



Piano Strutturale

Comune di Montepulciano

RELAZIONE

IDROLOGICO- IDRAULICA

SINDACO

Andrea Rossi

RESPONSABILE DEL PROCEDIMENTO

Massimo Bertone

GARANTE DELL'INFORMAZIONE E DELLE PARTECIPAZIONE

Luigi Pagnotta

PROGETTISTI

Roberto Vezzosi (capogruppo)

Martina Romeo

Massimo Tofanelli

Maria Rita Cecchini (VAS)

STUDI GEOLOGICI, SISMICI, IDRAULICI

ProGeo Engineering srl

Massimiliano Rossi

Fabio Poggi

Davide Giovannuzzi

Gregorio Bartolucci

Laura Galmacci

Luca Berlingozzi

Mirko Frasconi

Mirko Poggiani (collaboratori)

PER L'AMMINISTRAZIONE COMUNALE

Claudia Neri

Stefano Dente

Massimo Duchini

Michele Morgantini

LDP Progetti GIS srl per il sistemi informativo comunale

Gennaio 2018

INDICE

INDICE.....	1
1 PREMESSA E NORMATIVA DI RIFERIMENTO.....	3
2 CARATTERISTICHE GEO-MORFOLOGICHE DELL'AREA DI STUDIO	5
2.1 Inquadramento Generale.....	5
2.2 Inquadramento geomorfologico.....	7
2.3 Definizione del Reticolo di Studio.....	8
2.4 Individuazione dei Bacini	12
3 RILIEVO DELLE SEZIONI D'ALVEO E CARTOGRAFIA DI RIFERIMENTO	14
4 ANALISI IDROLOGICA	16
4.1 Linee Segnalatrici di Possibilità Pluviometrica.....	16
4.1.1 Linee segnalatrici di possibilità pluviometrica puntuali.....	16
4.1.2 Linee segnalatrici di possibilità pluviometrica areali	21
4.1.3 Durata critica di pioggia.....	23
4.2 Pioggia effettiva.....	25
4.2.1 Modello di infiltrazione - Metodo SCS-CN	25
4.2.2 Carta dell'uso del suolo	29
4.2.3 Carta della permeabilità.....	31
4.2.4 Determinazione del CN.....	33
4.3 Portate di progetto. Trasformazione afflussi/deflussi	36
4.3.1 Modello SCS-CN	36
4.3.2 Modello Kinemtica Wave.....	37
4.3.3 Stima del <i>lag time</i>	38
4.3.4 Risultati della modellazione idrologica	38
5 ANALISI IDRAULICA.....	41
5.1 Descrizione della modellazione idraulica	41
5.2 Modellazioni idrauliche monodimensionali con Hec-Ras 5.0.3.....	41
5.3 Modellazioni idrauliche bidimensionali - HEC-RAS 5.0.3.....	42
6 RISULTATI DELLE MODELLAZIONI IDRAULICHE	45
6.1 Modello "Canale Consorzio Val di Seste"	45
6.2 Modello "Nibbiano".....	46
6.3 Modello "Fosso_Salcheto_Cassa".....	47

COMMITTENTE: Amministrazione Comunale di Montepulciano (SI)	Rev.	Data	Pagina
OGGETTO: Relazione idrologico-idraulica a supporto del Piano Operativo del Comune di Montepulciano (SI)	1	Gennaio 2018	1 di 62
	R:\MONTEPULCIANO\STUDIO_IDRAULICO_2016\04_DOC		
RELAZIONE IDROLOGICO-IDRAULICA	Relazione idrologico-idraulica.doc		

6.4	Modello "Montepulciano_Stazione"	49
6.5	Modello "Montepulciano_Stazione_valle"	50
6.6	Modello "Torrente Parcia"	52
6.7	Modello "Salarco e Rigo"	53
7	CONSIDERAZIONI IDRAULICHE SUGLI INTERVENTI DI PROGETTO.....	55
7.1	Intervento ST_PA_05 nr. 2.07 "Redimi"	55
7.2	Intervento ST_PA_06 nr. 1.07	57
7.3	Intervento Viabilità di Progetto nr. 5.06	59
8	PERIMETRAZIONE DELLA PERICOLOSITÀ DA ALLUVIONE	61
9	CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE.....	62

COMMITTENTE: Amministrazione Comunale di Montepulciano (SI)	Rev.	Data	Pagina
OGGETTO: Relazione idrologico-idraulica a supporto del Piano Operativo del Comune di Montepulciano (SI)	1	Gennaio 2018	2 di 62
	R:\MONTEPULCIANO\STUDIO_IDRAULICO_2016\04_DOC		
RELAZIONE IDROLOGICO-IDRAULICA	Relazione idrologico-idraulica.doc		

1 PREMESSA E NORMATIVA DI RIFERIMENTO

Il presente studio idrologico ed idraulico è redatto su incarico del Comune di Montepulciano, a supporto del Piano Operativo.

Il lavoro intende caratterizzare gli aspetti connessi alla probabilità di allagamento per fenomeni di esondazione dai corsi d'acqua compresi nel reticolo d'interesse della difesa del suolo come definito nel PIT, interferenti con le aree potenzialmente interessate da previsioni insediative e infrastrutturali dell'Amministrazione Comunale.

Le indicazioni circa la propensione all'allagabilità saranno fornite considerando tempi di ritorno degli eventi meteorici pari a 30, 200 e 500 anni in relazione a quanto previsto dal DPGR 25.11.2011 n. 53/R "Regolamento di attuazione dell'articolo 62 della legge regionale 3 gennaio 2005, n.1 (Norme per il governo del territorio) in materia di indagini geologiche" per l'individuazione delle classi di pericolosità idraulica.

Al fine di definire le perimetrazioni delle aree allagabili per eventi con $Tr \leq 30$ anni ed eventi con $30 < Tr \leq 200$ anni sono state implementate le modellazioni idrologico-idrauliche monodimensionali e bidimensionali con il codice di calcolo HEC-RAS 5.0.3.

La definizione del perimetro delle aree allagabili per eventi con $200 < Tr \leq 500$ anni è stata effettuata su criteri morfologici-topografici.

Il presente studio, in accordo con le linee guida dettate dalla Regione Toscana per la redazione degli studi idraulici di supporto agli Strumenti Urbanistici, si articola nelle seguenti fasi:

- **Quadro conoscitivo;**
- **Analisi idrologica** contenente la metodologia adottata per la stima delle portate di progetto per vari tempi di ritorno;
- **Analisi idraulica** contenente la descrizione delle modellazioni svolte (monodimensionale, bidimensionale, moto permanente o moto vario,..) ed i risultati conseguiti in termini di stima e localizzazione delle volumetrie di esondazione per i vari tempi di ritorno e la relativa perimetrazione delle aree allagate.

Lo studio idraulico finalizzato alla definizione delle condizioni di allagabilità è stato redatto tenendo conto dei corsi d'acqua riportati nel Reticolo idrografico di cui alla L.R. 79/2012 così come aggiornato con DCRT n. 9/2015. In accordo con gli organi tecnici del Genio Civile e dell'Autorità di bacino distrettuale dell'Appennino Settentrionale, la proposta del Piano Operativo di Montepulciano e

COMMITTENTE: Amministrazione Comunale di Montepulciano (SI)	Rev.	Data	Pagina
OGGETTO: Relazione idrologico-idraulica a supporto del Piano Operativo del Comune di Montepulciano (SI)	1	Gennaio 2018	3 di 62
	R:\MONTEPULCIANO\STUDIO_IDRAULICO_2016\04_DOC		
RELAZIONE IDROLOGICO-IDRAULICA	Relazione idrologico-idraulica.doc		

pertanto la proposta delle aree a diverse classe di pericolosità idraulica, viene redatta per i seguenti corsi d'acqua riportati nella tabella a seguire.

Doccia di Acquaviva
 Doccia di Gracciano 01
 Doccia di Gracciano 02
 Canale doccia di Mottola
 Fosso Rovisci
 Affluente Fosso Rovisci
 Torrente Parcia

Fosso Rigo
 Torrente Salarco
 Fosso di Nibbiano
 Fosso Salcheto
 Torrente Ciarliana
 Fosso Marmo
 Canale Consorzio Val di Seste

COMMITTENTE: Amministrazione Comunale di Montepulciano (SI)	Rev.	Data	Pagina
OGGETTO: Relazione idrologico-idraulica a supporto del Piano Operativo del Comune di Montepulciano (SI)	1	Gennaio 2018	4 di 62
	R:\MONTEPULCIANO\STUDIO_IDRAULICO_2016\04_DOC		
RELAZIONE IDROLOGICO-IDRAULICA	Relazione idrologico-idraulica.doc		

2 CARATTERISTICHE GEO-MORFOLOGICHE DELL'AREA DI STUDIO

2.1 Inquadramento Generale

Lo studio in oggetto riguarda 14 aste fluviali, ubicate nel comune di Montepulciano, in provincia di Siena, nella parte Sud-Est della Regione Toscana al confine con la Regione Umbria (Fig. 2.1).



Fig. 2.1 – Individuazione del Comune di Montepulciano, al confine tra la Regione Toscana e la Regione Umbria (da Google Earth).

Il territorio comunale di Montepulciano si colloca nella parte meridionale della Provincia di Siena e si estende per una superficie di circa 165,58 km² ad un'altitudine media di 605 m. s.l.m.. Da un punto di vista amministrativo confina a nord con il comune di Cortona (AR), a est con quello di Castiglione del Lago (PG), a sud con Chiusi e Chianciano Terme (SI), a ovest con Pienza e Torrita di Siena (SI).

Il territorio comunale risulta inquadrato cartograficamente nei seguenti fogli della Cartografia Tecnica Regionale in scala 1:10.000: 309020, 309030, 309040, 309050, 309060, 309070, 309080, 309090, 309100, 309110, 309120, 309140.

COMMITTENTE: Amministrazione Comunale di Montepulciano (SI)	Rev.	Data	Pagina
OGGETTO: Relazione idrologico-idraulica a supporto del Piano Operativo del Comune di Montepulciano (SI)	1	Gennaio 2018	5 di 62
	R:\MONTEPULCIANO\STUDIO_IDRAULICO_2016\04_DOC		
RELAZIONE IDROLOGICO-IDRAULICA	Relazione idrologico-idraulica.doc		



Fig. 2.2 – Individuazione del Comune di Montepulciano - limiti amministrativi



Fig. 2.3 – Inquadramento dell'area di studio (evidenziata in rosso) su immagini satellitari ottenuto tramite il software Google Earth

COMMITTENTE: Amministrazione Comunale di Montepulciano (SI)	Rev.	Data	Pagina
OGGETTO: Relazione idrologico-idraulica a supporto del Piano Operativo del Comune di Montepulciano (SI)	1	Gennaio 2018	6 di 62
	R:\MONTEPULCIANO\STUDIO_IDRAULICO_2016\04_DOC		
RELAZIONE IDROLOGICO-IDRAULICA	Relazione idrologico-idraulica.doc		

2.2 Inquadramento geomorfologico

Morfologicamente il territorio risulta suddiviso in due aree distinte:

- l'area collinare e montuosa che occupa tutta la porzione occidentale del territorio comunale;
- l'area pianeggiante e dolcemente ondulata, tipico paesaggio della Valdichiana, nella restante parte del territorio comunale.

La Piana di Montepulciano è collocata ad una quota compresa tra i 250 m e i 260 m s.l.m.

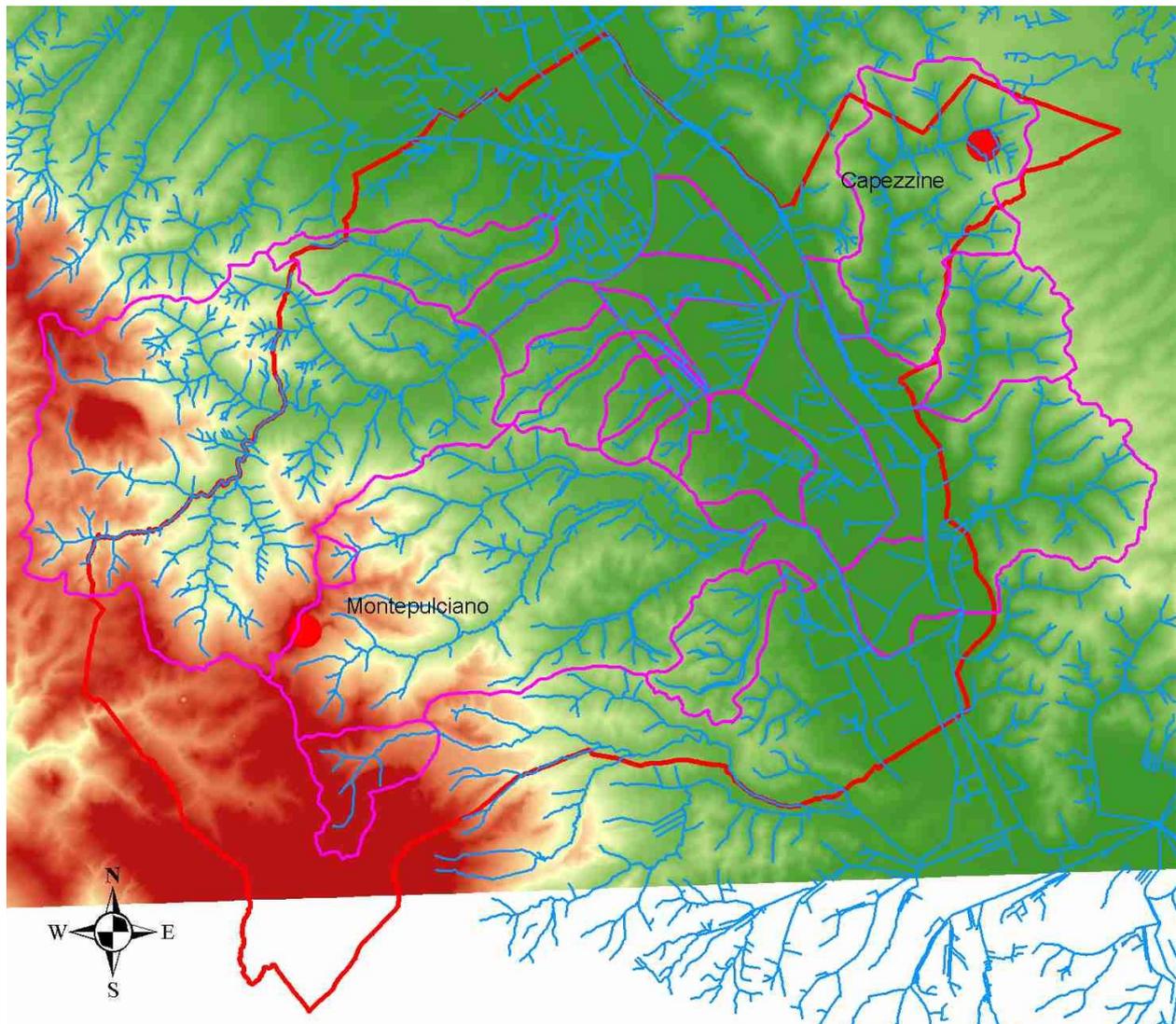


Fig. 2.4 – Vista del modello 3D del terreno dell'area del Comune di Montepulciano generato su base CTR

COMMITTENTE: Amministrazione Comunale di Montepulciano (SI)	Rev.	Data	Pagina
OGGETTO: Relazione idrologico-idraulica a supporto del Piano Operativo del Comune di Montepulciano (SI)	1	Gennaio 2018	7 di 62
	R:\MONTEPULCIANO\STUDIO_IDRAULICO_2016\04_DOC		
RELAZIONE IDROLOGICO-IDRAULICA	Relazione idrologico-idraulica.doc		

2.3 Definizione del Reticolo di Studio

Nella figura seguente è mostrato l'inquadramento del reticolo idrografico oggetto di analisi idrologico-idraulica (Fig. 2.5).

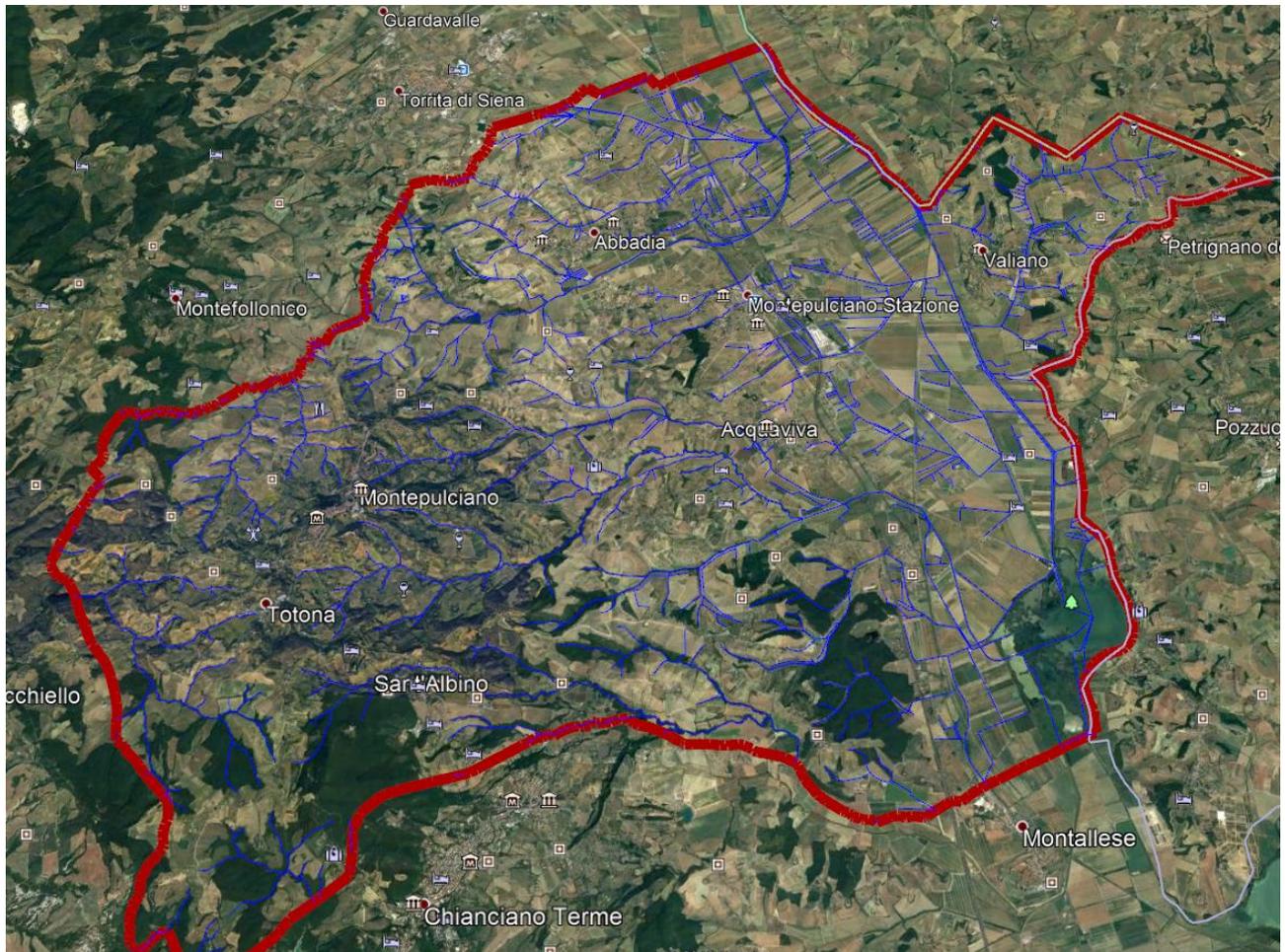


Fig. 2.5 – Individuazione del reticolo idrografico comunale (in blu) sovrapposto all'area di studio (confine in rosso). L'immagine satellitare è ottenuta tramite il software Google Earth.

Per quanto riguarda l'idrografia, l'area comunale ricade per la maggior parte nel bacino idrografico del Canale Maestro della Chiana e solo una piccola parte, quella ad ovest della dorsale, appartiene in parte al bacino del fiume Orcia ed in parte al bacino del fiume Tevere.

Il reticolo idrografico si presenta poco gerarchizzato, con un pattern tipicamente dendritico e costituito da una serie di piccoli corsi d'acqua confluenti nelle aste fluviali principali, che in gran parte sono stati oggetto di interventi durante le varie fasi di bonifica della Val di Chiana.

COMMITTENTE: Amministrazione Comunale di Montepulciano (SI)	Rev.	Data	Pagina
OGGETTO: Relazione idrologico-idraulica a supporto del Piano Operativo del Comune di Montepulciano (SI)	1	Gennaio 2018	8 di 62
	R:\MONTEPULCIANO\STUDIO_IDRAULICO_2016\04_DOC		
RELAZIONE IDROLOGICO-IDRAULICA	Relazione idrologico-idraulica.doc		

I corsi d'acqua sono a carattere torrentizio, di cui i principali sono il Salarco, il Salcheto e il Parce; i primi due seguono, seppur divagando, un andamento generale SW-NE (cioè in direzione ortogonale ai rilievi), mentre il Parce ha uno sviluppo W-E .

Tutti si raccordano mediante canalizzazione al principale corso d'acqua che drena la valle, il Canale Maestro della Chiana.

In particolare, la parte orientale del territorio comunale, dove si sviluppa la Valdichiana, è caratterizzata da una serie di opere idrauliche realizzate in tempi storici che hanno permesso la totale bonifica dell'area; bonifica che si è conclusa con la realizzazione del suddetto Canale Maestro, il quale ha permesso il collettamento di tutte le acque drenate verso il bacino del fiume Arno.

È da ricordare infatti che nel Pleistocene inferiore la rete idrografica dell'area afferiva per intero al fiume Tevere, ma successivi eventi tettonici modificarono l'idrografia generale con conseguente impaludamento e successiva inversione "artificiale" del deflusso. Tale inversione, attualmente da sud verso nord, è testimoniata da fenomeni di ristagno d'acqua eliminati durante la fase di bonifica dell'area.

La definizione delle aste di studio oggetto di modellazione per la definizione delle condizioni di allagabilità è stata condotta a partire dal Reticolo idrografico di cui alla L.R. 79/2012 così come aggiornato con DCRT n. 9/2015.

In Fig. 2.6 e Tab. 2.1 si riporta l'elenco completo dei corsi o tratti di corso analizzati con il relativo sviluppo lineare.

COMMITTENTE: Amministrazione Comunale di Montepulciano (SI)	Rev.	Data	Pagina
OGGETTO: Relazione idrologico-idraulica a supporto del Piano Operativo del Comune di Montepulciano (SI)	1	Gennaio 2018	9 di 62
	R:\MONTEPULCIANO\STUDIO_IDRAULICO_2016\04_DOC		
RELAZIONE IDROLOGICO-IDRAULICA	Relazione idrologico-idraulica.doc		

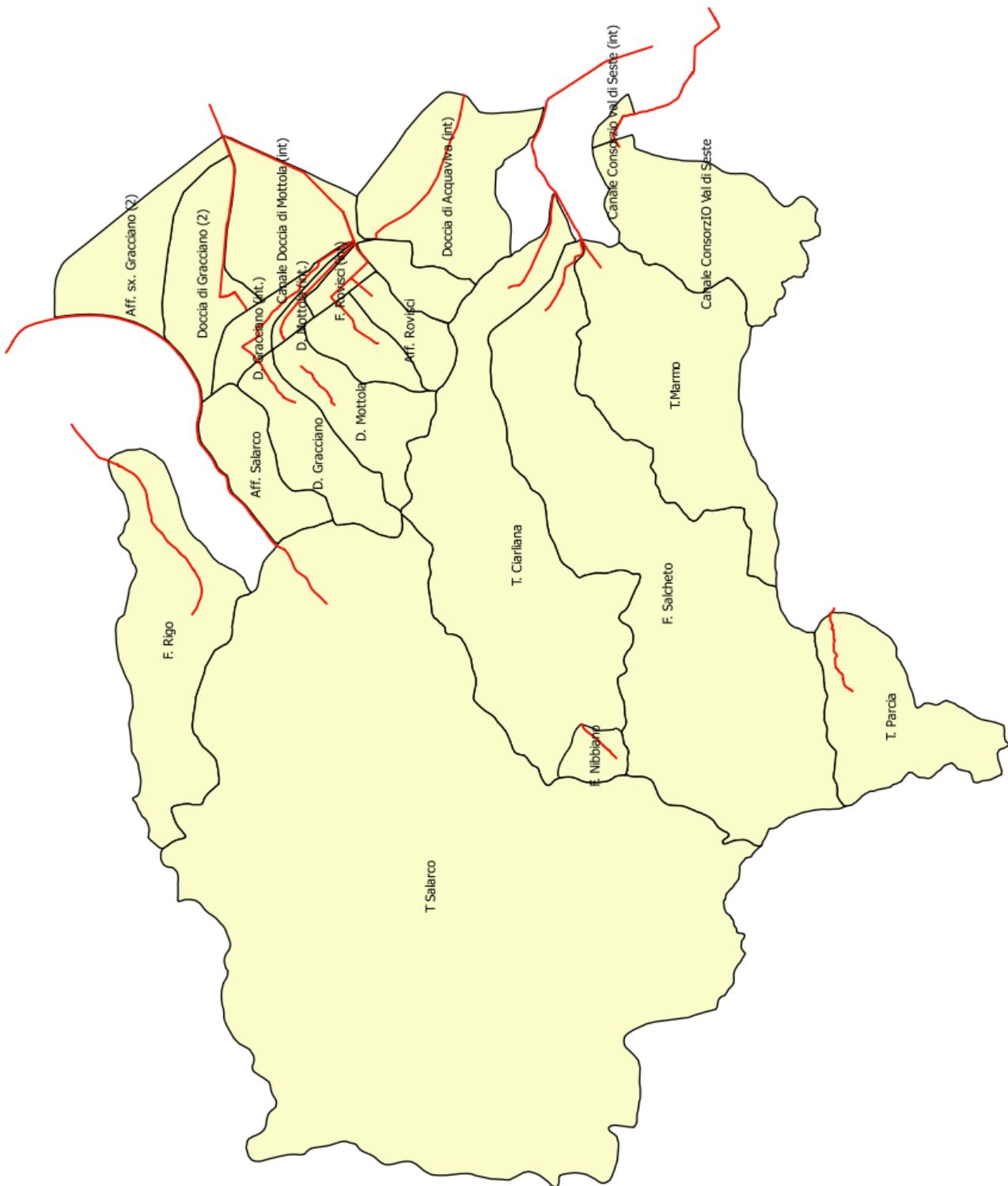


Fig. 2.6 – Individuazione dei corsi d'acqua studiati

COMMITTENTE: Amministrazione Comunale di Montepulciano (SI)	Rev.	Data	Pagina
OGGETTO: Relazione idrologico-idraulica a supporto del Piano Operativo del Comune di Montepulciano (SI)	1	Gennaio 2018	10 di 62
	R:\MONTEPULCIANO\STUDIO_IDRAULICO_2016\04_DOC		
RELAZIONE IDROLOGICO-IDRAULICA	Relazione idrologico-idraulica.doc		

Nr.	Nome	L[m]
1	Fosso Rigo	3138
2	T. Salarco	6411
3	Doccia di Gracciano	3043
4	Doccia di Mottola	2676
5	Fosso Rovisci	1777
6	Aff. Rovisci	322
7	Doccia di Gracciano (2)	2958
8	Doccia di Acquaviva	2250
9	F. Salcheto	4592
10	T. Ciarliana	1453
11	T. Marmo	433
12	Canale Consorzio Val di Seste	2588
13	T. Parcia	1188
14	F. Nibbiano	624

Tab. 2.1 - Elenco delle aste fluviali oggetto di studi con relativa lunghezza dell'asta fluviale

COMMITTENTE: Amministrazione Comunale di Montepulciano (SI)	Rev.	Data	Pagina
OGGETTO: Relazione idrologico-idraulica a supporto del Piano Operativo del Comune di Montepulciano (SI)	1	Gennaio 2018	11 di 62
	R:\MONTEPULCIANO\STUDIO_IDRAULICO_2016\04_DOC		
RELAZIONE IDROLOGICO-IDRAULICA	Relazione idrologico-idraulica.doc		

2.4 Individuazione dei Bacini

Per la definizione dei bacini oggetto di studio è stato fatto riferimento alla cartografia tecnica regionale e il modello digitale del terreno da Lidar. La Fig. 2.7 mostra inoltre la suddivisione in sottobacini determinata dalle sezioni di chiusura dei tratti d'interesse e in Tab. 2.2 sono sintetizzate le caratteristiche di tali bacini.

Codice	Nome asta da RT	Area km2
[-]	[-]	[km ²]
B01	Doccia di Acquaviva	0.765
B02	Doccia di Gracciano	1.816
B03	Doccia di Gracciano	0.733
B04	Canale doccia di Mottola	1.851
B05	Canale Doccia di Mottola (interbacino)	0.264
B06	Fosso Rovisci	0.939
B07	Fosso Rovisci (interbacino)	0.330
B08	Fosso Rovisci (interbacino affluente)	0.831
B09	Fosso Rigo	4.715
B10	Aff. Salarco	1.523
B11	Torrente Salarco	38.998
B12	Fosso di Nibbiano	0.492
B13	Torrente Parcia	3.181
B14	Canale Consorziale Val di Seste	3.736
B15	Canale Consorziale Val di Seste (interbacino)	0.138
B16	Doccia di Gracciano	1.985
B17	Doccia di Acquaviva	3.404
B18	affluente Doccia di Gracciano 2	1.988
B19	Canale Doccia di Mottola (interbacino)	2.218
B20	Fosso Salcheto	13.160
B21	Torrente Ciarliana	9.694
B22	Fosso Marmo	5.936

Tab. 2.2 - Caratteristiche dei bacini di studio.

Ai fini della successiva modellazione idrologica con HEC-HMS sono stati considerati, oltre ai bacini attinenti direttamente alle aste modellate, anche bacini di alcuni affluenti (Affluente in sinistra del Gracciano, Affluente in destra del Salarco,...).

COMMITTENTE: Amministrazione Comunale di Montepulciano (SI)	Rev.	Data	Pagina
OGGETTO: Relazione idrologico-idraulica a supporto del Piano Operativo del Comune di Montepulciano (SI)	1	Gennaio 2018	12 di 62
	R:\MONTEPULCIANO\STUDIO_IDRAULICO_2016\04_DOC		
RELAZIONE IDROLOGICO-IDRAULICA	Relazione idrologico-idraulica.doc		

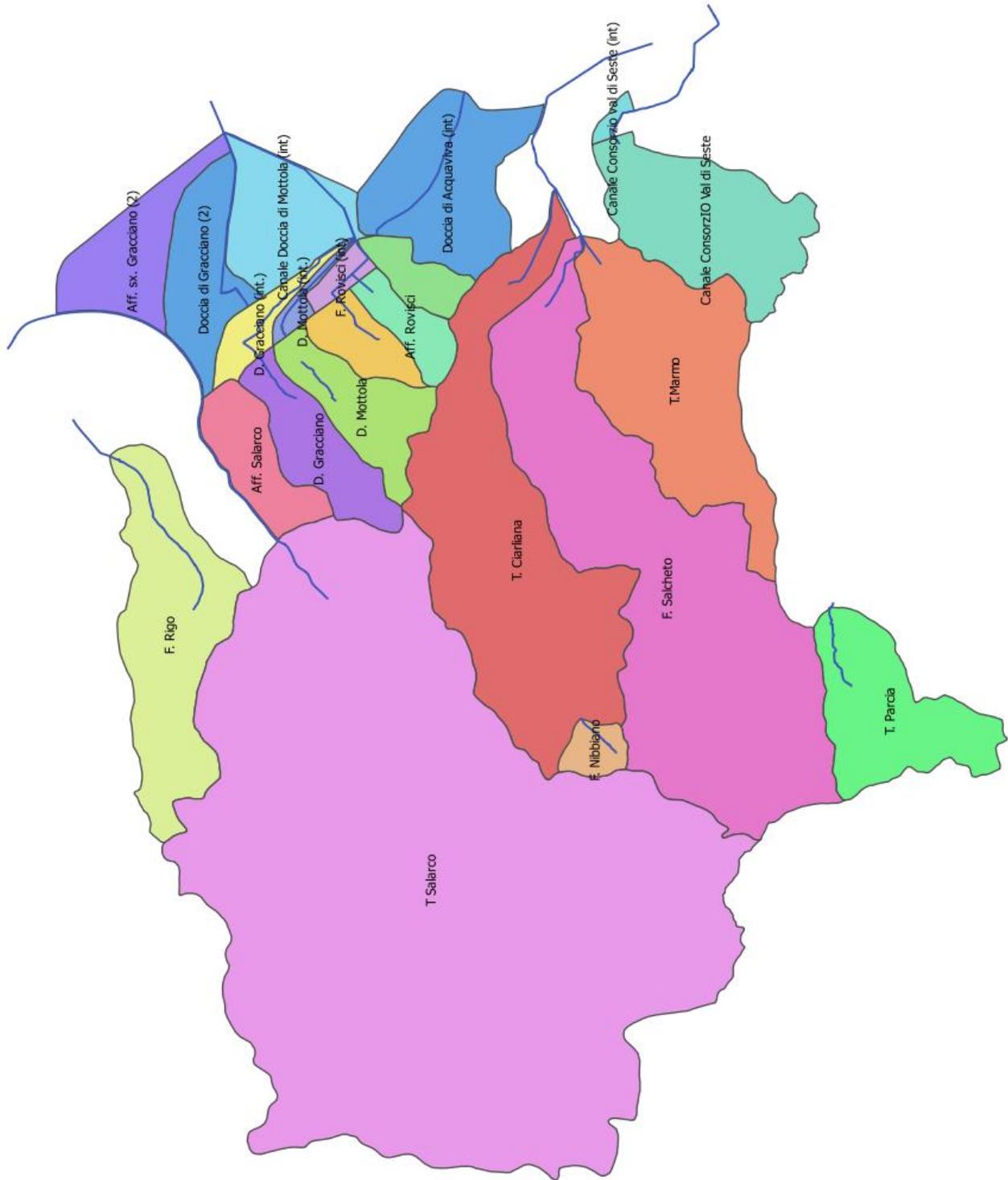


Fig. 2.7 – Individuazione dei bacini oggetto di studio

COMMITTENTE: Amministrazione Comunale di Montepulciano (SI)	Rev.	Data	Pagina
OGGETTO: Relazione idrologico-idraulica a supporto del Piano Operativo del Comune di Montepulciano (SI)	1	Gennaio 2018	13 di 62
	R:\MONTEPULCIANO\STUDIO_IDRAULICO_2016\04_DOC		
RELAZIONE IDROLOGICO-IDRAULICA	Relazione idrologico-idraulica.doc		

3 RILIEVO DELLE SEZIONI D'ALVEO E CARTOGRAFIA DI RIFERIMENTO

Per la caratterizzazione geometrica dei corsi d'acqua indagati è stato fatto riferimento ai rilievi topografici eseguiti dal Geom. Claudio Batini, dallo studio ProGeo Engineering Srl e della cartografia LIDAR disponibile per il territorio.

In particolare le sezioni topografiche impiegate nelle modellazioni idrauliche sono state condotte per i tratti interessati e fanno riferimento alle seguenti fonti:

- Rilievo topografico del Geom. Claudio Batini per i seguenti corsi d'acqua interessati: Fosso Rigo, T. Salarco, Doccia di Gracciano, Doccia di Mottola; Doccia di Gracciano (2), Doccia di Acquaviva, F. Rovisci, Canale Consorzio Val di Seste, F. Nibbiano e T. Parcia.
- Rilievo topografico del MIT-Provveditorato regionale delle Opere Pubbliche per la Toscana-Ufficio Speciale Idraulico per il Salcheto nel tratto a valle della cassa.
- Rilievo topografico ProGeo Engineering Srl (2016-2017) per i seguenti corsi d'acqua: Affluente Fosso Rovisci, Fosso Marmo e T. Ciarliana.
- Rilievi LIDAR, Fonte dati: Regione Toscana;
- DTM Regione Toscana 10x10 a partire da cartografia CTR in scala 1:10000 e 1:2000 (nelle aree modellate in assenza di Lidar).

L'adeguatezza dei rilievi, prima del loro utilizzo, è stata verificata mediante un controllo da Lidar delle sezioni topografiche rilevate. L'aggiornamento di alcune sezioni idrauliche è stato effettuato facendo riferimento alle sezioni estratte da Lidar o con apposite campagne di rilevamento. Inoltre, nel presente studio, per la modellazione 2D dell'area in destra del Salarco si è tenuto conto di due pennelli (argini trasversali) collaudati nel 2008 e della riprofilatura delle sezioni e degli argini in destra del Salarco in prossimità dell'area di "San Rocco" (intervento collaudato nel 2010).

COMMITTENTE: Amministrazione Comunale di Montepulciano (SI)	Rev.	Data	Pagina
OGGETTO: Relazione idrologico-idraulica a supporto del Piano Operativo del Comune di Montepulciano (SI)	1	Gennaio 2018	14 di 62
	R:\MONTEPULCIANO\STUDIO_IDRAULICO_2016\04_DOC		
RELAZIONE IDROLOGICO-IDRAULICA	Relazione idrologico-idraulica.doc		

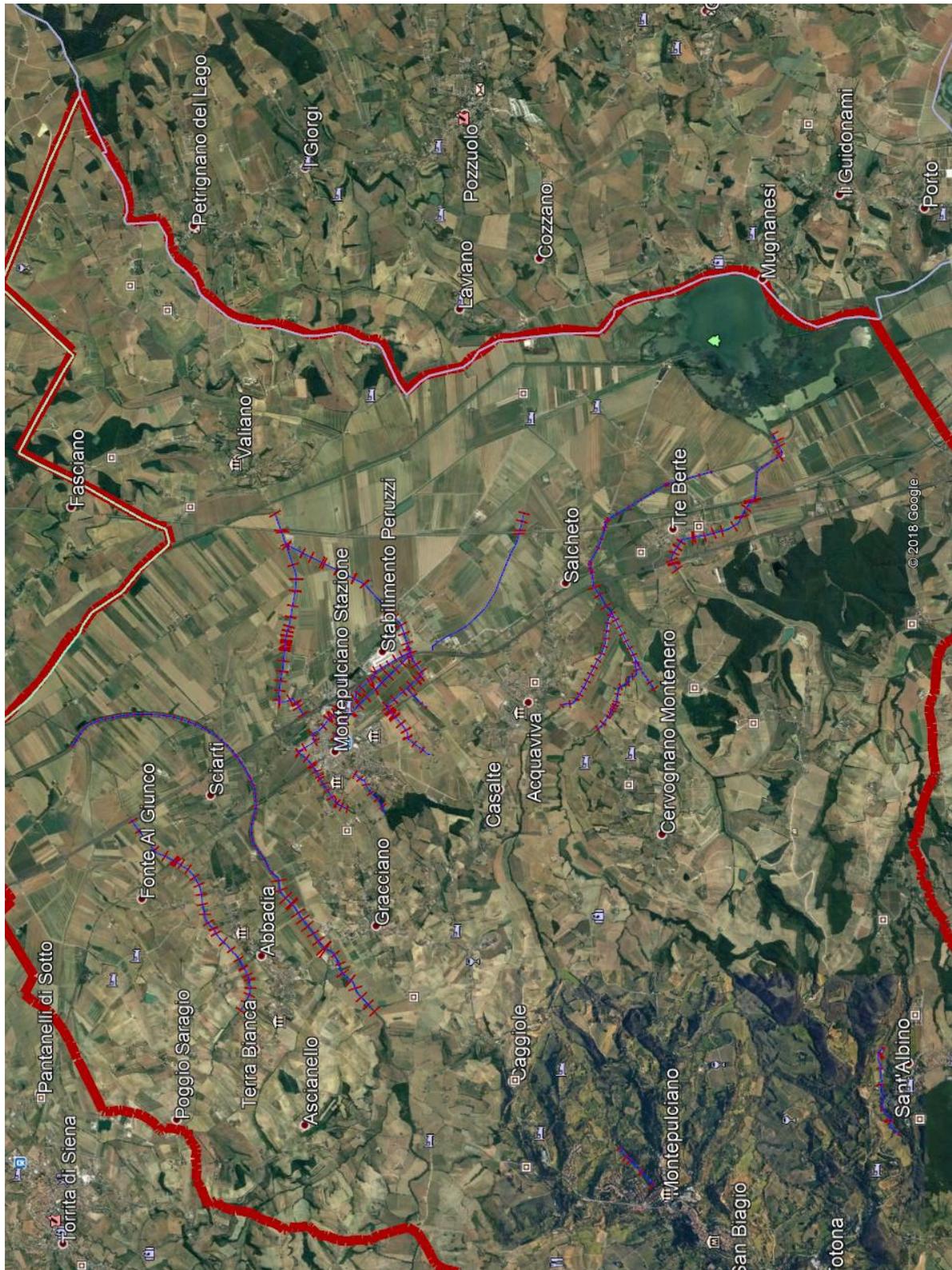


Fig. 3.1 – Individuazione delle sezioni impiegate nelle modellazioni (in rosso più marcato il confine comunale, in blu i corsi d'acqua studiati, in rosso le sezioni)

COMMITTENTE: Amministrazione Comunale di Montepulciano (SI)	Rev.	Data	Pagina
OGGETTO: Relazione idrologico-idraulica a supporto del Piano Operativo del Comune di Montepulciano (SI)	1	Gennaio 2018	15 di 62
	R:\MONTEPULCIANO\STUDIO_IDRAULICO_2016\04_DOC		
RELAZIONE IDROLOGICO-IDRAULICA	Relazione idrologico-idraulica.doc		

4 ANALISI IDROLOGICA

Lo scopo dell'analisi idrologica è la determinazione degli idrogrammi di piena di assegnato tempo di ritorno da impiegare come dati di ingresso per la successiva analisi idraulica delle aste fluviali oggetto di studio.

In particolare, verranno valutate le condizioni di funzionamento idraulico per portate di progetto caratterizzate da tempi di ritorno pari a 30 e 200 anni (in accordo con quanto previsto dal DPGR 25/11/2011 nr. 53/R) per verificare il grado di pericolosità idraulica a cui sono soggette le aree urbane limitrofe ai corsi d'acqua in seguito a fenomeni di tracimazione delle sommità spondali.

I passi, di seguito descritti, per determinare l'idrogramma di piena di progetto per ogni assegnato tempo di ritorno, sono:

- stima della relazione tra altezze e durata di pioggia di assegnato tempo di ritorno per i bacini idrografici in esame (linee segnalatrici di possibilità pluviometrica - LSPP) e operazioni di ragguglio all'area;
- determinazione dello ietogramma di progetto: scelta della durata critica dell'evento e della distribuzione temporale delle precipitazioni;
- stima delle perdite e della pioggia effettiva, che rappresenta il volume d'acqua che raggiunge per ruscellamento superficiale la rete di drenaggio fino alla sezione di chiusura, determinando l'evento di piena;
- schematizzazione della risposta del singolo bacino idrografico alle sollecitazioni meteoriche, in funzione delle proprie caratteristiche fisiografiche e combinazione di tale risposta con la pioggia netta per stimare le portate di progetto.

Per svolgere le analisi idrologiche su tutti i bacini oggetti dello studio, si è fatto uso del software HEC-HMS ver. 4.2.1 che, note le piogge, consente di procedere dalla definizione del modello di infiltrazione basato sul metodo SCS-CN (Soil Conservation Service, 1986) e del modello di formazione dell'onda di piena basato sull'idrogramma unitario istantaneo IUH-SCS, che è un idrogramma adimensionale definito dal SCS in base all'analisi di idrogrammi di piena in uscita dalla sezione di chiusura di numerosi bacini idrografici strumentati, di piccole e grandi dimensioni.

Per i bacini intermedi si è utilizzato invece il Kinematic Wave che meglio approssima la condizione d'immissione di pioggia efficace ai lati di un canale.

4.1 Linee Segnalatrici di Possibilità Pluviometrica

4.1.1 Linee segnalatrici di possibilità pluviometrica puntuali

Il primo elemento fondamentale nella creazione di un modello idrologico è costituito dalla stima degli afflussi meteorici: lo studio statistico delle piogge intense in un punto della superficie terrestre si sintetizza nella formulazione delle Linee Segnalatrici di Probabilità Pluviometrica (LSPP), ottenute

COMMITTENTE: Amministrazione Comunale di Montepulciano (SI)	Rev.	Data	Pagina
OGGETTO: Relazione idrologico-idraulica a supporto del Piano Operativo del Comune di Montepulciano (SI)	1	Gennaio 2018	16 di 62
	R:\MONTEPULCIANO\STUDIO_IDRAULICO_2016\04_DOC		
RELAZIONE IDROLOGICO-IDRAULICA	Relazione idrologico-idraulica.doc		

a partire dall'elaborazione delle serie storiche dei valori massimi annuali delle altezze di precipitazione di assegnata durata, fornite da registrazioni pluviometriche.

Le LSPP descrivono le proprietà statistiche degli eventi di pioggia intensa a scala puntuale ed esprimono un legame tra altezza di pioggia, durata e frequenza. In particolare, per un prefissato tempo di ritorno, la corrispondente LSPP fornisce la relazione tra la durata della pioggia e la relativa altezza di precipitazione.

Per la stima delle LSPP per l'area in esame è stato fatto riferimento ai risultati dello studio "Analisi di Frequenza Regionale delle Precipitazioni Estreme LSPP - Aggiornamento al 2012", realizzato nell'ambito dell'accordo di collaborazione tra Regione Toscana e Università di Firenze di cui alla DGRT 1133/2012, con l'obiettivo di aggiornare le analisi di frequenza delle precipitazioni estreme sul territorio toscano fino all'anno 2012 compreso.

I risultati di tale studio sono consultabili sul sito del Servizio Idrologico Regionale - Centro Funzionale Regionale di Monitoraggio Meteo - Idrologico alla pagina <http://www.sir.toscana.it/index.php?IDS=4&IDSS=19>.

Il primo passo in una procedura di regionalizzazione è l'individuazione di regioni omogenee, all'interno delle quali le grandezze, o meglio le loro distribuzioni di frequenza, hanno alcune caratteristiche comuni.

Nello studio "Analisi di Frequenza Regionale delle Precipitazioni Estreme LSPP - Aggiornamento al 2012" per la stima della variabile casuale $h(t)$, massimo annuale dell'altezza di pioggia di durata t , è stato utilizzato un metodo basato sulla legge di distribuzione probabilistica TCEV Two-Component Extreme Value secondo un approccio gerarchico a tre livelli.

Al primo livello di regionalizzazione sono state individuate una o più zone omogenee all'interno delle quali si può ammettere costante il coefficiente di asimmetria teorico. Al secondo livello di regionalizzazione sono state individuate delle sottozone omogenee nelle quali si può ritenere costante, oltre al coefficiente di asimmetria teorico, anche il coefficiente di variazione teorico e al terzo livello di regionalizzazione sono state infine individuate delle aree omogenee all'interno delle quali si ricercano delle relazioni tra la pioggia indice μ e le caratteristiche geografiche del sito.

L'area di studio indagata comprende i bacini idrografici dei corsi d'acqua principali della Regione Toscana, come l'Arno, il Serchio e l'Ombrone Grossetano, bacini più piccoli di fiumi della costa tirrenica e i bacini attigui dei Fiumi Magra e Fiora. Una volta validato il set dei dati (aggiornati all'anno 2012) è stata ottenuta la consistenza definitiva delle serie temporali di valori annui di pioggia massima.

Tra le varie ipotesi di suddivisione in regioni omogenee del territorio di studio è stata scelta, dopo opportune verifiche, quella in 4 regioni: NORD-TIRRENICA, NORD-OVEST, APPENNINO-AMIATA, CENTRO-SUD coincidenti con le 4 sub-regioni (Fig. 4.1).

COMMITTENTE: Amministrazione Comunale di Montepulciano (SI)	Rev.	Data	Pagina
OGGETTO: Relazione idrologico-idraulica a supporto del Piano Operativo del Comune di Montepulciano (SI)	1	Gennaio 2018	17 di 62
	R:\MONTEPULCIANO\STUDIO_IDRAULICO_2016\04_DOC		
RELAZIONE IDROLOGICO-IDRAULICA	Relazione idrologico-idraulica.doc		

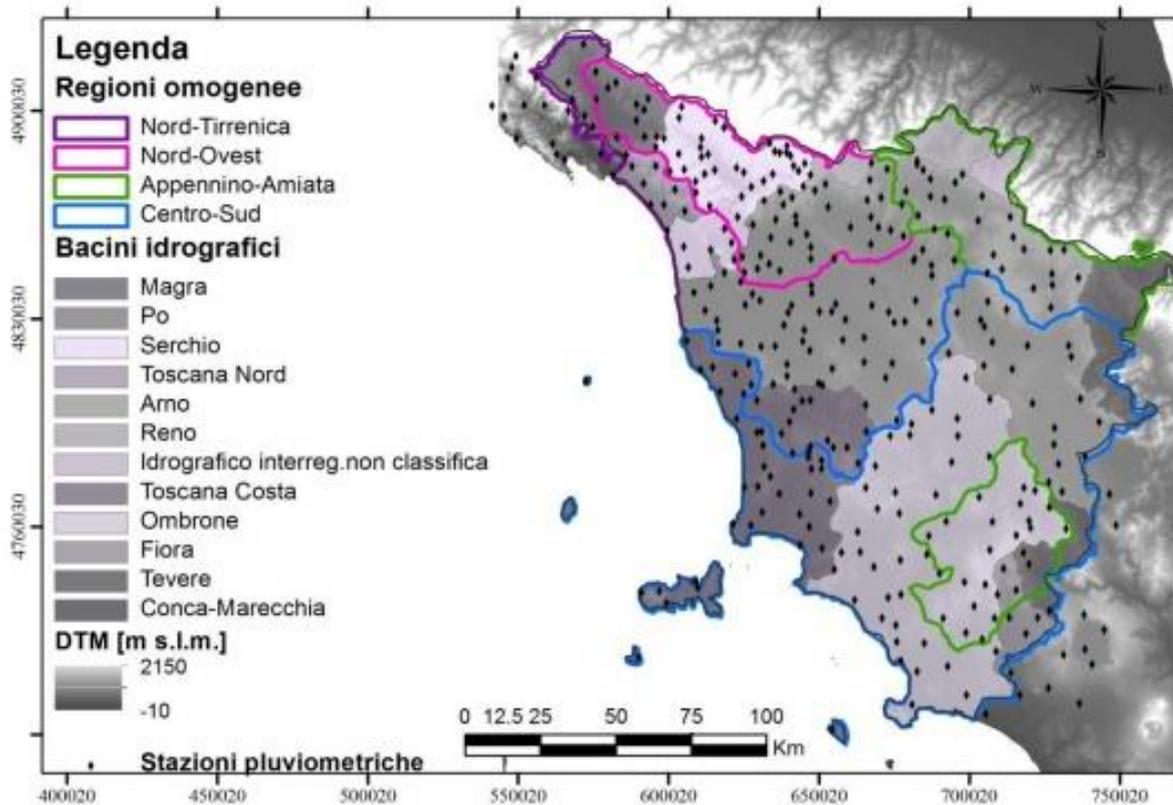


Fig. 4.1 - Suddivisione dell'area di studio in regioni omogenee - "Analisi di Frequenza Regionale delle Precipitazioni Estreme LSPP - Aggiornamento al 2012"

Con altezza di precipitazione in un punto, comunemente misurata in mm, si intende l'altezza d'acqua che si formerebbe al suolo su una superficie orizzontale e impermeabile, in un certo intervallo di tempo (durata della precipitazione) trascurando le perdite.

La stime delle altezze di pioggia per le diverse durate caratteristiche (1, 3, 6, 12 e 24 ore) e i diversi tempi di ritorno fissati (2, 5, 10, 20, 30, 50, 100, 150, 200 e 500 anni), sono state ottenute come prodotto dei valori della pioggia indice μ per le diverse durate ed il fattore di crescita adimensionale KT per i diversi tempi di ritorno validi per ognuna delle 4 regioni individuate nello studio in oggetto. Per quanto qui di interesse, nello studio "Analisi di Frequenza Regionale delle Precipitazioni Estreme LSPP - Aggiornamento al 2012" la previsione quantitativa dei valori estremi di pioggia in un determinato punto è stata effettuata anche attraverso la determinazione della curva o linea segnalatrice di probabilità pluviometrica (LSPP), cioè della relazione che lega l'altezza di precipitazione alla sua durata, per un assegnato tempo di ritorno.

La LSPP può essere comunemente descritta da una legge di potenza del tipo:

$$h(t) = a t^n$$

con:

h = altezza di pioggia [mm]

t = durata [ore]

COMMITTENTE: Amministrazione Comunale di Montepulciano (SI)	Rev.	Data	Pagina
OGGETTO: Relazione idrologico-idraulica a supporto del Piano Operativo del Comune di Montepulciano (SI)	1	Gennaio 2018	18 di 62
	R:\MONTEPULCIANO\STUDIO_IDRAULICO_2016\04_DOC		
RELAZIONE IDROLOGICO-IDRAULICA	Relazione idrologico-idraulica.doc		

a e n parametri caratteristici per i tempi di ritorno considerati.

Note le altezze di pioggia per durate e tempi di ritorno fissati, attraverso una regressione logaritmica è possibile determinare le griglie di 1 km su tutta la regione dei parametri a e n .

Tra i risultati dello studio, disponibili sul sito Servizio Idrologico Regionale - Centro Funzionale Regionale di Monitoraggio Meteo - Idrologico, sono riportati i valori delle coppie di ASCII Grid di a e di n delle LSPP per i diversi tempi di ritorno fissati (30 e 200 nel caso in esame, Fig. 4.2).

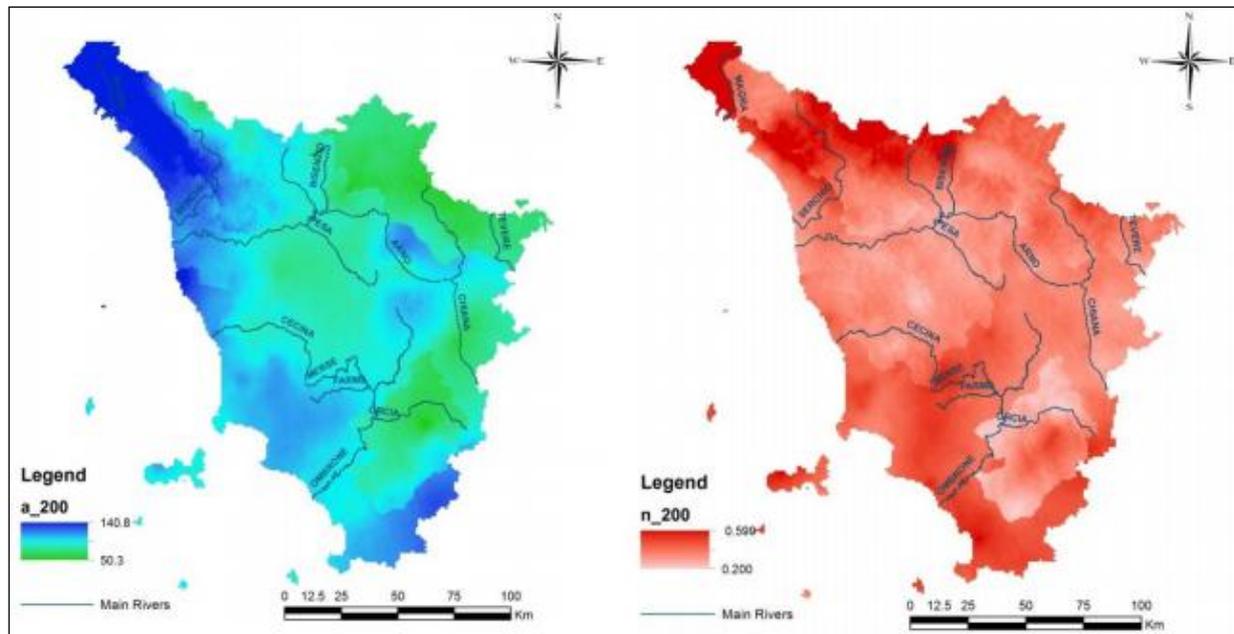


Fig. 4.2 - Spazializzazione sull'intera regione dei parametri "a" (sinistra) e "n" (destra) della LSPP per Tr 200 anni. - "Analisi di Frequenza Regionale delle Precipitazioni Estreme LSPP - Aggiornamento al 2012"

Nel presente studio idrologico-idraulico i parametri a e n , così come riportati dallo studio "Analisi di Frequenza Regionale delle Precipitazioni Estreme LSPP - Aggiornamento al 2012", ed utilizzati per il calcolo degli afflussi meteorici, sono stati determinati mediante la procedura sintetizzata di seguito e ripetuta per tutti i bacini considerati:

1. sono state scaricate le mappe in formato ASCII Grid dei valori a e n delle LSPP per i diversi tempi di ritorno disponibili dal sito della Regione Toscana http://www.sir.toscana.it/supports/download/lssp_2012.pdf;
2. sono stati individuati, sulla cartografia a disposizione, i bacini imbriferi di interesse e ne è stato creato un file apposito;
3. è stata estratta la parte di *raster* dei coefficienti a e n associata ai bacini oggetto di studio, da cui a questo punto è stato possibile ottenerne i valori medi.

COMMITTENTE: Amministrazione Comunale di Montepulciano (SI)	Rev.	Data	Pagina
OGGETTO: Relazione idrologico-idraulica a supporto del Piano Operativo del Comune di Montepulciano (SI)	1	Gennaio 2018	19 di 62
	R:\MONTEPULCIANO\STUDIO_IDRAULICO_2016\04_DOC		
RELAZIONE IDROLOGICO-IDRAULICA	Relazione idrologico-idraulica.doc		

Il risultato di queste operazioni è riportato in Tab. 4.1.

Nome asta da RT	Area	a200	n200	a30	n30
[-]	[km ²]	[mm/h ⁿ]	[-]	[mm/h ⁿ]	[-]
Doccia di Gracciano	1.816	64.234	0.288	46.18	0.225
Doccia di Gracciano (interbacino)	0.733				
Canale doccia di Mottola	1.851				
Canale Doccia di Mottola (interbacino)	0.264				
Fosso Rovisci	0.939				
Fosso Rovisci (interbacino)	0.330				
Fosso Rovisci (interbacino affluente)	0.831				
Fosso Rigo	4.715	63.324	0.289	45.526	0.226
Aff. Salarco	1.523	64.481	0.283	46.572	0.221
Torrente Salarco	38.998				
Fosso di Nibbiano	0.492	64.984	0.3	46.719	0.236
Torrente Parcia	3.181	65.476	0.301	47.073	0.238
Canale Consorziiale Val di Seste	3.736	65.835	0.308	47.331	0.245
Canale Consorziiale Val di Seste (interbacino)	0.138				
Doccia di Gracciano	1.985	64.709	0.284	46.521	0.22
Doccia di Acquaviva (monte)	0.765				
Doccia di Acquaviva (interbacino)	3.404				
affluente Doccia di Gracciano 2	1.988				
Canale Doccia di Mottola (interbacino)	2.218				
Fosso Salcheto	13.160	64.984	0.299	46.719	0.236
Torrente Ciarliana	9.694				
Fosso Marmo	5.936				

Tab. 4.1 - Calcolo delle LSPP

COMMITTENTE: Amministrazione Comunale di Montepulciano (SI)	Rev.	Data	Pagina
OGGETTO: Relazione idrologico-idraulica a supporto del Piano Operativo del Comune di Montepulciano (SI)	1	Gennaio 2018	20 di 62
	R:\MONTEPULCIANO\STUDIO_IDRAULICO_2016\04_DOC		
RELAZIONE IDROLOGICO-IDRAULICA	Relazione idrologico-idraulica.doc		

4.1.2 Linee segnalatrici di possibilità pluviometrica areali

Le linee segnalatrici di possibilità pluviometrica, ottenute mediante il metodo precedentemente descritto, hanno validità locale e non possono quindi essere adottate per un intero bacino.

E' noto che le piogge di elevata intensità si concentrano in aree piccole e che, a parità di durata e di tempo di ritorno, l'altezza di pioggia decresce con l'area. Su tali basi l'altezza di pioggia media su un bacino si determina moltiplicando l'altezza di pioggia puntuale relativa al bacino stesso per un opportuno coefficiente di riduzione (o coefficiente di ragguglio all'area) che dipende principalmente dall'area del bacino, dal tempo di ritorno e dalla durata. L'uso di tale coefficiente di riduzione implica che il regime delle precipitazioni sia alquanto uniforme per l'intero bacino. Tale condizione è sicuramente soddisfatta quando le aree considerate non sono troppo grandi e quando lo sviluppo orografico non è molto accentuato (come nel presente studio).

Al fine di tenere conto della variabilità spaziale delle piogge l'input pluviometrico è pertanto stato raggugliato al bacino per mezzo di un coefficiente K_r di tipo "globale" secondo la:

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

dove $\alpha = 0.036a$, $\beta = 0.25$ e $\gamma = 0.01$ sono i parametri della formula, t [h] è la durata della precipitazione e A [km²] è l'area del bacino.

Il valore della durata critica e, quindi, del coefficiente di ragguglio delle piogge è incognito e viene determinato indagandone diversi valori, corrispondenti a 0.5, 1, 2, 3, 4 e 5 ore.

In Tab. 4.2 sono riportati i valori calcolati del K_r su scala di Sistema e il relativo valore dello spessore di pioggia per le varie durate indagate.

COMMITTENTE: Amministrazione Comunale di Montepulciano (SI)	Rev.	Data	Pagina
OGGETTO: Relazione idrologico-idraulica a supporto del Piano Operativo del Comune di Montepulciano (SI)	1	Gennaio 2018	21 di 62
	R:\MONTEPULCIANO\STUDIO_IDRAULICO_2016\04_DOC		
RELAZIONE IDROLOGICO-IDRAULICA	Relazione idrologico-idraulica.doc		

Codice [-]	Nome asta da RT [-]	Area [km ²]	Kr [-]					H ₅₀ [mm]					H ₂₀₀ [mm]							
			0.5	1	2	3	4	5	0.5	1	2	3	4	5	0.5	1	2	3	4	5
B02	Doccia di Gracciano	1.816	0.971	0.976	0.980	0.983	0.985	0.986	38.38	45.07	52.92	58.12	62.12	65.40	51.10	62.68	76.89	86.64	94.29	100.68
B03	Doccia di Gracciano	0.733																		
B04	Canale doccia di Mottola	1.851																		
B05	Canale Doccia di Mottola	0.264																		
B06	Fosso Rovisci	0.939																		
B07	Fosso Rovisci	0.330																		
B08	Fosso Rovisci (interbacino affluente)	0.831																		
B09	Fosso Rigo	4.715	0.982	0.985	0.988	0.989	0.990	0.991	38.21	44.83	52.58	57.72	61.67	64.92	50.88	62.35	76.41	86.05	93.61	99.93
B10	Aff. Salarco	1.523	0.868	0.889	0.910	0.922	0.930	0.936	34.68	41.41	49.39	54.72	58.82	62.19	45.99	57.33	71.39	81.10	88.75	95.14
B11	Torrente Salarco	38.998																		
B12	Fosso di Nibbiano	0.492	0.998	0.998	0.999	0.999	0.999	0.999	39.59	46.64	54.95	60.48	64.73	68.24	52.68	64.88	79.90	90.25	98.40	105.22
B13	Torrente Parcia	3.181	0.988	0.990	0.992	0.993	0.993	0.994	39.42	46.58	55.05	60.69	65.04	68.63	52.49	64.79	79.98	90.47	98.72	105.64
B14	Canale Consorziato Val di Seste	3.736	0.985	0.987	0.990	0.991	0.992	0.993	39.34	46.73	55.52	61.40	65.94	69.69	52.38	65.00	80.67	91.52	100.09	107.29
B15	Canale Consorziato Val di Seste interbacino	0.138																		
B16	Doccia di Gracciano	1.985	0.946	0.955	0.963	0.968	0.971	0.974	37.79	44.42	52.20	57.35	61.30	64.55	50.28	61.78	75.90	85.58	93.18	99.53
B01	Doccia di Acquaviva (monte)	0.765																		
B17	Doccia di Acquaviva (interbacino)	3.404																		
B18	affluente Doccia di Gracciano 2	1.988																		
B19	Canale Doccia di Mottola	2.218																		
B20	Fosso Salcheto	13.160	0.901	0.917	0.932	0.941	0.947	0.952	35.73	42.83	51.30	56.99	61.38	65.01	47.58	59.57	74.54	84.95	93.17	100.07
B21	Torrente Ciarlina	9.694																		
B22	Fosso Marmo	5.936																		

Tab. 4.2 - Coefficiente di Raggiungo e spessori di pioggia considerati alle varie durate

COMMITTENTE: Amministrazione Comunale di Montepulciano (SI)	Rev.	Data	Pagina
OGGETTO: Relazione idrologico-idraulica a supporto del Piano Operativo del Comune di Montepulciano (SI)	1	Gennaio 2018	22 di 62
	R:\MONTEPULCIANO\STUDIO_IDRAULICO_2016\04_DOC		
RELAZIONE IDROLOGICO-IDRAULICA	Relazione idrologico-idraulica.doc		

4.1.3 Durata critica di pioggia

Le LSPP forniscono, per una prefissata durata della pioggia ed un tempo di ritorno, l'intensità media dell'evento, senza però dare indicazioni sulla distribuzione temporale della precipitazione stessa nell'intervallo di tempo considerato. Tale aspetto risulta essere non secondario, poiché la portata defluente in una data sezione di un corso d'acqua dipende (oltre che dalle caratteristiche del bacino idrografico) dalla distribuzione spaziale e dall'andamento temporale della precipitazione, ed in particolare da:

- intensità massima di pioggia all'interno dell'intervallo di tempo t ;
- posizione del punto di intensità massima;
- volume di precipitazione caduto precedentemente all'istante di intensità massima.

A parità di tempo di ritorno, T_r , e di durata di pioggia, d , possono aversi infinite realizzazioni dello ietogramma a ciascuna delle quali sono associate differenti idrogrammi di piena $Q(t)$. La sensibilità della risposta del bacino alla forma dello ietogramma è maggiore in bacini piccoli (generalmente di area inferiore a circa 50 Km²), od in generale in bacini con ridotta capacità di invaso.

La distribuzione nel tempo dello spessore di pioggia fornito dalla LSPP può essere effettuata utilizzando diversi criteri, tra cui i più comunemente utilizzati sono:

- ietogrammi con intensità costante;
- ietogrammi con sequenza di spessori parziali di pioggia su intervalli costanti disposti in analogia alla LSPP;
- ietogrammi con sequenza di spessori parziali di pioggia su intervalli costanti disposti in analogia alla LSPP capovolta e ribaltata;
- ietogrammi a blocchi alterni (Alternating Block Method), in cui gli spessori di pioggia su intervalli costanti ricavati dalle LSPP sono ordinati con il valore massimo al centro dello ietogramma e i rimanenti valori disposti in maniera alternata a destra e sinistra dello stesso (Chow et al., 1988).

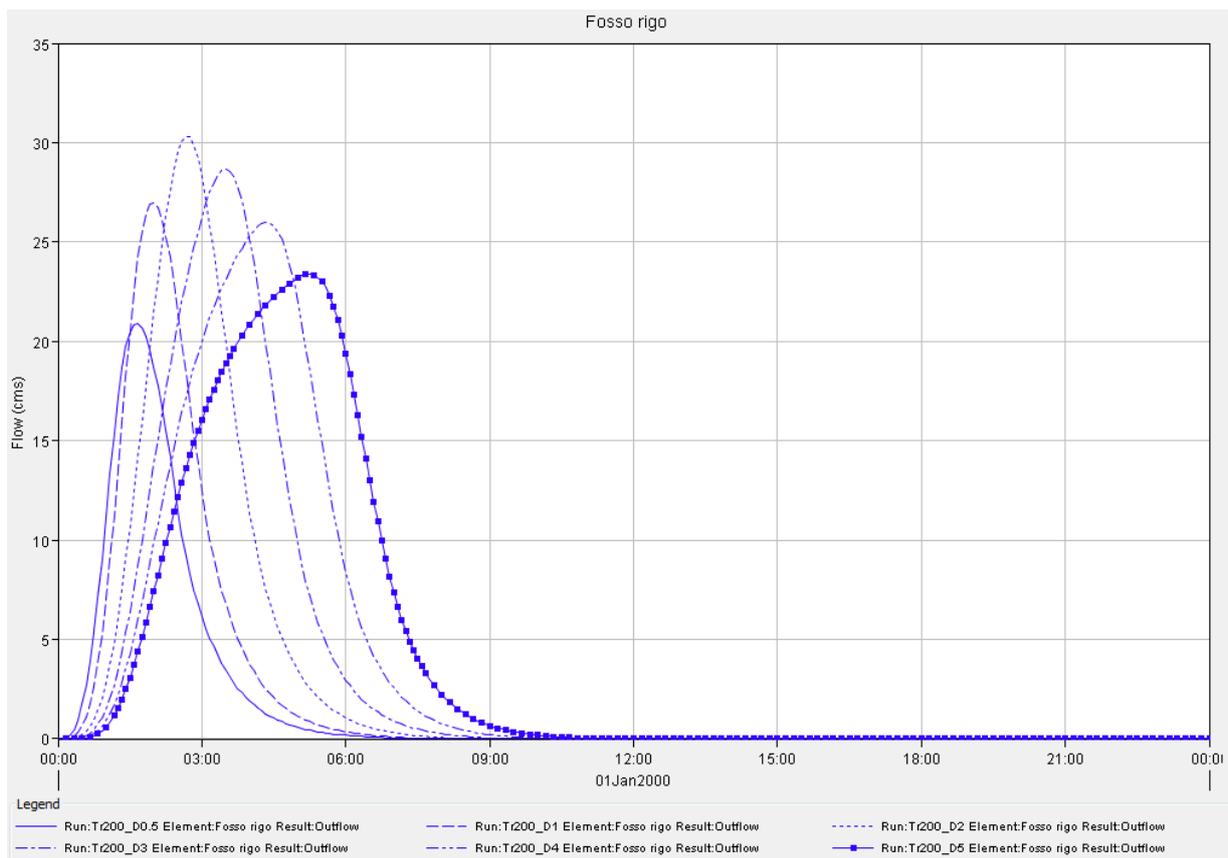
La risposta di un generico bacino al variare della distribuzione temporale della pioggia, in termini relativi, è pressoché indipendente dal tempo di ritorno e lo ietogramma uniforme, insieme a quello a blocchi alterni, rappresenta una condizione intermedia di criticità.

COMMITTENTE: Amministrazione Comunale di Montepulciano (SI)	Rev.	Data	Pagina
OGGETTO: Relazione idrologico-idraulica a supporto del Piano Operativo del Comune di Montepulciano (SI)	1	Gennaio 2018	23 di 62
	R:\MONTEPULCIANO\STUDIO_IDRAULICO_2016\04_DOC		
RELAZIONE IDROLOGICO-IDRAULICA	Relazione idrologico-idraulica.doc		

Per il presente studio, è stato pertanto utilizzato per la trasformazione afflussi deflussi lo ietogramma con intensità costante, caratterizzato da una durata t ed una intensità costante $i(t)$ ricavata dalla LSPP.

La durata di pioggia viene determinata assumendo che la portata al colmo con assegnato tempo di ritorno, d , sia la maggiore tra le portate al colmo determinate da tutti gli eventi di pioggia a intensità costante ricavati dalla linea di possibilità pluviometrica areale. E' possibile determinare la durata critica utilizzando diverse metodologie in funzione della modellistica afflussi-deflussi impiegata. In particolare, nel caso in esame, la durata critica è determinata inserendo in HEC-HMS differenti "Precipitation Gages" uniformi in funzione delle diverse durate tra 0.5 e 5 ore, distribuendo gli spessori d'acqua stimati per i due tempi di ritorno in 15 minuti.

A titolo di esempio si riporta nella figura successiva il risultato di questa procedura per il Fosso Rigo. Graficamente si vede che la durata critica corrisponde a 2h, poiché per tale valore si ottiene il picco delle portate. Questa procedura è ripetuta per tutti i corsi d'acqua e i relativi modelli idrologici, ottenendo quindi gli idrogrammi utili alle modellazioni idrauliche con HEC-RAS.



COMMITTENTE: Amministrazione Comunale di Montepulciano (SI)	Rev.	Data	Pagina
OGGETTO: Relazione idrologico-idraulica a supporto del Piano Operativo del Comune di Montepulciano (SI)	1	Gennaio 2018	24 di 62
	R:\MONTEPULCIANO\STUDIO_IDRAULICO_2016\04_DOC		
RELAZIONE IDROLOGICO-IDRAULICA	Relazione idrologico-idraulica.doc		

4.2 Pioggia effettiva

Nota la pioggia areale, per la determinazione del deflusso diretto è necessario valutare la pioggia effettiva e, quindi, la quantità di pioggia che viene assorbita dal suolo e quella intercettata dalla vegetazione, mentre la quantità di pioggia persa per evapotraspirazione è trascurabile per eventi meteorici particolarmente intensi (Maione, 1977). Per effettuare tale stima, è stato applicato il metodo del Curve Number proposto dal Soil Conservation Service. È stato inoltre considerato nullo l'effetto di "ritenzione superficiale" e che tutta l'acqua che potenzialmente potrebbe sostare al di fuori del corso d'acqua, partecipi effettivamente al deflusso all'interno dello stesso.

4.2.1 Modello di infiltrazione - Metodo SCS-CN

La predisposizione dei suoli a contribuire ai deflussi di piena è determinata fondamentalmente da tre fattori:

- dalle caratteristiche di permeabilità dei terreni superficiali e degli strati geologici immediatamente sottostanti;
- dall'uso dei suoli e dalla copertura vegetale;
- dallo stato di imbibimento dei suoli all'inizio della sollecitazione meteorica.

L'effetto di questi fattori sulla capacità di ritenzione del terreno viene sintetizzata efficientemente nel modello di infiltrazione del terreno messo a punto dal Soil Conservation Service (1972) degli Stati Uniti. Questo metodo viene largamente adottato perché consente, attraverso informazioni quantitative sulla natura del bacino di facile acquisizione, di valutare le grandezze di interesse anche per bacini non strumentati. Secondo il metodo SCS-CN, il volume di deflusso superficiale (altezza di pioggia effettiva), E^A , per un evento isolato di piena è dato da:

$$E^A = \frac{(R^A - I_a)^2}{R^A - I_a + S} \quad (4.1)$$

essendo R^A lo spessore di pioggia precipitato sul bacino, S lo spessore di massima ritenzione potenziale del terreno e $I_a = c S$, lo spessore di assorbimento iniziale, con $0 \leq c < 1$. L'assorbimento iniziale I_a rappresenta il volume specifico di pioggia sottratto a priori per l'intercettazione della vegetazione e l'accumulo nelle depressioni superficiali e, come si può intuire, risulta difficilmente valutabile. Sulla base di dati sperimentali relativi a numerosi bacini statunitensi, il Soil Conservation Service ha suggerito per la stima di I_a un valore di $c=0.2$.

Per un fissato stato iniziale di imbibimento, la massima ritenzione potenziale del bacino è funzione del tipo di terreno e dell'uso del suolo, il cui effetto combinato è descritto globalmente dal parametro adimensionale CN, $0 < CN < 100$, legato ad S dalla relazione:

COMMITTENTE: Amministrazione Comunale di Montepulciano (SI)	Rev.	Data	Pagina
OGGETTO: Relazione idrologico-idraulica a supporto del Piano Operativo del Comune di Montepulciano (SI)	1	Gennaio 2018	25 di 62
	R:\MONTEPULCIANO\STUDIO_IDRAULICO_2016\04_DOC		
RELAZIONE IDROLOGICO-IDRAULICA	Relazione idrologico-idraulica.doc		

$$S = 25.4 \left(\frac{1000}{CN} - 10 \right) \quad (4.2)$$

dove S è espresso in mm. Per determinare il valore del CN è necessario conoscere il tipo e l'uso del suolo, nonché il grado iniziale di imbibimento del terreno che può essere di tre tipi: AMC Tipo I, in caso di bacino asciutto, AMC Tipo II, per condizioni intermedie, e AMC Tipo III, in caso di bacino fortemente imbibito.

Lo stato di imbibimento viene individuato, in modo quali-quantitativo, in funzione dell'indice di pioggia API₅ (Antecedent Precipitation Index), ovvero la pioggia totale caduta nei cinque giorni che precedono l'evento di piena. E' stato però ben evidenziato che tale criterio non presenta particolare affidabilità per la realtà italiana (Borselli, 1989; Melone et. al., 2001; Brocca et al., 2008a; 2008b; 2008c). Cautelativamente si fa quindi riferimento alla condizione di Tipo III.

In funzione delle caratteristiche idrologiche, i suoli possono essere suddivisi in quattro classi di permeabilità (A, B, C e D); in Tab 4.3 sono descritte tali categorie dalla A alla D con potenzialità di deflusso crescente (Chow et al., 1988), mentre in Tab. 4.4 sono riportati i valori di CN per condizioni iniziali intermedie, AMC Tipo II, in funzione del tipo di suolo e dell'uso del suolo stesso.

Gruppo	Descrizione
A	Scarsa potenzialità di deflusso. Comprende sabbie profonde con scarsissimo limo e argilla; anche ghiaie profonde
B	Potenzialità di deflusso moderatamente bassa. Comprende la maggior parte dei suoli sabbiosi meno profondi che nel gruppo A, ma il gruppo nel suo insieme mantiene alte capacità di infiltrazione anche a saturazione.
C	Potenzialità di deflusso moderatamente alta. Comprende suoli contenenti considerevoli quantità di argilla e colloidali, anche se meno che nel gruppo D. Il gruppo ha scarsa capacità d'infiltrazione a saturazione.
D	Potenzialità di deflusso molto alta. Comprende la maggior parte delle argille con alta capacità di rigonfiamento, ma anche suoli sottili con orizzonti pressoché impermeabili in vicinanza della superficie.

Tab. 4.3 – Descrizione delle categorie dei tipi di suolo in base al metodo del Soil Conservation Service (1986).

COMMITTENTE: Amministrazione Comunale di Montepulciano (SI)	Rev.	Data	Pagina
OGGETTO: Relazione idrologico-idraulica a supporto del Piano Operativo del Comune di Montepulciano (SI)	1	Gennaio 2018	26 di 62
	R:\MONTEPULCIANO\STUDIO_IDRAULICO_2016\04_DOC		
RELAZIONE IDROLOGICO-IDRAULICA	Relazione idrologico-idraulica.doc		

Tab. 4.4 – Valori di CN II per condizioni intermedie in funzione del tipo di suolo e del tipo di copertura.

Tipo di Copertura	Tipo di Suolo			
	A	B	C	D
<i>Terreno coltivato</i>				
Senza trattamenti di conservazione	72	81	88	91
Con interventi di conservazione	62	71	78	81
<i>Terreno da pascolo</i>				
Cattive condizioni	68	79	86	89
Buone condizioni	39	61	74	80
<i>Praterie</i>				
Buone condizioni	30	58	71	78
<i>Terreni boscosi o forestati</i>				
Terreno sottile, sottobosco povero, senza foglie	45	66	77	83
Sottobosco e copertura buoni	25	55	70	77
<i>Spazi aperti, prati rasati, parchi</i>				
Buone condizioni con almeno il 75% dell'area con copertura erbosa	39	61	74	80
Condizioni normali, con copertura erbosa intorno al 50%	49	69	79	84
<i>Aree commerciali (impermeabilità 85%)</i>				
	89	92	94	95
<i>Distretti industriali (impermeabilità 72%)</i>				
	81	88	91	93
<i>Aree residenziali (impermeabilità media %)</i>				
65%	77	85	90	92
38%	61	75	83	87
30%	57	72	81	86
25%	54	70	80	85
20%	51	68	79	84
<i>Parcheggi impermeabilizzati, tetti</i>				
	98	98	98	98
<i>Strade</i>				

COMMITTENTE: Amministrazione Comunale di Montepulciano (SI)	Rev.	Data	Pagina
OGGETTO: Relazione idrologico-idraulica a supporto del Piano Operativo del Comune di Montepulciano (SI)	1	Gennaio 2018	27 di 62
	R:\MONTEPULCIANO\STUDIO_IDRAULICO_2016\04_DOC		
RELAZIONE IDROLOGICO-IDRAULICA	Relazione idrologico-idraulica.doc		

Pavimentate, con cordoli e fognature	98	98	98	98
Inghiaiate o selciate e con buche	76	85	89	91
In terra battuta (non asfaltate)	72	82	87	89

Nel caso in cui nel bacino siano presenti differenti tipi di terreno o questo sia utilizzato in differenti modi, si ricorre ad un valore medio di CN. Come suggerito da Mancini e Rosso (1989), si utilizza il valore medio a scala di bacino del parametro S, mediante un'integrazione spaziale dei valori puntuali, anziché un'integrazione dei valori di CN a causa della non linearità dell'eq. (4.2) che lega i due parametri. Quindi si ha:

$$\bar{S} = \frac{S_1 A_1 + S_2 A_2 + \dots + S_i A_i}{A_1 + A_2 + \dots + A_i} \quad (4.3)$$

dove S_i rappresenta il valore di S per l'area omogenea A_i .

Una volta nota \bar{S} , l'eq. (4.3) permette di calcolare la pioggia effettiva media areale dell'intero evento ma non fornisce il suo andamento temporale, che può essere ottenuto dalla:

$$e^A(t) = \frac{dE^A}{dt} = \frac{d}{dt} \left(\frac{(R^A - 0.2S)^2}{R^A + 0.8S} \right) \quad (4.4)$$

L'eq. (4.4) è valida sotto la condizione $R^A > I_a$; fino a quando non è verificata tale condizione si pone $e^A(t) = 0$.

Nella pratica per risolvere la (4.4) a partire da uno ietogramma di pioggia discreto r_1, r_2, \dots si valuta ad ogni passo temporale t_m ($t_m = m\Delta t$; $m=1, 2, \dots$) il valore del volume incrementale di ruscellamento (o pioggia netta), E_m , come:

$$E_m = \begin{cases} 0 & \text{se } R_m < 0.2S \\ \frac{(R_m - cS)^2}{R_m} + (1-c)S & \text{se } R_m > 0.2S \end{cases} \quad (4.5)$$

dove il valore della pioggia lorda cumulata, R_m , è dato da:

COMMITTENTE: Amministrazione Comunale di Montepulciano (SI)	Rev.	Data	Pagina
OGGETTO: Relazione idrologico-idraulica a supporto del Piano Operativo del Comune di Montepulciano (SI)	1	Gennaio 2018	28 di 62
	R:\MONTEPULCIANO\STUDIO_IDRAULICO_2016\04_DOC		
RELAZIONE IDROLOGICO-IDRAULICA	Relazione idrologico-idraulica.doc		

$$R_m = \sum_{i=1}^m r_i \quad (4.6)$$

e per semplicità è stato tralasciato l'apice A per indicare quantità riferite all'area del bacino.

In base al valore di E_m si ricava quindi $\Delta E_m = E_m - E_{m-1}$. Il tasso di ruscellamento e_m durante l'intervallo m-esimo è:

$$e_m = \Delta E_m / \Delta t \quad (4.7)$$

4.2.2 Carta dell'uso del suolo

Come detto, per poter determinare il valore del CN (Curve Number) occorre incrociare i dati di uso del suolo e delle caratteristiche litologiche e pedologiche.

La carta dell'uso del suolo utilizzata è aggiornata al 2013 ed è reperibile presso il database cartografico della Regione Toscana.

In Tab. 4.5 è riportata la tabella dove sono riassunte le principali categorie di Uso del Suolo presenti nell'area di studio, mentre in Fig. 4.4 è riportata la cartografia.

	[kmq]	[%]
Culture Permanenti	17.65	18.0
Prati stabili	6.32	6.4
Seminativi	35.1	35.7
Zone agricole eterogenee	23.02	23.4
Zone boscate	10.33	10.5
Zone con vegetazione arbustiva	2.03	2.1
Zone urbanizzate e industriali	3.86	3.9
Somma	98.31	100

Tab. 4.5 – Distribuzione delle categorie di uso del suolo

COMMITTENTE: Amministrazione Comunale di Montepulciano (SI)	Rev.	Data	Pagina
OGGETTO: Relazione idrologico-idraulica a supporto del Piano Operativo del Comune di Montepulciano (SI)	1	Gennaio 2018	29 di 62
	R:\MONTEPULCIANO\STUDIO_IDRAULICO_2016\04_DOC		
RELAZIONE IDROLOGICO-IDRAULICA	Relazione idrologico-idraulica.doc		

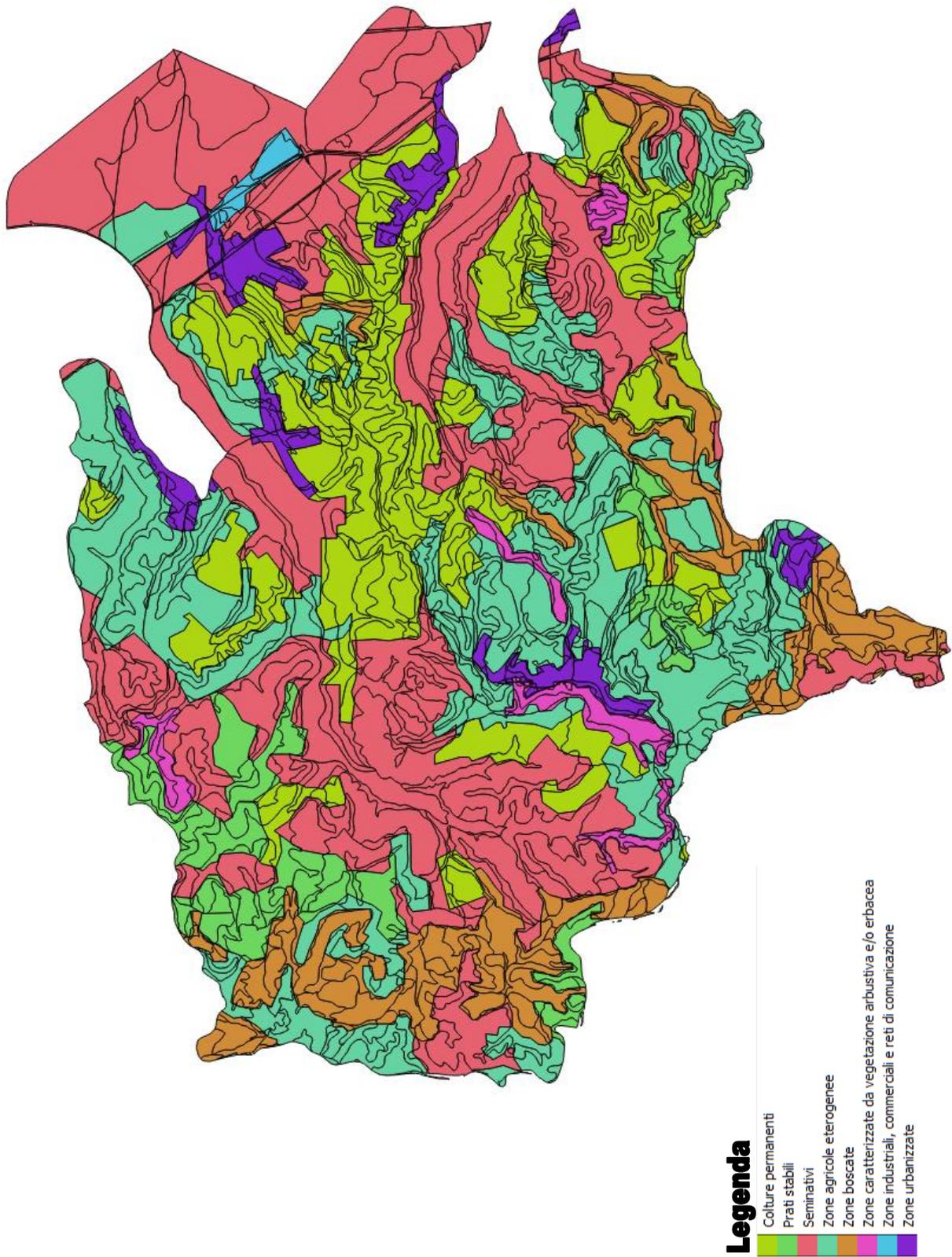


Fig. 4.4 – Carta dell'uso del suolo riferita all'area dei bacini idrografici

COMMITTENTE: Amministrazione Comunale di Montepulciano (SI)	Rev.	Data	Pagina
OGGETTO: Relazione idrologico-idraulica a supporto del Piano Operativo del Comune di Montepulciano (SI)	1	Gennaio 2018	30 di 62
	R:\MONTEPULCIANO\STUDIO_IDRAULICO_2016\04_DOC		
RELAZIONE IDROLOGICO-IDRAULICA	Relazione idrologico-idraulica.doc		

4.2.3 Carta della permeabilità

La carta delle permeabilità riportata in Fig. 4.5 a seguire è ricavata dalla cartografia ufficiale della Regione Toscana sovrapponendo, a partire da una sovrapposizione della carta litologica con quella pedologica. La carta delle permeabilità mostra come i terreni presenti nell'area siano a permeabilità elevata nelle aree più a monte e medio basse in quelle più a valle interessate dalla bonifica e dal Canale Maestro.

	[kmq]	[%]
Permeabilità elevata	42.79	43.5
Permeabilità medio-alta	3.61	3.7
Permeabilità medio-bassa	44.01	44.8
Permeabilità bassa	7.9	8.0
Sommano	98.31	100

Tab. 4.6 – Distribuzione delle categorie di Permeabilità

COMMITTENTE: Amministrazione Comunale di Montepulciano (SI)	Rev.	Data	Pagina
OGGETTO: Relazione idrologico-idraulica a supporto del Piano Operativo del Comune di Montepulciano (SI)	1	Gennaio 2018	31 di 62
	R:\MONTEPULCIANO\STUDIO_IDRAULICO_2016\04_DOC		
RELAZIONE IDROLOGICO-IDRAULICA	Relazione idrologico-idraulica.doc		

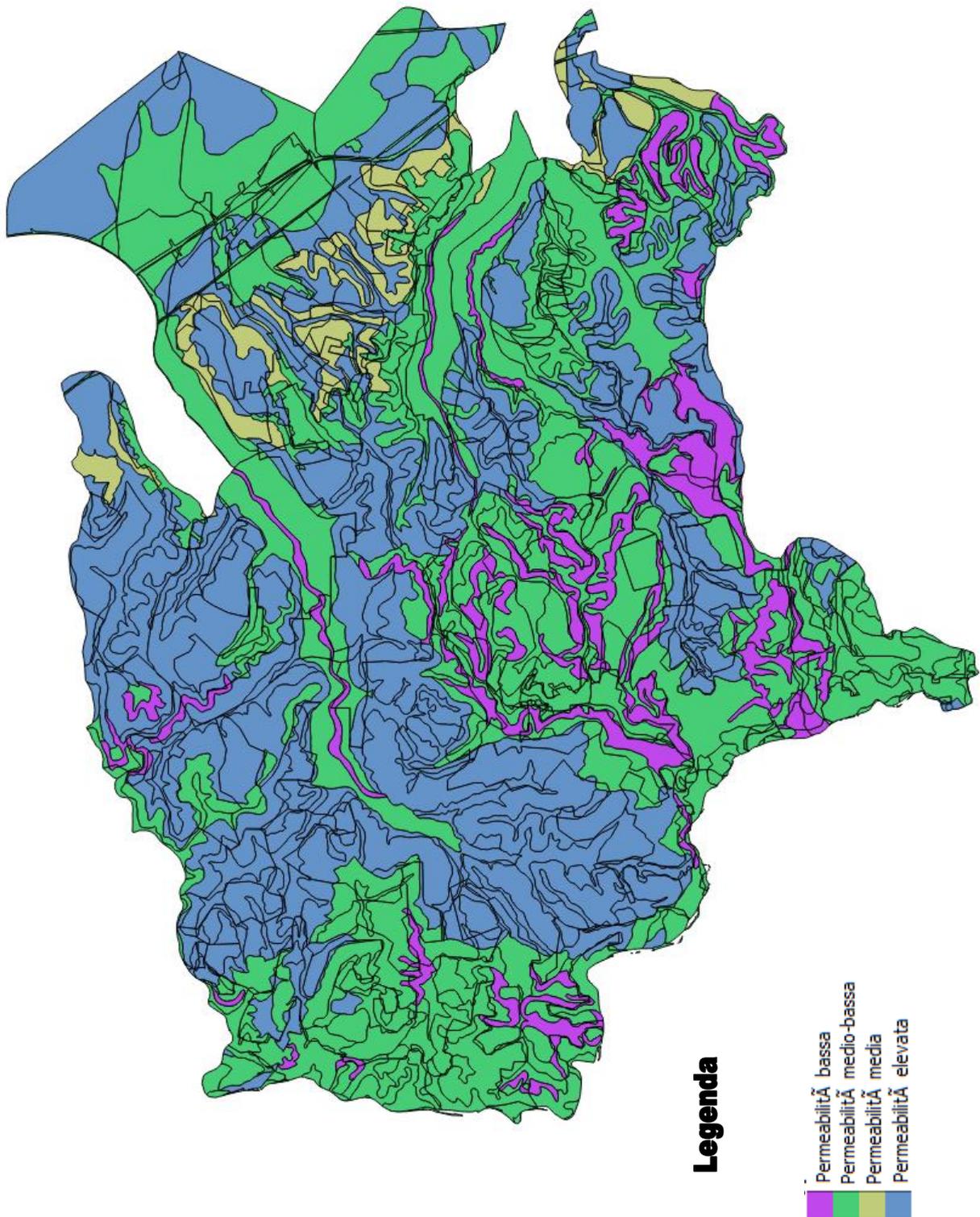


Fig. 4.5 – Carta delle permeabilità

COMMITTENTE: Amministrazione Comunale di Montepulciano (SI)	Rev.	Data	Pagina
OGGETTO: Relazione idrologico-idraulica a supporto del Piano Operativo del Comune di Montepulciano (SI)	1	Gennaio 2018	32 di 62
	R:\MONTEPULCIANO\STUDIO_IDRAULICO_2016\04_DOC		
RELAZIONE IDROLOGICO-IDRAULICA	Relazione idrologico-idraulica.doc		

4.2.4 Determinazione del CN

A questo punto, incrociando i dati di uso del suolo con le informazioni sulla natura del suolo, è possibile individuare il CNII (condizione di terreno mediamente imbibito) attraverso la precedente Tab. 4.4. Il risultato che si ottiene, e che è desunto sempre dall'archivio della Regione Toscana, è riportato nella Fig. 4.6.

Procedendo come esposto nel paragrafo 4.2.1 è possibile individuare il valore del CN a livello di singolo bacino idrografico. In realtà, l'applicazione della precedente formula 4.3 è stata riferita al valore del CNIII (condizione di terreno imbibito), ottenuto dal valore del CNII secondo l'espressione che segue:

$$CN(III) = \frac{CN(II)}{[0.4036+0.005964*CN(II)]}$$

A questo punto il valore del *Curve NumberIII* è definito e riportato in Tab. 4.7 per i vari bacini.

COMMITTENTE: Amministrazione Comunale di Montepulciano (SI)	Rev.	Data	Pagina
OGGETTO: Relazione idrologico-idraulica a supporto del Piano Operativo del Comune di Montepulciano (SI)	1	Gennaio 2018	33 di 62
	R:\MONTEPULCIANO\STUDIO_IDRAULICO_2016\04_DOC		
RELAZIONE IDROLOGICO-IDRAULICA	Relazione idrologico-idraulica.doc		

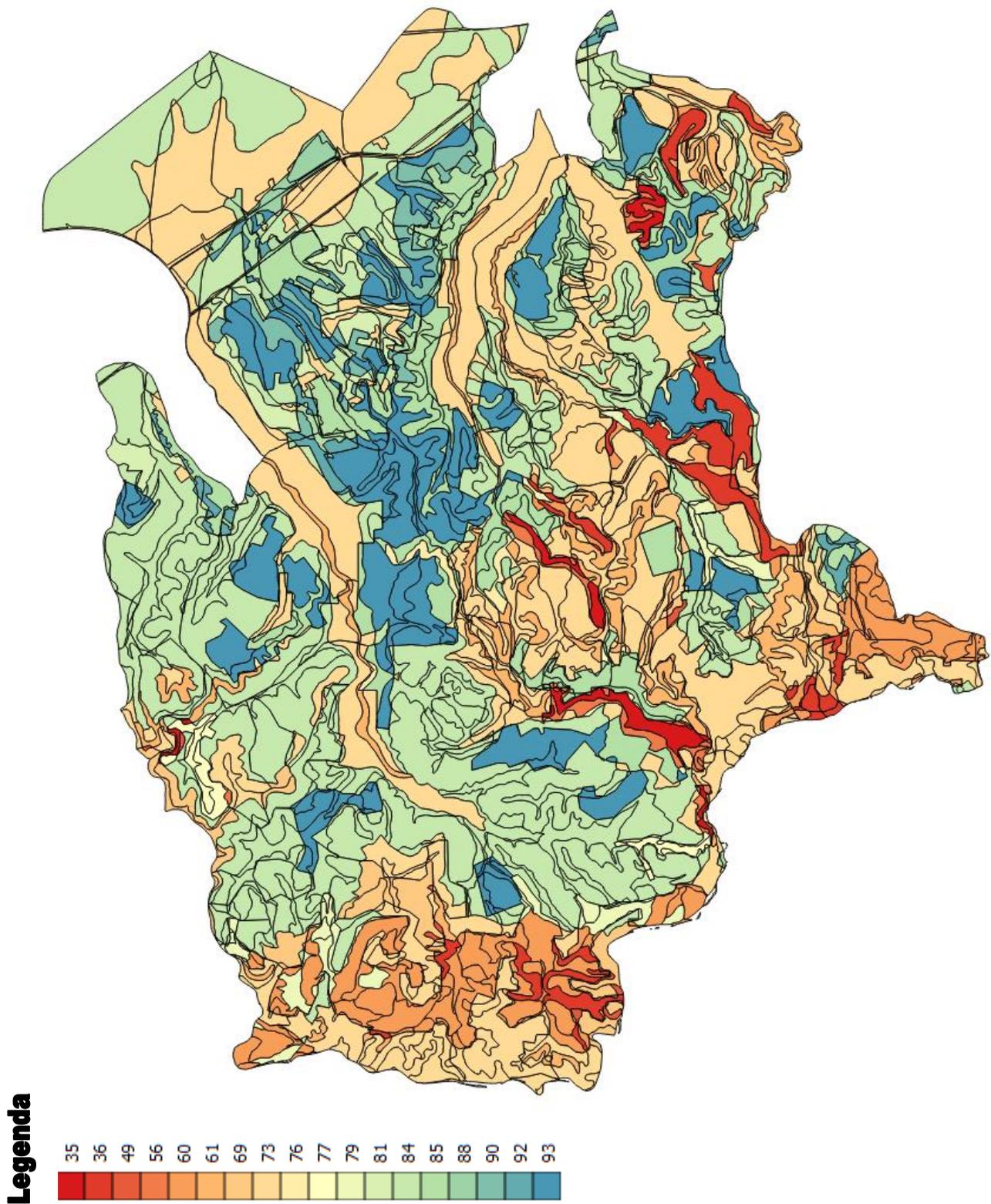


Fig. 4.6 – Valori del CNII

COMMITTENTE: Amministrazione Comunale di Montepulciano (SI)	Rev.	Data	Pagina
OGGETTO: Relazione idrologico-idraulica a supporto del Piano Operativo del Comune di Montepulciano (SI)	1	Gennaio 2018	34 di 62
	R:\MONTEPULCIANO\STUDIO_IDRAULICO_2016\04_DOC		
RELAZIONE IDROLOGICO-IDRAULICA	Relazione idrologico-idraulica.doc		

Codice	Nome asta da RT	Area	CN III
[-]	[-]	[km ²]	[-]
B02	Doccia di Gracciano	1.816	94
B03	Doccia di Gracciano (interbacino)	0.733	92
B04	Canale doccia di Mottola	1.851	93
B05	Canale Doccia di Mottola (interbacino)	0.264	90
B06	Fosso Rovisci	0.939	93
B07	Fosso Rovisci (interbacino)	0.330	87
B08	Fosso Rovisci (interbacino affluente)	0.831	93
B09	Fosso Rigo	4.715	91
B10	Aff. Salarco	1.523	90
B11	Torrente Salarco	38.998	87
B12	Fosso di Nibbiano	0.492	88
B13	Torrente Parcia	3.181	81
B14	Canale Consorziale Val di Seste	3.736	85
B15	Canale Consorziale Val di Seste (interbacino)	0.138	93
B16	Doccia di Gracciano 2 (interbacino)	1.985	88
B01	Doccia di Acquaviva (monte)	0.765	90
B17	Doccia di Acquaviva (interbacino)	3.404	90
B18	affluente Doccia di Gracciano 2	1.988	91
B19	Canale Doccia di Mottola (interbacino)	2.218	90
B20	Fosso Salcheto	13.160	85
B21	Torrente Ciarliana	9.694	87
B22	Fosso Marmo	5.936	85

Tab. 4.7 - Valori del CN_{III} assunti per i vari bacini

COMMITTENTE: Amministrazione Comunale di Montepulciano (SI)	Rev.	Data	Pagina
OGGETTO: Relazione idrologico-idraulica a supporto del Piano Operativo del Comune di Montepulciano (SI)	1	Gennaio 2018	35 di 62
	R:\MONTEPULCIANO\STUDIO_IDRAULICO_2016\04_DOC		
RELAZIONE IDROLOGICO-IDRAULICA	Relazione idrologico-idraulica.doc		

4.3 Portate di progetto. Trasformazione afflussi/deflussi

Nel vasto panorama dei modelli di formazione dei deflussi, che si propongono di rappresentare matematicamente i processi idrologici che si manifestano in un bacino idrografico descrivendone il comportamento con un operatore che lega la funzione di distribuzione temporale delle piogge effettive (ingresso al sistema) ed il corrispondente idrogramma dei deflussi diretti (risposta del sistema), è stata scelta la metodologia basata sull'idrogramma unitario istantaneo (IUH). Il metodo si basa sulle ipotesi di linearità e stazionarietà del bacino ed effettua la combinazione tra pioggia in ingresso e IUH per il calcolo della portata diretta. In altre parole, la risposta $Q(t)$ ad una sollecitazione meteorica di intensità $p(t)$ variabile nel tempo, ma supposta costante su tutti i punti del bacino, è data dall'integrale di convoluzione:

$$Q(t) = \int_0^t p(\tau)h(t - \tau)d\tau$$

dove $p(t)=A i(t)$ è la portata di afflusso meteorico al generico tempo t e la funzione $h(t)$, che prende il nome di IUH, è definita come l'idrogramma dei deflussi generato da un'ipotetica pioggia efficace di altezza unitaria ed intensità costante, distribuita uniformemente sul bacino, e caduta in un intervallo di tempo unitario (immissione di tipo impulsivo).

4.3.1 Modello SCS-CN

La funzione $h(t)$ può essere stimata mediante numerosi approcci, tra cui l'idrogramma unitario del SCS (quello scelto per il presente studio).

L'idrogramma SCS è un idrogramma adimensionale definito dal SCS in base all'analisi di idrogrammi di piena in uscita dalla sezione di chiusura di numerosi bacini idrografici strumentati, di dimensioni grandi e piccole. Esso ha un vasto campo di applicazioni pratiche nel campo delle trasformazioni afflussi deflussi per la sua semplicità d'uso e per la sua generalità. Questo IUH è adimensionalizzato rispetto al valore della portata di picco e del tempo corrispondente alla durata del ramo ascendente dell'idrogramma stesso.

L'approccio proposto dal SCS può essere impiegato purché si definisca il valore del *lag time* (tempo di ritardo del bacino) e il *peak rate factor* (PRF). Mentre il primo è comunemente definito sulla base di formule empiriche, il secondo deve essere scelto in funzione delle caratteristiche geomorfologiche del bacino e caratteristico del metodo impiegato. Il PRF è definito dalla seguente relazione

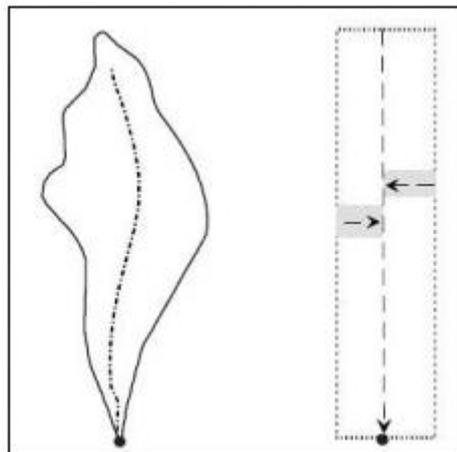
COMMITTENTE: Amministrazione Comunale di Montepulciano (SI)	Rev.	Data	Pagina
OGGETTO: Relazione idrologico-idraulica a supporto del Piano Operativo del Comune di Montepulciano (SI)	1	Gennaio 2018	36 di 62
	R:\MONTEPULCIANO\STUDIO_IDRAULICO_2016\04_DOC		
RELAZIONE IDROLOGICO-IDRAULICA	Relazione idrologico-idraulica.doc		

$$q_p = PRF \frac{AQ}{T_p}$$

intendendo per q_p la portata di picco in [ft³/s], A l'area di drenaggio in [mi²] e T_p il tempo in cui si realizza il picco in [h], Q runoff (in). Il valore di *default* proposto da HEC-HMS è di assumere PRF pari a 484 ed è definito ipotizzando che il volume trasportato dall'idrogramma di piena nel tratto ascendente è il 35% di quello totale. Quindi la scelta del PRF si riflette in un cambiamento percentuale del volume trasportato nel tratto ascendente dell'idrogramma di piena e, quindi, della sua forma. Ai fini del presente studio, si assume il valore del PRF costante e pari a 484 come quello di *default*.

4.3.2 Modello Kinematic Wave

Il modello Kinematic Wave (onda cinematica) è un modello concettuale fisicamente basato, che rappresenta il bacino idrografico come un canale a pelo libero molto largo, con ingressi nel canale pari alla precipitazione che interessa il bacino stesso. L'idrogramma è calcolato attraverso la risoluzione delle equazioni di moto vario. La schematizzazione del bacino è indicata attraverso un esempio nella figura seguente:



Il modello schematizza quindi il deflusso lungo i versanti (overland flow) e il deflusso nel canale (channel flow). Le equazioni utilizzate sono le equazioni fondamentali del deflusso in canali a pelo libero: l'equazione di conservazione della quantità di moto e l'equazione di continuità. Il deflusso sui versanti e nei canali è schematizzato secondo un modello monodimensionale.

Per i dettagli sul metodo si rimanda al *Technical Reference Manual* di HEC-HMS consultabile online.

COMMITTENTE: Amministrazione Comunale di Montepulciano (SI)	Rev.	Data	Pagina
OGGETTO: Relazione idrologico-idraulica a supporto del Piano Operativo del Comune di Montepulciano (SI)	1	Gennaio 2018	37 di 62
	R:\MONTEPULCIANO\STUDIO_IDRAULICO_2016\04_DOC		
RELAZIONE IDROLOGICO-IDRAULICA	Relazione idrologico-idraulica.doc		

4.3.3 Stima del lag time

Il lag time (o tempo di ritardo) è normalmente stimato per mezzo di relazioni empiriche. Nel caso in esame sono state prese in esame 15 diverse formulazioni da letteratura del Lag Time, ovvero le formule di Kirpich, Kerby-Hataway, Papadakis-Kazan, Horton, Kinematic wave, Watt & Chow, Chow, Melone, Snyder, Carter, Fiorentino, McEnroe & Zhao, SCS, con l'aggiunta di ulteriori 10 formule per il calcolo del tempo di corrivazione: Giandotti, Pasini, Ventura, Pezzoli, Puglisi, Aronica & Paltrinieri, Fattorelli & Marchi, NCRS, Tournon, U.S. Navy & Texas Highway departments. La correlazione tra il Tempo di Corrivazione (t_c) e il Lag-Time (T_{lag}) è dato da $T_{lag} = 0.6 * t_c$.

In generale le formule adottate si basano su dati morfologici come l'area del bacino, la lunghezza dell'asta principale, le quote del bacino idrografico, coefficienti che valutano la permeabilità del suolo e la velocità di ruscellamento dell'acqua.

Avere a disposizione una così ampia serie di dati permette di eliminare i valori estremi dovuti al non adattamento della formula per quel dato bacino (dovuto principalmente alle dimensioni e alla morfologia), dai valori validati ne è stata estratta la media.

4.3.4 Risultati della modellazione idrologica

Il software HEC-HMS ver. 4.2.1 è il sistema d'analisi dei fiumi dell'Hydrologic Engineering Center (HEC), del Corpo degli Ingegneri dell'Esercito degli Stati Uniti d'America. E' stato progettato per simulare i processi di precipitazione e di deflussi di bacini idrografici e ne consente, quindi, la modellazione idrologica.

Per eseguire una simulazione idrologica il software richiede la specificazione di tre insiemi di dati:

- **Basin Model:** rappresentazione fisica delle caratteristiche del bacino idrografico
- **Meteorologic Model:** dati meteorologici relativi alle precipitazioni e all'evapotraspirazione
- **Control Specifications, Time-Series Data:** informazioni temporali necessarie per la simulazione

Il componente *Basin Model* permette di definire i bacini idrografici, le relative caratteristiche, i metodi di calcolo delle perdite di bacino e i metodi di calcolo della trasformazione afflussi-deflussi.

Il *meteorological model* definisce l'evento pluviometrico di progetto (*rainfall simulation*). L'evento pluviometrico assegnato, è inserito, nel caso in esame, utilizzando il metodo dello *specified hyetograph*, inserendo cioè uno ietogramma di pioggia costante per tutta la durata dell'evento. Per

COMMITTENTE: Amministrazione Comunale di Montepulciano (SI)	Rev.	Data	Pagina
OGGETTO: Relazione idrologico-idraulica a supporto del Piano Operativo del Comune di Montepulciano (SI)	1	Gennaio 2018	38 di 62
	R:\MONTEPULCIANO\STUDIO_IDRAULICO_2016\04_DOC		
RELAZIONE IDROLOGICO-IDRAULICA	Relazione idrologico-idraulica.doc		

le simulazioni idrologiche si è scelto, quindi, di distribuire i valori dello spessore di pioggia in 15 minuti, ipotizzando, come già detto, lo ietogramma costante.

Nel caso dei bacini singoli, le modellazioni idrologiche sono svolte utilizzando un unico elemento *basin*, mentre nel caso dei Sistemi i bacini sono normalmente connessi tramite un elemento *junction*.

A titolo di esempio si riporta, in Fig. 4.7 il modello idrologico del Sacheto.

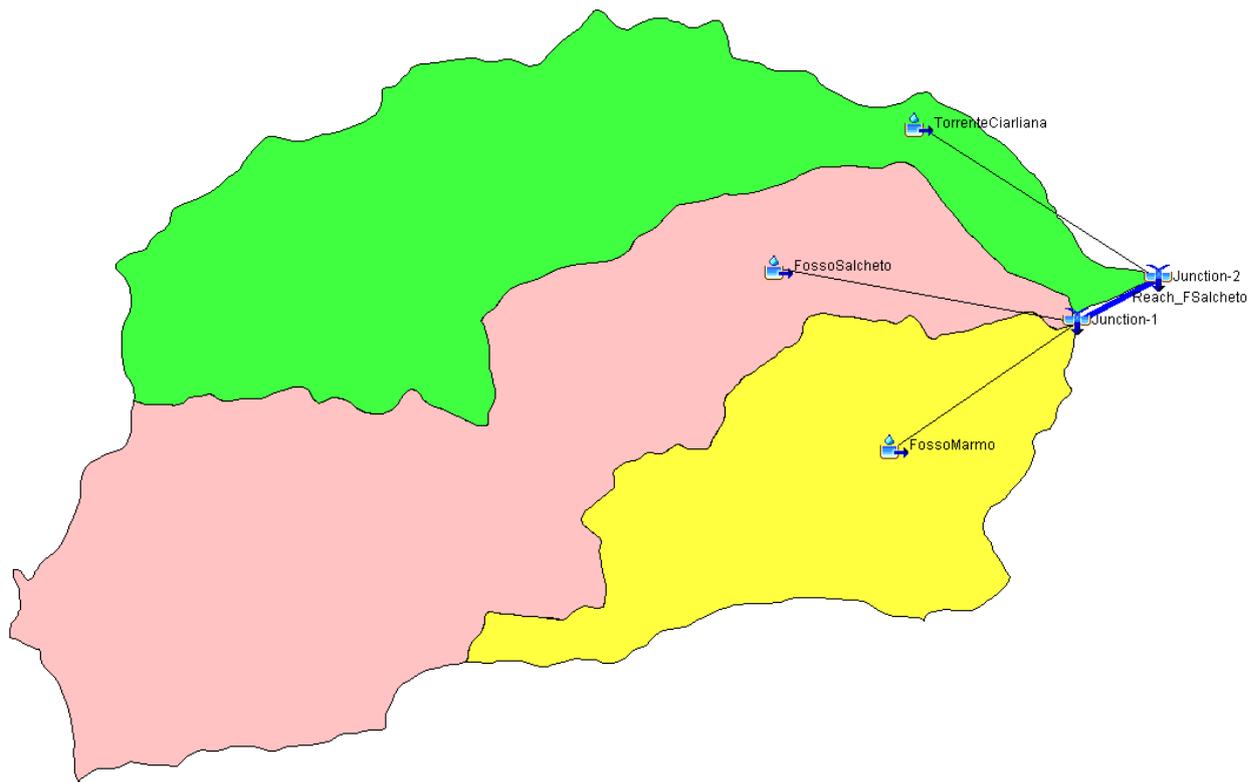


Fig. 4.7 – Salcheto -modello con HEC-HMS 4.2.1

Ogni bacino è stato definito a partire delle seguenti caratteristiche: Area del bacino, SCS Curve Number come *Loss Method* e SCS Unit Hydrograph come *Transformation Method*.

L'individuazione della durata critica per tutti i sistemi è condotta massimizzando il picco dell'idrogramma in uscita alla *Junction*, procedendo iterativamente per diversi valori della durata di pioggia.

I risultati della analisi idrologiche in termini di valore dei picchi degli idrogrammi sono infine riportate in Tab. 4.9 per tutti i bacini oggetto di studio.

COMMITTENTE: Amministrazione Comunale di Montepulciano (SI)	Rev.	Data	Pagina
OGGETTO: Relazione idrologico-idraulica a supporto del Piano Operativo del Comune di Montepulciano (SI)	1	Gennaio 2018	39 di 62
	R:\MONTEPULCIANO\STUDIO_IDRAULICO_2016\04_DOC		
RELAZIONE IDROLOGICO-IDRAULICA	Relazione idrologico-idraulica.doc		

Codice	Nome asta da RT	Area	CN III	Lag	D _{crit}		Q _{max, Tr30}	Q _{max, Tr200}
					[h]	[m ³ /s]		
[-]	[-]	[km ²]	[-]	[min]	[h]	[m ³ /s]	[m ³ /s]	[m ³ /s]
B02	Doccia di Gracciano	1.816	94	70	2	8.9	14.1	
B03	Doccia di Gracciano (interbacino)	0.733	92			1.2	2.9	
B04	Canale doccia di Mottola	1.851	93	61		9.2	14.7	
B05	Canale Doccia di Mottola (interbacino)	0.264	90			0.5	1.3	
B06	Fosso Rovisci	0.939	93	36		5.2	8.2	
B07	Fosso Rovisci (interbacino)	0.330	87			0.8	2.1	
B08	Fosso Rovisci (interbacino affluente)	0.831	93	37		4.7	7.4	
B09	Fosso Rigo	4.715	91	80		2	18.3	30.3
B10	Aff. Salarco	1.523	90	66	4	4.7	7.9	
B11	Torrente Salarco	38.998	87	142		74.9	136.8	
B12	Fosso di Nibbiano	0.492	88	22	1	3.6	5.8	
B13	Torrente Parcia	3.181	81	40	2	11.3	21.2	
B14	Canale Consorziale Val di Seste	3.736	85	78	2	11.6	20.9	
B15	Canale Consorziale Val di Seste (interbacino)	0.138	93			1	1.5	
B16	Doccia di Gracciano	1.985	88		4	3.9	9.9	
B01	Doccia di Acquaviva (monte)	0.765	90	40	5	2.5	4.1	
B17	Doccia di Acquaviva (interbacino)	3.404	90		5	9.3	16.9	
B18	affluente Doccia di Gracciano 2	1.988	91		4	4.2	9.6	
B19	Canale Doccia di Mottola (interbacino)	2.218	90		4	5.7	12.2	
B20	Fosso Salcheto	13.160	85	107	3	32.7	56.9	
B21	Torrente Ciarliana	9.694	87	113		26.7	42.9	
B22	Fosso Marmo	5.936	85	73		16.9	30.9	

Tab. 4.9 - Risultati della modellazione idrologica

COMMITTENTE: Amministrazione Comunale di Montepulciano (SI)	Rev.	Data	Pagina
OGGETTO: Relazione idrologico-idraulica a supporto del Piano Operativo del Comune di Montepulciano (SI)	1	Gennaio 2018	40 di 62
	R:\MONTEPULCIANO\STUDIO_IDRAULICO_2016\04_DOC		
RELAZIONE IDROLOGICO-IDRAULICA	Relazione idrologico-idraulica.doc		

5 ANALISI IDRAULICA

5.1 Descrizione della modellazione idraulica

La modellazione dei fenomeni di allagamento e di transito sono state eseguite utilizzando il codice di calcolo HEC-RAS 5.0.3. La modellazione è stata eseguita utilizzando le portate di piena ricavate dalla modellazione idrologica con HEC-HMS descritta in precedenza.

In particolare, la modellazione idraulica è stata eseguita secondo uno schema monodimensionale in moto vario (*unsteady flow*), simulando il deflusso delle portate di piena all'interno degli alvei fluviali oggetto del presente studio.

Nei casi di superamento del livello dell'acqua dei limiti arginali (laddove presenti) o topografici delle sezioni rilevate e utilizzate per le modellazioni monodimensionali, si sono svolte delle modellazioni bidimensionali sempre con HEC-RAS. Laddove i fenomeni esondativi hanno interessato aree non confinate, tali da non poter immagazzinare i volumi idrici provenienti dal corso d'acqua, sono state quindi inserite delle *storage area* all'interno delle quali il problema del flusso è schematizzato come bidimensionale, in modo da simulare l'allagamento di tali aree.

5.2 Modellazioni idrauliche monodimensionali con Hec-Ras 5.0.3

Per ciascun corso d'acqua oggetto di studio è stato sviluppato anzitutto un modello idraulico monodimensionale con il codice di calcolo HEC-RAS 5.0.3. Per ciascun tempo di ritorno di interesse (30 e 200 anni) è stata effettuata una simulazione in moto vario.

In questa sede, si preferisce omettere l'illustrazione teorica dei principi di base sui quali si fonda la soluzione numerica delle equazioni di moto e di continuità che regolano il processo di moto permanente e di moto vario, in quanto una esaustiva trattazione degli stessi argomenti è liberamente disponibile in rete all'indirizzo <http://www.hec.usace.army.mil> e si rimanda due pubblicazioni *Hydraulic Reference Manual* e *User's Manual* messe a disposizione direttamente dall'US Army Corps of Engineering.

Il codice HEC-RAS, al fine di seguire il calcolo, necessita, oltre della geometria dell'alveo tramite l'inserimento delle sezioni rilevate (*cross section*), di definire il valore del coefficiente di Manning. Per i dettagli relativi a ciascun corso d'acqua si rimanda agli allegati delle sezioni dei modelli e sono assunti valori desunti dal Manuale di Hec-Ras e dal *Manuale dell'Ingegnere civile e ambientale* (Hoepli, 2015).

Al fine di rendere eseguibili le simulazioni, occorre definire le *boundary conditions* a monte e a valle del tratto studiato nel caso di simulazioni in moto vario. Com'è noto tali condizioni possono essere impostate in vari modi: livello idrico noto, altezza critica, altezza di moto uniforme o scala di

COMMITTENTE: Amministrazione Comunale di Montepulciano (SI)	Rev.	Data	Pagina
OGGETTO: Relazione idrologico-idraulica a supporto del Piano Operativo del Comune di Montepulciano (SI)	1	Gennaio 2018	41 di 62
	R:\MONTEPULCIANO\STUDIO_IDRAULICO_2016\04_DOC		
RELAZIONE IDROLOGICO-IDRAULICA	Relazione idrologico-idraulica.doc		

deflusso. Nel caso in esame, quali condizioni al contorno di monte sono stati assunti gli idrogrammi di piena; per la condizione di valle, invece, si è generalmente optato per l'altezza di moto uniforme.

Fanno eccezione il modello del Doccia di Gracciano (2) e il Consorzio Val di Seste. Nel primo caso è stata inserita la quota dell'argine sinistro del Canale Maestro della Chiana all'immissione per il quale, a favore di sicurezza è stata assunta come condizione di valle l'ipotesi che il Canale recettore (il Canale Maestro appunto) sia completamente pieno. Mentre per il Consorzio Val di Seste è stato considerato uno *stage hydrograph* con tirante idrico della quota fissa di 249.63 m s.l.m., quota massima raggiungibile dal lago di Montepulciano nello studio dell'evoluzione in transitorio redatto per l'Amministrazione Provinciale di Siena dalla società Italimpianti nel 1989;

5.3 Modellazioni idrauliche bidimensionali - HEC-RAS 5.0.3

Il software HEC-RAS ha aggiunto di recente la capacità di eseguire uno schema di modellazione bidimensionale all'interno della simulazione condotta in regime di moto vario. Nel presente studio, per i tratti in cui fosse necessario l'impiego di modelli 2D per la determinazione delle aree allagate, si è infatti svolto una modellazione in moto vario con schema monodimensionale (1D) combinato anche con uno schema bidimensionale (2D) con l'aggiunta di aree 2D (*2D-storage area*) nel modello. Tale area 2D viene aggiunta nel modello 1D disegnando un poligono 2D connesso al modello 1D attraverso l'uso di uno sfioratore laterale (*lateral structure*).

Il codice di calcolo consente di risolvere il problema bidimensionale del moto sia risolvendo le equazioni complete di Saint Venant o di diffusione dell'onda in 2D. In generale, le equazioni di diffusione dell'onda (scelte ai fini del presente studio) consentono al codice di funzionare più velocemente garantendo inoltre una maggiore stabilità numerica. L'algoritmo di risoluzione è *ai volumi finiti* ed è "accoppiato" a quello di risoluzione del problema monodimensionale nello stesso passo temporale di calcolo. Questo permette una perfetta coerenza a ogni passo temporale tra le componenti monodimensionali e quelli bidimensionali. L'equazione dello stramazzo è utilizzata per calcolare il deflusso tra le sezioni del corso d'acqua modellato e la *storage area 2D*.

Come FLO 2D, HEC-RAS 5.0.3 funziona per celle, che però possono essere sia strutturate che non strutturate. Ciò significa che le celle computazionali possono essere triangoli, quadrate, rettangolari o anche elementi a cinque e sei facce (ma non più di 8). La maglia può essere una miscela di forme e dimensioni delle celle (Fig. 5.2). Il contorno esterno della maglia computazionale è definito, invece, con un poligono. Generalmente, come si nota in Fig. 5.1, il software crea delle celle

COMMITTENTE: Amministrazione Comunale di Montepulciano (SI)	Rev.	Data	Pagina
OGGETTO: Relazione idrologico-idraulica a supporto del Piano Operativo del Comune di Montepulciano (SI)	1	Gennaio 2018	42 di 62
	R:\MONTEPULCIANO\STUDIO_IDRAULICO_2016\04_DOC		
RELAZIONE IDROLOGICO-IDRAULICA	Relazione idrologico-idraulica.doc		

di forma quadrata nella zona centrale, mentre in prossimità del contorno esterno la mesh si adatta al profilo dell'area.

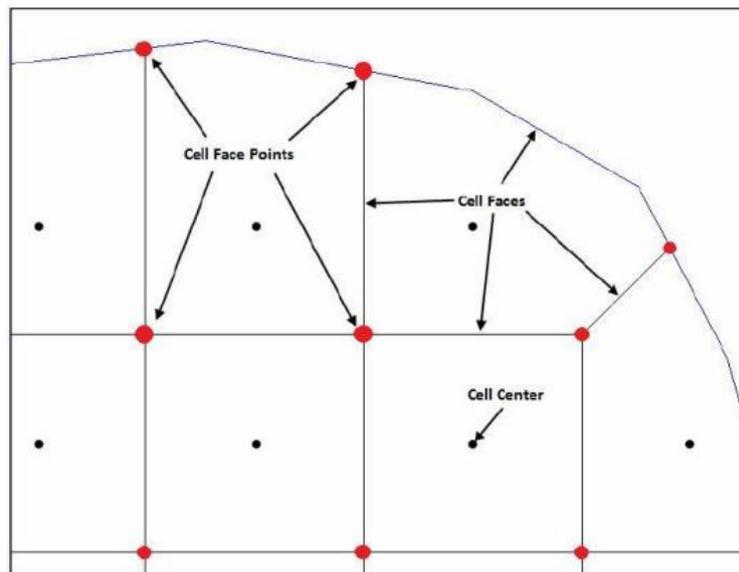


Fig. 5.1 - Esempio mesh computazionale HEC-RAS 5.0.3

Si noti inoltre come ogni *cell center*, *cell face* e *cell face point* è identificato da un numero, in modo da facilitare l'operazione di analisi e visualizzazione dei risultati.

Il più grande vantaggio della modellazione bidimensionale in HEC-RAS riguarda comunque la dimensione della mesh computazionale. Ogni cella viene infatti pre-processata in modo da creare una serie di tabelle idrauliche, che mettono in relazione l'elevazione e il volume e, su ogni lato della cella, l'elevazione con il perimetro bagnato, l'area e la scabrezza. Queste curve permettono di utilizzare celle di dimensioni più grandi rispetto ad altri programmi 2D, con evidente diminuzione dei tempi computazionali.

Ad ogni modo, in una simulazione di moto vario bidimensionale, il parametro più significativo da considerare è l'intervallo computazionale ΔT , che deve essere scelto con accuratezza in modo da non influenzare negativamente l'esito delle analisi. Generalmente questo valore viene valutato basandosi sul criterio di Courant, esprimibile nella maniera seguente:

$$C = \frac{V \Delta T}{\Delta X} \leq 2$$

COMMITTENTE: Amministrazione Comunale di Montepulciano (SI)	Rev.	Data	Pagina
OGGETTO: Relazione idrologico-idraulica a supporto del Piano Operativo del Comune di Montepulciano (SI)	1	Gennaio 2018	43 di 62
	R:\MONTEPULCIANO\STUDIO_IDRAULICO_2016\04_DOC		
RELAZIONE IDROLOGICO-IDRAULICA	Relazione idrologico-idraulica.doc		

essendo C il numero di Courant, V la velocità massima dell'acqua, ΔT il tempo di calcolo e ΔX la dimensione media delle celle.

Infine, occorre sottolineare che il software computa la velocità della corrente nei nodi della griglia, mentre il livello idrico è calcolato nel *cell center* della griglia stessa.

COMMITTENTE: Amministrazione Comunale di Montepulciano (SI)	Rev.	Data	Pagina
OGGETTO: Relazione idrologico-idraulica a supporto del Piano Operativo del Comune di Montepulciano (SI)	1	Gennaio 2018	44 di 62
	R:\MONTEPULCIANO\STUDIO_IDRAULICO_2016\04_DOC		
RELAZIONE IDROLOGICO-IDRAULICA	Relazione idrologico-idraulica.doc		

6 RISULTATI DELLE MODELLAZIONI IDRAULICHE

La descrizione qui riportata delle varie modellazioni idrauliche, è articolata secondo lo schema seguente, rimandando agli allegati di HEC-RAS per le informazioni di dettaglio:

- Descrizione generale dell'area e dei tratti del corso d'acqua oggetto di studio;
- Tipo di modellazione effettuata (mono-dimensionale in moto vario oppure mono-dimensionale in moto vario con sfioratori laterali e settori di allagamento con HEC-RAS 5.0.3).
- Descrizione delle condizioni al contorno imposte e peculiarità del modello.

6.1 Modello "Canale Consorzio Val di Seste"

Descrizione generale

Il modello comprende il tratto fluviale del Canale Consorzio Val di Seste studiato lungo circa 2.6 km. La prima sezione è circa a 3.0 km dall'immissione nel Lago di Montepulciano ed è arginato per buona parte del tratto studiato.

Caratteristiche del Modello

Il modello è realizzato con HEC-RAS 5.0.3 in cui l'asta fluviale del Val di Seste è modellata come elemento river monodimensionale definito per mezzo di 36 sezioni collegato a due *storage areas 2D* in destra e sinistra idraulica con dimensione media 10x10. Il collegamento tra *river* e *storage areas* è condotto per mezzo di *lateral structures* posizionate in corrispondenza dei tratti di sormonto arginale.

Le scabrezze nel corso d'acqua sono state assunte pari a $n = 0.035$ s $m^{-1/3}$ sia per l'alveo principale che per le zone golenali (si rimanda agli allegati di HEC-RAS per le informazioni di dettaglio).

Le condizioni al contorno inserite sono gli idrogrammi di piena per tempi di ritorno 30 e 200 anni ottenuti dalle modellazioni idrologiche in corrispondenza della sezione di monte e uno stage hydrograph costante nel tempo per simulare l'immissione nel Lago di Montepulciano. La quota imposta è di 249.63 m s.l.m., quota massima raggiungibile dal lago nello studio dell'evoluzione in transitorio redatto per l'Amministrazione Provinciale di Siena dalla società Italimpianti nel 1989, analogamente con quanto fatto nel precedente studio idraulico di supporto al Regolamento Urbanistico del Comune di Montepulciano dalla PROGEO Associati.

COMMITTENTE: Amministrazione Comunale di Montepulciano (SI)	Rev.	Data	Pagina
OGGETTO: Relazione idrologico-idraulica a supporto del Piano Operativo del Comune di Montepulciano (SI)	1	Gennaio 2018	45 di 62
	R:\MONTEPULCIANO\STUDIO_IDRAULICO_2016\04_DOC		
RELAZIONE IDROLOGICO-IDRAULICA	Relazione idrologico-idraulica.doc		



Fig. 6.1 - Modello "Canale Consorzio Val di Seste"

6.2 Modello "Nibbiano"

Descrizione generale

Il modello comprende il tratto fluviale di monte del Fosso Nibbiano, ai confini Nord-Est del centro abitato di Montepulciano. La lunghezza del tratto studiato è di circa 607 m ad una quota che va da circa 450 m slm a 396.5 m slm ed è quindi un tratto ad elevata pendenza.

Caratteristiche del Modello

Il modello è realizzato con HEC-RAS 5.0.3 ed è monodimensionale in moto vario. La geometria del river è definita tramite 8 sezioni idrauliche.

Le scabrezze nel corso d'acqua sono state assunte pari a $0.035 \text{ s m}^{-1/3}$ sia per l'alveo principale che per zone golenali (si rimanda agli allegati di HEC-RAS per le informazioni di dettaglio);

Come condizioni al contorno sono stati inseriti l'idrogramma di piena a monte e la *normal depth* a valle, analogamente con quanto fatto nei casi precedenti.

La conformazione morfologica incisa del corso d'acqua e delle aree contermini determina la permanenza nell'ambito fluviale dei volumi idrici senza che si manifestino fenomeni esondativi e di immagazzinamento nelle aree circostanti.

COMMITTENTE: Amministrazione Comunale di Montepulciano (SI)	Rev.	Data	Pagina
OGGETTO: Relazione idrologico-idraulica a supporto del Piano Operativo del Comune di Montepulciano (SI)	1	Gennaio 2018	46 di 62
	R:\MONTEPULCIANO\STUDIO_IDRAULICO_2016\04_DOC		
RELAZIONE IDROLOGICO-IDRAULICA	Relazione idrologico-idraulica.doc		

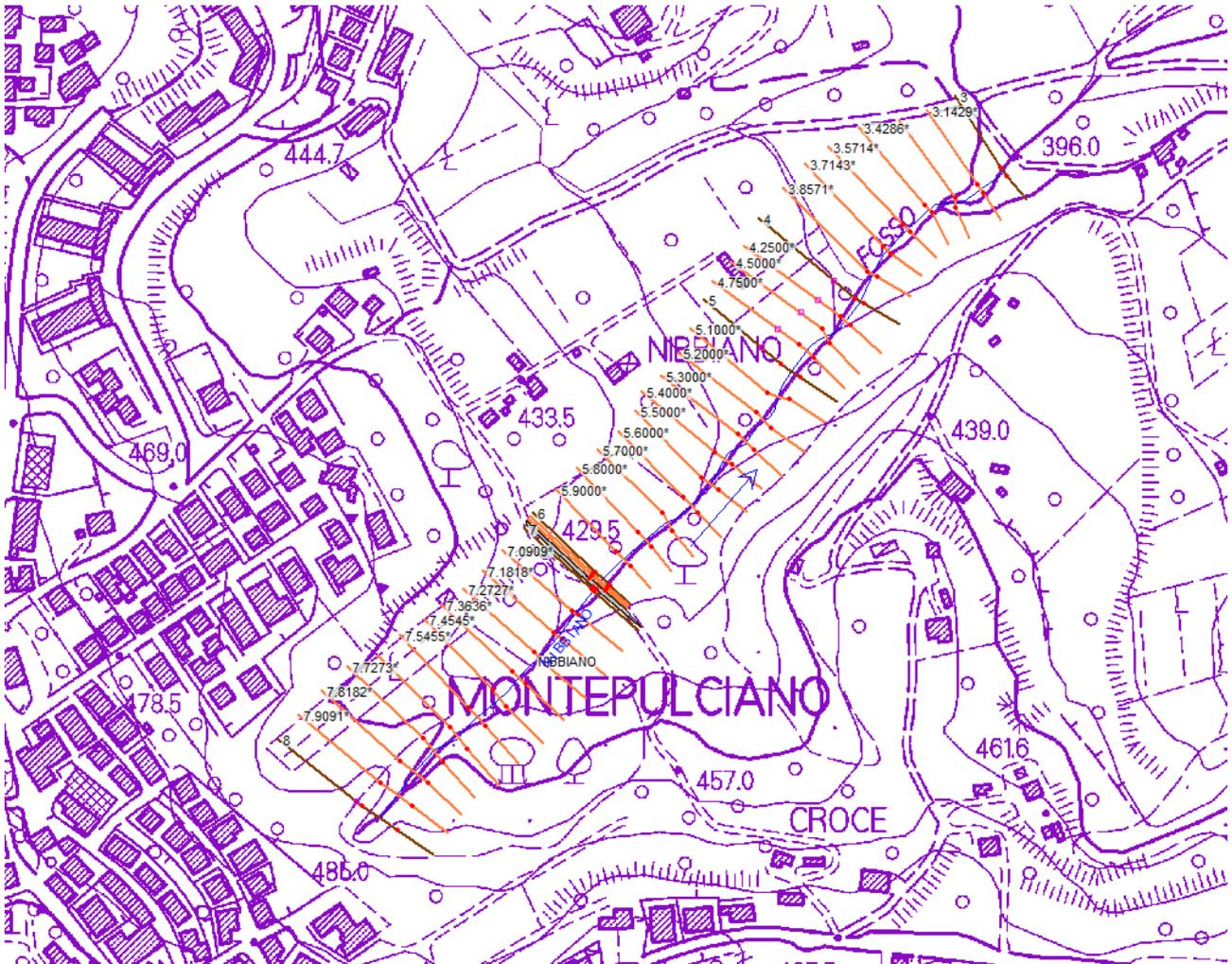


Fig. 6.2 - Modello "Montepulciano"

6.3 Modello "Fosso_Salcheto_Cassa"

Descrizione generale

Il modello comprende diversi tratti fluviali oggetto del presente studio: il T. Marmo, il T. Ciarliana, il F. Salcheto e il Doccia di Acquaviva che insistono su aree interessate da allagamenti contermini. Il modello che interessa il Salcheto e il Ciarliana in corrispondenza della confluenza comprende la cassa di espansione di recente realizzazione.

L'area interessata dagli allagamenti è un'area comunque a carattere prevalentemente agricolo soprattutto nella zona dell'Acquaviva e del tratto di valle del Fosso Salcheto maggiormente interessati dagli allagamenti.

COMMITTENTE: Amministrazione Comunale di Montepulciano (SI)	Rev.	Data	Pagina
OGGETTO: Relazione idrologico-idraulica a supporto del Piano Operativo del Comune di Montepulciano (SI)	1	Gennaio 2018	47 di 62
	R:\MONTEPULCIANO\STUDIO_IDRAULICO_2016\04_DOC		
RELAZIONE IDROLOGICO-IDRAULICA	Relazione idrologico-idraulica.doc		

Caratteristiche del Modello

Il modello comprende diversi elementi *river* che corrispondono alle aste fluviali prima citate e oggetto del presente studio: il T. Ciarliana è modellato per circa 1.4 km nel tratto di valle prima dell'immissione nel F. Salcheto, il T. Marmo è anch'esso modellato per circa 400 m prima della confluenza, mentre il Salcheto per 4.6 km. La Doccia di Acquaviva è modellata per circa 2.23 km dall'Autostrada alla Ferrovia.

Gli elementi *river* sono collegati per mezzo di *lateral structures* a *storage areas 2D* e *storage areas "classiche"*. Quest'ultime sono state inserite: una nell'area compresa tra il T. Ciarliana e il Salcheto per modellare la cassa di espansione di recente realizzazione, l'altra tra il T. Marmo e il Salcheto per modellare l'allagamento in quell'area che, data la morfologia, costituisce un'area di espansione naturale del corso d'acqua. Il modello del Salcheto è ripreso da quello impiegato ai fini dello studio idraulico a corredo del progetto della cassa di espansione.

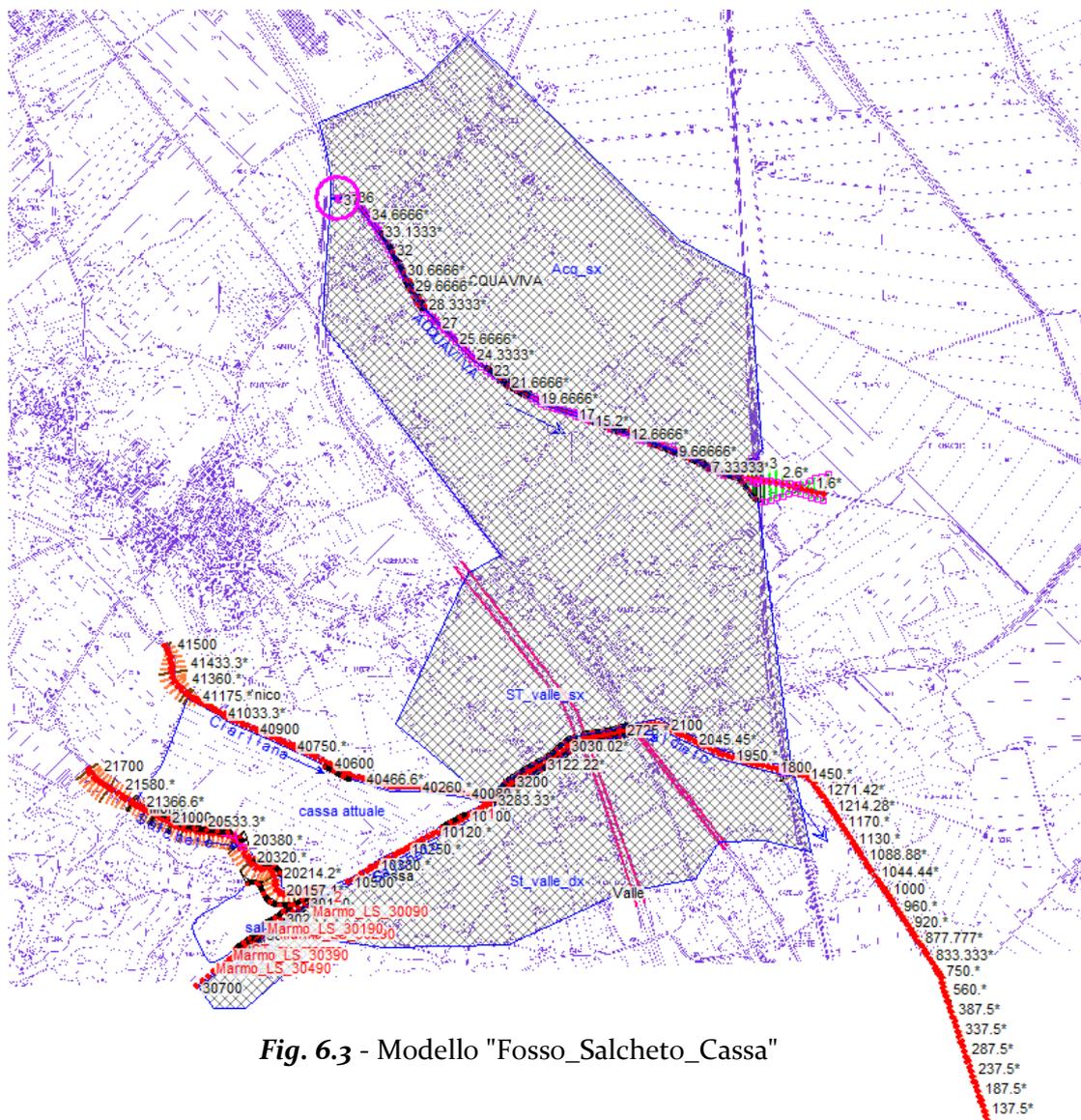


Fig. 6.3 - Modello "Fosso_Salcheto_Cassa"

COMMITTENTE: Amministrazione Comunale di Montepulciano (SI)	Rev.	Data	Pagina
OGGETTO: Relazione idrologico-idraulica a supporto del Piano Operativo del Comune di Montepulciano (SI)	1	Gennaio 2018	48 di 62
	R:\MONTEPULCIANO\STUDIO_IDRAULICO_2016\04_DOC		
RELAZIONE IDROLOGICO-IDRAULICA	Relazione idrologico-idraulica.doc		

Le scabrezze nel corso d'acqua sono state assunte pari a $n = 0.035 \text{ s m}^{-1/3}$ sia per l'alveo principale che per le zone golenali nel caso della doccia di Acquaviva, mentre per il modello Salcheto sono assunti valori di 0.035 per l'alveo principale e 0.04 per le zone arginali (si rimanda agli allegati di HEC-RAS per le informazioni di dettaglio).

Le condizioni al contorno inserite sono gli idrogrammi di piena per tempi di ritorno 30 e 200 anni ottenuti dalle modellazioni idrologiche in corrispondenza della sezione di monte, le *normal depth* per la sezione di valle dei *river* e una condizione *uniform* per modellare l'apporto dell'interbacino dell'Acquaviva.

6.4 Modello "Montepulciano_Stazione"

Descrizione generale

Il modello comprende diversi tratti fluviali oggetto del presente studio: la Doccia di Gracciano (1), la Doccia di Mottola, il Fosso Rovisci e il suo Affluente.

L'area interessata dagli allagamenti è un'area urbanizzata, visto che i fossi si collocano in corrispondenza di Montepulciano Stazione.

Caratteristiche del Modello

Il modello comprende diversi elementi *river* che corrispondono alle aste fluviali prima citate e oggetto del presente studio. Il Fosso Rovisci, il suo Affluente e il Gracciano (1) sono modellati nei tratti di valle per circa 1.7 km, 300 m e 3.12 km prima della confluenza col Nottola modellato per una lunghezza di 2.6 km.

Le scabrezze nei corsi d'acqua sono state assunte pari a $n = 0.03 \div 0.035 \text{ s m}^{-1/3}$ per l'alveo principale, pari a $n = 0.035 \div 0.04 \text{ s m}^{-1/3}$ per le zone golenali (si rimanda agli allegati di HEC-RAS per le informazioni di dettaglio).

Le condizioni al contorno inserite sono gli idrogrammi di piena per tempi di ritorno 30 e 200 anni ottenuti dalle modellazioni idrologiche in corrispondenza della sezione di monte e la *normal depth* per la sezione di valle del Mottola.

COMMITTENTE: Amministrazione Comunale di Montepulciano (SI)	Rev.	Data	Pagina
OGGETTO: Relazione idrologico-idraulica a supporto del Piano Operativo del Comune di Montepulciano (SI)	1	Gennaio 2018	49 di 62
	R:\MONTEPULCIANO\STUDIO_IDRAULICO_2016\04_DOC		
RELAZIONE IDROLOGICO-IDRAULICA	Relazione idrologico-idraulica.doc		

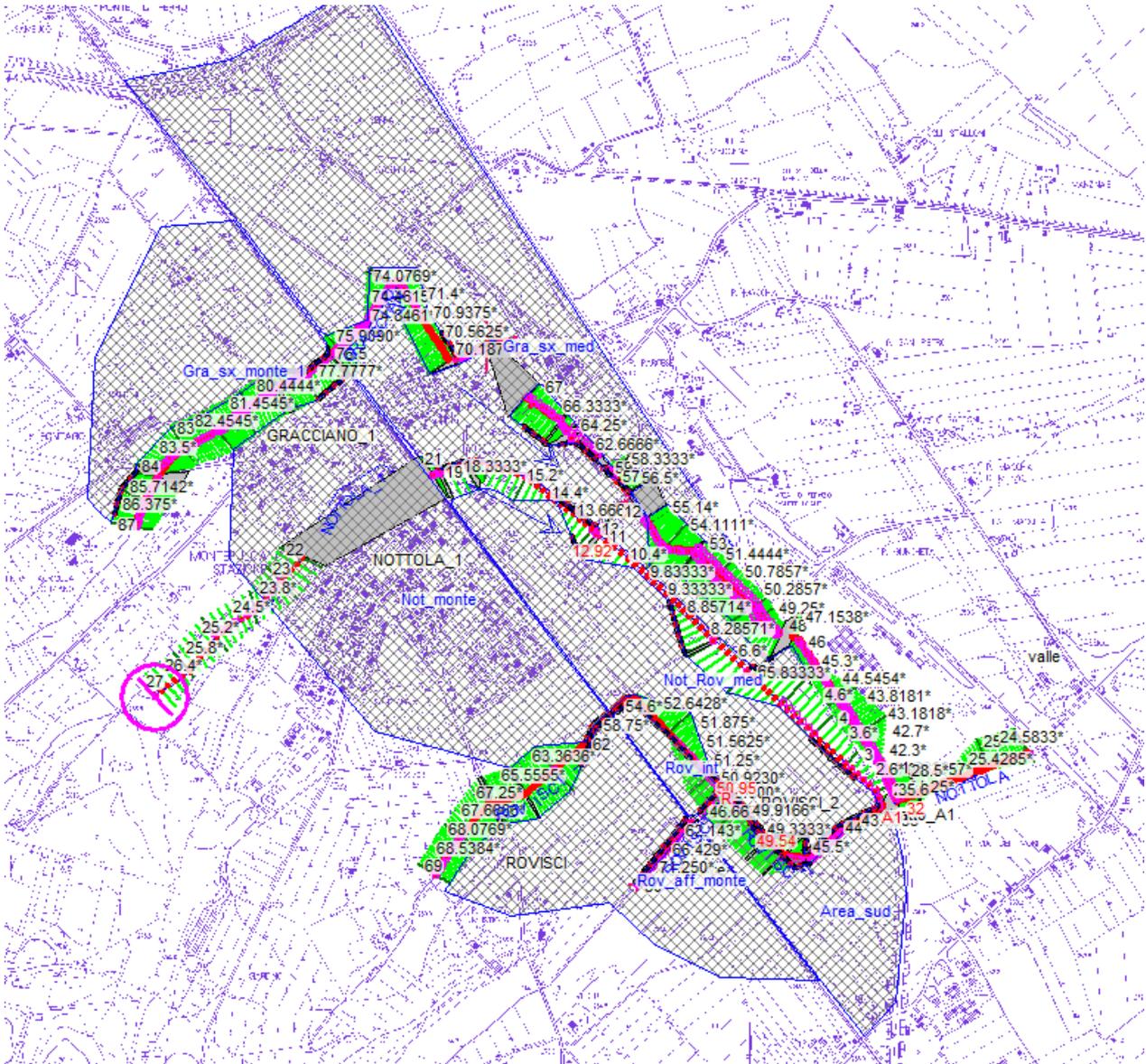


Fig. 6.4 - Modello "Montepulciano Stazione"

6.5 Modello "Montepulciano_Stazione_valle"

Descrizione generale

Il modello comprende diversi tratti fluviali oggetto del presente studio: la Doccia di Gracciano (2) e la Doccia di Mottola nel tratto di valle dall'autostrada alla ferrovia.

L'area interessata dagli allagamenti è un'area a carattere prevalentemente agricolo.

COMMITTENTE: Amministrazione Comunale di Montepulciano (SI)	Rev.	Data	Pagina
OGGETTO: Relazione idrologico-idraulica a supporto del Piano Operativo del Comune di Montepulciano (SI)	1	Gennaio 2018	50 di 62
	R:\MONTEPULCIANO\STUDIO_IDRAULICO_2016\04_DOC		
RELAZIONE IDROLOGICO-IDRAULICA	Relazione idrologico-idraulica.doc		

Caratteristiche del Modello

Il modello comprende diversi elementi *river* che corrispondono alle aste fluviali prima citate e oggetto del presente studio. La Doccia di Gracciano (2) è modellata per una lunghezza di circa 3 km con 46 sezioni, mentre la Doccia di Mottola è modellata per circa 2.2 km.

Le scabrezze nei corsi d'acqua sono state assunte pari a $n = 0.03 \div 0.033 \text{ s m}^{-1/3}$ per gli alvei principali, e $0.035 \text{ s m}^{-1/3}$ per l'area golenale del Gracciano e $0.08 \text{ s m}^{-1/3}$ per quella del Mottola, pari a $n = 0.030 \div 0.035 \text{ s m}^{-1/3}$ per le zone golenali (si rimanda agli allegati di HEC-RAS per le informazioni di dettaglio).

Le condizioni al contorno inserite sono gli idrogrammi di piena per tempi di ritorno 30 e 200 anni ottenuti dalle modellazioni idrologiche in corrispondenza della sezione di monte e uno *stage hydrograph* costante nel tempo per simulare corrispondente alla quota dell'argine sinistro del Canale Maestro della Chiana in corrispondenza dell'immissione.



Fig. 6.5 - Modello "Montepulciano Stazione valle"

COMMITTENTE: Amministrazione Comunale di Montepulciano (SI)	Rev.	Data	Pagina
OGGETTO: Relazione idrologico-idraulica a supporto del Piano Operativo del Comune di Montepulciano (SI)	1	Gennaio 2018	51 di 62
	R:\MONTEPULCIANO\STUDIO_IDRAULICO_2016\04_DOC		
RELAZIONE IDROLOGICO-IDRAULICA	Relazione idrologico-idraulica.doc		

6.6 Modello "Torrente Parcia"

Descrizione generale

Il modello comprende il tratto fluviale di monte del Torrente Parcia, in prossimità dell'abitato di Sant'Albino. La lunghezza del tratto studiato è di circa 1,31 km e presenta un tratto tombato all'altezza del Campo sportivo di lunghezza pari a circa 195 m.

Caratteristiche del Modello

Il modello è realizzato con HEC-RAS 5.0.3 ed è monodimensionale in moto vario. La geometria del river è definita tramite 8 sezioni idrauliche.

Le scabrezze nel corso d'acqua sono state assunte pari a $0.035 s m^{-1/3}$ sia per l'alveo principale che per zone golenali (si rimanda agli allegati di HEC-RAS per le informazioni di dettaglio);

Come condizioni al contorno sono stati inseriti l'idrogramma di piena a monte e la *normal depth* a valle, analogamente con quanto fatto nei casi precedenti.

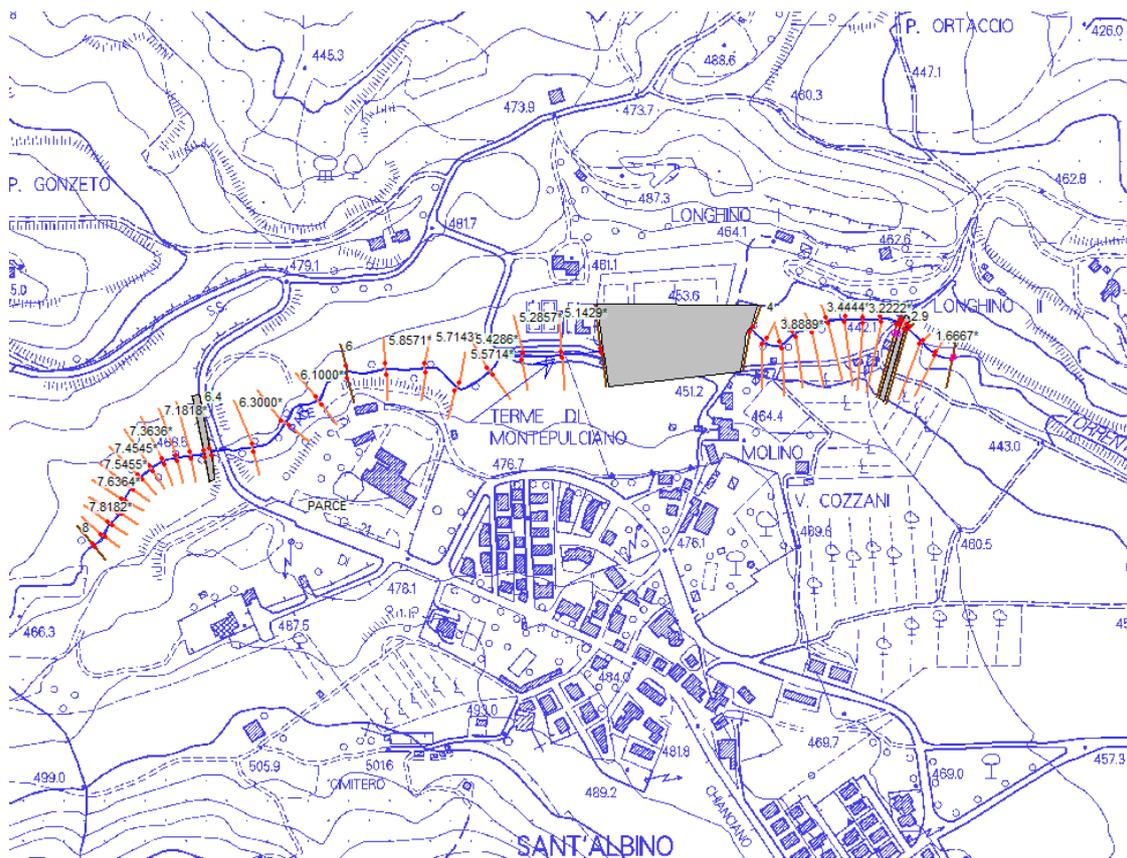


Fig. 6.6- Modello "Torrente Parcia"

COMMITTENTE: Amministrazione Comunale di Montepulciano (SI)	Rev.	Data	Pagina
OGGETTO: Relazione idrologico-idraulica a supporto del Piano Operativo del Comune di Montepulciano (SI)	1	Gennaio 2018	52 di 62
	R:\MONTEPULCIANO\STUDIO_IDRAULICO_2016\04_DOC		
RELAZIONE IDROLOGICO-IDRAULICA	Relazione idrologico-idraulica.doc		

6.7 Modello "Salarco e Rigo"

Descrizione generale

Il modello comprende due dei tratti fluviali oggetto del presente studio: il Torrente Salarco e il Fosso Rigo. L'area interessata dagli allagamenti è un'area a carattere prevalentemente agricolo. Ad ogni modo, al fine di proteggere l'area artigianale/industriale di Gracciano (in destra al Salarco) sono stati realizzati dei pennelli (argini trasversali) che sono stati riportati nel modello digitale del terreno a partire dagli elaborati di progetto degli stessi. Inoltre le sezioni idrauliche a monte dell'attraversamento con SP 326 sono state riprofilate e ne sono stati rinforzati gli argini nel 2009. Di tali modifiche si è tenuto conto nel modello, modificando, a partire dagli elaborati di progetto, le sezioni idrauliche.

Caratteristiche del Modello

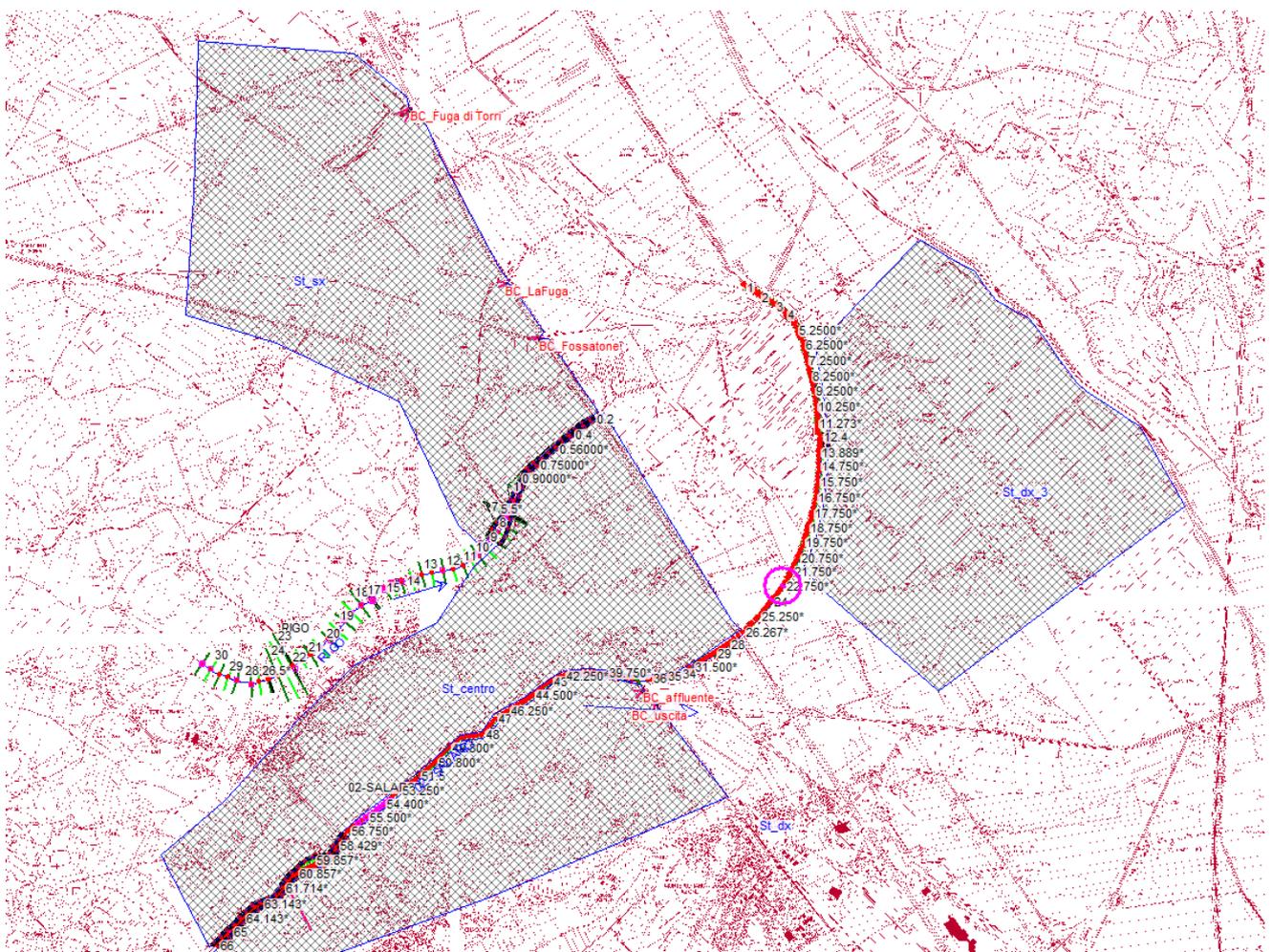


Fig. 6.7- Modello "Salarco e Rigo"

COMMITTENTE: Amministrazione Comunale di Montepulciano (SI)	Rev.	Data	Pagina
OGGETTO: Relazione idrologico-idraulica a supporto del Piano Operativo del Comune di Montepulciano (SI)	1	Gennaio 2018	53 di 62
	R:\MONTEPULCIANO\STUDIO_IDRAULICO_2016\04_DOC		
RELAZIONE IDROLOGICO-IDRAULICA	Relazione idrologico-idraulica.doc		

Il modello comprende due elementi *river*: il Salarco e il Rigo modellati per una lunghezza di circa 6.5 e 3.1 rispettivamente.

Le scabrezze nei corsi d'acqua sono state assunte pari a $n = 0.033 \text{ s m}^{-1/3}$ sia per gli alvei principali che per le aree golenali e arginali. Le condizioni al contorno inserite sono gli idrogrammi di piena per tempi di ritorno 30 e 200 anni ottenuti dalle modellazioni idrologiche in corrispondenza della sezione di monte e la *normal depth* per le sezioni di valle dei modelli..

COMMITTENTE: Amministrazione Comunale di Montepulciano (SI)	Rev.	Data	Pagina
OGGETTO: Relazione idrologico-idraulica a supporto del Piano Operativo del Comune di Montepulciano (SI)	1	Gennaio 2018	54 di 62
	R:\MONTEPULCIANO\STUDIO_IDRAULICO_2016\04_DOC		
RELAZIONE IDROLOGICO-IDRAULICA	Relazione idrologico-idraulica.doc		

7 CONSIDERAZIONI IDRAULICHE SUGLI INTERVENTI DI PROGETTO

7.1 Intervento ST_PA_05 nr. 2.07 "Redimi"

L'intervento ST_PA_05 nr.2.07 si trova nell'area di Montepulciano Stazione in sinistra idraulica del Fosso Rovisci e in destra idraulica della Doccia di Mottola.

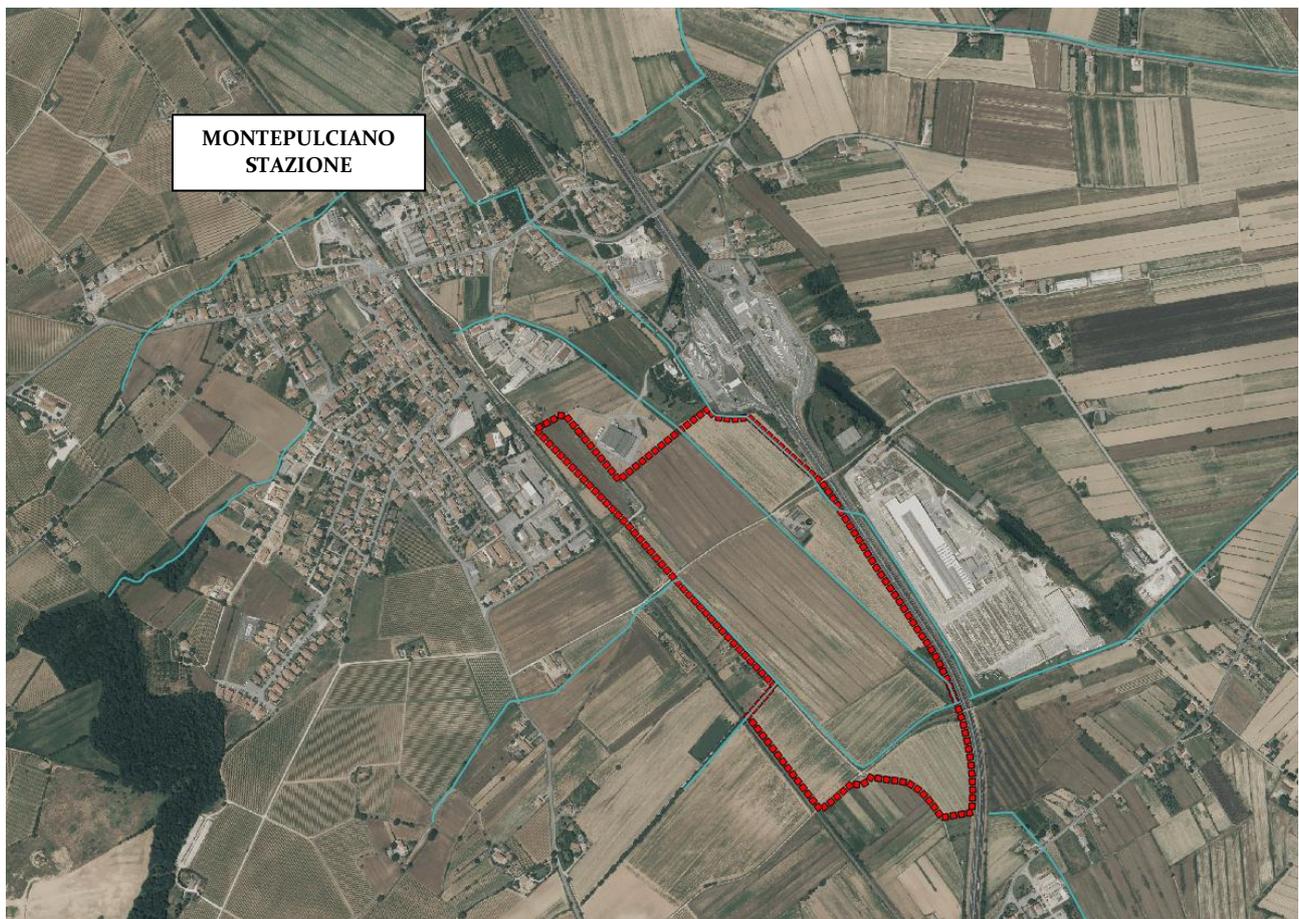


Fig. 7.1- Individuazione area d'intervento ST_PA_05 "Redimi" nell'area di Montepulciano Stazione

L'area oggetto d'intervento è interessata dalla presenza di porzioni di territorio interessate da fenomeni di esondazione per tempi di ritorno $T_r=200$ anni, caratterizzati da bassi battenti idraulici per le quali ne conseguirebbe l'attribuzione ad una classe di pericolosità idraulica I₃; al fine di superare le condizioni di rischio associato e consentire l'attribuire dell'intervento alla classe di fattibilità FI₃ si prevede di realizzare, nelle porzioni perimetrali all'area destinate a verde, delle aree di espansione dei corsi d'acqua (A₁ A₂ A₃ A₄) con l'obiettivo di contenere il rischio idraulico (Figura 7.2).

COMMITTENTE: Amministrazione Comunale di Montepulciano (SI)	Rev.	Data	Pagina
OGGETTO: Relazione idrologico-idraulica a supporto del Piano Operativo del Comune di Montepulciano (SI)	1	Gennaio 2018	55 di 62
	R:\MONTEPULCIANO\STUDIO_IDRAULICO_2016\04_DOC		
RELAZIONE IDROLOGICO-IDRAULICA	Relazione idrologico-idraulica.doc		

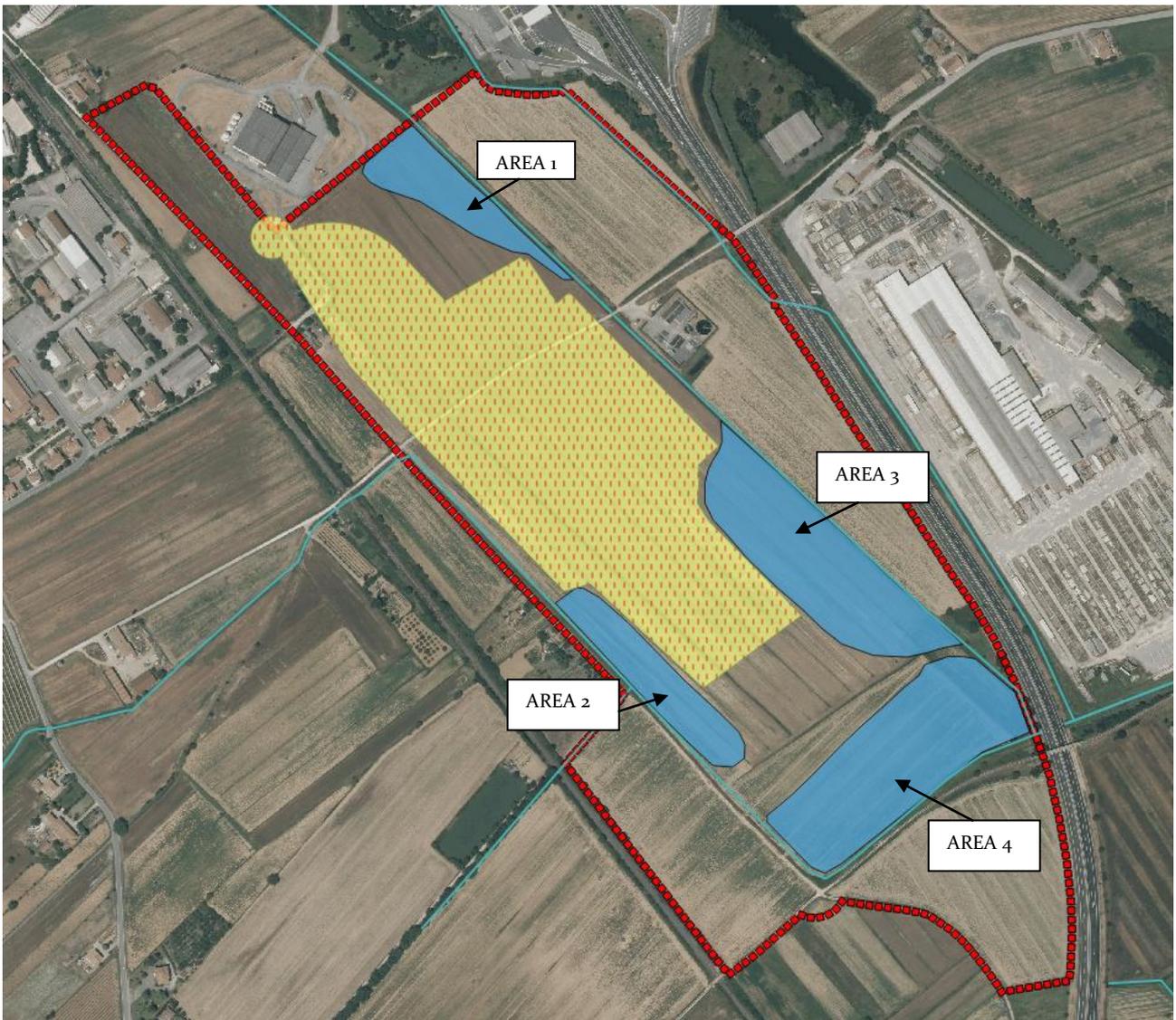


Fig. 7.2- messa in sicurezza dell'area del Redimi: in rosso il limite dell'intervento, in giallo la previsione edificatoria e in blu sono evidenziate le posizioni delle aree di espansione dei corsi d'acqua (A1 A2 A3 A4)

L'individuazione delle volumetrie d'invaso è definita nello studio idraulico con l'inserimento di lateral structure nella modellazione in moto vario effettuata con il software HEC-RAS 5.0.3.

Quella delle superfici interessate è invece indicativa in quanto potrà essere precisata nel dettaglio in fase di predisposizione dello strumento urbanistico attuativo.

In seguito alle risultanze della modellazione idraulica, la capacità volumetrica minima di ogni singola area dovrà essere pari a:

COMMITTENTE: Amministrazione Comunale di Montepulciano (SI)	Rev.	Data	Pagina
OGGETTO: Relazione idrologico-idraulica a supporto del Piano Operativo del Comune di Montepulciano (SI)	1	Gennaio 2018	56 di 62
	R:\MONTEPULCIANO\STUDIO_IDRAULICO_2016\04_DOC		
RELAZIONE IDROLOGICO-IDRAULICA	Relazione idrologico-idraulica.doc		

- Area 1 volume pari a 5900 mc, in modo da contenere i volumi in uscita in destra idrografica della Doccia di Mottola in corrispondenza del sottoattraversamento posto lungo Via Rovisci.
- Area 2 che dovrà avere capacità di 7750 mc a contenimento delle uscite in sinistra idraulica del Fosso Rovisci in prossimità della confluenza col suo affluente.
- Area 3 che dovrà possedere una capacità minima di 19000 mc, in modo da contenere in destra idraulica della Doccia di Mottola i volumi in uscita.
- Area 4 che sarà realizzata a guardia delle esondazioni in destra della Doccia di Mottola in prossimità della confluenza col f. Rovisci oltre che dei volumi in uscita in sinistra del fosso Rovisci stesso per un volume complessivo di almeno 22.000 mc.

Le depressioni dovranno interessare le seguenti aree:

AREA 1 = 9700 mq

AREA 2 = 10900 mq

AREA 3 = 26000 mq

AREA 4 = 29000 mq

Rispetto alla possibilità che tali bacini possano contenere le volumetrie definite, in relazione alla possibile interferenza degli scavi con la falda, tutte le depressioni non dovranno avere profondità superiore ad 1.5 mt dal piano campagna.

7.2 Intervento ST_PA_06 nr. 1.07

L'intervento ST_PA_06 nr. 1.07 è ubicato nell'area di Montepulciano Stazione in destra idraulica del Doccia di Mottola e presenta, anche per questa zona, fenomeni di esondazione per tempi di ritorno $T_r=200$ anni.

Analogamente all'intervento precedente l'individuazione delle volumetrie d'invaso è definita nello studio idraulico con l'inserimento di lateral structure nella modellazione in moto vario effettuata con il software HEC-RAS 5.0.3.

Quella delle superfici interessate è invece indicativa in quanto potrà essere precisata nel dettaglio in fase di predisposizione dello strumento urbanistico attuativo.

L'area interessata dall'intervento ST_PA_06 dovrà pertanto prevedere, nella sua porzione perimetrale, un'area destinata a compenso dei volumi in uscita dal Doccia di Mottola.

COMMITTENTE: Amministrazione Comunale di Montepulciano (SI)	Rev.	Data	Pagina
OGGETTO: Relazione idrologico-idraulica a supporto del Piano Operativo del Comune di Montepulciano (SI)	1	Gennaio 2018	57 di 62
	R:\MONTEPULCIANO\STUDIO_IDRAULICO_2016\04_DOC		
RELAZIONE IDROLOGICO-IDRAULICA	Relazione idrologico-idraulica.doc		



Fig. 7.3- Individuazione area d'intervento ST_PA_o6 nell'area di Montepulciano Stazione



Fig. 7.4- Progetto preliminare di messa in sicurezza dell'area dell'intervento: in rosso il limite e in blu l'area di espansione idraulica per la messa in sicurezza

COMMITTENTE: Amministrazione Comunale di Montepulciano (SI)	Rev.	Data	Pagina
OGGETTO: Relazione idrologico-idraulica a supporto del Piano Operativo del Comune di Montepulciano (SI)	1	Gennaio 2018	58 di 62
	R:\MONTEPULCIANO\STUDIO_IDRAULICO_2016\04_DOC		
RELAZIONE IDROLOGICO-IDRAULICA	Relazione idrologico-idraulica.doc		

Dimensionalmente, al fine di contenere i volumi in esondazione, questa dovrà avere capacità volumetrica di 3800 mc. Si prevede pertanto l'inserimento di un'area di espansione in destra idraulica alla Doccia di Mottola di area 4900 mq per una profondità di 1,5 mt dall'attuale piano campagna.

7.3 Intervento Viabilità di Progetto nr. 5.06

L'intervento nr. 5.06 fa riferimento ad una Viabilità di Progetto ed è ubicata nell'area di Montepulciano Stazione in destra idraulica della Doccia di Gracciano e in sinistra del Doccia di Mottola (Figura 7.5), .



Fig. 7.5- Individuazione area d'intervento Viabilità di Progetto 5.06 entro il perimetro urbano di Montepulciano Stazione

COMMITTENTE: Amministrazione Comunale di Montepulciano (SI)	Rev.	Data	Pagina
OGGETTO: Relazione idrologico-idraulica a supporto del Piano Operativo del Comune di Montepulciano (SI)	1	Gennaio 2018	59 di 62
	R:\MONTEPULCIANO\STUDIO_IDRAULICO_2016\04_DOC		
RELAZIONE IDROLOGICO-IDRAULICA	Relazione idrologico-idraulica.doc		

L'area interessata dall'intervento prevede la realizzazione di una rotatoria. Al fine di limitare la pericolosità idraulica derivante fenomeni di esondazione per tempi di ritorno $Tr=200$ anni, la realizzazione dell'intervento è subordinata alla realizzazione di un'area di compenso al centro della rotatoria stessa di area minima 114 mq, così da contenere per 1.5 m di profondità un volume da compensare di 170 mc. Inoltre, al fine di garantire l'efficacia dell'intervento, tale area di compenso dovrà essere messa in connessione idraulica con l'esterno tramite tubazioni collegate direttamente con i fossetti ai lati della strada.

Il tirante massimo calcolato nell'area è di 257.58 m slm, pertanto il piano carrabile deve essere posizionato a 257.70 m slm, assunto un franco di sicurezza di 0.12 m, pari a circa la metà del battente idraulico medio presente nell'area.



Fig. 7.6- Progetto preliminare di messa in sicurezza dell'area dell'intervento: in rosso il limite e in blu l'area di espansione idraulica per la messa in sicurezza

COMMITTENTE: Amministrazione Comunale di Montepulciano (SI)	Rev.	Data	Pagina
OGGETTO: Relazione idrologico-idraulica a supporto del Piano Operativo del Comune di Montepulciano (SI)	1	Gennaio 2018	60 di 62
	R:\MONTEPULCIANO\STUDIO_IDRAULICO_2016\04_DOC		
RELAZIONE IDROLOGICO-IDRAULICA	Relazione idrologico-idraulica.doc		

8 PERIMETRAZIONE DELLA PERICOLOSITÀ DA ALLUVIONE

Le perimetrazioni delle classi di pericolosità I.4 e I.3 sono state eseguite sulla base dei risultati delle modellazioni idrologiche e idrauliche per le durate critiche individuate, riportando le perimetrazioni delle aree allagate per i tempi di ritorno 30 e 200 anni sulla Cartografia Tecnica Regionale in scala 1:10.000 per le aree oggetto dello studio idraulico.

La proposta di perimetrazione della classe I.2 è stata eseguita a partire dallo strato informativo messo a disposizione dall'Autorità di Bacino del Fiume Arno sulle aree inondabili da eventi con tempo di ritorno superiore a 200 anni, su cui sono state apportate modifiche ed integrazioni ove necessario, su criteri morfologico e sulla base dello strato indicato come pianura alluvionale del CARG in scala 1:10.000 della Regione Toscana.

Dato l'utilizzo, degli studi fin qui citati, per l'osservazione al progetto di Piano Gestione del Rischio Alluvioni (PGRA) per il bacino del Fiume Arno con proposta di integrazione del quadro conoscitivo e modifica alla cartografia di piano per il territorio comunale di Montepulciano, le pericolosità idrauliche proposte secondo le indicazioni del D.P.G.R. 25 ottobre 2011, n. 53/R risultano conformi alle classi di pericolosità da alluvione, così come indicate nella Disciplina di Piano del PGRA (art. 6 CAPO I), secondo la seguente corrispondenza:

- Pericolosità da alluvione elevata (P₃) conforme a Pericolosità idraulica molto elevata (I.4);
- Pericolosità da alluvione media (P₂) conforme a Pericolosità idraulica elevata (I.3);
- Pericolosità da alluvione bassa (P₁) conforme a Pericolosità idraulica media (I.2).

COMMITTENTE: Amministrazione Comunale di Montepulciano (SI)	Rev.	Data	Pagina
OGGETTO: Relazione idrologico-idraulica a supporto del Piano Operativo del Comune di Montepulciano (SI)	1	Gennaio 2018	61 di 62
	R:\MONTEPULCIANO\STUDIO_IDRAULICO_2016\04_DOC		
RELAZIONE IDROLOGICO-IDRAULICA	Relazione idrologico-idraulica.doc		

9 CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE

La definizione delle aree allagabili deriva da valutazioni ed elaborazioni sviluppate tramite modelli informatici basati su dati, conoscenze e parametri vigenti allo stato attuale.

Qualsiasi modifica di tali condizioni, su cui sono state elaborate le valutazioni di carattere idrologico idraulico, pregiudicano la validità di quanto esposto e potrebbero rendere necessaria una rivalutazione del quadro conoscitivo.

Occorre osservare che i risultati del presente studio sono vincolati al mantenimento delle attuali condizioni e assetti del reticolo idrografico; eventuali future modifiche di tali assetti impongono la necessità di una revisione dei presenti risultati.

Inoltre si ritiene doveroso osservare che tali risultati dovranno essere aggiornati anche in conseguenza di una possibile futura espansione edilizia, dell'eventuale approvazione di varianti al regolamento urbanistico, delle variazioni significative dell'assetto dell'uso del suolo o delle reti idrauliche naturali e artificiali interferenti con le aree investigate.

Arezzo, Gennaio 2018

I professionisti incaricati

Geol. Fabio Poggi

Geol. Massimiliano Rossi

Ing. Davide Giovannuzzi

Ing. Gregorio Bartolucci

Ing. Mirko Frasconi

COMMITTENTE: Amministrazione Comunale di Montepulciano (SI)	Rev.	Data	Pagina
OGGETTO: Relazione idrologico-idraulica a supporto del Piano Operativo del Comune di Montepulciano (SI)	1	Gennaio 2018	62 di 62
	R:\MONTEPULCIANO\STUDIO_IDRAULICO_2016\04_DOC		
RELAZIONE IDROLOGICO-IDRAULICA	Relazione idrologico-idraulica.doc		