente Pescia di Pescia e gli affluenti di destra e di sinistra, tra cui la Pescia Nuova, ricostruito nell'ambito dello studio a supporto delle Varianti ai P.S. dei comuni di Pescia e Montecarlo ed andando ad "aggiungere" tutto il "sistema" idrologico-idraulico relativo al Sottobacino Canale Maestro Sottocomparto Ovest che interessa, oltre al territorio del Comune Uzzano, principalmente quello dei comuni di Buggiano e Massa e Cozzile.

Lo studio è stato condotto in ottemperanza alle disposizioni normative regionali (vedi D.P.G.R. del 25/10/2011 n.53/R) e con metodologia conforme all'Allegato 3 delle norme del P.G.R.A. dell'Autorità di Bacino del Fiume Arno. Le perimetrazioni delle aree allagabili sono state ricostruite con riferimento ai parametri (battenti e velocità) stabiliti per le varie classi di magnitudo dalla L.R. 41/2018 che entrerà in vigore a partire dal 01/10/2018.

2 FASI DELLO STUDIO

La relazione si articola nei seguenti capitoli che si identificano con le diverse fasi dello studio:

1. **Acquisizione dati topografici**
2. **Analisi idrologica:** vengono descritte le metodologie utilizzate che hanno portato alla stima degli idrogrammi di piena di riferimento per i bacini oggetto di studio in relazione agli scenari di pioggia analizzati.
3. **Analisi idraulica mono-dimensionale dei corsi d'acqua oggetto di studio e bi-dimensionale delle aree allagabili:** vengono descritti gli strumenti di calcolo, i dati utilizzati nella costruzione del modello idraulico, le ipotesi assunte e i risultati ottenuti.

3 ACQUISIZIONE DATI TOPOGRAFICI

Tutti i dati topografici utilizzati nell'ambito dello studio sono stati georiferiti ai dati disponibili tramite i voli LIDAR ed in particolare al DTM (*Digital Terrain Model*) costruito sulla base di detti dati LIDAR.

3.1 DESCRIZIONE DELLA TECNICA DI RILEVAMENTO LIDAR

Il LIDAR (Light Detection and Ranging) è una tecnica di telerilevamento "attivo" per l'esecuzione di rilievi topografici ad alta risoluzione. Si opera con un mezzo aereo, o elicottero, sul quale è posizionato il sistema laser a scansione che integra quattro unità principali: un laserscanner composto da un sensore laser che emette impulsi elettrici, un'unità di acquisizione, un apparato per il posizionamento satellitare (GPS) e un sistema inerziale di navigazione (INS), per determinare la posizione (x,y) e l'orientamento del mezzo aereo in ogni istante. A terra, viene installata una rete GPS per il posizionamento differenziale. La peculiarità del sistema LIDAR è l'altissima velocità di acquisizione dei dati abbinata ad una elevata risoluzione. La tecnologia è

nata alla fine degli anni '70 negli Stati Uniti, e viene utilizzata diffusamente con impieghi molteplici quali ad esempio il monitoraggio costiero e l'analisi del rischio di ingressione marina, le valutazioni di rischio idraulico, le rilevazioni di tipo ambientale (es. ricerca di siti contaminati), la gestione delle foreste (per la misura di parametri critici quali densità, altezza dei fusti ecc.), il rilievo di infrastrutture lineari (elettrodotti; condotte), il monitoraggio delle attività estrattive.

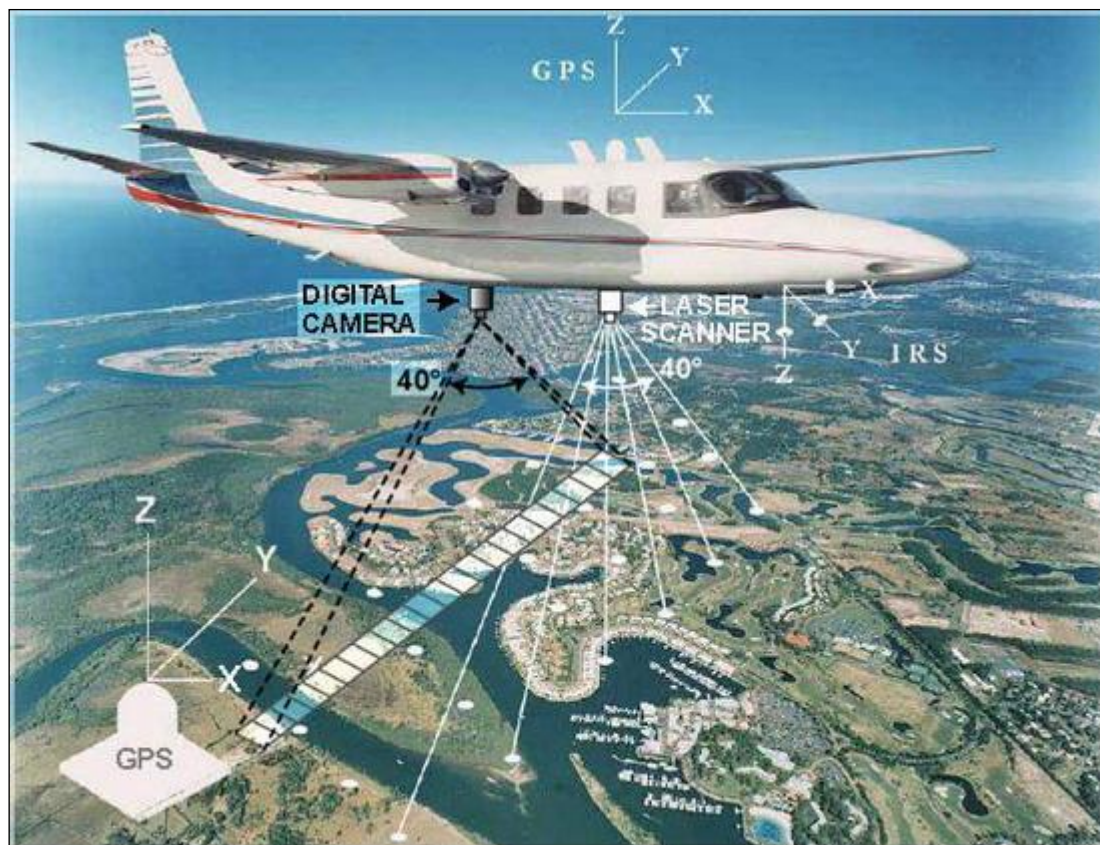


FIGURA 1. CONFIGURAZIONE DEL SISTEMA LIDAR

Il LIDAR permette di determinare la distanza di un oggetto o di una superficie utilizzando un impulso laser. Come per il radar, che al posto della luce utilizza onde radio, la distanza dell'oggetto è determinata misurando il tempo trascorso tra l'emissione dell'impulso e la ricezione del segnale retro diffuso.

Il LIDAR è molto più utilizzato rispetto alla rilevazione radar poiché usa lunghezze d'onda (ultraviolette o infrarosse) che permettono di localizzare e ricavare immagini e informazioni su oggetti molto piccoli di dimensioni pari alla lunghezza d'onda usata.

Affinché un oggetto rifletta un'onda elettromagnetica, deve produrre una discontinuità dielettrica alle frequenze del radar (radio o microonde) pertanto un oggetto metallico produce un buon eco, mentre i "non metalli" come la pioggia, gli specchi d'acqua o le rocce producono riflessioni molto più deboli e in alcuni casi non ne producono affatto. Il laser fornisce una soluzione a tali problemi avendo una lunghezza d'onda molto più breve rispetto al sistema radio. Questo facilita la riflessione di oggetti molto piccoli e non percepibili mediante radar, ne consegue una maggiore accuratezza e dettaglio dei rilevamenti LIDAR e dei prodotti che da esso ne derivano come i DTM ad elevata risoluzione.

3.2 DATI LIDAR PER IL TERRITORIO OGGETTO DI STUDIO

Per il territorio oggetto di studio sono disponibili i DTM (Digital Terrain Model) ricostruiti in base ai rilievi Lidar realizzati mediante voli effettuati negli anni 2008, 2009 e 2010; nel dettaglio, nel presente studio, è stato preso a riferimento per la georeferenziazione altimetrica il volo del 2009, in analogia a quanto fatto per lo studio a supporto del Regolamento Urbanistico del Comune di Massa e Cozzile redatto nel Febbraio del 2015.

3.3 GEOREFERENZIAZIONE ALTIMETRICA DEI VOLI LIDAR DISPONIBILI

La procedura per georeferenziare a livello altimetrico i dati dei DTM lidar dei tre voli disponibili seguita è stata così articolata:

1. Il territorio oggetto di studio è coperto dai voli lidar del 2008, 2009 e 2010;
2. E' stato assunto il volo 2009 come riferimento in analogia a quanto fatto per lo studio a supporto del Regolamento Urbanistico del Comune di Massa e Cozzile;
3. Sono state riscontrate differenze di quota tra il volo 2008 e 2010 rispetto a quello del 2009 rispettivamente di circa 15 e 10 cm (2009 più basso);
4. Sono state traslate rigidamente verso l'alto le quote del lidar 2008 di 15 cm e 2010 di 10 cm;
5. Nell'unione delle *grid* dei tre voli è stato considerato il volo 2009 come quello di riferimento altimetrico assoluto e quindi posto sopra ai voli del 2008 e 2010 per le aree di sovrapposizione.

Il DTM ottenuto mediante la procedura sopra descritta è stato poi utilizzato quale base topografica di riferimento per tutte le successive elaborazioni.

3.4 APPROFONDIMENTI TOPOGRAFICI SPECIFICI PER AGGIORNARE/DETTAGLIARE IL DTM

Su specifica indicazione delle amministrazioni comunali interessate, sono stati eseguiti degli appositi rilievi topografici strumentali o acquisiti i rilievi "as built" finalizzati a:

- aggiornare il DTM derivante da LIDAR per tener conto degli interventi edilizi, infrastrutturali, idraulici etc. realizzati sul territorio oggetto di studio negli anni successivi al 2008-2010;
- dettagliare meglio la topografia delle aree di particolare interesse ai fini della pianificazione di nuove opere pubbliche.

Nello specifico le aree su cui sono state apportate le modifiche al DTM riguardano:

- zona Centro Commerciale ex Ipercoop in loc. Biscolla in Comune di Massa e Cozzile;
- area dove è stata recentemente realizzata la scuola materna in via G. Verdi in Comune di Massa e Cozzile;
- area dove è in previsione la realizzazione di una nuova scuola media in via G. Boccaccio in comune di Massa e Cozzile.

3.5 RILIEVI TOPOGRAFICI DEI CORSI D'ACQUA

I dati topografici utilizzati nella modellazione idraulica dei vari corsi d'acqua sono stati in parte ripresi dagli studi idraulici già eseguiti dagli scriventi negli anni precedenti ed in parte eseguiti appositamente nell'ambito dello studio in oggetto.

Gli studi idraulici da cui sono stati ripresi i dati topografici sono di seguito elencati:

- studio idrologico-idraulico di supporto alla Variante al Piano Strutturale del Comune di Pescia redatto nel Dicembre del 2015, depositato presso l'Ufficio del Genio Civile Valdarno Centrale ed in fase di rilascio del nulla-osta;
- studio idrologico-idraulico di supporto del Regolamento Urbanistico del Comune di Massa e Cozzile redatto nel Febbraio del 2015;
- studio idrologico-idraulico di supporto del Regolamento Urbanistico del Comune di Buggiano redatto nel Novembre del 2009 ed approvato dagli uffici regionali;

Le sezioni topografiche inserite all'interno di suddetti studi derivavano da:

- studio d'area vasta eseguito dall'ex Consorzio di Bonifica Padule di Fucecchio nell'anno 2005;
- rilievi eseguiti direttamente, o su incarico affidato a tecnico esterno, dall'ex Consorzio di Bonifica del Padule di Fucecchio;
- rilievi eseguiti dal geom. Lorenzo Baldasseroni su incarico del Comune di Massa e Cozzile;
- rilievo eseguito dallo scrivente nell'ambito dello studio idraulico eseguito su incarico del Comune di Buggiano nell'anno 2009;
- rilievo eseguito dallo scrivente nell'ambito dello studio idraulico eseguito su incarico del Comune di Pescia nell'anno 2015;

Le sezioni topografiche derivanti dai suddetti rilievi/studi, sono opportunamente verificate, aggiornate e, ove necessario modificate, in base a rilievi topografici specifici e/o misure speditive appositamente eseguite dagli scriventi oppure in base a riscontri con le sezioni estratte dal DTM Lidar nei tratti con sponde in terra e senza presenza di vegetazione infestante, dove gli "errori" e/o imprecisioni dei dati Lidar sono del tutto trascurabili. Si precisa che anche queste ultime sezioni derivanti dal Lidar sono state "verificate" ed opportunamente modificate/corrette, se necessario, in base ai risultati delle misurazioni speditive effettuate durante i sopralluoghi.

I rilievi topografici eseguiti ex novo dagli scriventi nell'ambito del presente studio hanno riguardato le intere aste, o tratti di queste, dei corsi d'acqua che non erano mai stati indagati negli studi precedenti in quanto inseriti all'interno del reticolo idrografico stabilito dalla L.R- 79/2012 e s.m.i.. Nello specifico i rilievi hanno riguardato:

- fosso Biscolla;
- tratto di monte fosso Valpiana;
- tratto di monte fosso Ponte Cavallo;
- tratto di monte rio Parenti;
- fosso Grande;

- fosso “senza nome”.

Tutte le geometrie dei corsi d’acqua oggetto di modellazione sono state infine univocamente georiferite altimetricamente alle quote del DTM LIDAR ottenuto come descritto in precedenza.

Nell’ambito della documentazione tecnica fornita è presente il file *tracce_sez.shp* dove è riportata per ogni sezione inserita nel modello la “fonte” del dato topografico e sono sinteticamente descritte le modifiche apportate a seguito degli approfondimenti appositamente eseguiti dagli scriventi sopra descritti.

4 ANALISI IDROLOGICA

L’analisi idrologica è stata condotta con riferimento a scenari di pioggia per tempi di ritorno pari a 30 e 200 anni e durate dell’evento di 1, 3 e 6 ore al fine di determinare idrogrammi di piena che massimizzino sia le portate che i volumi di tracimazione dai vari corsi d’acqua.

Le curve di possibilità pluviometrica sono state stimate a partire da quelle redatte dall’Università di Firenze per conto della Regione utilizzando i dati pluviometrici a tutto il 2012.

La curva di possibilità pluviometrica può essere espressa nella forma generica:

$$h = a t^n$$

dove:

- h altezza di pioggia in [mm/h];
- t durata evento [h];
- a coefficiente dipendente dal tempo di ritorno [mm/hⁿ];
- n esponente della curva di possibilità pluviometrica.

Gli studi condotti dall’Università di Firenze forniscono i valori di a e n su una maglia di 1kmx1km su tutto il territorio regionale per i tempi di ritorno di 2, 5, 10, 20, 30, 50, 100, 150, 200 e 500 anni.

Approssimando la curva di crescita, che dipende dal modello probabilistico utilizzato per la stima delle altezze di pioggia per le varie durate e per i vari tempi di ritorno, con un legge di potenza, la curva di possibilità pluviometrica può essere espressa nella forma:

$$h = a' t^n T^m$$

dove:

- a' coefficiente [mm/hⁿ y^m];
- T tempo di ritorno in anni [y].

Di norma la curva di possibilità pluviometrica presenta due andamenti distinti per le durate inferiori e superiori all’ora con differenti coefficienti. Gli studi condotti dalla Università di Firenze forniscono i dati solo per durate superiori all’ora il cui utilizzo risulta comunque cautelativo.

L’analisi idrologica è stata svolta utilizzando i tre software idrologici di seguito riportati:

- PIENE messo a punto per il Consorzio di Bonifica del Padule di Fucecchio nell’ambito degli studi di Area Vasta per i corsi d’acqua già oggetto di analisi nell’ambito dello studio redatto a supporto della Variante al Piano Strutturale del Comune di Pescia depositato nel Febbraio

del 2015, che nel dettaglio sono i corsi d'acqua: Pescia di Pescia, Dilezza, Dogana e Pescia Nuova;

- HEC-HMS, utilizzando il metodo "Soil Moisture Accounting" per la stima delle perdite per infiltrazione nel modello afflussi-deflussi, per i corsi d'acqua con bacini idrografici pedecollinari (regime delle acque alte) che nel dettaglio sono: Acquavivola, Borra, Gamberaio, Parenti, Ponte Cavallo, Valpiana, Rio Torto, Cessana;
- URBIS 2003, utilizzando il metodo del CN-SCS per stimare le perdite per infiltrazione e metodo del serbatoio lineare con calcolo della costante d'invaso mediante l'equazione di Pedersen per il calcolo dell'idrogramma unitario istantaneo, per i corsi d'acqua con bacini idrografici di fondo valle urbanizzati che nel dettaglio sono: Calderaio e Santa Maria.

Sono state utilizzate le suddette metodologie in quanto:

- il modello PIENE, aggiornato con le LSPP 2012 regionalizzate, già utilizzato per lo studio a supporto della variante al P.S. del Comune di Pescia in corso di approvazione da parte dell'Ufficio del Genio Civile di Pistoia, nonché di quello a supporto della variante al P.S. del Comune di Montecarlo già approvato dall'Ufficio del Genio Civile di Pisa, ha già analizzato il sistema del torrente Pescia di Pescia e quello del torrente Pescia Nuova;
- il software HEC-HMS con il metodo "Soil Moisture Accounting" è stato indicato dai tecnici dell'Autorità di Distretto dell'Appennino Settentrionale, durante le riunioni tenutesi nell'anno 2018, come modello di riferimento per sviluppare le analisi idrologiche dei sistemi delle acque alte;
- il software URBIS 2003, con riferimento al metodo di trasformazione afflussi deflussi che fa riferimento alla costante d'invaso, per i corsi d'acqua facenti parte del reticolo delle acque basse.

Nei paragrafi seguenti si riporta la descrizione dettagliata dei metodi utilizzati per la stima degli idrogrammi di piena riportati nell'Allegato 1 relativi ai bacini idrografici oggetto di analisi che sono riportati nella Tavola 01.

4.1 ANALISI IDROLOGICA CON PIENE

Il modello PIENE è un modello a parametri distribuiti che utilizza le seguenti cartografie di base:

- modello digitale del terreno (DTM) 25x25m finalizzato al calcolo del raster dei puntatori;
- mappa dell'uso del suolo elaborata a partire dai dati forniti dall'Autorità di Bacino del Fiume Arno (Carta dell'Uso prodotta secondo la metodologia Corine Land Cover);
- mappa delle formazioni geo-litologiche fornita dalla Autorità di Bacino del Fiume Arno sulla base dei fogli in scala 1:10.000 realizzati dal Servizio Geologico Nazionale;
- mappa dei parametri delle curve di possibilità pluviometrica calcolate dalla Università di Firenze per conto della Regione Toscana.

Il modello è stato tarato nell'ambito degli studi di Area Vasta condotti dal Consorzio di Bonifica del Padule di Fucecchio sui 6 eventi verificatesi nel bacino del Padule di Fucecchio riportati nella tabella seguente.

<i>EVENTO</i>	<i>DATA INIZIO</i>	<i>DATA FINE</i>
<i>Nievole 1966</i>	<i>03/11/1966 00.00</i>	<i>06/11/1966 00.00</i>
<i>Nievole 1967</i>	<i>07/03/1967 12.00</i>	<i>10/03/1967 12.00</i>
<i>Nievole 1968</i>	<i>21/02/1968 00.00</i>	<i>25/02/1968 00.00</i>
<i>Pescia 1952</i>	<i>18/11/1952 09.00</i>	<i>21/11/1952 09.00</i>
<i>Pescia 1955_02</i>	<i>15/02/1955 09.00</i>	<i>21/02/1955 09.00</i>
<i>Pescia 1955_11</i>	<i>30/11/1955 00.00</i>	<i>03/12/1955 00.00</i>

TABELLA 1. EVENTI UTILIZZATI PER LA TARATURA DEL MODELLO

Il modello utilizza le seguenti mappe derivate da quelle di base:

- Mappa dei puntatori: specifica in quale cella contigua viene trasferita l'acqua in uscita dalla cella esaminata. Tale specificazione consegue dal confronto tra la quota della cella in esame e quelle delle otto celle circostanti.
- Mappa degli ordini di calcolo: specifica l'ordine della cella (ad ogni cella viene attribuito l'ordine massimo delle celle a monte +1); la mappa viene calcolata in funzione della mappa dei puntatori;
- Mappa dei bacini: identifica con uno stesso codice tutte le celle che afferiscono a una stessa foce; viene calcolata in funzione della mappa dei puntatori;
- Mappa delle velocità: fornisce le velocità di deflusso su ogni cella;
- Mappa dei tempi di trasferimento: specifica il tempo di trasferimento da una cella alla foce in funzione della mappa delle velocità. Il percorso verso la foce viene individuato in funzione dei puntatori;
- Mappa della capacità di ritenuta del suolo (indicata con SC, Storage Capacity): la mappa è stata calcolata in funzione di geolitologia e uso del suolo secondo la Tabella 2 e Tabella 3. I valori derivati sono stati sommati tra di loro.
- Mappa della velocità di infiltrazione del suolo: la mappa è stata calcolata in funzione di geolitologia e uso del suolo secondo la Tabella 4 e Tabella 5. I valori derivati sono stati moltiplicati tra di loro.

Codice	SC media [mm]	SC dev.sta. [mm]	Descrizione
1	100	50	detriti
2	80	40	alluvioni recenti e attuali Olocene
3	80	40	terreno palustre Olocene
4	100	50	Conoidi Olocene
5	56	28	travertini Olocene
6	80	40	alluvioni terrazzate; ove distinte at1, at2, at3 Pleist. sup.
7	80	40	sabbie arrossate, conglomerati e depositi ciottolosi a stratificazione incrociata e a prevalenti elementi di "verrucano"; Pleist. Medio
8	80	40	("formazione di Villa Babbiani") sabbie con tasche e lenti di ciottoli di "macigno" Pleist. inf.
9	90	45	Conglomerati e ciottoli a prevalenti elementi di "verrucano"(zona di Montecarlo); di "macigno" e di "ligure" (aree piu' settentrionali) Post-Villafranchiano
10	80	40	argille grigie lignitifere, argille sabbiose e sabbie di ambiente lacustre; talora livelli ciottolosi ad elementi di "macigno" e subordinatamente di calcari della serie toscana; livelli torbosi Rusciniano inf.-Villafranchiano sup.
11	90	45	conglomerato a grossi ciottoli di "macigno" Rusciniano inf.?
12	90	45	conglomerati e ghiaie prevalentemente argillose, con sabbie e sabbie argillose (al tetto e laterale di Ps) Plioc. inf.-medio
13	80	40	sabbie gialle, arenarie Pliocene inf.-medio
14	60	30	argille azzurre e cinerine Plioc. inf.-medio
15	62	31	conglomerati, sabbie, lenti di calcari detritico-organogeni; a luoghi conglomerati ad elementi di "macigno Plioc. inf.-medio
16	56	28	("alberese" e "formazione di Lanciata") calcari a grana fine grigio chiari, calcari marnosi scuri e arenarie calcaree gradate Paleocene-Eocene medio
17	56	28	argille e marne con calcari, calcari marnosi, arenarie e calcareniti intercalate talora breccie sedimentarie costituite da rocce verdi, diaspri e calcari litografici
18	62	31	("argilliti di Fiumalbo - marne di Le Piastre") argilliti varicolori, siltiti e marne grigie Oligocene superiore
19	62	31	("olistostroma basale") argilliti grigio scure con blocchi e frammenti di strato, calcari marnosi, microbreccie calcaree e arenarie Oligocene superiore
20	62	31	("macigno") arenarie quarzoso-felspatiche alternate a sottili interstrati di argilliti e siltiti;
21	62	31	calcareniti e calciruditi grigie, gradate Eocene
22	90	45	("scaglia toscana") argilliti rosse e varicolori con intercalazioni di calcari silicei grigi, marne rosse e calcareniti; al tetto marne siltose grigie, subordinatamente varicolori; Cretaceo inf. p.p.-Oligocene
23	32	16	("maiolica") calcari e calcari litografici selciferi bianco latte; nella parte alta calcari grigi talora selciferi e calcareniti Titonico sup.-Neocomiano/Barremiano
24	32	16	("diaspri") radiolariti ed argilliti silicee, sottilmente stratificate, prevalentemente rosse Malm p.p.
25	62	31	("calcari grigio a selci nere") calcari e calcareniti gradate grigio scure, gradate, a liste e noduli di selce nera Dogger sup.-Malm p.p.
26	56	28	("marne a Posidonomya") marne e argilliti marnose grigio giallastre, talora con strati di calcareniti gradate e con rari livelli di radiolariti; intercalazioni nella parte alta di radiolariti Lias sup.-Dogger p.p
27	62	31	("calcari grigi a selci chiare") calcari stratificati di coloreda grigio a giallastro, leggermente marnosi, a grana fine, con liste e noduli di selce grigia; localmente sottili strati di argilliti e di marne in lastrine Lias medio e superiore

TABELLA 2. TABELLA GEOLITOLOGIA - CAPACITÀ DI RITENUTA

Codice	SC media [mm]	SC dev.sta. [mm]	Descrizione
1	0.1	0.05	Tessuto urbano continuo
2	0.1	0.05	Tessuto urbano discontinuo
3	0.1	0.05	Aree industriali o commerciali
4	0.1	0.05	Reti stradali e ferroviarie e spazi accessori
5	0.1	0.05	Aree estrattive
6	15	7.5	Aree verdi urbane
7	5	2.5	Aree sportive e ricreative
8	15	7.5	Seminativi in aree non irrigue
9	5	2.5	Vigneti
10	5	2.5	Oliveti
11	10	5	Prati stabili
12	10	5	Prati stabili
13	10	5	Zone agricole eterogenee
14	10	5	Colture annuali associate a colture permanenti
15	5	2.5	Sistemi colturali e particellari complessi
16	15	7.5	Aree prevalentemente occupate da colture agrarie con spazi naturali
17	20	10	Boschi di latifoglie
18	20	10	Boschi di conifere
19	20	10	Boschi misti
20	5	2.5	Aree a pascolo naturale e praterie d'alta quota
21	10	5	Brughiere e cespuglieti
22	15	7.5	Aree a vegetazione boschiva e arbustiva in evoluzione
23	5	2.5	Aree percorse da incendio
24	20	10	Paludi interne
25	20	10	Corsi d'acqua, canali e idrovie

TABELLA 3. TABELLA USO DEL SUOLO - CAPACITÀ DI RITENUTA

Codice	IN media [mm/h]	IN dev.sta. [mm/h]	Descrizione
1	8	4	detriti
2	0.5	0.25	alluvioni recenti e attuali Olocene
3	0.5	0.25	terreno palustre Olocene
4	8	4	Conoidi Olocene
5	7.75	3.88	travertini Olocene
6	0.5	0.25	alluvioni terrazzate; ove distinte at1, at2, at3 Pleist. sup.
7	2.32	1.16	sabbie arrossate, conglomerati e depositi ciottolosi a stratificazione incrociata e a prevalenti elementi di "verrucano"; Pleist. Medio
8	2.32	1.16	("formazione di Villa Babbiani") sabbie con tasche e lenti di ciottoli di "macigno" Pleist. inf.
9	3	1.5	Conglomerati e ciottoli a prevalenti elementi di "verrucano"(zona di Montecarlo); di "macigno" e di "ligure" (aree piu' settentrionali) Post-Villafranchiano
10	1	0.5	argille grigie lignitifere, argille sabbiose e sabbie di ambiente lacustre; talora livelli ciottolosi ad elementi di "macigno" e subordinatamente di calcari della serie toscana; livelli torbosi Rusciano inf.-Villafranchiano sup.
11	3	1.5	conglomerato a grossi ciottoli di "macigno" Rusciano inf.?
12	3	1.5	conglomerati e ghiaie prevalentemente argillose, con sabbie e sabbie argillose (al tetto e laterale di Ps) Plioc. inf.-medio
13	1.55	0.78	sabbie gialle, arenarie Pliocene inf.-medio
14	0.5	0.25	argille azzurre e cinerine Plioc. inf.-medio
15	0.77	0.39	conglomerati, sabbie, lenti di calcari detritico-organogeni; a luoghi conglomerati ad elementi di "macigno Plioc. inf.-medio
16	0.5	0.25	("alberese" e "formazione di Lanciata") calcari a grana fine grigio chiari, calcari marnosi scuri e arenarie calcaree gradate Paleocene-Eocene medio
17	0.5	0.25	argille e marne con calcari, calcari marnosi, arenarie e calcareniti intercalate talora breccie sedimentarie costituite da rocce verdi, diaspri e calcari litografici
18	0.5	0.25	("argilliti di Fiumalbo - marne di Le Piastre") argilliti varicolori, siltiti e marne grigie Oligocene superiore
19	1.25	0.63	("olistostroma basale") argilliti grigio scure con blocchi e frammenti di strato, calcari marnosi, microbreccie calcaree e arenarie Oligocene superiore
20	1.55	0.78	("macigno") arenarie quarzoso-felspatiche alternate a sottili interstrati di argilliti e siltiti;
21	4.65	2.33	calcareniti e calciruditi grigie, gradate Eocene
22	1.05	0.53	("scaglia toscana") argilliti rosse e varicolori con intercalazioni di calcari silicei grigi, marne rosse e calcareniti; al tetto marne siltose grigie, subordinatamente varicolori; Cretaceo inf. p.p.-Oligocene
23	7.75	3.88	("maiolica") calcari e calcari litografici selciferi bianco latte; nella parte alta calcari grigi talora selciferi e calcareniti Totonico sup.-Neocomiano/Barremiano
24	3.88	1.94	("diaspri") radiolariti ed argilliti silicee, sottilmente stratificate, prevalentemente rosse Malm p.p.
25	4.65	2.33	("calcari grigio a selci nere") calcari e calcareniti gradate grigio scure, gradate, a liste e noduli di selce nera Dogger sup.-Malm p.p.
26	0.5	0.25	("marne a Posidonomya") marne e argilliti marnose grigio giallastre, talora con strati di calcareniti gradate e con rari livelli di radiolariti; intercalazioni nella parte alta di radiolariti Lias sup.-Dogger p.p.
27	7.75	3.88	("calcari grigi a selci chiare") calcari stratificati di coloreda grigio a giallastro, leggermente marnosi, a grana fine, con liste e noduli di selce grigia; localmente sottili strati di argilliti e di marne in lastrine Lias medio e superiore

TABELLA 4. TABELLA GEOLITOLOGIA - INFILTRAZIONE A SATURAZIONE

Codice	IN media	IN dev.sta.	Descrizione
1	0.3	0.15	Tessuto urbano continuo
2	0.3	0.15	Tessuto urbano discontinuo
3	0.2	0.1	Aree industriali o commerciali
4	0.9	0.45	Reti stradali e ferroviarie e spazi accessori
5	1	0.5	Aree estrattive
6	1	0.5	Aree verdi urbane
7	1	0.5	Aree sportive e ricreative
8	1.3	0.65	Seminativi in aree non irrigue
9	1.1	0.55	Vigneti
10	1.1	0.55	Oliveti
11	1	0.5	Prati stabili
12	1	0.5	Prati stabili
13	0.9	0.45	Zone agricole eterogenee
14	1.1	0.55	Colture annuali associate a colture permanenti
15	0.9	0.45	Sistemi colturali e particellari complessi
16	1.3	0.65	Aree prevalentemente occupate da colture agrarie con spazi naturali
17	1.2	0.6	Boschi di latifoglie
18	1.2	0.6	Boschi di conifere
19	1.2	0.6	Boschi misti
20	1	0.5	Aree a pascolo naturale e praterie d'alta quota
21	1	0.5	Brughiere e cespuglieti
22	1	0.5	Aree a vegetazione boschiva e arbustiva in evoluzione
23	1	0.5	Aree percorse da incendio
24	1	0.5	Paludi interne
25	1	0.5	Corsi d'acqua, canali e idrovie

TABELLA 5. TABELLA USO DEL SUOLO - INFILTRAZIONE A SATURAZIONE

Il calcolo viene condotto per ciascuna cella e per tutti i passi temporali secondo le seguenti fasi:

- intercettazione: in questa fase si effettua una stima della quantità di acqua che viene comunque sottratta al deflusso superficiale. La stima è riferita ad una componente iniziale che comprende le varie perdite per intercettazione (vegetazione, assorbimento del suolo) e ad una componente a regime riferita alla capacità di infiltrazione a saturazione;
- suolo: in questa fase si ricostruisce il bilancio idrologico del suolo, valutando la quantità d'acqua che va ad alimentare il volume profondo e la componente del deflusso ipodermico;
- canale: in questa fase si simula il trasferimento del deflusso superficiale e di quello ipodermico dalla singola cella alla sezione di chiusura.

Nella figura seguente si riporta uno schema del modello idrologico adottato.

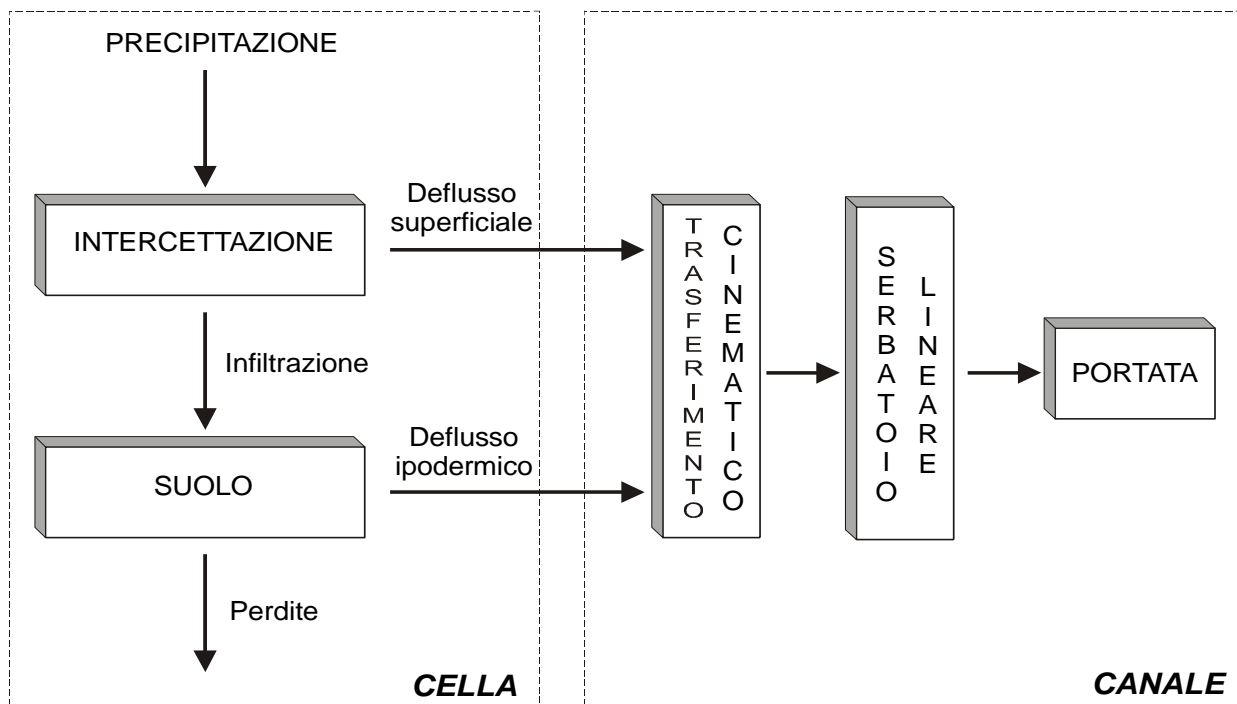


FIGURA 2. SCHEMA DEL MODELLO PIENE

Il modello necessita della definizione dei seguenti parametri validi su tutto il bacino:

- α_0 = frazione di volume di suolo inizialmente occupata da acqua (stato di umidità iniziale) [/]
- RI = coefficiente moltiplicativo del raster della capacità di ritenuta del suolo [/]
- IN = coefficiente moltiplicativo della velocità di infiltrazione a saturazione [/]
- IP = coefficiente moltiplicativo della componente ipodermica [/]
- MT = coefficiente moltiplicativo della velocità di trasferimento [/]
- CI = coefficiente ripartizione cinematico-invaso [/]

Nella tabella seguente si riportano i parametri che saranno adottati nella generazione degli eventi per i diversi tempi di ritorno.

Saturazione α_0	Infiltrazione IN	Ritenuta RI	Ipodermico IP	Rapporto cinematico /invaso CI	Velocità di trasferimento MT
0.85	0.50	1.79	1.52	0.45	1.52

TABELLA 6. PARAMETRI DELLA TARATURA DEL MODELLO IDROLOGICO

L'input di precipitazione, in termini di ietogramma, è stato ricavato sulla base curve di possibilità pluviometria.

La variabilità spazio-temporale della precipitazione è messa in conto attraverso un coefficiente di riduzione, K_r , del tipo:

$$K_r = hA(A, t) / h(t)$$

dove $hA(A, t)$ è l'altezza di pioggia di durata t raggugliata all'area A e $h(t)$ l'altezza di pioggia di durata t nel centro di scroscio.

Il valore di K_r dipende da tre fattori:

- l'estensione dell'area investita dalla precipitazione;
- la durata considerata;
- l'altezza di pioggia;

Per la quantificazione di K_r si è fatto riferimento alla formula dell'USWB opportunamente modificata per tenere in conto delle caratteristiche peculiari della Regione Toscana [4]

$$K_r = 1 - \exp(-\alpha t^\beta) + \exp(-\alpha t^\beta - \gamma A)$$

dove α , β e γ sono i parametri della formula, t [h] la durata della precipitazione e A [kmq] l'area del bacino.

Nel presente caso i parametri della formula adottata sono i seguenti:

- $\alpha = 0.036 \times a'$, dove a' è il parametro della curva di possibilità;
- $\beta = 0.25$;
- $\gamma = 0.01$.

Le simulazioni saranno condotte adottando la seguente metodologia:

- eventi pluviometrici estesi su tutto il bacino di intensità costante;
- coefficienti K_r di ragguglio areale globale.

L'opzione globale prevede di calcolare separatamente il K_r della sezione di monte e della sezione di valle, e procedendo pertanto al calcolo del K_r del sottobacino con la seguente formula:

$$K_a = \frac{K_v A_v - K_m A_m}{(A_v - A_m)}$$

dove: K_v = coefficiente di ragguglio areale per il bacino di valle; A_v = area del bacino di valle; K_m = coefficiente di ragguglio areale per il bacino di monte; A_m = area del bacino di monte.

4.2 ANALISI IDROLOGICA CON HEC-HMS

Il software libero HEC-HMS, Hydrologic Modeling System, è un modello idrologico messo a punto dall'Hydrologic Engineering Center dell' USACE (US Army Corps of Engineers) per simulare accuratamente i processi idrologici che avvengono all'interno di un bacino idrografico. Al suo interno sono implementate le principali formulazioni utilizzate nella pratica idrologica per il calcolo

delle perdite per infiltrazione e, quindi, del volume di run-off, per la trasformazione afflussi-deflussi con possibilità di considerare anche il contributo del deflusso di base, per la propagazione dell'onda di piena nei canali, per la descrizione di invasi naturali o artificiali.

Tale software permette, quindi, di descrivere quantitativamente la trasformazione delle piogge in deflussi superficiali sulla superficie di un bacino imbrifero e in correnti idriche che confluiscono e si propagano lungo i suoi collettori drenanti, nonché simulare la risposta di un bacino idrografico investito da un evento meteorico di caratteristiche note.

Vengono di seguito presentate le diverse fasi di implementazione del software attraverso i seguenti passaggi procedurali:

- Definizione dei componenti del sistema idrografico
- Individuazione della metodologia di stima delle perdite di bacino
- Impostazione della trasformazione afflussi-deflussi
- Definizione dei parametri di propagazione dei deflussi
- Analisi meteorologica
- Trasformazione afflussi-deflussi
- Taratura dei parametri idrologici

Attraverso il modulo **BASIN MODEL** viene definita la caratterizzazione fisica del bacino idrografico. Ciascuno degli elementi idrologici che compongono il sistema in esame può essere definito compiutamente dal punto di vista fisico-morfologico e idrologico mediante uno specifico editor.

Gli elementi idrologici simulabili sono: SUBBASIN (sottobacino), JUNCTION (confluenza), REACH (tratto di corso d'acqua), RESERVOIR (bacino di invaso o serbatoio), DIVERSION (scolmatore o diversivo), SOURCE (sorgente) e SINK (pozzo). Ciascun elemento viene connesso in una rete ad albero. In ogni sottobacino i processi idrologici vengono modellati distinguendo tre fasi: le perdite iniziali, la trasformazione degli afflussi meteorici in deflussi superficiali e il processo del deflusso subsuperficiale, o deflussi di base. Devono essere specificati i metodi di calcolo per ciascuna delle tre fasi sopra indicate (LOSS METHOD, TRANSFORM METHOD e BASEFLOW METHOD).

Per quanto riguarda il Loss Method, ovvero il metodo di calcolo delle perdite per infiltrazione nei modelli afflussi-deflussi, il programma consente di stimare le perdite per infiltrazione attraverso l'applicazione di diverse metodologie; a seguito di una taratura effettuata su eventi noti registrati e validati dall'Autorità di Bacino del Fiume Arno, nel presente studio è stato applicato il metodo SMA (*Soil Moisture Accounting*), il quale fa riferimento a parametri fisicamente basati e consente di rappresentare l'umidità del suolo a invaso multiplo. In particolare a supporto della modellazione afflussi-deflussi è stata presa come base la mappatura pedologica e i relativi parametri idraulici provenienti dal "DB Pedologico Regione Toscana" aggiornato al 2017.

Date le caratteristiche parametriche della modellazione proposta, si fa riferimento ai seguenti parametri:

- Max Infiltration (mm/hr) in funzione del valore di Ksat_150 (cm/h)
- Impervious (%) in funzione dell'uso del suolo (porzione impermeabile)

- Soil storage (mm) pari al valore Grav
- Tension Storage (mm)
- Soil percolation (mm/hr) assunto pari a Ksat_150, assumibile a 1/10 di MaxInfiltration

Relativamente ai metodi di calcolo della trasformazione degli afflussi meteorici in deflussi superficiali (che a partire dalla quota parte di precipitazione che effettivamente contribuisce alla formazione del deflusso superficiale, determinano il conseguente idrogramma), il codice di calcolo consente di applicare sette diversi metodi. Quello utilizzato nel presente studio è il metodo del Soil Conservation Service-Unit Hydrograph (SCS-UH) che ha il pregio di essere di applicazione generale e di richiedere 1 solo parametro per la sua definizione: il tempo di ritardo (**Lag Time**). Esso rappresenta il tempo di risposta medio del bacino definito come lo sfasamento tra il centroide dello ietogramma di pioggia effettiva e quello dell'idrogramma di deflusso diretto (Singh, 1975; 1988) e per determinarlo è stata usata la seguente formula:

$$t_{lag} = 0.6t_c$$

dove t_c è il tempo di corrivazione del sottobacino in esame.

I valori del tempo di corrivazione per poi determinare il tempo di ritardo immessi nel modello oggetto del presente studio, sono stati ricavati tramite un processo di taratura del modello, effettuato considerando più eventi di piena. Da questo si è deciso di considerare il tempo di corrivazione medio tra quelli ricavati per i singoli eventi.

– Formula di Pasini

$$T_c = \frac{0.108(AL)^{1/3}}{\sqrt{i_m}} = 1.49 \quad [ore]$$

– Formula di Giandotti

$$T_c = \frac{4\sqrt{A} + 1.5L}{0.8\sqrt{z_m}} = 1.39 \quad [ore]$$

– Formula di Kirpich

$$T_c = 0.000325L^{0.77}S^{-0.385} = 0.42 \quad [ore]$$

– Formula di Ventura

$$T_c = 0.1272\sqrt{A/i_m} = 1.31 \quad [ore]$$

Una volta impostato il basin model occorre inserire i dati di pioggia mediante il **TIME SERIES DATA**, a tal proposito si ricostruisce lo ietogramma di pioggia di progetto, per i due Tempi di ritorno di interesse (Tr_{200} e Tr_{30}), utilizzando i valori di a ed n mediati sul sottobacino in esame per calcolare le massime altezze di pioggia corrispondenti; nel calcolo sono stati scelti i tempi t in modo tale da esaminare le durate di pioggia che riescono a mettere maggiormente in crisi il bacino

dal punto di vista idrologico. Dunque, fissato il tempo di ritorno, per calcolare l'altezza massima di precipitazione h è stata utilizzata la seguente legge di potenza monomia:

$$h = a \cdot t^n,$$

dove i valori di a e n per T 200 e T 30 anni sono stati ricavati dalle linee segnalatrici LSPP aggiornate all'anno 2012 fornite dalla Regione Toscana, mediando il valore sul bacino complessivo.

L'analisi pluviometrica viene eseguita tramite il componente **METEOROLOGIC MODEL** che consente di definire i dati di pioggia di riferimento. In particolare sono stati applicati ietogrammi direttamente definiti dall'utente (User-Specified Hyetograph) in questo caso uniformemente su tutto il bacino.

L'analisi meteorologica permette anche di stimare gli eventuali processi di evapotraspirazione e scioglimento del manto nevoso. Nel modello possono anche essere inseriti dati di portata o livelli noti, serie di temperature, velocità del vento, ecc.

La simulazione idrologica vera e propria viene effettuata combinando il modello morfologico del bacino definito nel componente **BASIN MODEL** con i dati pluviometrici introdotti nel **METEOROLOGICAL MODEL** e con un'ulteriore variabile, che consiste nella definizione, tramite il componente **CONTROL SPECIFICATION**, nell'intervallo di tempo per il quale è stata effettuata la simulazione, nonché la discretizzazione temporale di calcolo.

I risultati delle simulazioni effettuate possono essere visualizzati sia tramite tabelle riassuntive che tramite grafici e serie numeriche complete dell'intero processo di formazione e trasferimento dei deflussi superficiali.

4.3 ANALISI IDROLOGICA CON URBIS 2003

Per ricostruire gli idrogrammi relativi al reticolo delle acque basse, è stato fatto riferimento al metodo del serbatoio lineare in quanto metodologia più adatta per definire la risposta idrologica di questi corsi d'acqua mediante il software URBIS 2003, programma di idrologia urbana che consente di stimare gli idrogrammi di piena conseguenti a piogge reali o di progetto.

Gli step fondamentali del modello di calcolo sono:

- Calcolo dello ietogramma di pioggia non depurato $p(t)$, inserendo l'intervallo temporale di discretizzazione con cui si vogliono inserire le piogge (5 minuti nel caso suddetto) e i valori degli a e n (ricavati in ambiente GIS) caratteristici della curva di possibilità pluviometrica nella forma monomia;
- Selezione del metodo di calcolo delle perdite per infiltrazione, in questo caso è stato scelto il metodo SCS-CN, inserendo il valore del CNIII medio per ogni sottobacino: il valore del CNIII è stato ricavato dal "DB Pedologico Regione Toscana" aggiornato al 2017;
- Calcolo dell'idrogramma unitario istantaneo (IUH) $H(t)$, cioè la risposta del sistema all'impulso unitario $\delta(t)$ (delta di Dirac). L'IUH serve per esprimere una serie di caratteristiche del bacino che assumiamo indipendenti dall'evento di pioggia, assumendo che il bacino si comporti come un unico vaso lineare, l'IUH viene calcolato col metodo del serbatoio lineare, mediante la formula di Pedersen che fa dipendere il valore della costante

di vaso k dalle caratteristiche della precipitazione e del sottobacino (superficie, pendenza, scabrezza) ricavate in ambiente GIS;

- Stima dell'idrogramma di piena mediante convoluzione di uno ietogramma netto con un idrogramma unitario discretizzati con medesimo passo temporale dT , insistenti su una determinata superficie.

5 ANALISI IDRAULICA

La modellazione idraulica è stata effettuata con il software Hec-Ras 5.0.5 che unisce alla classica modellazione mono-dimensionale dei corsi d'acqua la modellazione bi-dimensionale delle esondazioni a campagna.

Con il software Hec-Ras 5.0.5 è possibile modellare le aree di potenziale esondazione sulla base del DTM LIDAR suddividendo il territorio in celle di forma poligonale con un numero massimo di lati pari ad otto. A differenza di altri software bi-dimensionali, la singola cella creata in Hec-Ras 5.0.5 non presenta una superficie planare caratterizzata da un'unica quota di fondo costante ottenuta mediando le quote all'interno del suo perimetro, ma presenta la stessa superficie del DTM di base, che nel caso in esame ha una maglia di punti di 1m x 1m. I calcoli idraulici del passaggio dell'acqua da una cella a quella adiacente sono effettuati sulla base della geometria delle sezioni relative alle facce delle celle e delle curve d'invaso proprie delle singole celle.

Poiché la campitura finale delle aree allagate viene eseguita sulla base dei volumi d'invaso e di un unico valore del livello idrometrico per ogni cella, si può verificare che nella restituzione finale le celle caratterizzate da una pendenza significativa, che vengono interessate per la totalità della superficie dal transito dell'acqua, possono presentare la campitura della sola porzione più depressa. Per quanto sopra, ne consegue che su alcune aree di transito la restituzione grafica dei battenti può presentare discontinuità della campitura; di tale aspetto ne dovrà essere tenuto di conto nella redazione delle carte di pericolosità idraulica.

Di seguito si riporta la schematizzazione del reticolo oggetto di studio e delle aree di potenziale esondazione restituita sulla base DTM LIDAR.

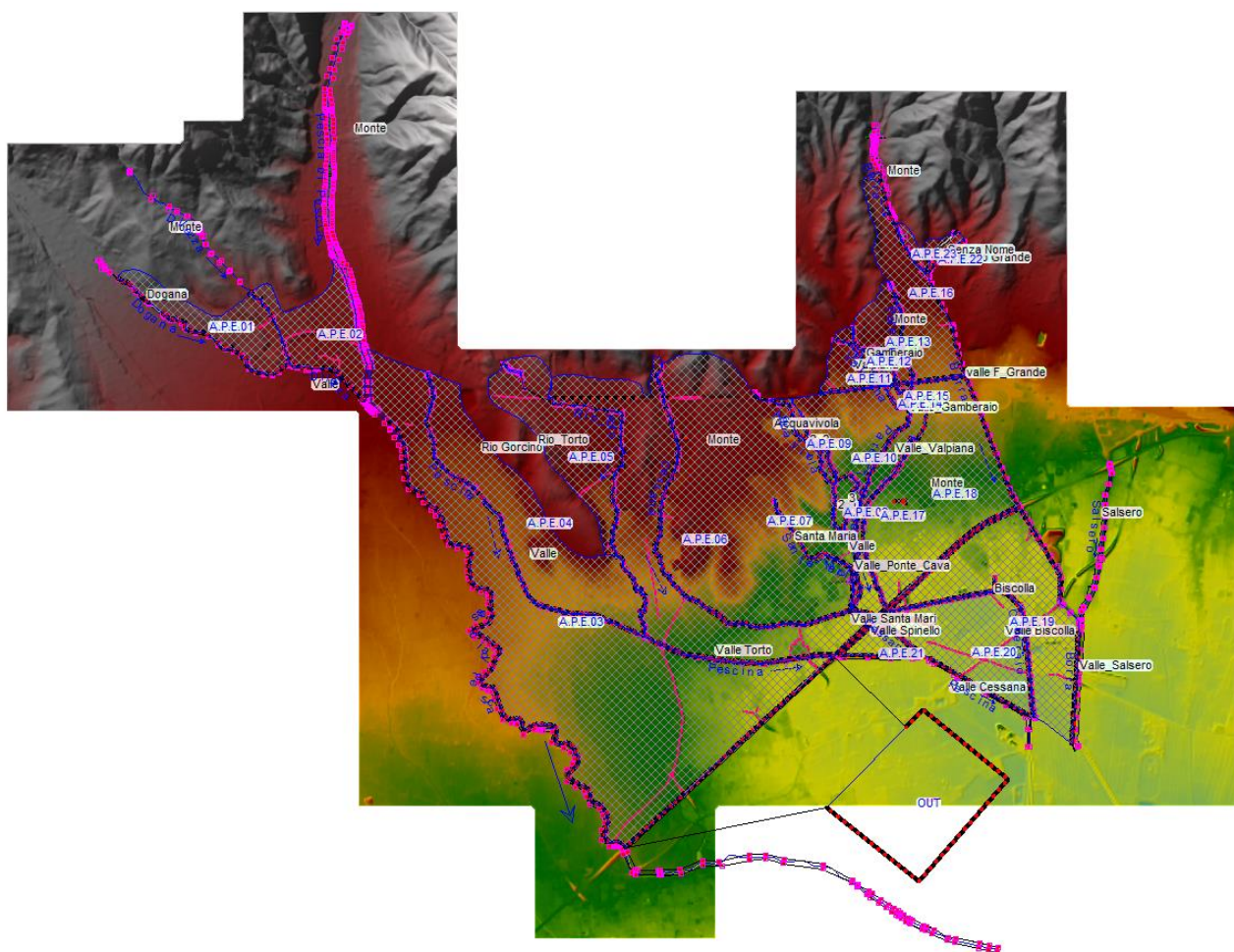


FIGURA 3. SCHEMATIZZAZIONE DEL MODELLO IDRAULICO

I tratti dei corsi d'acqua che scorrono incassati nelle zone di fondovalle e che quindi durante un evento di piena non subiscono perdite di volume d'acqua, sono stati modellati estendendo, laddove necessario, le sezioni mediante l'utilizzo del DTM LIDAR. I tratti posti più a valle sono stati modellati posizionando gli sfioratori laterali sul ciglio di sponda o sulla sommità arginale, e collegando tali elementi alle celle dell'area di potenziale esondazione adiacente la sponda del corso d'acqua. Le aree di potenziale esondazione sono state suddivise in maglie di celle di ampiezza di 7 o 10 m. La maggior parte delle celle hanno forma quadrata, ad esclusione di quelle di bordo o quelle poste in corrispondenza di strade o rilevati in genere che hanno forma poligonale con numero di lati inferiore ad otto.

I corsi d'acqua oggetto del presente studio idrologico-idraulico, ove necessario, sono stati modellati anche oltre il confine comunale cosicché le condizioni al contorno di valle imposte non avessero una significativa influenza sui risultati della modellazione idraulica per i tratti di corsi d'acqua posti all'interno dei territori comunali.

L'area di potenziale esondazione denominata APE03 termina in corrispondenza del rilevato dell'autostrada A11 che fa da sbarramento ai transiti delle acque esondate a monte ed è stata collegata a valle con la "storage area" denominata "OUT"; detta "storage area" è necessaria per "invasare" i volumi d'acqua che oltrepassano il rilevato autostradale. Il collegamento tra l'area di potenziale esondazione APE03 e la "storage area" "OUT" è stato schematizzato con un elemento

di connessione creato con l'effettivo andamento del rilevato autostradale sulla base del DTM LIDAR.

Gli sfioratori laterali dei corsi d'acqua le cui tracimazioni non potevano interessare i territori comunali oggetto di analisi sono stati considerati "out of system" ovvero non sono stati connessi a nessuna area di potenziale esondazione.

Il fosso Senza Nome, che scorre per buona parte tombato nell'area posta tra la sinistra del torrente Borra e la destra del fosso Grande, attraversa quest'ultimo mediante un sifone in corrispondenza della confluenza con il Borra e prosegue tombato nel territorio del Comune di Montecatini Terme. Data l'impossibilità di rilevare il tracciato a valle del sifone e la morfologia dei luoghi si è deciso di terminare il tratto modellato a valle dell'attraversamento di Via Amerigo Vespucci dove il fosso scorre in un'area depressa boscata già allagata dalle tracimazioni del fosso Grande.

Si precisa che la geometria relativa allo "stato attuale" con cui sono state eseguite le simulazioni prevede che l'apertura nel tratto di muro di sponda destra di sviluppo longitudinale pari a 4 m posta immediatamente a monte della sezione n. 35.1 sul torrente Borra, sia "chiusa" ossia che venga ripristinata la continuità della struttura muraria. Detto intervento è stato già progettato dall'Ufficio Tecnico del Comune di Massa e Cozzile e al momento è in attesa del rilascio dell'autorizzazione idraulica ai sensi del R.D. 523/1904 da parte del Genio Civile di Pistoia. I lavori saranno a breve eseguiti su incarico dell'Amministrazione Comunale. Di seguito si riporta una foto del muro nelle condizioni attuali.



FIGURA 4. APERTURA NEL MURO DI SPONDA DESTRA DEL T. BORRA PRESSO LA SEZIONE 35.1

5.1 DATI D'INPUT DEL MODELLO IDRAULICO DI CALCOLO

I valori dei coefficienti di scabrezza (n di Manning) sono stati così assegnati:

- 0.032 m^{-1/3} s per l'alveo di magra;
- 0.040 m^{-1/3} s per le sponde;
- 0.025 m^{-1/3} s per i tratti di corsi d'acqua dove sono presenti rivestimenti in cls o per le tubazioni.

Per quanto riguarda le condizioni al contorno di monte e gli ingressi laterali relativi ai sottobacini individuati, sono stati assegnati gli idrogrammi riportati nell'elaborato All_01 ed ottenuti come descritto nel paragrafo "Analisi Idrologica".

Per quanto riguarda le condizioni al contorno di valle da assegnare al torrente Pescia di Pescia, al torrente Pescia Nuova, al fosso Calderaio, al torrente Borra e al fosso Senza Nome si è deciso di utilizzare la condizione "Normal Depth" assunta cautelativamente pari a 0.1 o 0.2%.

5.2 RISULTATI

Per i risultati in termini di battenti idrici attesi si rimanda agli elaborati grafici numerati da 02 a 07 e al modello idraulico contenuto nel supporto informatico allegato alla presente relazione. Per quanto riguarda il dettaglio delle sezioni trasversali, dei profili longitudinali e delle tabelle di output dei calcoli si rimanda direttamente ai files del modello idraulico con software HEC-RAS 5.0.5 che sono inseriti nel supporto informatico allegato allo studio.