

PIANO STRUTTURALE INTERCOMUNALE

COMUNE DI CAPOLONA

SINDACO E ASSESSORE ALL'URBANISTICA

Mario Francesconi

COMUNE DI SUBBIANO

SINDACO

Ilaria Mattesini

ASSESSORE ALL'URBANISTICA

Marcello Ralli

RESPONSABILE UNICO DEL PROCEDIMENTO

Alessandra Sara Blanco

AUTORITA' COMPETENTE VAS

Cristina Frosini

GARANTE DELL'INFORMAZIONE E DELLA PARTECIPAZIONE

Angelo Capalbo (dal 10/03/2020 al 31/12/2020)

Simone Franci (dal 31/12/2020)

PROFESSIONALITA' ESTERNE

ASPETTI URBANISTICI

Michela Chiti (progettista coordinatore)

Sara Piancastelli (fino al 03/01/2022)

Lorenzo Bartali

ASPETTI AGRO-FORESTALI

Ilaria Scatarzi

ASPETTI GEOLOGICI E SISMICI

Geotecno - Consulenza e Servizi geologici

Luciano Lazzeri

Nicolò Sbolci

ASPETTI IDROLOGICI-IDRAULICI

Sorgente Ingegneria Studio Tecnico Associato

Leonardo Marini

Luca Rosadini

ASPETTI ARCHEOLOGICI

Francesco Trenti

ASPETTI DELLA VALUTAZIONE

Michela Chiti

Ilaria Scatarzi

Lorenzo Bartali

Emanuele Montini (dal 03/01/2022)

Sara Piancastelli (fino al 03/01/2022)



Adozione

Approvazione

SOMMARIO

PREMESSA	5
1. RIFERIMENTI NORMATIVI	8
2. INQUADRAMENTO	9
2.1. Reticolo idrografico.....	9
2.2. Quadro conoscitivo e definizioni.....	10
2.2.1. Studi esistenti.....	10
2.2.2. Capolona	10
2.2.3. Subbiano	13
2.2.3.1. Dati cartografici e territoriali	14
2.2.3.2. Rilievi topografici.....	14
2.2.3.3. Dati di Bacino Distrettuale dell'appennino Settentrionale	14
2.2.3.4. Elenco dei corsi d'acqua oggetto di modellazione idrologico-idraulica.....	15
2.2.4. Definizioni	16
3. METODOLOGIA DI INDAGINE	17
4. ANALISI IDROLOGICA	18
4.1. Introduzione	18
4.2. Calcolo LSPP	18
4.2.1. Bacini idrografici modello idraulico principale	19
4.3. Parametri del Modello idrologico	22
4.4. Analisi idrologica	24
5. ANALISI IDRAULICA	27
5.1. Caratteristiche del modello	27
5.2. Caratteristiche geometriche dei modelli	30
5.3. Parametri dei modelli idraulici	31
5.4. Condizioni al contorno.....	31
5.4.1. Condizioni al contorno di valle	31
5.5. Modelli idraulici	34
5.5.1. Sistema 1-Subbiano Nord	34
5.5.1.1. A-La Crocina	34
5.5.1.2. B-Brelle.....	35
5.5.1.3. C-Talla	37
5.5.2. Sistema 2-Subbiano centro abitato	39
5.5.2.1. D+E-La Marga-Le Vaglie.....	39
5.5.2.2. F-La Lastra	43
5.5.3. Sistema 3-Loc. Ponte Caliano	46

5.5.3.1.	G-Bagno	46
5.5.3.2.	H-La Vigna	47
5.5.3.3.	I-Fossatello	51
5.5.4.	Sistema 4-Castelnuovo	53
5.5.4.1.	L+M-Castello+Mercato	53
5.5.4.1.1.	Fosso Castello	53
5.5.4.1.2.	Fosso Mercato o di Liena	55
5.5.5.	Sistema 5-La Chiassa.....	63
5.5.5.1.	N-Montegiovi	65
5.5.5.2.	O-Cà di Buffa	67
5.5.5.3.	P-Compassone	68
5.5.5.4.	Q-Aff.Chiassa (AV14296)	70
5.5.5.5.	R-S.Margherita.....	71
5.5.5.6.	S-Chiassa	73
6.	RISULTATI DELLE SIMULAZIONI IDRAULICHE	77
6.1.	ANALISI DEI RISULTATI	77
6.1.1.	SISTEMA IDRAULICO 1 - SUBBIANO NORD	77
6.1.2.	SISTEMA IDRAULICO 2 - SUBBIANO CENTRO ABITATO.....	78
6.1.3.	SISTEMA IDRAULICO 3 – LOC.PONTE CALIANO	80
6.1.4.	SISTEMA IDRAULICO 4 – CASTELNUOVO	81
6.1.5.	SISTEMA IDRAULICO 5 – LA CHIASSA.....	82
6.2.	DESCRIZIONE DEGLI ELABORATI REDATTI	84
ALLEGATI	86
	ALLEGATO 01 – Bacini idrografici	86
	ALLEGATO 02 – Calcolo Ia	86
	ALLEGATO 03 – Calcolo Ks.....	86
	ALLEGATO 04 – nota dell’Area Pianificazione e Tutela dal Rischio Alluvioni dell’Autorità di Bacino, prot. 9149 del 03/12/2020	86

INDICE DELLE FIGURE

Figura 1. Estratto Reticolo idrografico L.R. n.79/2012 – DCRT 81/2021.	9
Figura 2. Estratto pag.12 – IDR.R.01 – Relazione Idrologia e idraulica – PO 2019 – Ing. Leonardo Duranti.	12
Figura 3. Individuazione dei bacini idrografici analizzati suddivisi per “Sistemi idraulici”.	20
Figura 4. Altimetria bacini idrografici.	21
Figura 5. Schema planimetrico del modello idraulico: “A-La Crocina” su LIDAR.	34
Figura 6. Schema planimetrico del modello idraulico: “B-Brelle” su foto aerea.	35
Figura 7. Schema planimetrico del modello idraulico: “C-Talla” su LIDAR.	37
Figura 8. Schema planimetrico del modello idraulico: “D+E-La Marga-Le Vaglie” su foto aerea.	40
Figura 9. Schema planimetrico del modello idraulico “F-La Lastra” su foto aerea.	43
Figura 10. Particolare dello schema planimetrico del modello idraulico “F-La Lastra”.	44
Figura 11. Schema planimetrico del modello idraulico “G-Bagno” su foto aerea.	46
Figura 12. Schema planimetrico del modello idraulico “H-La Vigna” su foto aerea.	48
Figura 13. Schema planimetrico del modello idraulico “ H-La Vigna” su LIDAR.	48
Figura 14. Schema planimetrico del modello idraulico “I-Fossatello” su foto aerea.	51
Figura 15. Schema planimetrico del modello idraulico “ L+M-Castello+Mercato” su LIDAR.	60
Figura 16. Schema planimetrico del modello idraulico “L-Castello” su foto aerea.	61
Figura 17. Schema planimetrico del modello idraulico “M-Mercato” su foto aerea.	61
Figura 18. Modello idraulico “ L+M-Castello+Mercato” su foto aerea - particolare sistema di drenaggio.	62
Figura 19. Schema planimetrico del modello idraulico “ N-Montegiovi” su foto aerea.	65
Figura 20. Schema planimetrico del modello idraulico “ O-Cà di Buffa” su foto aerea.	67
Figura 21. Schema planimetrico del modello idraulico “ P-Compassone” su foto aerea.	68
Figura 22. Schema planimetrico del modello idraulico “ Q-Aff. Chiassa” su foto aerea.	70
Figura 23. Schema planimetrico del modello idraulico “ R-S. Margherita” su foto aerea.	71
Figura 24. Ricostruzione DTM base per modello idraulico “ S-Chiassa” su DTM.	73
Figura 25. Schema planimetrico del modello idraulico “ S-Chiassa” foto aerea.	74

INDICE DELLE TABELLE

Tabella 1. Elenco degli elaborati allegati allo studio idrologico-idraulico di supporto al PS.	7
Tabella 2. Elenco dei corsi d'acqua oggetto di modellazione idrologico-idraulica - Capolona.	11
Tabella 3. Elenco dei corsi d'acqua oggetto di approfondimenti idrologico-idraulici e relativo strumento urbanistico che li ha interessati – Archivio comunale Subbiano.	13
Tabella 4. Elenco dei corsi d'acqua oggetto di modellazione idrologico-idraulica - Subbiano.	15
Tabella 5. Individuazione dei Sistemi idraulici e dei corsi d'acqua analizzati.	19
Tabella 6. Parametri morfologici e idrologici utilizzati nella modellazione idrologica.	23
Tabella 7. Portate al colmo per diverse durate di pioggia e tempo di ritorno – Sistema idraulico 1.	24
Tabella 8. Portate al colmo per diverse durate di pioggia e tempo di ritorno – Sistema idraulico 2.	24
Tabella 9. Portate al colmo per diverse durate di pioggia e tempo di ritorno – Sistema idraulico 3.	25
Tabella 10. Portate al colmo per diverse durate di pioggia e tempo di ritorno – Sistema idraulico 4.	25
Tabella 11. Portate al colmo per diverse durate di pioggia e tempo di ritorno – Sistema idraulico 5.	26
Tabella 12. Lateral weir coefficients (table 3.1 Hec-Ras user manual).	30
Tabella 13. Tabella riepilogativa delle modellazioni idrauliche effettuate – tipologia di modellazione e condizioni al contorno di valle.	33
Tabella 14. Suddivisione delle immissioni per i bacini M2 e M5.	56

PREMESSA

Questa relazione è redatta, in conformità alle disposizioni contenute nel DPGR N°5/R del 30/01/2020 – *“Regolamento di attuazione dell’articolo 104 della legge regionale 10 novembre 2014, n. 65 - Norme per il governo del territorio, contenente disposizioni in materia di indagini geologiche, idrauliche e sismiche”* e in conformità alla LR.41/2018 – *“Disposizioni in materia di rischio di alluvioni e di tutela dei corsi d’acqua in attuazione del decreto legislativo 23 febbraio 2010, n. 49 (Attuazione della direttiva 2007/60/CE relativa alla valutazione e alla gestione dei rischi di alluvioni). Modifiche alla l.r. 80/2015 e alla l.r. 65/2014”*, a supporto del Piano Strutturale Intercomunale di Capolona e Subbiano (AR).

In particolare verrà effettuata un’analisi idrologico-idraulica estesa ai corsi d’acqua significativi all’interno dei due territori comunali, che permetterà di definire le aree a pericolosità di alluvione e a magnitudo idraulica, così come indicate nel regolamento regionale 5/R e dalla LR 41/2018.

Lo studio idrologico-idraulico si articola nelle seguenti fasi:

- Fase 1 – definizione del quadro conoscitivo:
 - ✓ Acquisizione ed esame di studi idrologico-idraulici esistenti e dei dati disponibili sul reticolo idrografico in esame;
- Fase 2 – analisi idrologica:
 - ✓ Per il sistema idrografico in esame, costituito dagli affluenti del fiume Arno, sono valutate portate e gli idrogrammi di piena relativi a tempi di ritorno di 30 e 200 anni;
- Fase 3 – analisi idraulica:
 - ✓ sono implementati i modelli idraulici del reticolo secondario (costituito dagli affluenti del fiume Arno) in regime di moto vario misto, monodimensionale in alveo e bidimensionale per le aree allagabili, e in moto permanente per alcuni corsi d’acqua minori, per la valutazione del deflusso delle piene di riferimento e la definizione delle aree allagabili. Per quanto riguarda il fiume Arno (reticolo principale) si fa riferimento a studi e modellazione idraulica condotti dal Genio Civile della Regione Toscana sui quali l’Autorità di Bacino Distrettuale dell’Appennino Settentrionale ha redatto l’aggiornamento del PGRA approvato con Decreto del Segretario Generale n. 042 del 25 luglio 2018;

- Fase 4 – valutazione delle aree allagabili e definizione delle mappe di pericolosità da alluvione:
- ✓ sulla base dei risultati della modellazione idraulica in dominio 2D (battenti e velocità) sono elaborate le mappe di pericolosità per alluvione, le mappe di magnitudo idraulica e le mappe richieste dalla normativa vigente (DPGR 5/R 30/01/2020 e LRT41/2018 e smi). La pericolosità idraulica definita dalla normativa vigente è la seguente:
 - Aree a pericolosità per alluvioni frequenti (P3), come definite dall'articolo 2, comma 1, lettera d) della l.r.41/2018, aree inondabili da eventi con tempo di ritorno minore/uguale a 30 anni;
 - Aree a pericolosità per alluvioni poco frequenti (P2), come definite dall'articolo 2, comma 1, lettera e) della l.r.41/2018, aree inondabili da eventi con tempo di ritorno maggiore di 30 anni e minore/uguale a 200 anni;
 - Aree a pericolosità da alluvioni rare o di estrema intensità (P1), come classificate negli atti di pianificazione di bacino in attuazione del d.lgs.49/2010, aree inondabili da eventi con tempo di ritorno superiore a 200 anni e comunque corrispondenti al fondovalle alluvionale.

Oltre alla presente relazione accompagnano lo studio i seguenti elaborati:

Elaborati tecnici		
N.	DESCRIZIONE	SCALA
REL.IDRO.1	Relazione Idrologico-Idraulica	---
ALL.IDRO.1	Allegato alla Relazione Idrologico-Idraulica – Risultati grafici e numerici della modellazione idraulica	---
Elaborati grafici		
N.	DESCRIZIONE	SCALA
STR.ID.01.a	Carta della Pericolosità da alluvioni	1:10.000
STR.ID.01.b	Carta della Pericolosità da alluvioni	1:10.000
STR.ID.01.c	Carta della Pericolosità da alluvioni	1:10.000
STR.ID.02.a	Carta della Magnitudo idraulica	1:10.000
STR.ID.02.b	Carta della Magnitudo idraulica	1:10.000
STR.ID.02.c	Carta della Magnitudo idraulica	1:10.000
STR.ID.02.d	Carta della Magnitudo idraulica - Subbiano Nord-Santa Mama - Calbenzano	1:2.000
STR.ID.02.e	Carta della Magnitudo Idraulica - Subbiano - Capolona - Centri Urbani	1:2.000
STR.ID.02.f	Carta della Magnitudo Idraulica - Castelnuovo - Fosso Catriolo - San Martino Sopr'Arno	1:2.000
STR.ID.02.g	Carta della Magnitudo Idraulica - Compassone - Chiavaretto	1:2.000
STR.ID.02.h	Carta della Magnitudo Idraulica - Castelluccio	1:2.000
STR.ID.03.a	Carta dei battenti	1:10.000
STR.ID.03.b	Carta dei battenti	1:10.000
STR.ID.03.c	Carta dei battenti	1:10.000

STR.ID.03.d	Carta dei battenti idraulica - Subbiano Nord-Santa Mama - Calbenzano	1:2.000
STR.ID.03.e	Carta dei battenti - Subbiano - Capolona - Centri Urbani	1:2.000
STR.ID.03.f	Carta dei battenti - Castelnuovo - Fosso Catriolo - San Martino Sopr'Arno	1:2.000
STR.ID.03.g	Carta dei battenti - Compassone - Chiavaretto	1:2.000
STR.ID.03.h	Carta dei battenti - Castelluccio	1:2.000
STR.ID.04.a	Carta delle velocità	1:10.000
STR.ID.04.b	Carta delle velocità	1:10.000
STR.ID.04.c	Carta delle velocità	1:10.000
STR.ID.04.d	Carta delle velocità - Subbiano Nord-Santa Mama - Calbenzano	1:2.000
STR.ID.04.e	Carta delle velocità - Subbiano - Capolona - Centri Urbani	1:2.000
STR.ID.04.f	Carta delle velocità - Subbiano - Capolona - Centri Urbani	1:2.000
STR.ID.04.g	Carta delle velocità - Compassone - Chiavaretto	1:2.000
STR.ID.04.h	Carta delle velocità - Castelluccio	1:2.000
STR.ID.05.a	Carta delle aree presidiate da sistemi arginali, comprensiva delle aree di fondovalle fluviale	1:10.000
STR.ID.05.b	Carta delle aree presidiate da sistemi arginali, comprensiva delle aree di fondovalle fluviale	1:10.000
STR.ID.05.c	Carta delle aree presidiate da sistemi arginali, comprensiva delle aree di fondovalle fluviale	1:10.000
QC ID 01 a	Modello Idraulico - Sistema Subbiano Nord - Sistema Subbiano Centro Abitato - Sistema Loc. Ponte Caliano	1:2.000
QC ID 01 b	Modello Idraulico - Sistema Castelnuovo	1:2.000
QC ID 01 c	Modello Idraulico - Sistema La Chiassa	1:2.000
Elaborati digitali		
DESCRIZIONE	NOME FILE	
Pericolosità da Alluvioni	Pericolosità da Alluvione Sub-Cap-Arno.shp	
Battenti	Battenti Sub-Cap-Arno.tif	
Velocità	Velocità Sub-Cap-Arno.tif	
Magnitudo idraulica	Magnitudo Sub-Cap-Arno.tif	
Aree presidiate da sistemi arginali, comprensiva delle aree di fondovalle fluviale	Aree fondovalle+sist_arg_Sub+Cap.shp	
	Area studio Sub-Cap-Arno.shp	
Modello idraulico	Sezioni trasversali_Subbiano.shp	
	Strutture del modello.shp	
	Zone di studio_Subbiano.shp	
	ID-Immissioni.shp	

Tabella 1. Elenco degli elaborati allegati allo studio idrologico-idraulico di supporto al PSI.

1. RIFERIMENTI NORMATIVI

Il quadro normativo di riferimento vigente è il seguente:

- R.D. 25 luglio 1904 n.523 "Testo unico delle disposizioni di legge intorno alle opere idrauliche delle diverse categorie";
- R. D. 8 maggio 1904 n. 368 "Regolamento sulle bonificazioni delle paludi e dei terreni paludosi";
- DPCM n. 226 del 5/11/99 "Approvazione del Piano stralcio relativo alla riduzione del rischio idraulico del bacino del fiume Arno";
- D.L. 180/89 e successive modifiche;
- DPGR N°5/R del 30/01/2020 (Regolamento di attuazione dell'articolo 104 della legge regionale 10 novembre 2014, n. 65 (Norme per il governo del territorio) contenente disposizioni in materia di indagini geologiche, idrauliche e sismiche);
- Legge Regionale 10 novembre 2014, n. 65 - Norme per il governo del territorio (art.104).
- Decreto Legislativo 23 febbraio 2010, n. 49: "Attuazione della direttiva 2007/60/CE relativa alla valutazione e alla gestione dei rischi di alluvioni".
- Piano di Indirizzo Territoriale con valenza di Piano Paesaggistico della Toscana approvato dal Consiglio regionale il 27 marzo 2015 con delibera n. 37.
- L.R. n.79 del 27/12/2012: "Nuova disciplina in materia di consorzi di bonifica" approvato dalla Delib. C.R.T. n. 57 del 11/06/2013, aggiornato con DCRT n.1358/2017 e D.G.R.T. 103/2022.
- L.R. n.41 del 24/07/2018: "Disposizioni in materia di rischio di alluvioni e di tutela dei corsi d'acqua in attuazione del decreto legislativo 23 febbraio 2010, n. 49 (Attuazione della direttiva 2007/60/CE relativa alla valutazione e alla gestione dei rischi di alluvioni). Modifiche alla l.r. 80/2015 e alla l.r. 65/2014."

2. INQUADRAMENTO

2.1. RETICOLO IDROGRAFICO

Si riporta un estratto del reticolo idrografico di cui all'art. 22, comma 2, lettera e), della L.R. n.79 del 27/12/2012 approvato dalla Delib. C.R.T. n. 57 del 11/06/2013 - Allegato A e contenuto nello shapefile - Allegato B, aggiornato con DCRT n.1357/2017 e D.G.R.T. 103/2022.

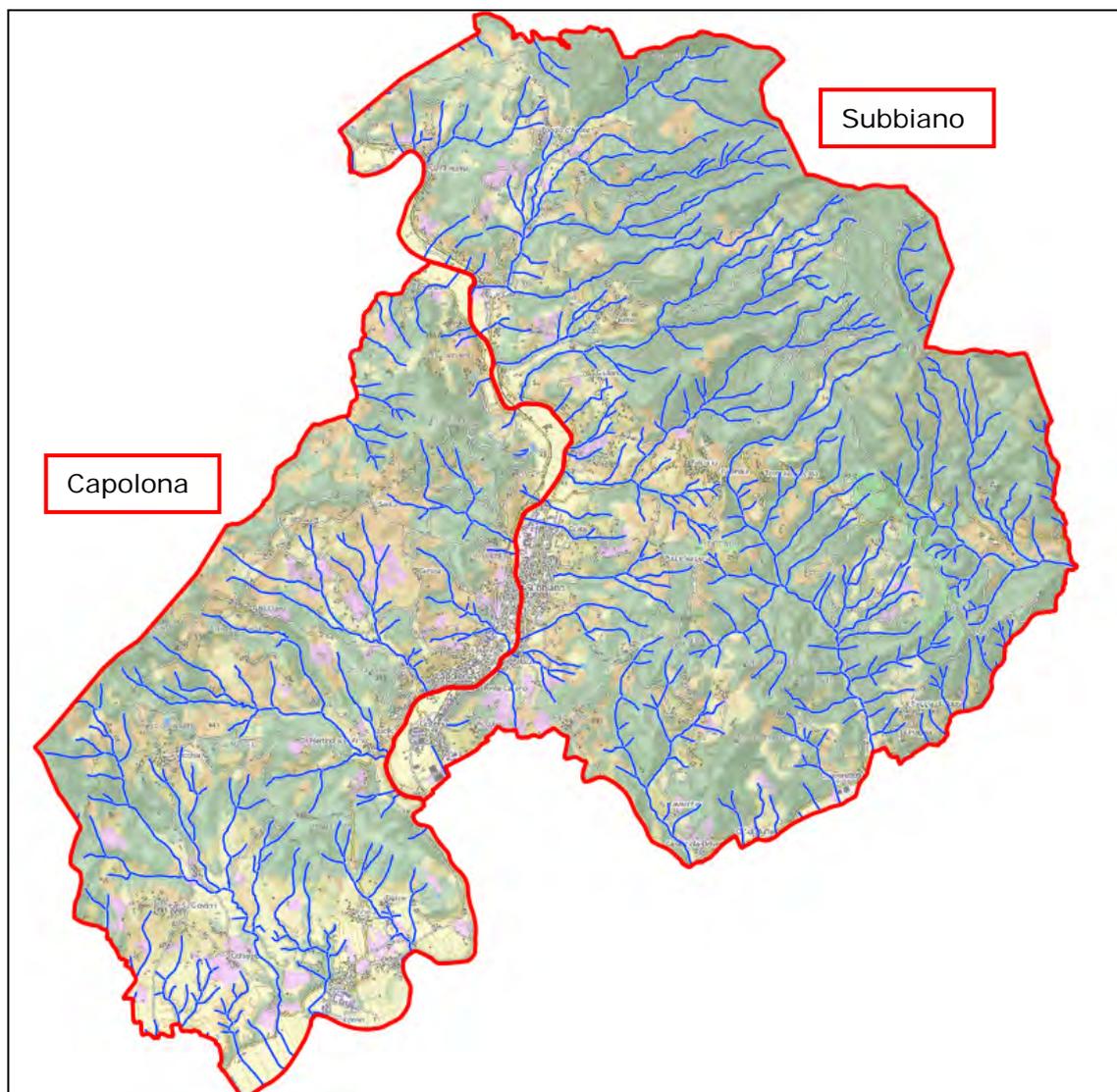


Figura 1. Estratto Reticolo idrografico L.R. n.79/2012 – DCRT 103/2022.

Dall'analisi del reticolo idrografico e della sua interferenza con il territorio urbanizzato e con infrastrutture di interesse strategico, sono stati identificati i corsi d'acqua significativi su cui estendere lo studio della pericolosità idraulica, sia con modellazione idrologico-idraulica che con indagini di tipo geomorfologico per la definizione degli ambiti territoriali di fondovalle posti in situazione morfologicamente sfavorevole, di norma a quota altimetriche inferiori a metri 2 sopra il piede esterno

dell'argine o, in mancanza, sopra il ciglio di sponda. Sono state inoltre, definite le aree presidiate da sistemi arginali per il contenimento delle alluvioni, come definite dall'art.2, comma 1, lett. s della l.r.41/2018.

2.2. QUADRO CONOSCITIVO E DEFINIZIONI

2.2.1. STUDI ESISTENTI

La fase preliminare di questo studio si è sviluppata tramite un'approfondita ricerca di archivio per entrambi i comuni, per esaminare la documentazione esistente relativa agli studi idrologico-idraulici che hanno interessato il territorio, nelle varie fasi di pianificazione, che si sono succedute. Il periodo è quello che va dal 2004, anno di redazione per entrambi i comuni del Piano Strutturale, fino al 2019, anno in cui è stato approvato per Capolona il Piano Operativo.

A questa analisi è seguita un'attività di sopralluoghi volti ad inquadrare l'assetto attuale del reticolo idrografico significativo che interessa i due territori comunali.

Questa analisi preliminare è stata necessaria per definire le attività necessarie per l'aggiornamento del quadro conoscitivo in tema di rischio di alluvione.

2.2.2. CAPOLONA

Il comune di Capolona con Deliberazione del Consiglio Comunale n. 37 del 30.07.2019 ha approvato il Piano Operativo comunale (PO2019). Il Piano è accompagnato da uno studio idrologico-idraulico redatto dall'ing. Leonardo Duranti, ai sensi delle Norme di Attuazione del Piano di Gestione del Rischio Alluvioni (PGRA) del fiume Arno e ai sensi del D.P.G.R. 53/R del 25 ottobre 2011. Lo studio è aggiornato alle LSPP del 2012 regionali e alla l.r. 41/2018.

Gli studi idraulici precedenti relativi al territorio comunale di Capolona sono:

1. Piano di Gestione del Rischio Alluvioni dell'Autorità di Bacino del fiume Arno;
2. Piano Regolatore Generale Comunale di Capolona – Piano Strutturale (Ing. Donatelli – anno 2004);
3. Variante n. 4 al Regolamento Urbanistico (Progeo Associati - Ing. Donatelli - anno 2010);
4. Studio idraulico del F. Arno nel tratto Casentino - Valdarno superiore (Autorità di Bacino del F.Arno - anno 2017).

I corsi d'acqua analizzati nel PO2019, riportati nella tabella seguente, sono quelli che interferiscono con il territorio urbanizzato e con infrastrutture di interesse

strategico, su cui quindi sono stati sviluppati i modelli idrologico-idraulici e redatte le mappe di pericolosità idraulica e dei tematismi richiesti dalla normativa in vigore.

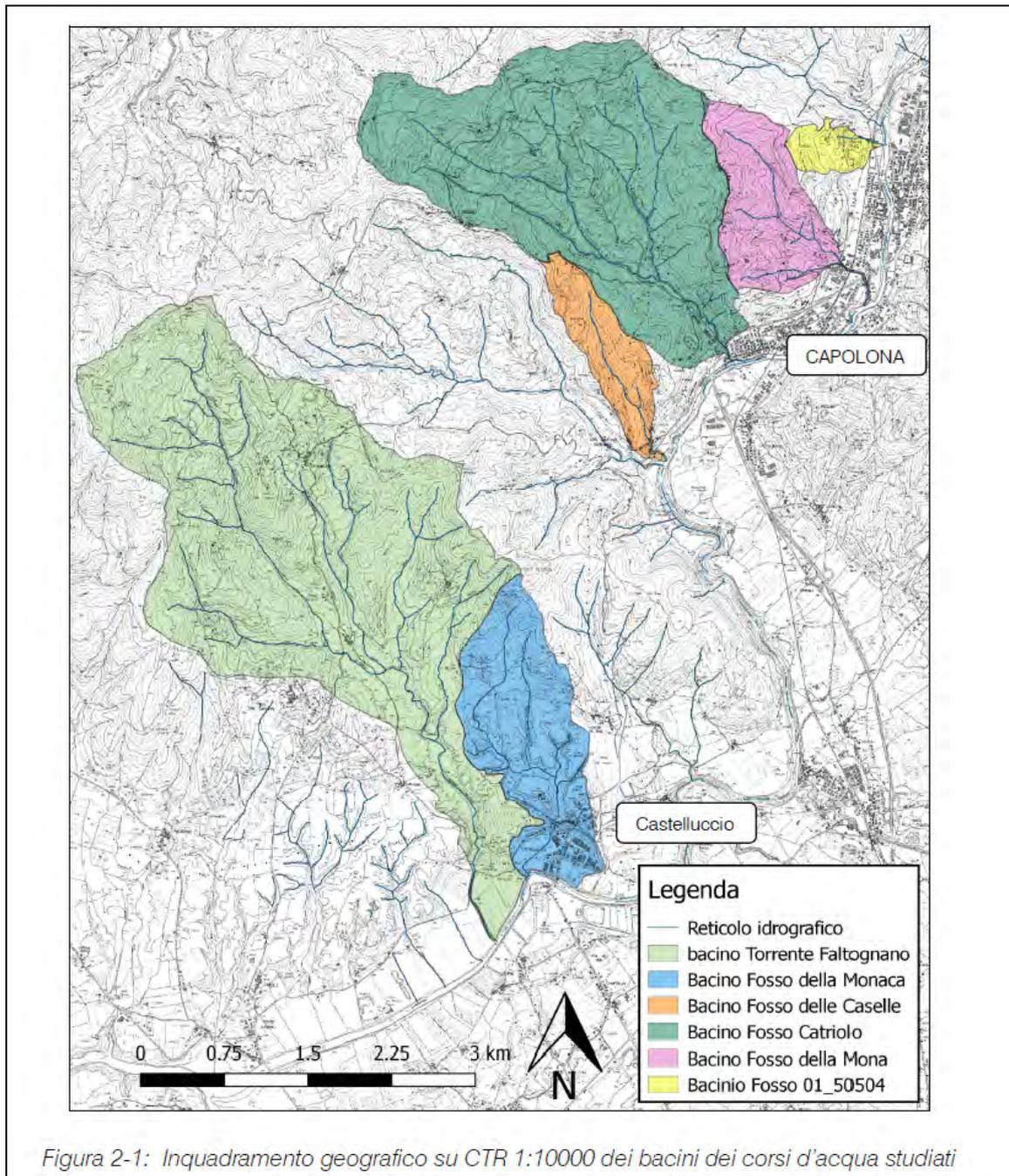
Tratti fluviali oggetto di studio	
Nome del corso d'acqua	ID del tratto
Fosso 01_50504	AV11482
Fosso della Mona	AV12395-AV12132
Fosso Catriolo	AV12740-AV12529
Fosso delle Caselle	AV13418
Fosso della Monaca	AV15903 - AV15735- AV15599
Torrente Faltognano	AV16324

Tabella 2. Elenco dei corsi d'acqua oggetto di modellazione idrologico-idraulica - Capolona.

In questa sede non si effettueranno aggiornamenti della modellazione idrologico-idraulica e delle mappe dei tematismi di carattere idraulico, riprendendo i risultati esistenti a supporto del PO2019 e rieditandoli a supporto del Piano Strutturale intercomunale di Capolona e Subbiano. Per i dettagli si rimanda quindi allo studio originale.

Si riporta di seguito un estratto cartografico con indicati i bacini dei tratti fluviali analizzati nel PO2019¹.

¹ IDR.R.01 – Relazione Idrologia e idraulica – PO 2019 – Ing. Leonardo Duranti.



2.2.3. SUBBIANO

Il primo studio idrologico-idraulico che ha interessato il territorio comunale è quello a supporto della Piano Strutturale, anno 2004. Si sono susseguiti poi vari studi di carattere idrologico-idraulico a supporto dei successivi strumenti di pianificazione territoriale e delle loro varianti, che hanno in parte aggiornato quelli originali e in parte analizzato nuove aree sottoposte a nuove previsioni.

Il comune di Subbiano con Deliberazione del Consiglio Comunale n.17 del 19.04.2014 ha approvato la Variante n.8 al Regolamento Urbanistico. Tale Variante è accompagnata da uno studio idrologico-idraulico ai sensi del D.P.G.R. 53/R del 25 Ottobre 2011, che aggiorna la mappe di pericolosità idraulica relativamente ai territori potenzialmente interessati dalle previsioni insediative e infrastrutturali previste nella Variante.

A seguito di un'approfondita ricerca di archivio, è stato possibile definire in dettaglio la successione degli studi che hanno interessato il territorio comunale, e riassumere nella tabella seguente l'elenco dei corsi d'acqua analizzati e lo strumento urbanistico che li ha interessati. La classificazione alfabetica dei corsi d'acqua è ripresa, per facilità di lettura e conformità agli strumenti esistenti, dallo studio idrologico-idraulico che accompagna la Variante 8 al RU e parte da monte verso valle.

Corso d'acqua	Strumenti Urbanistici [sigla-anno]					
	PS -2004	RU-2007	RU-VAR 3-2008	VAR PS-RU_2011	RU-VAR 8-2014	RU-VAR 15-2018
A - La Crocina						
B - Brelle	PS -2004			VAR PS-RU_2011	RU-VAR 8-2014	
C - Talla	PS -2004				RU-VAR 8-2014	
D - La Marga		RU-2007		VAR PS-RU_2011		
E - Le Vaglie				VAR PS-RU_2011	RU-VAR 8-2014	
F - La Lastra-Valbena	PS -2004					
G - Bagno	PS -2004			VAR PS-RU_2011		
H - La Vigna	PS -2004		RU-VAR 3-2008	VAR PS-RU_2011		
I - Fossatello	PS -2004		RU-VAR 3-2008			
L - Castello					RU-VAR 8-2014	
M - Mercato				VAR PS-RU_2011-	RU-VAR 8-2014	
N -Montegiovi		RU-2007		VAR PS-RU_2011		
O - Fossetto Cà di Buffa		RU-2007				
P - Compassone			RU-VAR 3-2008			
Q - Aff. Chiassa					RU-VAR 8-2014	
R - S.Margherita					RU-VAR 8-2014	
S - Chiassa	PS -2004			VAR PS-RU_2011		
AV 10038-loc. San Giuliano						RU-VAR 15-2018

Tabella 3. Elenco dei corsi d'acqua oggetto di approfondimenti idrologico-idraulici e relativo strumento urbanistico che li ha interessati – Archivio comunale Subbiano.

Dall'analisi della documentazione sopra descritta risulta evidente la necessità di aggiornamento del quadro conoscitivo in tema di rischio di alluvione per il territorio di Subbiano. Tale aggiornamento sarà sviluppato sia con riguardo alle nuove linee segnalatrici di possibilità pluviometrica della regione toscana che alla normativa vigente.

2.2.3.1. DATI CARTOGRAFICI E TERRITORIALI

Pel lo svolgimento di questo studio sono stati acquisiti i seguenti dati:

- Cartografia Tecnica Regionale in scala 1:10000 e 1:2000 in formato vettoriale;
- Dati LIDAR 1x1m elaborati nel 2008 dal Ministero dell'Ambiente, fonte dei dati Regione Toscana;
- Shapefiles del reticolo idrografico della Regione Toscana di cui alla L.R. n.79 del 27/12/2012 (Delibera di Consiglio 103/2022 Allegato A).

2.2.3.2. RILIEVI TOPOGRAFICI

Le sezioni fluviali utilizzate nei modelli idraulici sono ricavate tramite la seguente procedura:

1. Analisi degli studi effettuati negli anni precedenti a supporto degli strumenti di pianificazione e delle loro varianti;
2. Rilievi topografici di dettaglio effettuati dagli scriventi;
3. Analisi della morfologia del territorio contenuta nei rilievi LIDAR disponibili.

2.2.3.3. DATI DI BACINO DISTRETTUALE DELL'APPENNINO SETTENTRIONALE

Questo studio riguarda il reticolo secondario, costituito dai corsi d'acqua affluenti del fiume Arno, che viceversa, fa parte del reticolo principale.

Nel 2017 è stato aggiornato lo studio idraulico del F. Arno nel tratto d'interesse da parte dell'Autorità di Bacino, approvato con Decreto del Segretario Generale n. 042 del 25 luglio 2018.

I risultati di tale modello idraulico costituiscono le condizioni al contorno per il reticolo secondario. L'acquisizione di tali dati è avvenuta tramite nota dell'Area Pianificazione e Tutela dal Rischio Alluvioni dell'Autorità di Bacino, prot. 9149 del 03/12/2020, con cui sono stati trasmessi al Comune di Subbiano dati e indicazioni tecniche per la redazione degli studi idraulici sul reticolo secondario di supporto al PSI (vedi allegato 4).

È opportuno precisare che le procedure per il riesame e l'aggiornamento delle mappe della pericolosità da alluvione del Piano di Gestione del Rischio di Alluvioni (PGRA) sono definite dall'articolo 14 della Disciplina di PGRA e dall'Accordo per l'individuazione delle procedure da seguire per lo svolgimento in collaborazione delle attività di riesame e aggiornamento delle mappe delle aree con pericolosità da alluvione relative al reticolo idraulico principale e secondario, sottoscritto da Autorità di Bacino e Regione Toscana in data 2 marzo 2020 e approvato con DGRT 166 del 17 febbraio 2020.

2.2.3.4. ELENCO DEI CORSI D'ACQUA OGGETTO DI MODELLAZIONE IDROLOGICO-IDRAULICA

Si riporta nella tabella seguente l'elenco dei corsi d'acqua oggetto di approfondimenti idrologico-idraulici per il comune di Subbiano.

Tratti fluviali oggetto di studio	
Nome del corso d'acqua	ID del tratto
A-La Crocina	AV8592
B-Brelle	AV8682-AV8678-AV8651
C-Talla	AV9430
D-La Marga	AV11103
E-Le Vaglie	AV11343
F-La Lastra	AV43966-AV43967
G_Bagno	AV12258
H-La Vigna	AV12414-AV12406-AV12375-AV12508
I-Fossatello	AV13102
L-Castello	AV13086-AV13088
M-Mercato o di Liena	AV13977-AV13697-AV13461-AV13698-AV13826
N-Montegiovi	AV14835
O-Cà di Buffa	AV14394
P-Compassone	AV14330
Q-Aff.Chiassa	AV14296
R-S.Margherita	AV13994
S-Chiassa	AV14806-AV14393-AV14338-AV14344-AV14295-AV14247-AV14142-AV14073-AV14066-AV14054-AV14038-AV13993-AV13943-AV13883-AV13655-AV13459

Tabella 4. Elenco dei corsi d'acqua oggetto di modellazione idrologico-idraulica - Subbiano.

2.2.4. DEFINIZIONI

Si riportano alcune definizioni della normativa idraulica regionale attualmente in vigore: LRT41/2018 e Reg. 5/R del 30 gennaio 2020:

- "aree a pericolosità per alluvioni frequenti P3": lo scenario di allagamento con riferimento al tempo di ritorno non inferiore a trenta anni;
- "aree a pericolosità per alluvioni poco frequenti P2": lo scenario con riferimento al tempo di ritorno non inferiore a duecento anni;
- Aree a pericolosità da alluvioni rare o di estrema intensità (P1) corrispondenti ad aree inondabili da eventi con tempo di ritorno superiore a 200 anni e comunque corrispondenti al fondovalle alluvionale.
- "battente": l'altezza della lama d'acqua in una determinata area associata allo scenario relativo alle alluvioni poco frequenti (Tr200);
- h) "magnitudo idraulica": la combinazione del battente e della velocità della corrente in una determinata area, associata allo scenario relativo alle alluvioni poco frequenti:
 - h1) "magnitudo idraulica moderata": valori di battente inferiore o uguale a 0,5 metri e velocità inferiore o uguale a 1 metro per secondo (m/s). Nei casi in cui la velocità non sia determinata, battente uguale o inferiore a 0,3 metri;
 - h2) "magnitudo idraulica severa": valori di battente inferiore o uguale a 0,5 metri e velocità superiore a 1 metro per secondo (m/s) oppure battente superiore a 0,5 metri e inferiore o uguale a 1 metro e velocità inferiore o uguale a 1 metro per secondo (m/s). Nei casi in cui la velocità non sia determinata, battente superiore a 0,3 metri e inferiore o uguale a 0,5 metri;
 - h3) "magnitudo idraulica molto severa": battente superiore a 0,5 metri e inferiore o uguale a 1 metro e velocità superiore a 1 metro per secondo (m/s) oppure battente superiore a 1 metro. Nei casi in cui la velocità non sia determinata battente superiore a 0,5 metri.
- m) "rischio medio R2", definito dal decreto del Presidente del Consiglio dei ministri del 29 settembre 1998 (Atto di indirizzo e coordinamento per l'individuazione dei criteri relativi agli adempimenti di cui all'art. 1, commi 1 e 2, del d.l. 11 giugno 1998, n. 180), come il rischio per il quale sono possibili danni minori agli edifici, alle infrastrutture e al patrimonio ambientale che non pregiudicano l'incolumità delle persone, l'agibilità degli edifici e delle infrastrutture e la funzionalità delle attività economiche.

3. METODOLOGIA DI INDAGINE

La metodologia si sviluppa in una prima fase in cui tramite la modellazione idrologica, partendo dai dati di precipitazione, vengono definiti degli idrogrammi di piena sui corsi d'acqua in esame: questa è la definizione dell'input idrologico.

In una seconda fase, attraverso l'acquisizione dei dati topografici e sezioni fluviali, in cui viene allestito il modello idraulico del corso d'acqua e sul quale vengono inseriti i vari input idrologici e le condizioni al contorno. Il modello idraulico consente di definire le modalità di propagazione delle onde di piena e la definizione delle aree esondabili.

La modellazione idraulica dei tratti fluviali di interesse per la determinazione delle condizioni di pericolosità idraulica è stata condotta mediante il software HEC-RAS 5.0.7 (Hydrologic Engineering Center – River Analysis System) sviluppato da U.S. Army Corps of Engineers.

Le simulazioni sono state eseguite con modelli idraulici integrati in regime di moto vario con approccio monodimensionale in alveo e bidimensionale nelle aree allagabili e in moto vario e permanente monodimensionale per alcuni corsi d'acqua su cui non è disponibile un modello digitale del terreno.

4. ANALISI IDROLOGICA

4.1. INTRODUZIONE

La modellazione idrologica è stata eseguita utilizzando i dati delle curve di possibilità pluviometrica derivanti dall'aggiornamento delle LSPP (Linee Segnalatrici di Possibilità Pluviometrica) denominato: "Analisi di frequenza regionale delle precipitazioni estreme", eseguito nell'ambito dell'"Accordo di collaborazione scientifica tra Regione Toscana e Dipartimento di Ingegneria Civile e Ambientale dell'Università degli studi di Firenze per attività di ricerca per la mitigazione del rischio idraulico nella Regione Toscana.

Lo studio sulle LSPP fornisce un aggiornamento del quadro conoscitivo per quanto riguarda la valutazione delle precipitazioni estreme. Le stime delle altezze di pioggia sono state valutate per le diverse durate caratteristiche (1, 3, 6, 12 e 24 ore e giornaliera) e per i diversi tempi di ritorno fissati (2, 5, 10, 20, 30, 50, 100, 150, 200 e 500 anni).

4.2. CALCOLO LSPP

E' stato eseguito il calcolo delle LSPP aggiornate per i bacini analizzati, seguendo le indicazioni indicate per il calcolo dell'altezza di pioggia in un bacino idrografico.

La metodologia indicata dalla Regione Toscana consente il calcolo dell'altezza di pioggia su qualunque bacino imbrifero e fornisce il valore di h in mm per una determinata durata dell'evento.

Per ricavare i dati pluviometrici è stato necessario effettuare i seguenti passaggi:

- a) calcolo dell'altezza di pioggia per il bacino considerato per le varie durate caratteristiche (1, 3, 6, 12 e 24 ore) e per i diversi tempi di ritorno fissati (2, 5, 10, 20, 30, 50, 100, 150, 200 e 500 anni) tramite software Gis;
- b) per ciascun tempo di ritorno è stata eseguita un'analisi di regressione per ricavare i parametri a ed n della curva di possibilità pluviometrica;

La procedura di regressione utilizzata per il calcolo dei parametri a ed n delle varie curve di possibilità.

Con le nuove LSPP2014 sono state calcolate le diverse altezze di pioggia per ogni Tr e per ogni durata. Attraverso una regressione lineare multipla sono stati quindi individuati i parametri delle curve di possibilità pluviometrica a 3 parametri. Nelle figure seguenti (Figura 3 e Figura 4) si riporta la corografia e l'analisi altimetrica dei bacini idrografici analizzati.

4.2.1. BACINI IDROGRAFICI MODELLO IDRAULICO PRINCIPALE

A seguito dell'analisi relativa all'identificazione dei corsi d'acqua significativi su cui estendere lo studio della pericolosità idraulica, il territorio comunale è stato suddiviso in cinque "sistemi idraulici", partendo da monte verso valle e classificati nel modo seguente:

	<u>Sistema idraulico</u>	<u>Sottosistema</u>	<u>corso acqua</u>
1	Subbiano Nord	1	A-La Crocina
		2	B-Brelle
		3	C-Talla
2	Subbiano - centro abitato	4	D-La Marga
			E-Le Vaglie
		5	F-La Lastra
3	Loc. Ponte Caliano	6	G_Bagno
		7	H-La Vigna
		8	I-Fossatello
4	Castelnuovo	9	L-Castello
			M-Mercato o di Liena
5	La Chiassa	10	N-Montegiovi
		11	O-Cà di Buffa
		12	P-Compassone
		13	Q-Aff. Chiassa
		14	R-S. Margherita
		15	S-Chiassa

Tabella 5. Individuazione dei Sistemi idraulici e dei corsi d'acqua analizzati.

Ogni sistema idraulico contiene dei sottosistemi in cui alcuni corsi d'acqua sono stati modellati singolarmente e altri uniti in una modellazione idraulica unica. Questo modo di procedere deriva dal fatto che alcuni fenomeni alluvionali vanno ad interessare aree comuni a corsi d'acqua adiacenti.

Nella figura seguente si riportano i bacini idrografici analizzati classificati secondo il Sistema idraulico di appartenenza. Nell'allegato 1, si riportano gli estratti planimetrici con l'individuazione di ciascun bacino idrografico.

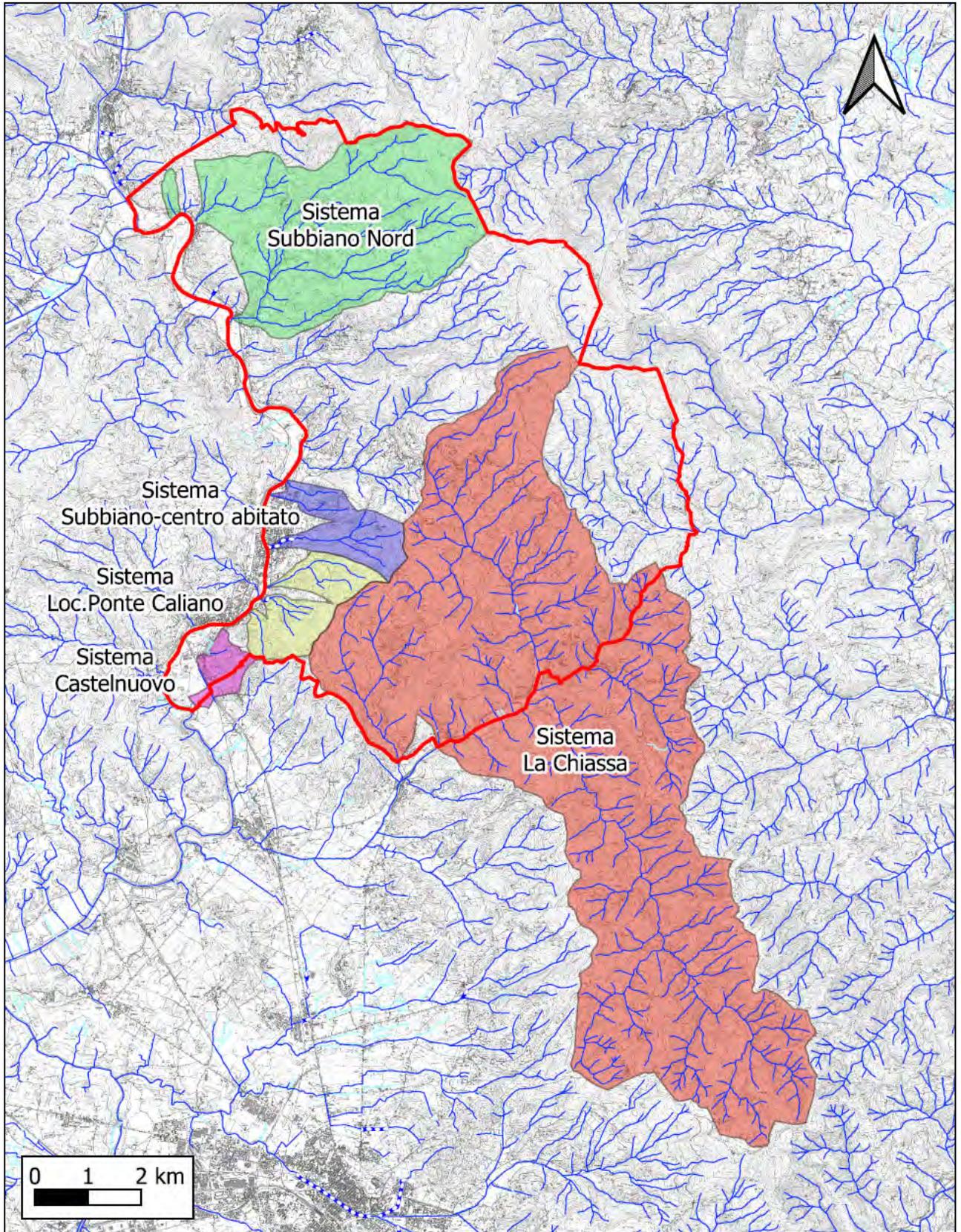


Figura 3. Individuazione dei bacini idrografici analizzati, suddivisi per “Sistemi idraulici”.

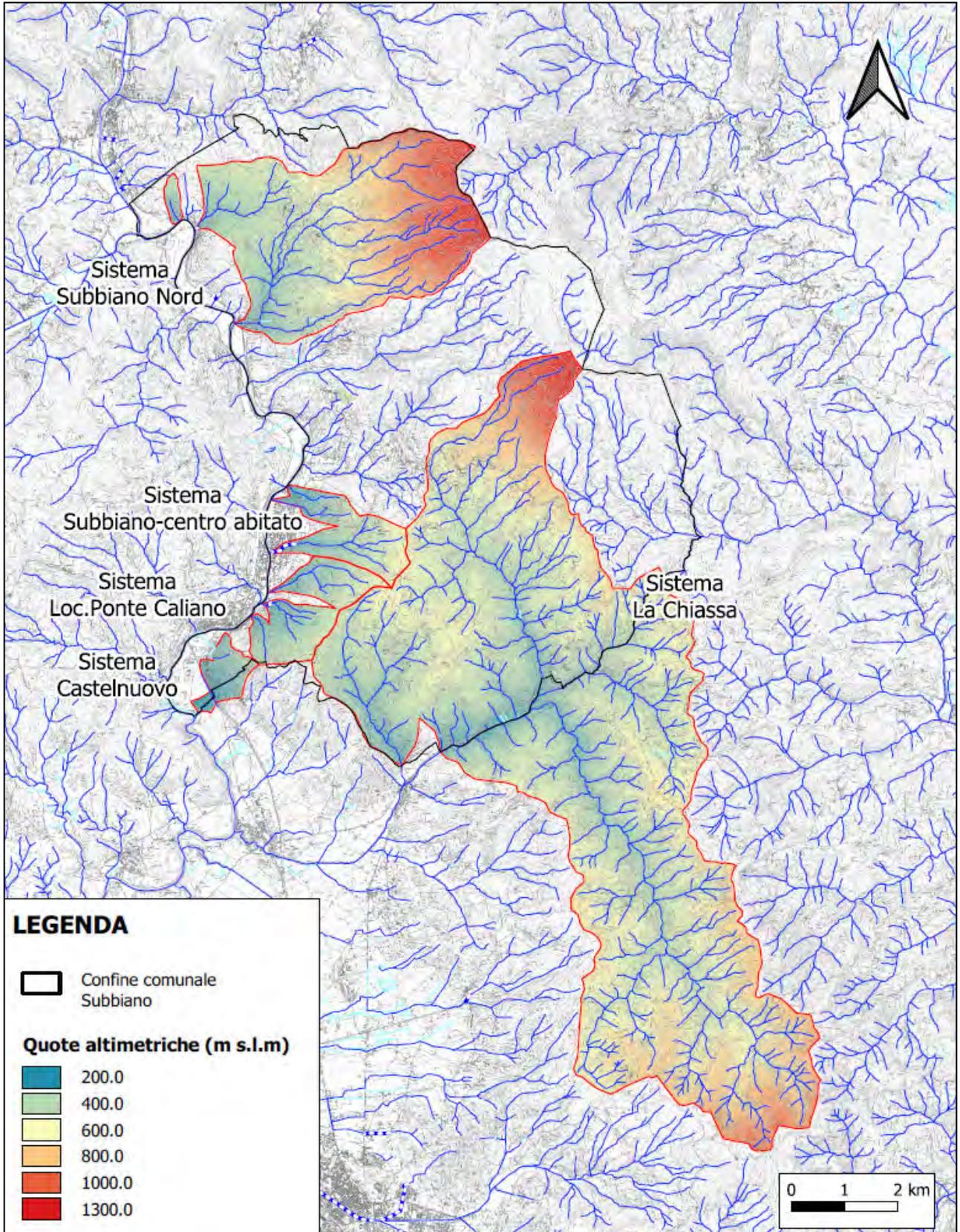


Figura 4. Altimetria bacini idrografici.

4.3. PARAMETRI DEL MODELLO IDROLOGICO

Il calcolo delle portate di piena viene eseguito utilizzando il modello numerico AITo2000 aggiornato nei valori dei coefficienti di possibilità pluviometrica (o linee segnalatrici di possibilità pluviometrica LSPP 2014). Tale modello numerico risulta tuttora un valido e consolidato metodo di calcolo idrologico basato sul calcolo delle perdite per infiltrazione a due parametri (iniziale I_a ed a saturazione K_s) e sul modello afflussi-deflussi di Nash a due parametri (n numero dei serbatoi lineari e k tempo caratteristico di svuotamento del serbatoio).

Per quanto riguarda i parametri n , k , in questo studio continueranno ad essere utilizzati i valori del database di AITo2000 poiché tali parametri, dipendenti dalla morfometria del bacino imbrifero, possono essere assunti come invariati.

Per i bacini con estensione areale ridotta è stato utilizzato il metodo dell'invaso a serbatoio lineare impostando $n=1$ e $k=0.7 \times T_c$ (dove t_c è il tempo di corrivazione del bacino).

Per quanto riguarda i parametri delle perdite I_a e K_s si è proceduto alla stima dei suddetti parametri:

- I_a (mm) perdita iniziale che il terreno assorbe durante i primi istanti di precipitazione valutata in funzione della percentuale di area boscata presente nel bacino considerato (derivata dall'Uso e Copertura del Suolo) con la seguente relazione $I_a = 3.3 + 22P_{ab}$ (vedi allegato 2);
- K_s (mm/h) coefficiente di infiltrazione a saturazione K_{sat} è valutato sulla base dell'aggiornamento del quadro conoscitivo eseguito con lo studio in collaborazione tra LAMMA e Regione Toscana nel 2014 per la "Caratterizzazione idrologica dei suoli della Toscana" utilizzato nell'implementazione del modello idrologico distribuito "Mobidic". Nel dettaglio è stato utilizzato il valore di K_{sat30} valido per i primi 30 cm di suolo utilizzato per la modellazione dei processi legati all'infiltrazione superficiale (vedi allegato 3).

Per quanto riguarda il fattore di ragguaglio areale k_r , è opportuno osservare che nel modello AITo2000 tale coefficiente viene calcolato facendo riferimento alla formula dell'U.S. Weather Bureau

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

con:

$\alpha = 0.036 \cdot a$ dove a è il parametro della CPP per durate superiori all'ora;

$\beta = 0.25$;

$\gamma = 0.01$;

t = durata precipitazione [ore];

A = area del bacino [km²].

Per ogni bacino individuato, è stata determinata su cartografia tecnica regionale in scala 1:2000 e/o 1:10.000 la relativa superficie (vedi allegato 1). L'area così ricavata è stata inserita all'interno nel software di simulazione idrologica.

Le tabelle seguenti riportano i parametri morfologici ed idrologici utilizzati per il calcolo degli idrogrammi di piena per ciascun bacino analizzato, suddivisi per sistemi idraulici.

Modello idrologico - Parametri Morfologici e idrologici										
Sistema idraulico	Bacino	Area [kmq]	IA [mm]	KS [mm/h]	N [-] [-]	K [h] [h]	TL [h]	Parametri LSPP2014		
								Cpp_a [mm/ore^ n/anni^m]	Cpp_n [-]	Cpp_m [-]
Sistema idraulico 1 Subbiano Nord	A-La Crocina	0.223	12.35	1.13	1	0.25	0.253	31.872	0.287	0.142
	B-Brelle	2.384	15.83	1.42	1.93	0.28	0.538	31.103	0.294	0.142
	C-Talla	11.997	20.05	1.62	2.75	0.55	1.505	30.900	0.300	0.142
Sistema idraulico 2 Subbiano Centro abitato	D-La Marga	0.234	11.10	2.18	1.00	0.39	0.390	27.001	0.299	0.210
	E-Le Vaglie	0.433	11.88	1.78	1.49	0.23	0.349	26.986	0.297	0.214
	F-La Lastra	1.670	18.39	1.87	1.97	0.30	0.584	27.023	0.293	0.214
Sistema idraulico 3 Loc. Ponte Caliano	G-Bagno	1.160	16.54	1.67	3.67	0.15	0.562	26.875	0.290	0.214
	H-La Vigna	0.891	15.33	1.99	1	0.40	0.400	26.632	0.297	0.214
	H1-Chiarone	0.247	15.93	1.90	1	0.27	0.270	26.980	0.289	0.214
	I- Forestello	0.384	10.81	1.67	2.59	0.15	0.391	26.930	0.292	0.214
Sistema idraulico 4 Castelnuovo	L1-Castello	0.104	12.46	1.72	1	0.226	0.226	27.010	0.291	0.214
	L2-Castello	0.030	16.98	1.14	1	0.225	0.225	27.045	0.294	0.214
	L3-Castello	0.056	14.89	1.52	1	0.225	0.225	26.996	0.290	0.214
	M1-Mercato	0.146	9.55	1.79	1	0.220	0.220	26.902	0.291	0.214
	M2-Mercato	0.099	3.31	0.95	1	0.732	0.732	26.586	0.298	0.214
	M3-Mercato	0.123	10.45	1.75	1	0.266	0.266	26.669	0.295	0.214
	M4-Mercato	0.134	3.72	1.29	1	0.309	0.309	26.861	0.294	0.214
M5-Mercato	0.090	4.20	0.51	1	0.444	0.444	26.986	0.295	0.214	
M6-Mercato	0.113	4.76	0.49	1	0.615	0.615	26.550	0.299	0.214	
Sistema idraulico 5 La Chiassa	N-Montegiovi	5.151	17.20	1.68	2.17	0.42	0.904	26.127	0.297	0.214
	O-Cà di Buffa	0.269	22.26	1.94	1	0.27	0.270	25.955	0.295	0.214
	P-Compassone	0.549	18.21	1.73	1	0.29	0.290	25.885	0.296	0.210
	Q-Aff.Chiazza	0.235	14.59	1.95	1	0.30	0.300	25.873	0.296	0.210
	R-S.Margherita	1.020	17.90	2.15	2.13	0.18	0.388	25.877	0.297	0.214
	S-Chiassa	14.920	20.66	2.02	2.72	0.55	1.485	26.120	0.294	0.214
	S-Chiassaccia	23.614	23.83	2.53	2.96	0.76	2.236	24.873	0.277	0.214
	S-Chiassarella	7.090	19.93	2.16	2.77	0.38	1.056	25.745	0.289	0.214
S-Chiassa Valle	4.076	19.95	1.94	2.50	0.19	0.478	25.864	0.294	0.214	

Tabella 6. Parametri morfologici e idrologici utilizzati nella modellazione idrologica.

4.4. ANALISI IDROLOGICA

Utilizzando i parametri morfologici ed idrologici appena descritti, per ciascun bacino analizzato sono stati ricavati gli idrogrammi di piena utilizzando il codice di calcolo AITo2000.

L'analisi idrologica è stata eseguita per $Tr=30$ e 200 anni.

Le tabelle seguenti riportano i risultati della modellazione idrologica relativi ai vari bacini considerati per $TR=30$ e 200 e per i vari scenari di riferimento.

Gli idrogrammi di piena relativi alle portate al colmo riportate nelle tabelle successive rappresentano l'input idrologico nei modelli idraulici. Nelle tabelle vengono codificate le immissioni tramite un codice alfanumerico, denominato "ID Immissione" suddiviso in tre parti: la prima identifica la tipologia di immissione: IMP=immissione puntuale; IMD=immissione distribuita; il secondo identifica il sistema idraulico di riferimento e il terzo il corso d'acqua.

Sistema Idraulico 1 - Subbiano Nord - Portate al colmo per ciascun tempo di ritorno								
Corso d'acqua	ID Immissione	Tempo di ritorno	Durata critica	Precipitazione totale	Precipitazione netta	Intensità di precipitazione	Kr	Portata
		[anni]	[h]	[mm]	[mm]	[mm/h]	[-]	[mc/s]
A-La Crocina	IMP-SI1-A	30	0.515	42.7	30.3	82.9	0.999	3.6
		200	0.515	55.9	43.5	108.6	0.999	5.0
B-Brelle	IMP-SI1-B	30	1.076	51.5	35.2	47.9	0.992	23.7
		200	0.836	62.6	46.5	74.9	0.992	33.2
C-Talla	IMP-SI1-C	30	2.384	65.0	42.1	27.3	0.972	60.1
		200	2.144	82.4	59.3	38.4	0.971	85.1

Tabella 7. Portate al colmo per diverse durate di pioggia e tempo di ritorno – Sistema idraulico 1.

Sistema Idraulico 2 - Subbiano - centro abitato - Portate al colmo per ciascun tempo di ritorno								
Corso d'acqua	ID Immissione	Tempo di ritorno	Durata critica	Precipitazione totale	Precipitazione netta	Intensità di precipitazione	Kr	Portata
		[anni]	[h]	[mm]	[mm]	[mm/h]	[-]	[mc/s]
D-La Marga	IMP-SI2-D	30	0.429	43.4	31.8	101.2	0.999	3.1
		200	0.429	65.1	53.5	151.9	0.999	5.1
E-Le Vaglie	IMP-SI2-E	30	0.624	48.6	36.1	77.8	0.998	6.8
		200	0.624	72.9	60.4	116.8	0.998	10.9
F-La Lastra	IMP-SI2-F	30	1.123	57.9	38.5	51.6	0.994	17.2
		200	0.883	81.0	61.8	91.7	0.994	28.9

Tabella 8. Portate al colmo per diverse durate di pioggia e tempo di ritorno – Sistema idraulico 2.

Sistema Idraulico 3 - Loc. Ponte Caliano - Portate al colmo per ciascun tempo di ritorno								
Corso d'acqua	ID Immissione	Tempo di ritorno	Durata critica	Precipitazione totale	Precipitazione netta	Intensità di precipitazione	Kr	Portata
		[anni]	[h]	[mm]	[mm]	[mm/h]	[-]	[mc/s]
G-Bagno	IMP-SI3-G	30	0.858	53.2	36.1	62.0	0.995	14.2
		200	0.618	72.6	55.8	117.5	0.995	23.8
H-La Vigna	IMP-SI3-H	30	0.44	43.2	27.8	98.2	0.996	11.1
		200	0.44	64.9	49.4	147.4	0.996	18.7
H1-Chiarone	IMP-SI3-H1	30	0.537	46.7	30.4	86.9	0.999	3.9
		200	0.537	70.1	53.7	130.5	0.999	6.5
I-Forestello	IMP-SI3-I	30	0.671	49.6	38.2	74.0	0.998	6.0
		200	0.671	74.5	63.0	111.1	0.998	9.5

Tabella 9. Portate al colmo per diverse durate di pioggia e tempo di ritorno – Sistema idraulico 3.

Sistema Idraulico 4 - Castelnuovo - Portate al colmo per ciascun tempo di ritorno								
Corso d'acqua Bacino	ID Immissione	Tempo di ritorno	Durata critica	Precipitazione totale	Precipitazione netta	Intensità di precipitazione	Kr	Portata
		[anni]	[h]	[mm]	[mm]	[mm/h]	[-]	[mc/s]
L1-Castello	IMP-SI4-L1	30	0.253	37.5	24.9	148.0	0.999	1.9
		200	0.253	56.2	43.6	222.2	0.999	3.3
L2-Castello	IMD-SI4-L2	30	0.482	45.2	28.0	93.7	1.000	0.6
		200	0.242	55.4	38.5	228.8	1.000	1.0
L3-Castello	IMD-SI4-L3	30	0.242	37.0	22.1	153.1	1.000	1.2
		200	0.242	55.6	40.7	229.7	1.000	2.0
M1-Mercato	IMP-SI4-M1	30	0.242	36.9	27.1	152.3	0.999	3.4
		200	0.242	55.3	45.5	228.6	0.999	5.4
M2-Mercato	IMP-SI4-M2	30	0.563	46.4	39.7	82.4	1.000	1.0
		200	0.563	69.6	62.9	123.7	1.000	1.6
M3-Mercato	IMP-SI4-M3	30	0.537	46.0	34.9	85.6	0.999	2.0
		200	0.537	69.0	57.9	128.5	0.999	3.2
M4-Mercato	IMP-SI4-M4	30	0.341	40.5	36.5	118.9	0.999	2.5
		200	0.341	60.8	56.8	178.4	0.999	3.9
M5-Mercato	IMP-SI4-M5	30	0.484	45.1	40.8	93.2	1.000	1.4
		200	0.484	67.7	63.3	139.9	1.000	2.2
M6-Mercato	IMD-SI4-M6	30	0.442	43.1	38.3	97.4	0.999	1.3
		200	0.442	64.6	59.8	146.2	0.999	2.0

Tabella 10. Portate al colmo per diverse durate di pioggia e tempo di ritorno – Sistema idraulico 4.

Sistema Idraulico 5 - La Chiassa - Portate al colmo per ciascun tempo di ritorno								
Corso d'acqua Bacino	ID Immissione	Tempo di ritorno	Durata critica	Precipitazione totale	Precipitazione netta	Intensità di precipitazione	Kr	Portata
		[anni]	[h]	[mm]	[mm]	[mm/h]	[-]	[mc/s]
N-Montegiovi	IMP-SI5-N	30	1.474	60.7	41.8	41.2	0.982	39.7
		200	1.234	86.4	67.3	70.0	0.981	65.5
O-Cà di Buffa	IMP-SI5-O	30	0.777	49.9	27.1	64.2	0.999	3.5
		200	0.537	67.1	44.8	125.0	0.999	6.2
P-Compassone	IMP-SI5-P	30	0.559	45.1	26.9	80.7	0.998	7.3
		200	0.319	57.4	39.5	179.8	0.997	12.8
Q-Aff.Chiassa	IMP-SI5-Q	30	0.33	38.6	24.0	116.9	0.999	3.4
		200	0.33	57.9	43.3	175.5	0.999	5.7
R-S.Margherita	IMP-SI5-R	30	0.666	47.5	29.2	71.3	0.996	13.0
		200	0.666	71.3	52.9	107.0	0.996	21.9
S-Chiassa	IMP-SI5-S	30	2.126	67.5	42.6	31.8	0.955	79.0
		200	1.886	97.8	71.9	51.9	0.954	132.8
S1-Chiassaccia	IMP-SI5-S1	30	3.436	72.5	39.9	21.1	0.938	79.1
		200	2.956	104.4	70.5	35.3	0.935	139.4
S2-Chiassarella	IMP-SI5-S2	30	1.638	61.5	39.0	37.5	0.976	47.8
		200	1.398	88.1	65.4	63.0	0.975	80.8
S3-Chiassa Valle	IMD-SI5-S3	30	1.005	53.6	32.8	53.4	0.984	45.2
		200	0.765	74.3	53.5	97.1	0.983	77.1

Tabella 11. Portate al colmo per diverse durate di pioggia e tempo di ritorno – Sistema idraulico 5.

5. ANALISI IDRAULICA

5.1. CARATTERISTICHE DEL MODELLO

La modellazione idraulica è eseguita con lo scopo di verificare le modalità di deflusso delle piene di riferimento e per produrre le mappe di battente, magnitudo, velocità e di pericolosità idraulica.

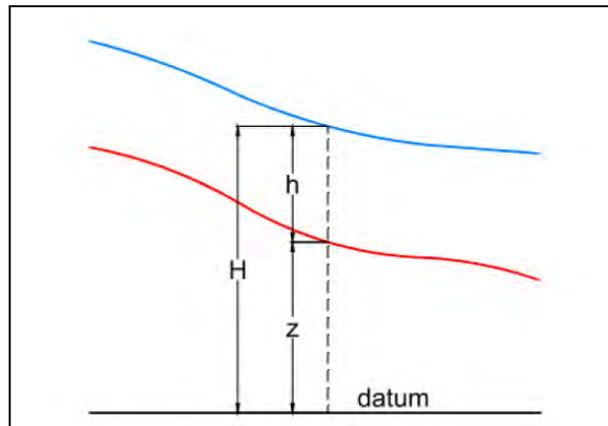
Il software utilizzato per la modellazione idraulica è HEC-RAS 5.0.7 distribuito da US Army Corps. of Engineer(<https://www.hec.usace.army.mil/software/hecras/features>). Il modello permette di effettuare analisi idrauliche monodimensionali, bidimensionali ed accoppiate mono-bidimensionali. Quest'ultima tipologia di modellazione è particolarmente indicata per la simulazione degli eventi di piena in cui il flusso nell'alveo fluviale viene schematizzato con un moto 1D, mentre la propagazione della piena sulle aree inondabili, attraverso un moto 2D.

Le caratteristiche principali dell'algoritmo di modellazione del software Hec Ras sono:

- Modellazione combinata 1D e 2D che prevede la possibilità di eseguire una simulazione combinata 1D e 2D all'interno dello stesso modello in regime di moto vario, che permette di lavorare su schemi fluviali più complessi, utilizzando come sopra descritto la modellazione 1D per l'alveo, e la modellazione 2D aree inondabili esterne;
- Algoritmo di soluzione ai volumi finiti: Il risolutore delle equazioni di moto bidimensionale utilizza un algoritmo implicito ai volumi finiti. L'algoritmo di soluzione consente di utilizzare step temporali di calcolo maggiori rispetto ai metodi espliciti. L'approccio ai volumi finiti determina un miglioramento in termini di stabilità e robustezza, rispetto alle tradizionali tecniche differenziali di soluzione basate su metodi agli elementi finiti;
- Algoritmo per la soluzione accoppiata dei modelli 1D e 2D: Gli algoritmi di soluzione 1D e 2D sono strettamente accoppiati nello stesso passo temporale di calcolo permettendo una perfetta coerenza a ogni step tra i modelli 1D e 2D.

Il modello matematico bidimensionale utilizza le equazioni di conservazione della massa e della quantità di moto, che vengono risolte con uno schema ai volumi finiti. Si riporta di seguito il sistema di riferimento di HEC-RAS 2D, ove la quota del terreno

è indicata con $z(x,y)$, l'altezza idrica con $h(x,y,t)$ e l'altezza del pelo libero con $H(x,y,t) = z(x,y) + h(x,y,t)$.



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

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

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

Conservazione della quantità di moto: quando la dimensione orizzontale caratteristica dell'area di studio è molto maggiore della dimensione verticale, gli effetti legati alla componente verticale della velocità possono essere trascurati e si può assumere una distribuzione idrostatica delle pressioni, a partire dalle equazioni di Navier-Stokes. In tali ipotesi e nell'ipotesi di densità del fluido indicata con ρ , l'altezza idrica con $h(x,y,t)$; la quota del pelo libero con $H(x,y,t) = z(x,y) + h(x,y,t)$ costante, l'equazione di conservazione della quantità di moto assume la seguente forma:

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

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

in cui oltre ai simboli già illustrati, g è l'accelerazione di gravità, ν_t è il coefficiente di viscosità turbolenta, c_f è il coefficiente di attrito al fondo, ed f è il coefficiente di Coriolis. Utilizzando la formula di Chezy il coefficiente di scabrezza sul fondo è dato da:

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

in cui g è l'accelerazione di gravità, $|V|$ è il modulo del vettore velocità, C è il coefficiente di Chézy e R è il raggio idraulico.

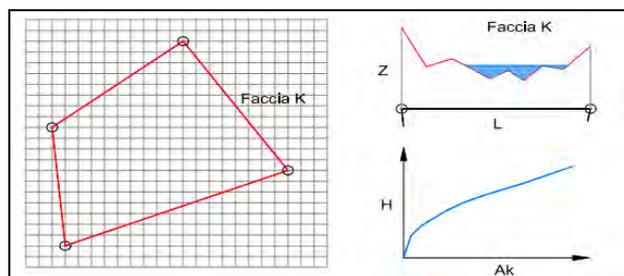
Utilizzando la formula di Manning $C = R^{1/6}/n$, in cui n è il coefficiente di scabrezza di Manning, pertanto si ha:

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

Per la modellazione del campo di moto HEC-RAS utilizza l'approccio batimetrico sub-grid sviluppato da Casulli. Con tale approccio si riesce a sfruttare informazioni topografiche ad alta risoluzione (ad esempio dati Lidar con passo della griglia pari ad 1m) pur utilizzando celle di calcolo a dimensione caratteristica maggiore rispetto alla risoluzione dei dati in ingresso. Per ogni singola cella di calcolo infatti in fase di pre-processing viene ricavata la legge di variazione con la quota del pelo libero delle grandezze idrauliche caratteristiche, basandosi sui dati topografici ad alta risoluzione relativi alla cella stessa.

Vengono così determinate: curva di invaso della cella, area, contorno bagnato e raggio idraulico su ogni bordo della cella. Tale schema di risoluzione consente di sfruttare al massimo il dettaglio dei dati in ingresso.

Di seguito si riporta la schematizzazione utilizzata da Hec-Ras 5.0.7: in grigio il dato della griglia DTM, in rosso la cella di calcolo del modello idraulico. A destra la schematizzazione effettuata da Hec Ras sulle facce del bordo della cella.



Per collegare gli elementi monodimensionali a elementi "area a deflusso bidimensionale" vengono utilizzate le "Lateral Structure" che simulano il comportamento di uno stramazzo con possibilità di funzionamento bidirezionale. Per l'attribuzione del valore numerico al coefficiente di stramazzo si è fatto riferimento alla seguente tabella presente nel manuale "HEC-RAS River Analysis System-2D Modeling User's Manual".

What is being modeled with the Lateral Structure	Description	Range of Weir Coefficients
Levee/Roadway – 3ft or higher above natural ground	Broad crested weir shape, flow over levee/road acts like weir flow	1.5 to 2.6 (2.0 default) SI Units: 0.83 to 1.43
Levee/Roadway – 1 to 3 ft elevated above ground	Broad crested weir shape, flow over levee/road acts like weir flow, but becomes submerged easily.	1.0 to 2.0 SI Units: 0.55 to 1.1
Natural high ground barrier – 1 to 3 ft high	Does not really act like a weir, but water must flow over high ground to get into 2D flow area.	0.5 to 1.0 SI Units: 0.28 to 0.55
Non elevated overbank terrain. Lat Structure not elevated above ground	Overland flow escaping the main river.	0.2 to 0.5 SI Units: 0.11 to 0.28

Tabella 12. Lateral weir coefficients (table 3.1 Hec-Ras user manual).

5.2. CARATTERISTICHE GEOMETRICHE DEI MODELLI

La geometria dei modelli idraulici è stata implementata utilizzando dati di precedenti studi e dati di rilievi topografici così come descritto nel paragrafo 2.2.3.1 e i dati LIDAR per la definizione del DTM delle aree esondabili.

Sono stati allestiti modelli idraulici di tipo 1D/2D: le aree di calcolo bidimensionali sono collegate con l'alveo inciso mediante "lateral structures", modellate con l'opzione weir equations e con coefficienti di deflusso definiti in base alla Tabella 12. Le celle di calcolo bidimensionali sono state realizzate tenendo conto di eventuali ostacoli significativi per il deflusso idraulico quali possono essere strade e rilevati, rappresentati per mezzo di "break lines".

Le dimensioni degli elementi della maglia 2D sono state definite in funzione del grado di dettaglio che si desidera ottenere dalle simulazioni, compatibilmente con i tempi di calcolo e in funzione della complessità della morfologia del territorio.

La mesh di calcolo è stata strutturata in modo tale da allineare le facce delle celle alle principali discontinuità morfologiche presenti all'interno del dominio di calcolo allo scopo di ottenere una accuratezza maggiore del risultato finale.

Ove presenti connessioni idrauliche in zona 2D, costituite ad esempio da tombini o sottopassaggi stradali che attraversano rilevati, sono state inserite nelle break lines gli elementi "culvert" definiti con le caratteristiche dimensionali delle connessioni rilevate in sito.

5.3. PARAMETRI DEI MODELLI IDRAULICI

Ciascuna sezione è caratterizzata, nel modello, da una propria scabrezza, espressa tramite il coefficiente n di Manning [$s/m^{1/3}$], riferita alle condizioni vegetative e allo stato di manutenzione del corso d'acqua.

I valori di scabrezza adottati sono riportati nelle sezioni di Hec-Ras allegate allo studio e sono differenziati per ciascun corso d'acqua sulla base delle sue caratteristiche specifiche. Tipicamente sono stati adottati valori di scabrezza di $0.030/0.035 s/m^{1/3}$ per l'alveo inciso e valori di $0.04/0.045 s/m^{1/3}$ per le aree golenali.

Per quanto riguarda la scabrezza delle aree allagabili limitrofe ai corsi d'acqua, simulate dal modello bi-dimensionale, è stato scelto di adottare un coefficiente di Manning pari a $0.06 s/m^{1/3}$.

5.4. CONDIZIONI AL CONTORNO

Le condizioni al contorno nei modelli idraulici sono costituite da

- Sollecitazioni idrologiche a monte di ogni tratto simulato;
- Immissioni idrologiche puntuali in corrispondenza di confluenze fra corsi d'acqua non oggetto di simulazione idraulica e corsi d'acqua simulati;
- Immissioni idrologiche puntuali e/o distribuite relative a contributi di interbacini;
- Condizioni di valle costituite dalle altezze d'acqua in Arno;

5.4.1. CONDIZIONI AL CONTORNO DI VALLE

Le condizioni al contorno di valle sul fiume Arno sono state fornite dall'Autorità di bacino distrettuale dell'Appennino Settentrionale, che ha fornito l'aggiornamento dello studio idraulico del F. Arno nel tratto d'interesse, approvato con Decreto del Segretario Generale n. 042 del 25 luglio 2018.

I risultati di tale modello idraulico costituiscono le condizioni al contorno per il reticolo secondario. L'acquisizione di tali dati è avvenuta tramite nota dell'Area Pianificazione e Tutela dal Rischio Alluvioni dell'Autorità di Bacino, prot. 9149 del 03/12/2020, con cui sono stati trasmessi al Comune di Subbiano dati e indicazioni tecniche per la redazione degli studi idraulici sul reticolo secondario di supporto al PSI.

Lo scenario più critico per il fiume Arno relativamente ai livelli raggiunti in alveo nel tratto in esame è relativo alla durata di pioggia di 9 ore sia per Tr30 anni che per Tr200 anni.

Vista la particolare situazione morfologica che vede il fiume Arno, nel tratto che interessa la sponda sinistra ricadente sul territorio comunale di Subbiano, correre in un alveo inciso che contiene ovunque le piene duecentennali, e visto che il sistema idrografico secondario confluisce in Arno presentando spesso un importante salto di fondo con quote spesso maggiori dei massimi livelli idrici raggiunti in Arno, si è proceduto, per la definizione delle condizioni di pericolosità idraulica, a simulazioni effettuate considerando due scenari:

- Scenario Alpha: si considerano le durate di pioggia critica che massimizzano le portate in alveo per i corsi d'acqua del reticolo secondario e si considera nulla l'influenza dei livelli idrici in Arno. Questo scenario è stato implementato per valutare il comportamento dei corsi d'acqua indipendentemente dalle condizioni che si instaurano alla confluenza in Arno;
- Scenario Beta: si considerano le durate di pioggia critica che massimizzano le portate in alveo per i corsi d'acqua del reticolo secondario e si considera l'influenza dei livelli idrici in Arno prendendo a riferimento i livelli raggiunti per i medesimi tempi di ritorno per una durata critica in Arno di 9 ore, durata di pioggia critica che ne massimizza i livelli. Questo approccio, che considera la contemporaneità degli eventi massimizzanti i livelli idrici sia del fiume Arno che nel reticolo secondario, si ritiene cautelativo e a favore di sicurezza, e si ritiene che non sia da escludere, in quanto le dimensioni ridotte dei bacini del reticolo secondario possono determinare risposte idrologiche impulsive che possono avvenire anche in contemporanea ad eventi massimizzanti i livelli in Arno.

Negli allegati grafici e numerici si assume che con il suffisso "A" si indicano gli scenari Beta, in cui si considerano come condizioni di valle i massimi livelli raggiunti in Arno per un medesimo tempo di ritorno.

Per il sistema idraulico 5 - la Chiassa, si considerano gli stessi scenari descritti per il fiume Arno, il suffisso negli allegati grafici e numerici è "Chiassa".

Si riportano nella tabella seguente i dati riepilogativi relativi delle modellazioni idrauliche effettuate in cui per ciascun modello implementato si descrivono la tipologia di modellazione e le condizioni al contorno di valle.

Dove le condizioni di valle nello scenario Beta non influenzano il deflusso in alveo e la dinamica di allagamento, non vengono eseguite le modellazioni.

Sistema idraulico	Bacino	Tipologia di modellazione	Condizioni al contorno di valle						Note			
			Scenario Alpha			Scenario Beta						
			Tr30/200 anni			Tr30 anni		Tr200 anni				
			Nome Flow data	tipologia	valore	Nome Flow data	tipologia	valore	Nome Flow data	tipologia	valore	
Sistema idraulico 1 Subbiano Nord	A-La Crocina	modellazione 1D/2D - moto vario	01_MV30/02_MV200	Normal depth [m/m]	0.016	03_MV30_A	Stage Hydrograph [m slm]	289.37	04_MV200_A	Stage Hydrograph [m slm]	290.55	
	B-Brelle	modellazione 1D - moto permanente	MP01	Normal depth [m/m]	0.020	MP01_A	Know WS [m slm]	287.58	MP01_A	Know WS [m slm]	288.96	
	C-Talla	modellazione 1D/2D - moto vario	MV30/MV200	Normal depth [m/m]	0.025	MV30_A	Stage Hydrograph [m slm]	280.70	MV200_A	Stage Hydrograph [m slm]	282.02	
Sistema idraulico 2 Subbiano Centro abitato	D-La Marga	modellazione 1D/2D - moto vario	04-MV30-D+E	Normal depth [m/m]	0.080	01-MV30A-D+E	Normal depth [m/m]	0.08	02-MV200A-D+E	Stage Hydrograph [m slm]	265.21	
	E-Le Vaglie	modellazione 2D - moto vario	04-MV30-D+E	Normal depth [m/m]	0.040	01-MV30A-D+E	Stage Hydrograph [m slm]	262.80	02-MV200A-D+E	Stage Hydrograph [m slm]	264.20	
	F-La Lastra	modellazione 2D - moto vario	MV30/MV200	Normal depth [m/m]	0.080	MV30A	Stage Hydrograph [m slm]	257.10	MV200A	Stage Hydrograph [m slm]	259.46	
Sistema idraulico 3 Loc. Ponte Caliano	G-Bagno	modellazione 1D - moto vario	MV30/MV200	Normal depth [m/m]	0.080	MV30A	Stage Hydrograph [m slm]	254.38	MV200A	Stage Hydrograph [m slm]	255.73	
	H-La Vigna	modellazione 2D - moto vario	MV30/MV200	Normal depth [m/m]	0.080	MV30A	Stage Hydrograph [m slm]	254.06	MV200A	Stage Hydrograph [m slm]	255.44	
	H1-Chiarone	modellazione 2D - moto vario	MV30/MV200	Normal depth [m/m]	0.080	MV30A	Stage Hydrograph [m slm]	254.06	MV200A	Stage Hydrograph [m slm]	255.44	
	I-Forestello	modellazione 1D - moto permanente	L_Fos-MP-04-2021	Normal depth [m/m]	0.050	-	-	-	-	-	-	I livelli idrici raggiunti in Arno non influenzano il regime idraulico del corso d'acqua.
Sistema idraulico 4 Castelnuovo	L-Castello	modellazione 1D/2D - moto vario	01-MV30-L+M 02-MV200-L+M	Normal depth [m/m]	0.050	-	-	-	-	-	-	I livelli idrici raggiunti in Arno non influenzano il regime idraulico del corso d'acqua.
	M-Mercato	modellazione 2D/modellazione 1D/2D - moto vario	01-MV30-L+M 02-MV200-L+M	Normal depth [m/m]	0.010	-	-	-	-	-	-	I livelli idrici raggiunti in Arno non influenzano il regime idraulico del corso d'acqua.
Sistema idraulico 5 La Chiazza	N-Montegiovi	modellazione 1D/2D - moto vario	MV30/MV200	Normal depth [m/m]	0.024	-	-	-	-	-	-	I livelli idrici raggiunti alla foce nel torrente Chiazza non influenzano il regime idraulico del corso d'acqua nel tratto di interesse.
	O-Cà di Buffa	modellazione 1D/2D - moto vario	MV01-Tr30/MV01-Tr200	Normal depth [m/m]	0.008	MV01-Tr30Chiazza	Stage Hydrograph [m slm]	278.05	MV01-Tr200Chiazza	Stage Hydrograph [m slm]	278.97	I livelli idrici del torrente Chiazza sono derivati dalla modellazione idraulica.
	P-Compassone	modellazione 1D - moto permanente	MP01	Normal depth [m/m]	0.070	MP01_Chiazza	Know WS [m slm]	280.80	MP01_Chiazza	Know WS [m slm]	281.40	I livelli idrici del torrente Chiazza sono derivati dalla modellazione idraulica.
	Q-Aff.Chiazza	modellazione 1D - moto permanente	MP01	Normal depth [m/m]	0.032	MP01_Chiazza	Know WS [m slm]	285.61	MP01_Chiazza	Know WS [m slm]	286.17	I livelli idrici del torrente Chiazza sono derivati dalla modellazione idraulica.
	R-S.Margherita	modellazione 1D - moto permanente	MP01	Normal depth [m/m]	0.033	MP01_Chiazza	Know WS [m slm]	297.56	MP01_Chiazza	Know WS [m slm]	298.35	I livelli idrici del torrente Chiazza sono derivati dalla modellazione idraulica.
	S-Chiazza	modellazione 1D - moto vario	MV30-02/MV200-02	Normal depth [m/m]	0.010	-	-	-	-	-	-	I livelli idrici raggiunti in Arno non influenzano il regime idraulico del corso d'acqua nel tratto d'interesse.

Tabella 13. Tabella riepilogativa delle modellazioni idrauliche effettuate – tipologia di modellazione e condizioni al contorno di valle.

5.5. MODELLI IDRAULICI

Nel presente paragrafo si descrivono sinteticamente i modelli idraulici implementati per ciascuno corso d'acqua analizzato. Si rimanda agli elaborati: QC ID 01 a, QC ID 01 b e QC ID 01 c, "Modelli idraulici", per i dettagli.

5.5.1. SISTEMA 1-SUBBIANO NORD

<u>Sistema idraulico</u>		<u>Sottosistema</u>	<u>corso acqua</u>
1	Subbiano Nord	1	A-La Crocina
		2	B-Brelle
		3	C-Talla

5.5.1.1. A-LA CROCINA

Le sezioni utilizzate per la modellazione idraulica derivano dai rilievi effettuati per l'approfondimento che accompagna la variante n.8 del Regolamento Urbanistico. La tombinatura è stata assunta tutta uguale a un CLS DN800, trascurando la sezione dell'attraversamento stradale che risulta comunque più ampia.

Il modello implementato è in moto vario di tipo 1D/2D.



Figura 5. Schema planimetrico del modello idraulico: "A-La Crocina" su LIDAR.



Foto 1. A-La Crocina – Attraversamento stradale.

5.5.1.2. B-BRELLE

Le sezioni utilizzate per la modellazione idraulica derivano dai rilievi effettuati per l'approfondimento che accompagna la Variante 2011 del Regolamento Urbanistico.

Il modello implementato è in moto permanente di tipo 1D.



Figura 6. Schema planimetrico del modello idraulico: "B-Brelle" su foto aerea.



Foto 2. B-Brelle – Tratto a monte dell'attraversamento stradale.

5.5.1.3. C-TALLA

Le sezioni utilizzate per la modellazione idraulica derivano dai rilievi effettuati per l'approfondimento che accompagna il Piano Strutturale del 2004 e da approfondimenti topografici di dettaglio eseguiti dagli scriventi.

Il modello implementato è in moto vario di tipo 1D/2D.

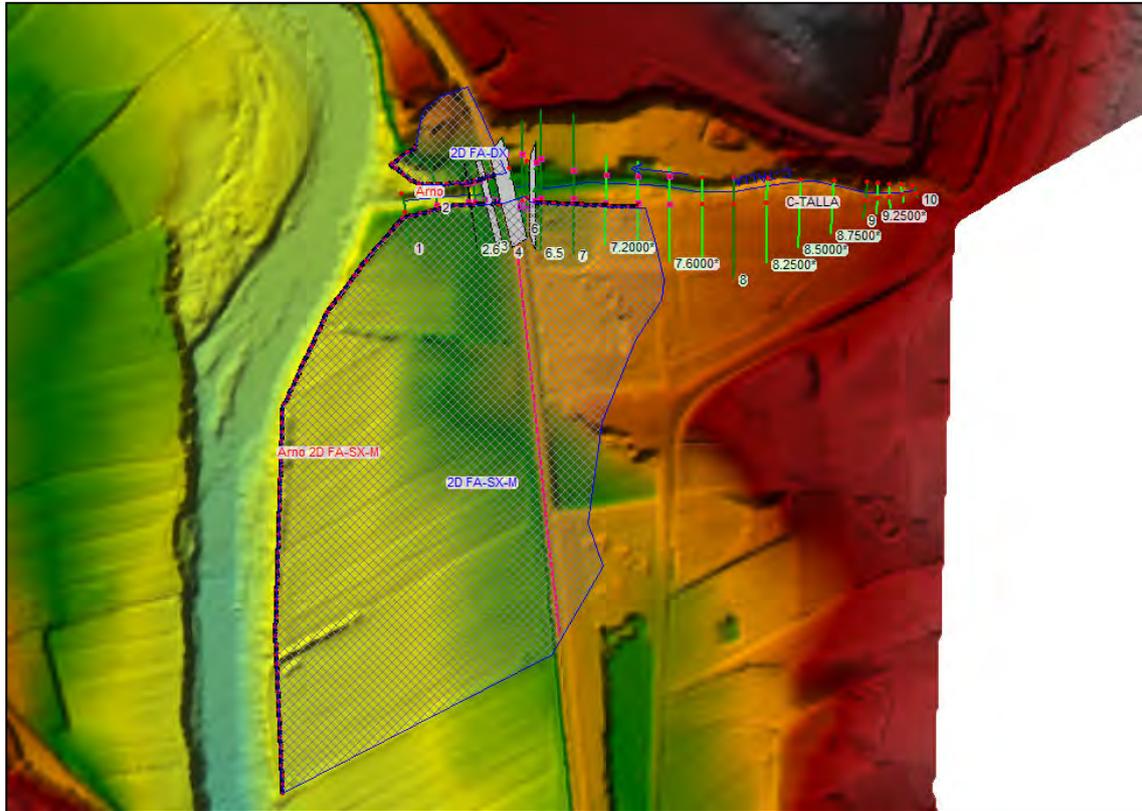


Figura 7. Schema planimetrico del modello idraulico: "C-Talla" su LIDAR.



Foto 3. C-Talla – Tre attraversamenti: a monte della ferrovia, ferrovia e a valle della ferrovia.



Foto 4. C-Talla – Confluenza in Arno.

5.5.2. SISTEMA 2-SUBBIANO CENTRO ABITATO

2	Subbiano - centro abitato	4	D-La Marga
			E-Le Vaglie
		5	F-La Lastra

5.5.2.1. D+E-LA MARGA-LE VAGLIE

La modellazione della Marga e delle Vaglie è stata effettuata tramite l'implementazione di un unico modello idraulico, in quanto da analisi preliminari effettuate risulta che i due sistemi producono allagamenti che interessano parti comuni di territorio.

Le sezioni utilizzate per la modellazione idraulica derivano dai rilievi effettuati per l'approfondimento che accompagna le varianti al Regolamento Urbanistico del 2007 e del 2011 e da approfondimenti topografici di dettaglio eseguiti dagli scriventi.

Il modello implementato è in moto vario di tipo 1D/2D.

In particolare per il modello idraulico delle Vaglie è stato scelto di simulare la parte a monte con una modellazione completamente 2D, andando a modificare ed ad estendere, tramite rilievo topografico di dettaglio, il DTM di base. Sono state inoltre rilevate alcune strutture murarie esistenti (recinzioni) che soprattutto nella parte di monte possono influire sulla dinamica di allagamento. Queste sono state simulate tramite l'inserimento di opportune "connection".



Figura 8. Schema planimetrico del modello idraulico: "D+E-La Marga-Le Vaglie" su foto aerea.



Foto 5. D-La Marga – Tratto di monte.



Foto 6. D-La Marga – Vista verso monte da attraversamento SR71.



Foto 7. E-Le Vaglie – Tratto di monte – Vasca di sedimentazione e trattenimento materiale flottante.



Foto 8. E-Le Vaglie – via N.todaro.

5.5.2.2. F-LA LASTRA

Le sezioni e i dati utilizzati per la modellazione idraulica derivano dai rilievi effettuati per l'approfondimento che accompagna il PS 2004 e da approfondimenti topografici di dettaglio eseguiti dagli scriventi.

Per il modello idraulico della Lastra è stato scelto di simulare la parte a monte con una modellazione completamente 2D, andando a modificare, tramite un rilievo topografico di dettaglio, il DTM di base e ricostruendo il muro esistente all'ingresso del tratto tombato di monte. Tale tratto tombato è stato rilevato nella parte di imbocco. Lo sviluppo planimetrico è stato ricostruito tramite sopralluoghi e l'analisi del catasto storico. Nella parte di valle, che va da via Lorenzo Boschi fino alla confluenza in Arno, il percorso planimetrico attuale risulta incerto e di difficile definizione. Per una sua precisa determinazione risulta necessario un rilievo di dettaglio tramite ricerca e apertura di possibili pozzetti di ispezione e se necessario tramite sistemi di video ispezione.



Figura 9. Schema planimetrico del modello idraulico "F-La Lastra" su foto aerea.

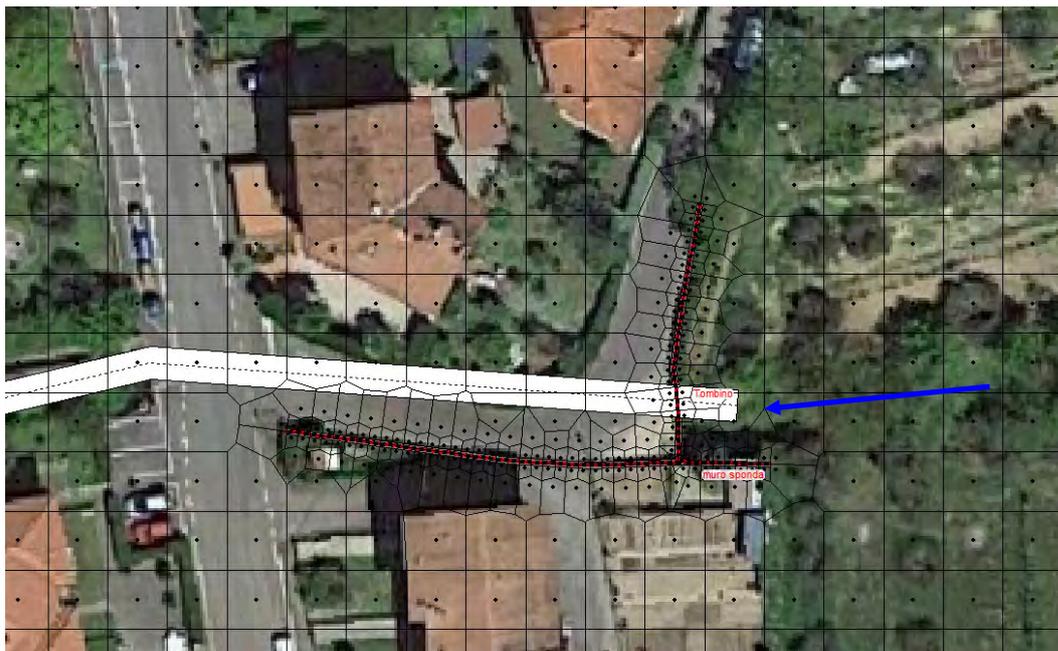


Figura 10. Particolare dello schema planimetrico del modello idraulico "F-La Lastra".



Foto 9. La Lastra: Muretto di monte, in corrispondenza dell'inizio del tratto tombato.



Foto 10. La Lastra: inizio del tratto tombato – vista da monte.



Foto 11. La Lastra: confluenza in Arno.

5.5.3. SISTEMA 3-LOC. PONTE CALIANO

3	Loc. Ponte Caliano	6	G_Bagno
		7	H-La Vigna
		8	I-Fossatello

5.5.3.1. G-BAGNO

Le sezioni utilizzate per la modellazione idraulica derivano dai rilievi effettuati per l'approfondimento che accompagna le varianti al Regolamento Urbanistico del 2011 e da approfondimenti topografici di dettaglio eseguiti dagli scriventi.

Il modello implementato è in moto vario di tipo 1D.

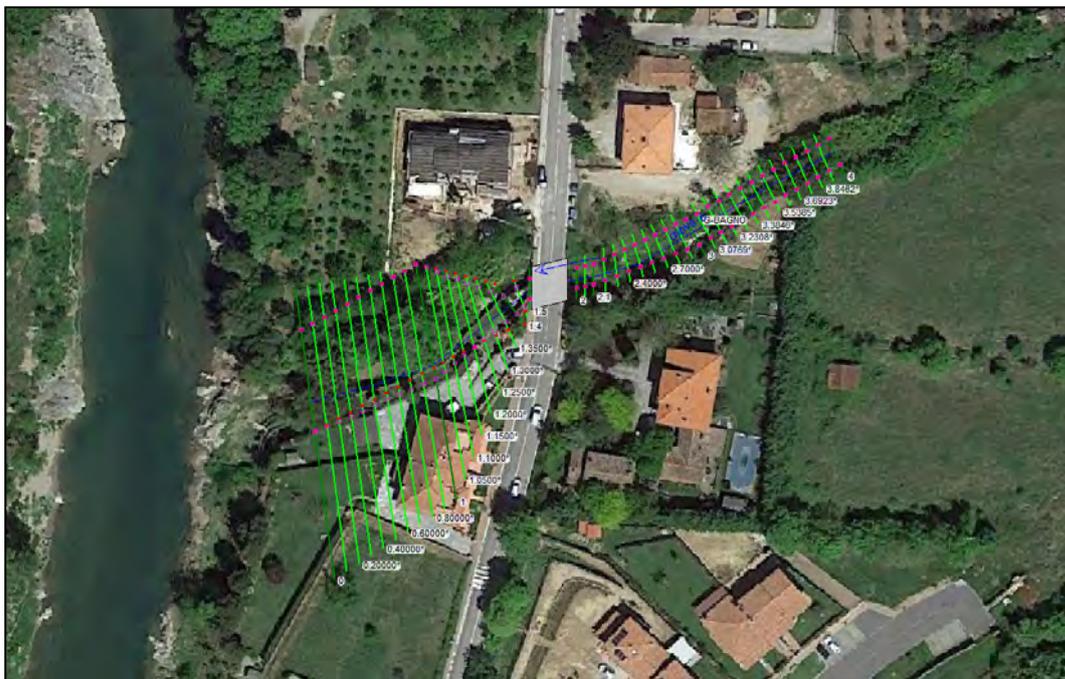


Figura 11. Schema planimetrico del modello idraulico "G-Bagno" su foto aerea.



Foto 12. G-Bagno - a valle dell'attraversamento via Aretina.



Foto 13. G-Bagno – attraversamento via Aretina, vista verso valle.

5.5.3.2. H-LA VIGNA

Le sezioni utilizzate per la modellazione idraulica derivano dai rilievi effettuati per l'approfondimento che accompagna le varianti al Regolamento Urbanistico del 2008 (Variante n.3) e da approfondimenti topografici di dettaglio eseguiti dagli scriventi.

Il modello implementato è in moto vario di tipo 2D.

Per il modello idraulico è stato scelto di simulare la parte a monte, prima del tratto tombato, con una modellazione completamente 2D, andando a modificare, tramite l'utilizzo delle sezioni d'alveo e un rilievo topografico di dettaglio eseguito dagli scriventi, il DTM di base. E' stata rilevata la cresta del muro esistente all'ingresso del tombino, estendendo verso monte il rilievo. Sono stati misurate e rilevate le tubazioni esistenti: la tubazione del tratto tombato, un CLS DN1200 e due tubazioni in PEAD corrugato DI600. Lo sviluppo planimetrico del tombino DN1200 è stato ricostruito tramite l'analisi dei dati esistenti in archivio, sopralluoghi e analisi dei dati del catasto storico. Lo sviluppo delle due tubazioni DI600 è stato ipotizzato analizzando il progetto che accompagna la Variante 3 del 2008 denominato: "Interventi di messa in sicurezza idraulica – 4.1 Fosso della Vigna – U.I.2.2.5 "Vigna" loc. Il Palazzo, UTOE 2.S.2 Castelnuovo" - Tavola I.4. Le due tubazioni, posizionata all'interno di un pozzetto scolmatore in cemento armato, munito di griglia superiore, hanno la funzione di un derivatore (scolmatore) della portata in arrivo. Appena la quota del tirante idrico supera la soglia di sfioro posta a 263.81 m slm si attivano derivando parte della portata e riducendo di conseguenza la portata che affluisce al CLS DN1200.

La sollecitazione idrologica è composta dall'idrogramma: H-La Vigna e dal suo affluente sinistro: H1-Chiarone.



Figura 12. Schema planimetrico del modello idraulico "H-La Vigna" su foto aerea.

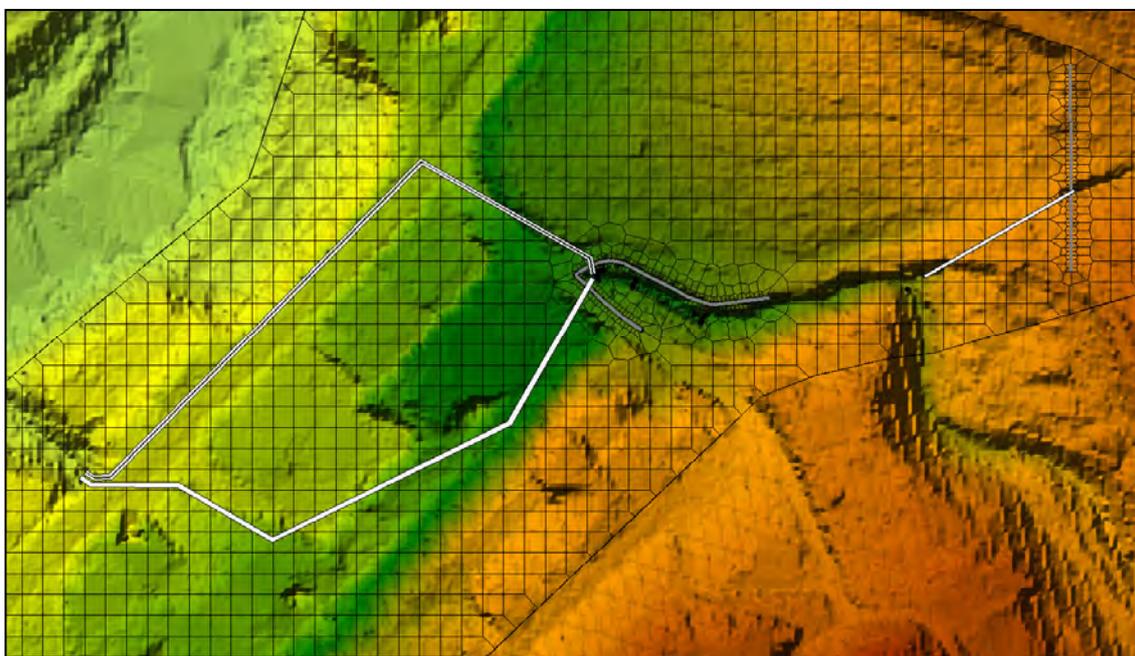


Figura 13. Schema planimetrico del modello idraulico " H-La Vigna" su LIDAR.



Foto 14. H-La Vigna – Vista muretto ingresso tratto tombato.

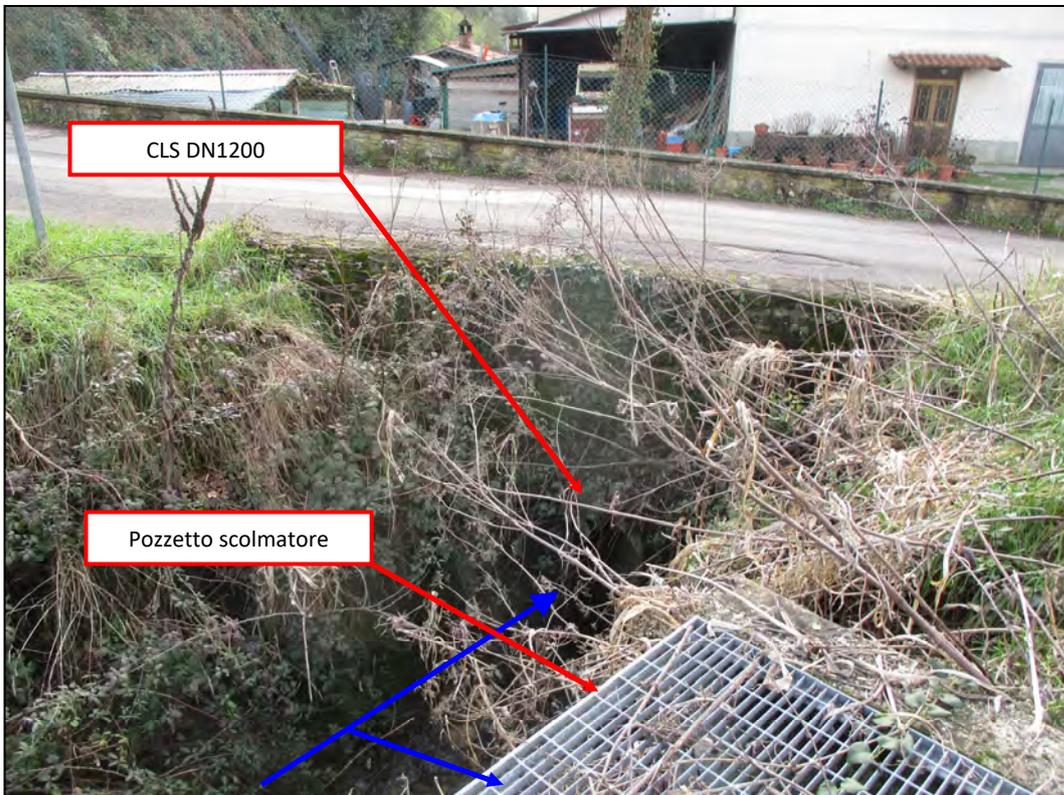


Foto 15. H-La Vigna – Ingresso tratto tombato e pozzetto scolmatore.



Foto 16. H-La Vigna – Pozzetto scolmatore.



Foto 17. H-La Vigna – Confluenza in Arno.

5.5.3.3. I-FOSSATELLO

Le sezioni utilizzate per la modellazione idraulica derivano dai rilievi effettuati per l'approfondimento che accompagna le varianti al Regolamento Urbanistico del 2008 (Variante n.3) e da approfondimenti topografici di dettaglio eseguiti dagli scriventi.

Il modello implementato è in moto permanente di tipo 1D.



Figura 14. Schema planimetrico del modello idraulico "I-Fossatello" su foto aerea.



Foto 18. I-Fossatello – Tratto di valle immediatamente a monte di via Aretina.



Foto 19. I-Fossatello – Tratto di valle attraversamento di via Aretina.

5.5.4. SISTEMA 4-CASTELNUOVO

4	Castelnuovo	9	L-Castello
			M-Mercato o di Liena

5.5.4.1. L+M-CASTELLO+MERCATO

La modellazione del fosso Castello e del fosso Mercato o di Liena è stata effettuata tramite l'implementazione di un unico modello idraulico, in quanto da analisi preliminari effettuate risulta che i due sistemi producono allagamenti che interessano parti comuni di territorio.

Le sezioni utilizzate per la modellazione idraulica derivano dai rilievi effettuati per l'approfondimento che accompagna la variante al Regolamento Urbanistico del 2014 (Variante 8) e da approfondimenti topografici di dettaglio eseguiti dagli scriventi.

Il modello implementato è in moto vario di tipo 1D/2D.

5.5.4.1.1. FOSSO CASTELLO

Il fosso castello dopo un tratto tombato di monte, attraversa un sistema di sedimentazione composto da tre camere in serie in cemento armato, e poi prosegue allineandosi a via Aretina, correndo in modo "pensile" fino a confluire in un tratto tombato in prossimità dell'ingresso di Villa La Ginestra. Il fosso viene intubato in una tubazione con diametro DN500. Da qui procede lungo la viabilità, recependo anche le acque stradali tramite alcune caditoie per poi confluire in Arno in prossimità della curva sulla SR71, che poi porta a Ponte Caliano.



Foto 20. L-Castello – Tratto adiacente via Aretina.



Foto 21. L-Castello – Tratto di monte - sistema di sedimentazione.



Foto 22. L-Castello – Tratto di valle – inizio tratto tombato.

5.5.4.1.2. FOSSO MERCATO O DI LIENA

Il tratto di monte del fosso Mercato (di Liena) è stato modellato completamente in 2D, andando a modificare, tramite rilievo topografico di dettaglio, il DTM di base. E' stata rilevata la cresta del muro esistente all'ingresso del tratto tombato e la tubazione esistente: un CLS DN800. Lo sviluppo planimetrico del tombino è stato ricostruito tramite l'analisi dei dati esistenti in archivio e dei sopralluoghi effettuati. In particolare è stata presa visione dello *"Studio sulle criticità idrauliche di una porzione di territorio in loc. Castelnuovo"*² che ha permesso a ricostruzione plano-altimetrica del sistema di drenaggio esistente che collega la parte a monte della SR71 e della ferrovia alla parte di valle. Tale sistema è stato inserito nel modello idraulico mantenendo, per facilità di lettura, le denominazioni dei tratti dello studio originale. Nella modellazione idraulica sono stati anche considerati, tramite una modellazione di tipo 2D, i fossi di scolo che corrono ai piedi del rilevato ferroviario sul lato di valle, che rientrano nel reticolo regionale (AV13698 e AV13826).

Il tratto di valle del fosso Mercato è stato modellato utilizzando le sezioni topografiche rilevate dagli scriventi.

E' risultato necessario aggiornare il DTM, aggiungendo una porzione di territorio non coperta dal rilievo LIDAR, nella parte sud-est. Tale aggiornamento è stato effettuato utilizzando il DTM idrografico regionale (dtmidcnt.asc) che è la ricostruzione digitale dell'andamento del terreno ottenuto da CTR10K. *"Il dataset ha una struttura a celle omogenee di 10 mq. Il dato è definito "idrologico" in quanto "adattato per essere utilizzato nei modelli idrologici". A questo scopo sono state livellati i piccoli avvallamenti che potevano falsare la determinazione del verso di scorrimento dell'acqua"*³.

E' stato inoltre modificato il LIDAR in prossimità dell'impronta dell'edificio commerciale "Marino fa Mercato" in quanto nel rilievo LIDAR del 2008 non era presente l'edificio di monte e in quella porzione di terreno erano presenti degli scavi profondi, probabilmente quelli necessari per le fondazioni del nuovo fabbricato, che falsavano la dinamica di allagamento dell'area. L'impronta di tutto l'edificio è stata elevata alla quota di 268 m slm creando così il reale ingombro dell'edificio.

Per la simulazione degli attraversamenti del rilevato ferroviario e della SR71, relativamente ai bacini M2 ed M5, le immissioni nel modello idraulico sono state suddivise secondo la presenza dei tombamenti presenti, assegnando a ciascuno una portata in funzione dell'estensione areale del bacino sotteso (vedi tabella successiva e tavola QC ID 01 b - Modello Idraulico - Sistema Castelnuovo).

² ProGeo Engineering S.r.l. dicembre 2017.

³ Descrizione da: Scheda_DTM_idro.pdf

Corso d'acqua Bacino	ID Immissione	Tempo di ritorno	Portata al colmo
		[anni]	[mc/s]
M2-Mercato	IMP-SI4-M2.1	30	0.3
		200	0.4
	IMP-SI4-M2.2	30	0.3
		200	0.4
	IMP-SI4-M2.3	30	0.5
		200	0.8
M5-Mercato	IMP-SI4-M5.1	30	0.5
		200	0.8
	IMP-SI4-M5.2	30	0.1
		200	0.2
	IMP-SI4-M5.3	30	0.5
		200	0.7
	IMP-SI4-M5.4	30	0.2
		200	0.3
	IMP-SI4-M5.5	30	0.1
		200	0.1
	IMP-SI4-M5.6	30	0.1
		200	0.1

Tabella 14. Suddivisione delle immissioni per i bacini M2 e M5.

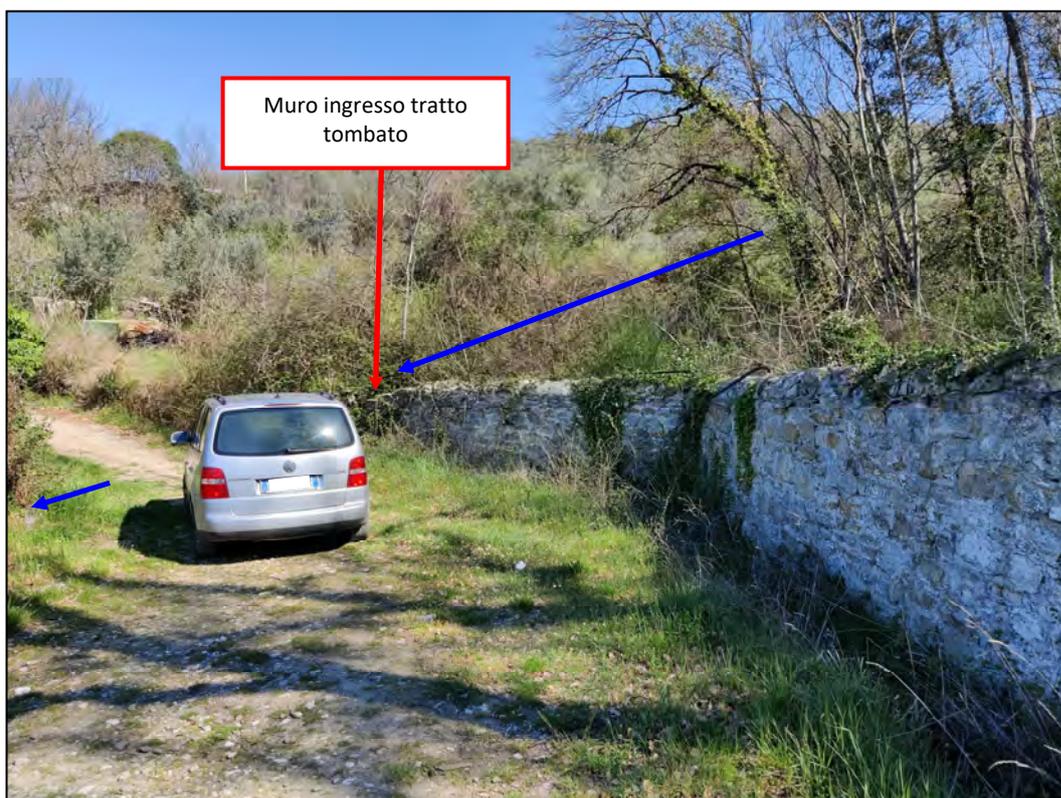


Foto 23. M-Mercato – Muretto di monte, in corrispondenza dell'inizio del tratto tombato.



Foto 24. M-Mercato – Tratto tombato in adiacenza all'edificio commerciale.



Foto 25. M-Mercato – Tratto a valle della ferrovia.



Foto 26. M-Mercato – Tratto a valle della ferrovia.



Foto 27. M-Mercato – Tratto finale prima della confluenza in Arno – vista verso monte.



Foto 28. M-Mercato – Tratto finale prima della confluenza in Arno – vista verso valle.

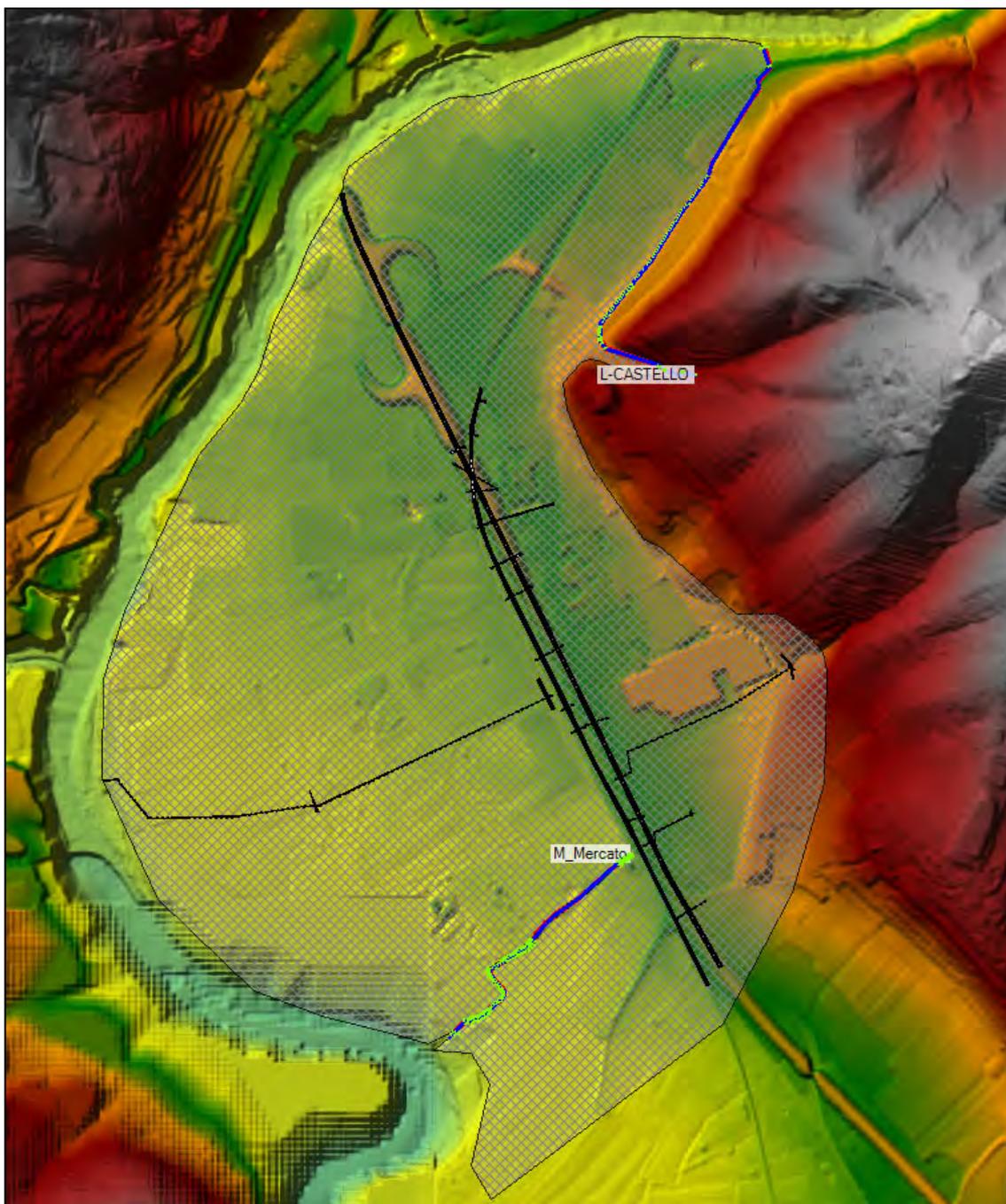


Figura 15. Schema planimetrico del modello idraulico " L+M-Castello+Mercato" su LIDAR.



Figura 16. Schema planimetrico del modello idraulico "L-Castello" su foto aerea.

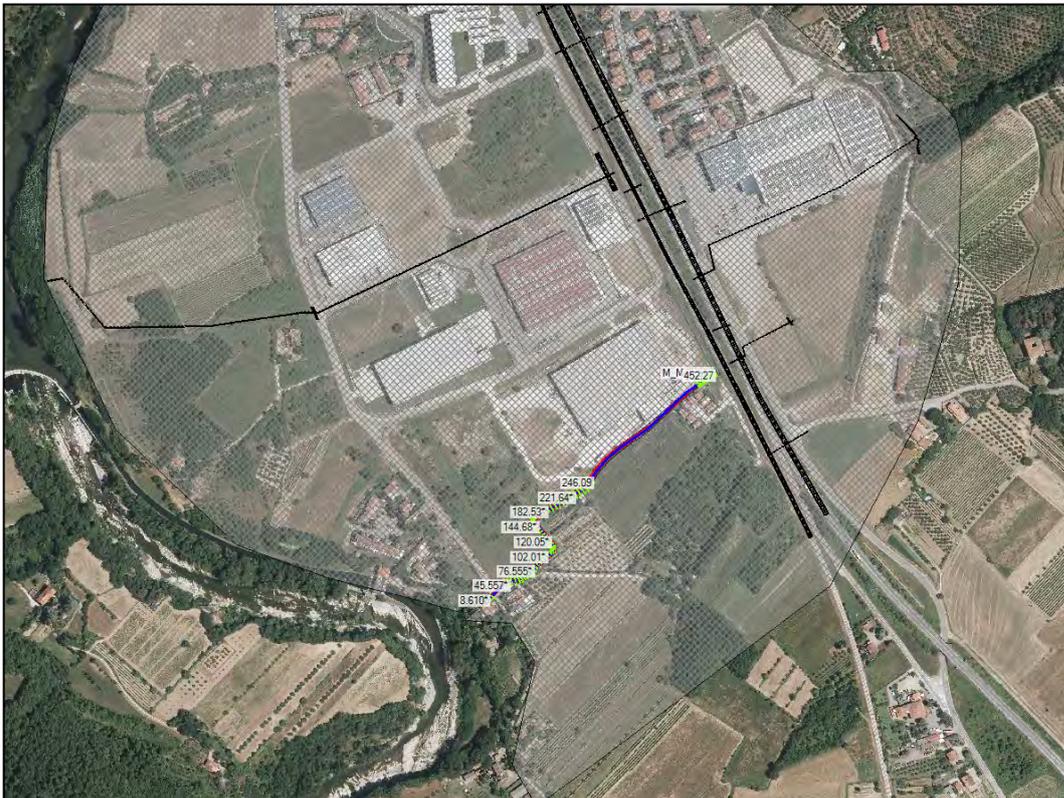


Figura 17. Schema planimetrico del modello idraulico "M-Mercato" su foto aerea.



Figura 18. Modello idraulico " L+M-Castello+Mercato" su foto aerea - particolare sistema di drenaggio.

5.5.5. SISTEMA 5-LA CHIASSA

5	La Chiassa	10	N-Montegiovi
		11	O-Cà di Buffa
		12	P-Compassone
		13	Q-Aff.Chiassa
		14	R-S.Margherita
		15	S-Chiassa

Il territorio interessato da questo sistema idraulico è in gran parte esterno alle aree in cui è disponibile il rilievo LIDAR, grazie al quale è possibile implementare modellazioni idrauliche di tipo 2D, per la determinazione dei battenti, delle velocità e della magnitudo idraulica nelle aree allagabili.

In dettaglio, i corsi d'acqua di Montegiovi e Cà di Buffa e le loro aree di influenza in termini di allagamento, sono coperte dal rilievo LIDAR. Per questi due corsi d'acqua è stata implementata una modellazione idraulica di tipo 2D in moto vario.

I corsi d'acqua: Compassone, Aff.Chiassa e S. Margherita ricadono in un'area in cui non è presente il rilievo LIDAR, così come per il torrente Chiassa a monte della confluenza con il Compassone. La cartografia disponibile risulta essere la CTR10k e solamente per limitate porzioni relative ai nuclei urbanizzati di Cà di Buffa a Chiaveretto, la Ctr2k.

Per il Compassone, l'Affluente Chiassa e il S. Margherita, la definizione dei battenti nelle aree allagate, necessari per la determinazione della magnitudo idraulica, è stata effettuata analizzando i risultati della modellazione in moto permanente di tipo 1D, definendo i perimetri delle aree allagate tramite l'analisi dei risultati della modellazione e di sopralluoghi in sito, imponendo su queste aree i livelli del battente medio ricavato dall'analisi dei risultati ottenuti sulle sezioni idrauliche. In questi tre casi non è stata determinata la velocità della corrente nelle aree allagate, la magnitudo idraulica è stata assegnata cautelativamente considerando solo i battenti, secondo quanto stabilito dall'art.2 comma h della LR.41/2018.

Per il torrente Chiassa si è proceduto al rilievo di sezioni di alveo adeguatamente estese in sinistra e destra idraulica. Utilizzando questi dati, e dove necessario i dati altimetrici ricavati dal DTM idrografico regionale (dtmidcnt.asc), è stato ricostruito un DTM che ha rappresentato la base per il calcolo dei battenti, delle velocità e di conseguenza della magnitudo idraulica.

Con questa metodologia è stato possibile definire, con un buon grado di dettaglio, le carte di pericolosità da alluvione, la carta dei battenti, la carta delle velocità, dove questa è stata calcolata, e della magnitudo idraulica.

Le incertezze sui risultati modellistici derivanti dalla mancanza di un modello digitale del terreno dettagliato è stata gestita effettuando valutazioni che andassero sempre a favore di sicurezza idraulica e di tutela delle aree sottoposte ad allagamento.

Per una definizione dei tematismi idraulici avente lo stesso grado di dettaglio di quella ottenuta per gli altri corsi d'acqua analizzati, sarebbe auspicabile la realizzazione di un DTM che copra tutta l'area che interessa il tratto del torrente Chiassa che va dalla confluenza con il Compassone fino a monte del Attraversamento della Strada Provinciale della Libbia in loc. Chiaveretto.

5.5.5.1. N-MONTEGIOVI

Le sezioni utilizzate per la modellazione idraulica derivano dai rilievi effettuati per l'approfondimento che accompagna la variante al Regolamento Urbanistico del 2011 (Variante 7bis) e da approfondimenti topografici di dettaglio eseguiti dagli scriventi.

Il modello implementato è in moto vario di tipo 1D/2D.

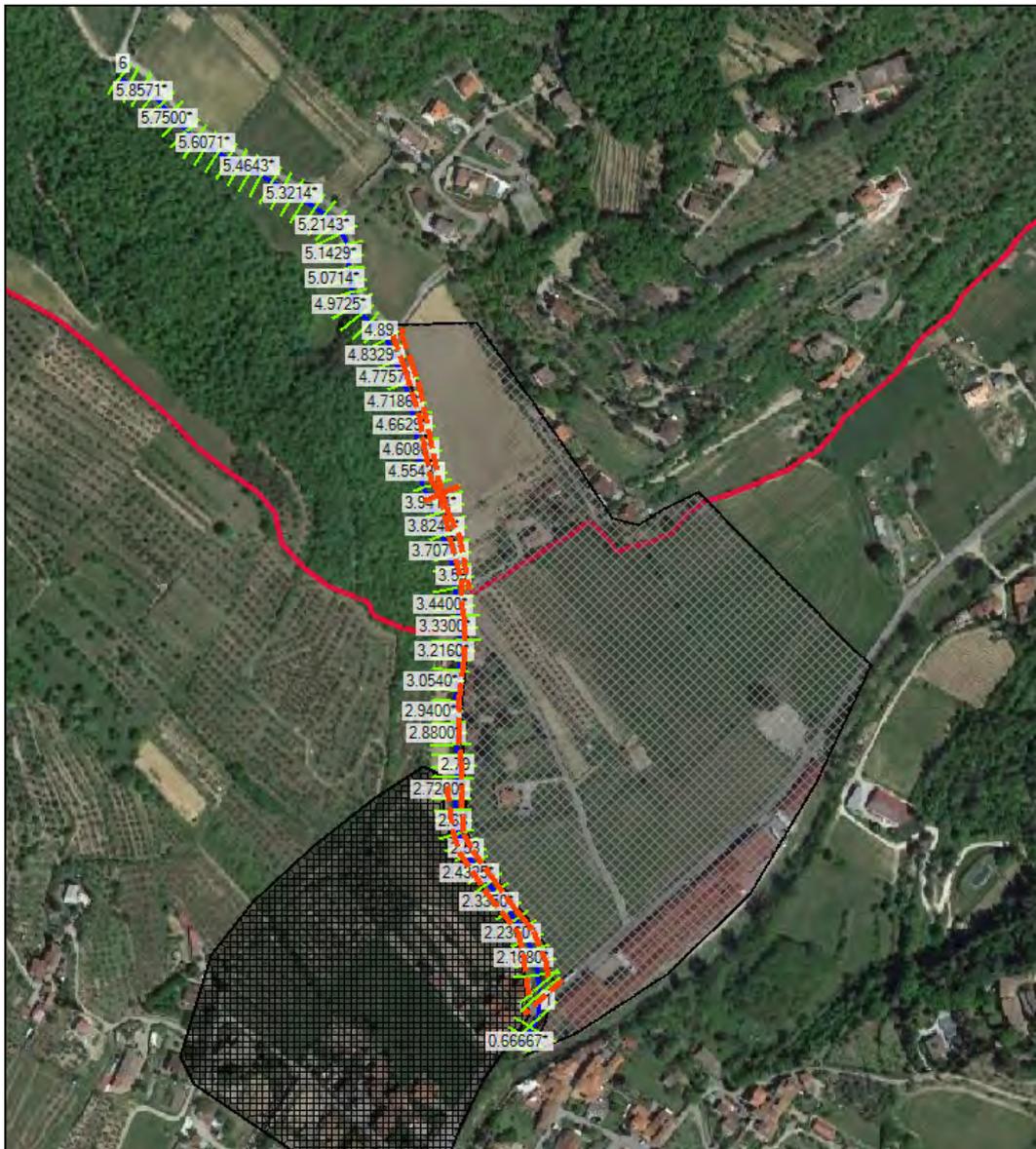


Figura 19. Schema planimetrico del modello idraulico " N-Montegiovi" su foto aerea.



Foto 29. N-Montegiovi – Tratto di monte.



Foto 30. N-Montegiovi – Tratto a monte dell'attraversamento sulla Strada Provinciale della Libbia.

5.5.5.2. O-CÀ DI BUFFA

Le sezioni utilizzate per la modellazione idraulica derivano dai rilievi effettuati per l'approfondimento che accompagna il Regolamento Urbanistico del 2007 e la sua variante n.8 del 2014 e da approfondimenti topografici di dettaglio eseguiti dagli scriventi.

Il modello implementato è in moto vario di tipo 1D/2D.



Figura 20. Schema planimetrico del modello idraulico " O-Cà di Buffa" su foto aerea.



Foto 31. O-Cà di Buffa – Tratto a monte dell'attraversamento sulla Strada Provinciale della Libbia.



Foto 32. O-Cà di Buffa –Attraversamento sulla Strada Provinciale della Libbia.

5.5.5.3. P-COMPASSONE

Le sezioni utilizzate per la modellazione idraulica derivano dai rilievi effettuati per l'approfondimento che accompagna la Variante n.3 al Regolamento Urbanistico del 2008 e da approfondimenti di dettaglio eseguiti dagli scriventi. L'area su cui insiste il corso d'acqua non è coperta dal rilievo LIDAR, è quindi stato necessario implementare un modello in moto permanente di tipo 1D.

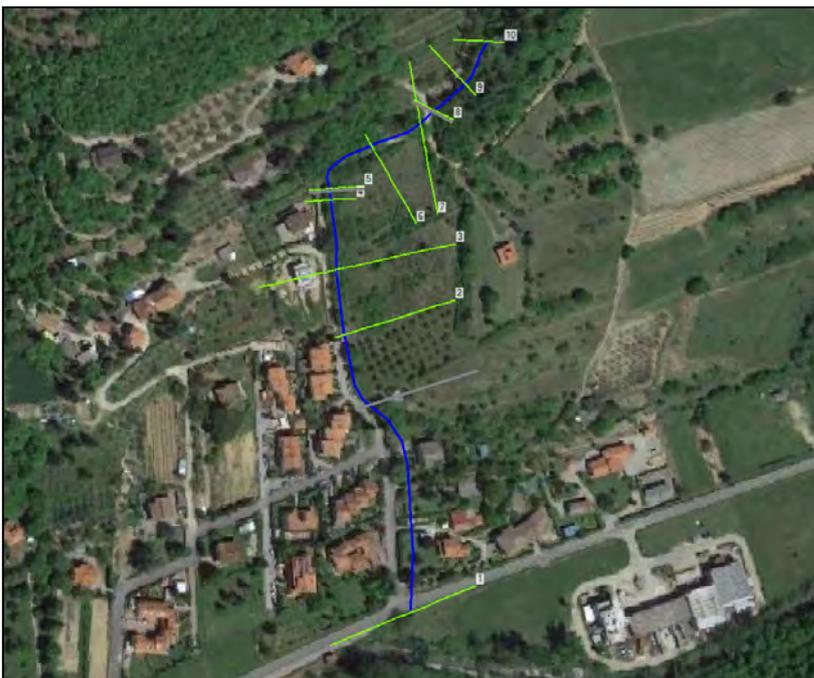


Figura 21. Schema planimetrico del modello idraulico " P-Compassone" su foto aerea.



Foto 33. P-Compassone –Tratto di monte prima del tombino.



Foto 34. P-Compassone –Attraversamento Strada Provinciale della Libbia.

5.5.5.4. Q-AFF. CHIASSA (AV14296)

Le sezioni utilizzate per la modellazione idraulica derivano dai rilievi effettuati per l'approfondimento che accompagna la Variante n.8 al Regolamento Urbanistico del 2014 e da approfondimenti topografici di dettaglio eseguiti dagli scriventi.

Il modello implementato è in moto permanente di tipo 1D.

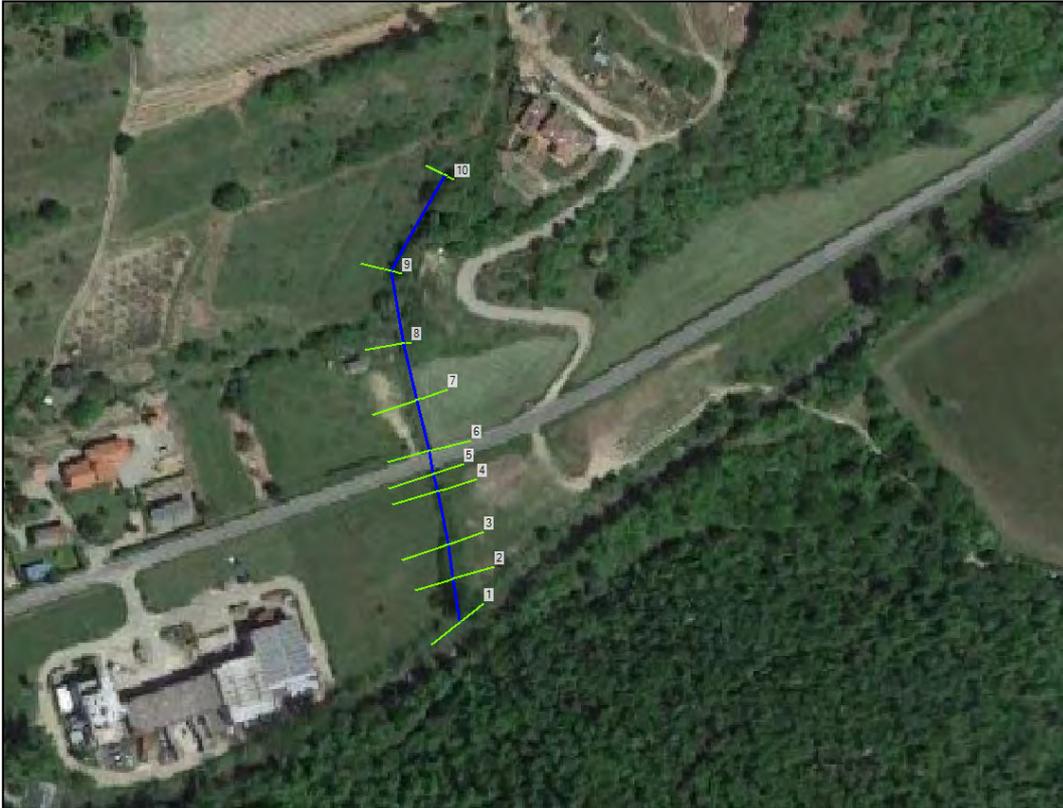


Figura 22. Schema planimetrico del modello idraulico " Q-Aff. Chiassa" su foto aerea.



Foto 35. Q-Aff. Chiassa –tratto a monte dell'attraversamento Strada Provinciale della Libbia.



Foto 36. Q-Aff. Chiassa –Attraversamento Strada Provinciale della Libbia.

5.5.5.5. R-S.MARGHERITA

Le sezioni utilizzate per la modellazione idraulica derivano dai rilievi effettuati per l'approfondimento che accompagna la Variante n.8 al Regolamento Urbanistico del 2014 e da approfondimenti topografici di dettaglio eseguiti dagli scriventi.

Il modello implementato è in moto permanente di tipo 1D.



Figura 23. Schema planimetrico del modello idraulico " R-S. Margherita" su foto aerea.



Foto 37. R-S. Margherita – tratto a monte - attraversamento Strada Provinciale della Libbia.



Foto 38. Q-Aff. Chiassa –tratto a valle dell'attraversamento della Strada Provinciale della Libbia.

5.5.5.6. S-CHIASSA

Le sezioni utilizzate per la modellazione idraulica derivano dai rilievi effettuati per l'approfondimento che accompagna il Piano Strutturale del 2004 e da approfondimenti topografici di dettaglio eseguiti dagli scriventi.

Il modello implementato è in moto vario di tipo 1D.

Per la determinazione dei battenti e delle velocità, non essendo disponibile il DTM derivato dal LIDAR per tutta l'estensione del tratto di studio ad esclusione del tratto di valle, si è proceduto al rilievo di sezioni di alveo adeguatamente estese in sinistra e destra idraulica. Utilizzando i dati del rilievo topografico e dove necessario i dati altimetrici ricavati dal DTM idrografico regionale (dtmidcnt.asc) che è la ricostruzione digitale dell'andamento del terreno ottenuto da CTR10K, è stato ricostruito un DTM che ha rappresentato la base per il calcolo dei battenti, delle velocità e di conseguenza della magnitudo idraulica.

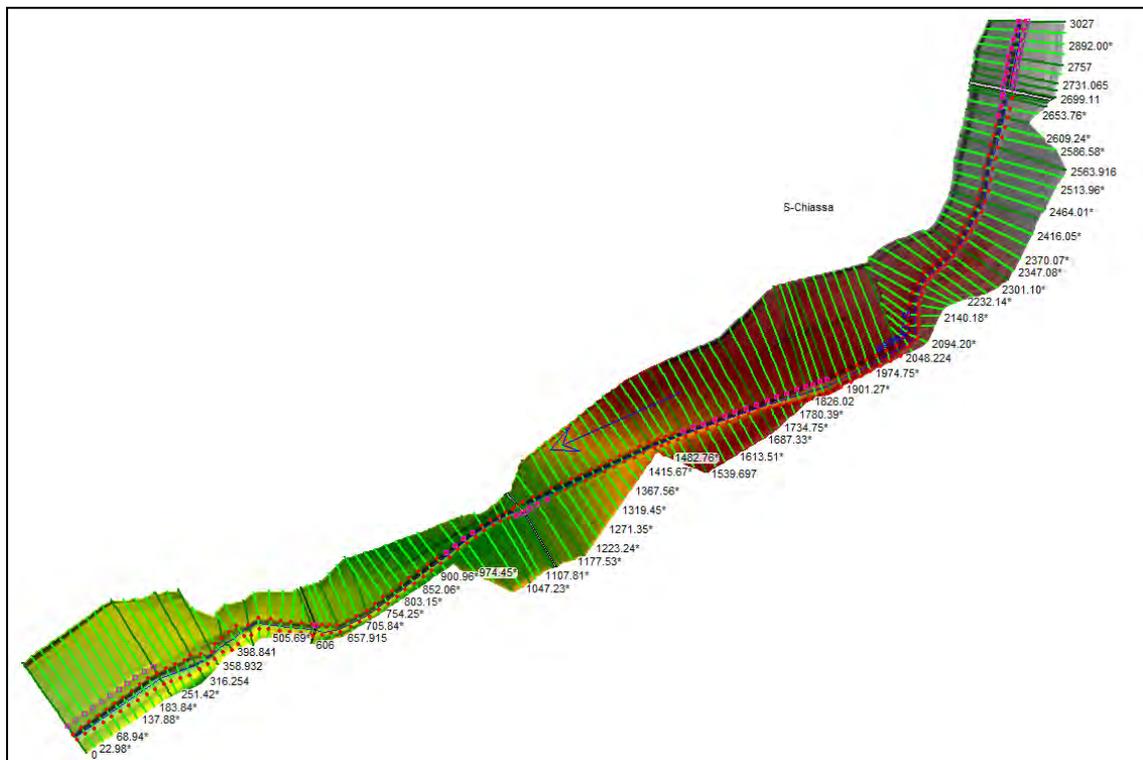


Figura 24. Ricostruzione DTM base per modello idraulico " S-Chiassa" su DTM.



Figura 25. Schema planimetrico del modello idraulico " S-Chiassa" foto aerea.



Foto 39. S-Chiassa – tratto a monte dell'attraversamento della Strada Provinciale della Libbia.



Foto 40. S-Chiassa – Attraversamento della Strada Provinciale della Libbia – loc. Chiaveretto.



Foto 41. S-Chiassa – Attraversamento Strada loc. I Pianelli.



Foto 42. S-Chiassa – Briglia – immediatamente a valle della zona industriale in sponda destra.



Foto 43. S-Chiassa – guado – tra la confluenza del Compassone e del Cà d Buffa.

6. RISULTATI DELLE SIMULAZIONI IDRAULICHE

Le simulazioni idrauliche condotte utilizzando la modellistica descritta, per i vari tempi di ritorno ed i vari scenari di riferimento, hanno fornito: portate e livelli idrometrici per ogni sezione dei corsi d'acqua in esame, portate negli elementi di collegamento (lateral structures) tra moto monodimensionale in alveo e moto bidimensionale in aree extra-alveo, battenti di esondazione e velocità di deflusso in aree esondabili 2D.

6.1. ANALISI DEI RISULTATI

In generale l'influenza dei livelli in Arno e nella Chiassa sul comportamento idraulico degli affluenti (scenario Beta) è risultato trascurabile presentando solamente lievi innalzamenti dei livelli in prossimità della confluenza e restando comunque allineati ai valori dei battenti idraulici derivanti dalle piene in Arno o nella Chiassa.

Si riporta di seguito un'analisi sintetica dei risultati delle modellazioni idrauliche per ciascun corso d'acqua analizzato.

6.1.1. SISTEMA IDRAULICO 1 - SUBBIANO NORD

✓ A-La Crocina:

L'area è interessata dagli allagamenti duecentennali del Fiume Arno che trascinano l'argine esistente a protezione del nucleo urbanizzato, mentre per Tr30 anni l'argine protegge l'area dai fenomeni alluvionali derivanti direttamente dall'Arno. Il fosso della Crocina esonda a monte di via umbro casentinese a causa della presenza del tratto tombato, provocando allagamenti nell'area di valle sia per Tr30 anni che per Tr200anni. La presenza dell'argine in questo caso costituisce un ostacolo al deflusso delle portate esondate portando all'innalzamento dei battenti idrici.

✓ B-Brelle:

La presenza del tombamento di valle prima dello sbocco in Arno crea un profilo di rigurgito che porta all'allagamento della sede stradale che corre in fregio al corso d'acqua in sponda destra per una portata duecentennale, mentre la portata trentennale rimane confinata in alveo. Questo comportamento avviene per entrambi gli scenari analizzati (Alpha e Beta).

Il comportamento idraulico viene influenzato dai livelli in Arno (scenario Beta), innalzando i battenti a monte del tombamento in modo significativo. In entrambi gli scenari analizzati il rigurgito rimane confinato a monte di via umbro casentinese, non interessando la sede stradale.

✓ C-Talla:

I livelli in Arno non influenzano il comportamento del Rio Talla in modo significativo, mostrando un leggero innalzamento dei livelli in prossimità della confluenza in alveo che provocano un aumento dell'estensione delle aree allagate, soprattutto in sponda destra, che comunque non interessano il nucleo abitato, ma ne lambiscono il perimetro interessando alcuni resede adiacenti la sponda del corso d'acqua.

A monte degli attraversamenti di valle si ha un'area interessata da esondazioni in sponda sinistra in entrambi gli scenari e sia per tempi di ritorno di duecento che di trenta anni.

Un'attenzione particolare va posta al sottopasso stradale della linea ferroviaria che per un evento duecentennale può essere interessato dagli allagamenti. Per la sua particolare conformazione i battenti che si possono instaurare al suo interno saranno simili a quelli di valle, non avendo questo una parte centrale ribassata, ma si ritiene comunque importante evidenziarne la pericolosità in quanto provenendo da monte si potrebbe non avere la percezione del rischio presente a valle.

A seguito dei sopralluoghi effettuati per la redazione degli studi idrologico-idraulici è stata riscontrata una situazione critica relativa alla soglia di fondo in cemento, che presenta fenomeni di scalzamento al piede nella parte di valle.

6.1.2. SISTEMA IDRAULICO 2 - SUBBIANO CENTRO ABITATO

✓ D-La Marga:

I livelli in Arno non influenzano il comportamento idraulico del corso d'acqua, che presenta fenomeni di superamento dei cigli di sponda sia in destra che sinistra su tutto il tratto di studio, che sviluppano allagamenti limitati nelle adiacenze delle sponde stesse.

✓ E-Le Vaglie:

La presenza del tombamento, che parte dal tratto di monte e attraversa tutto il nucleo urbano di Subbiano, costituito nel tratto iniziale da un CLS DN1000, condiziona in modo rilevante il comportamento idraulico di questo corso

d'acqua. La struttura risulta insufficiente al transito della portata trentennale creando un profilo di rigurgito che innalza i livelli idrici di monte, andando ad allagare la sede stradale di via Dini. Il flusso d'acqua si incanala lungo via Dini e poi interessa la parte urbanizzata di valle fino a raggiungere l'Arno. In generale i battenti sono contenuti per tutti gli scenari analizzati, mentre le velocità risultano elevate in corrispondenza di Via Dini e nel tratto di monte di via Todaro fino al sottopasso della SR71.

Particolare attenzione va posta al sottopasso della strada regionale n.71 Umbro Casentinese Romagnola, su via Todaro, dove si instaurano battenti importanti creando un rischio idraulico significativo.

Queste dinamiche di allagamento avvengono in entrambi gli scenari e sia per i tempi di ritorno di duecento anni che di trenta anni.

Una parte del flusso di allagamento corre lungo la zona urbanizzata di valle fino a raggiungere la Marga immediatamente a monte della SR71.

✓ F-La Lastra:

La presenza del tombamento, che parte dal tratto di monte e attraversa tutto il nucleo urbano di Subbiano, costituito nel tratto iniziale da uno scatolare di dimensioni 2.70xh2.42 metri, condiziona in modo rilevante il comportamento idraulico di questo corso d'acqua. La struttura risulta sufficiente al transito della portata trentennale, ma non adeguata per quella duecentennale. In quest'ultimo scenario si ha un rigurgito a monte dell'attraversamento che innalza i livelli idrici di monte fino a superare il muretto presente e allagando via Divisione Garibaldi e interessando poi la parte urbanizzata di valle fino a raggiungere il fiume Arno. In generale i battenti sono contenuti per tutti gli scenari analizzati, mentre le velocità risultano elevate in corrispondenza di via Divisione Garibaldi e del percorso pedonale che collega via Cini a monte con via Lorenzo Boschi a valle, seguendo il percorso intubato del corso d'acqua.

Particolare attenzione va posta ai due sottopassi presenti sul percorso pedonale, il primo su via Giotto e il secondo sulla SR71, dove si instaurano battenti importanti creando un rischio idraulico significativo.

Le dinamiche di allagamento descritte avvengono in entrambi gli scenari non presentando significative differenze tra lo scenario Alpha e Beta.

6.1.3. SISTEMA IDRAULICO 3 – LOC.PONTE CALIANO

✓ G-Bagno:

I livelli in Arno influenzano il comportamento del fosso del Bagno in modo trascurabile. Le portate negli scenari analizzati e per i tempi di ritorno di duecento e trenta anni risultano contenute in alveo e non sono presenti fenomeni di esondazione che interessano le aree contermini al sedime fluviale.

✓ H-La Vigna:

I livelli in Arno non influenzano il comportamento del fosso della Vigna in modo significativo.

La presenza del tombino che parte dal tratto di monte, in corrispondenza di via località il Palazzo e arriva in Arno attraversando la strada principale che corre lungo la sua sponda sinistra, condiziona in modo rilevante il comportamento idraulico di questo corso d'acqua. La tubazione, in CLS DN1200, non è sufficiente al transito della portata trentennale. Questo crea un profilo di rigurgito che innalza i livelli idrici a monte e, nonostante la presenza di un pozzetto scolmatore munito di due tubazioni in Pead DI600, si ha il superamento del muro di sponda con conseguente allagamento della sede viaria e della parte urbanizzata di valle, fino a raggiungere il fiume Arno. I battenti che si instaurano non sono trascurabili e le velocità sono in alcuni tratti notevoli, creando un rischio idraulico significativo.

Il fosso del Chiarone, affluente in destra del fosso della Vigna presenta anch'esso problematiche derivanti dal suo tombamento nel tratto finale, andando ad allagare le aree poste in sponda destra. I battenti attesi risultano in generale contenuti, ma le velocità del flusso, a causa della morfologia del territorio, risultano elevate.

Le dinamiche di allagamento descritte avvengono in entrambi gli scenari e per i tempi di ritorno di duecento e trenta anni, non presentando significative differenze tra lo scenario Alpha e Beta.

✓ I-Fossatello:

I livelli in Arno non influenzano il comportamento del Fossatello. Le portate negli scenari analizzati e per i tempi di ritorno di duecento e trenta anni risultano contenute in alveo e non sono presenti fenomeni di esondazione che interessano le aree contermini al sedime fluviale.

Una criticità rilevante si riscontra in prossimità del tratto vallivo, immediatamente a monte della zona edificata, dove i franchi di sicurezza idraulica si riducono in modo significativo.

6.1.4. SISTEMA IDRAULICO 4 – CASTELNUOVO

✓ L-Castello:

I livelli in Arno non influenzano il comportamento del fosso del Castello.

La presenza del tombino nel tratto di valle, in prossimità dell'ingresso di Villa La Ginestra, un PVC DN500, che corre lungo la viabilità principale, per poi confluire in Arno in prossimità della curva sulla SR71, insieme alla particolare conformazione del tratto immediatamente a monte in cui il fosso risulta pensile rispetto alla strada, condiziona in modo rilevante il comportamento idraulico di questo corso d'acqua.

La sezione idraulica del fosso nel tratto a monte del tombamento e l'insufficienza della sezione del tratto tombato provocano, anche per la portata trentennale, il superamento del ciglio di sponda sinistro, andando ad allagare la viabilità sottostante e successivamente la zona urbanizzata che rimane tra questa e la linea ferroviaria. Anche la linea ferroviaria risulta interessata in parte da fenomeni di allagamento. Il flusso si divide in due parti: una prosegue in direzione nord-est, fino a raggiungere l'Arno, l'altra si incanala lungo la linea ferroviaria in direzione opposta raggiungendo la località Castelnuovo e interessando, con gli allagamenti, sia un'area urbana posta a est della linea ferroviaria sia parte della zona industriale che si trova al di là del rilevato stradale della SR71, che viene attraversato a causa della presenza di un attraversamento stradale esistente.

Le dinamiche di allagamento descritte avvengono per i tempi di ritorno sia di duecento e trenta anni.

✓ M-Mercato o di Liena:

I livelli in Arno non influenzano il comportamento del fosso del Mercato o di Liena.

La presenza delle due infrastrutture lineari di valle: la SR71 e la linea ferroviaria, condiziona in modo significativo la dinamica di allagamento sia delle aree poste a monte che di quelle poste a valle. La presenza del tombamento del fosso a monte dell'area commerciale, un CLS DN800, ne riduce l'efficienza idraulica in modo importante, producendo un rigurgito che innalza i livelli idrici di monte fino a superare il muro in pietra esistente e tracimando a valle. Il flusso va ad interessare tutta l'area di valle fino a raggiungere la SR71. Qui tramite un complesso sistema di tombature, passa al di là del rilevato ferroviario e viene raccolta in parte sul fosso del Mercato, in un primo tratto a cielo aperto a sezione rettangolare in CLS (vasca di sedimentazione e intercettazione materiale galleggiante), per poi essere intubato in un tombino

in CLS DN1200, e proseguire poi a cielo parto fino a raggiungere l'Arno più a valle. Un parte del flusso, che a monte della SR71 corre in direzione nord-ovest, attraversa le due infrastrutture lineari (SR71 e linea ferroviaria), insieme alle portate provenienti dai bacini collinari che insistono sulla parte nord di Castelnuovo, attraverso il sistema di tombini esistenti, confluendo nel fosso che corre al piede della linea ferroviaria, nella parte di valle. Questo ha come unico recapito una tubazione in CLS DN1000 che consiste nella fognatura meteorica a servizio anche dell'area industriale. L'insufficienza idraulica di questo sistema produce il superamento dei cigli di sponda del fosso provocando l'allagamento delle aree di valle.

I battenti che si instaurano sono in generale di modesta entità con alcune eccezioni relativamente ad alcune aree adiacenti alla parte di monte del rilevato della SR71. Le velocità sono in generale limitate con l'eccezione del tratto immediatamente a valle del tombamento di monte, dove la morfologia locale produce velocità più elevate.

Le dinamiche di allagamento descritte si verificano sia per portate con tempo di ritorno di duecento anni che di trenta anni.

6.1.5. SISTEMA IDRAULICO 5 – LA CHIASSA

✓ N-Montegiovi:

La modellazione idraulica evidenzia fenomeni di sormonto del ciglio di sponda sinistro a monte della località Casacciola, che provoca l'allagamento della sede viaria e di alcuni appezzamenti di terreno a destinazione agricola adiacenti. I battenti e le velocità che si instaurano risultano limitati.

✓ O-Cà di Buffa:

I livelli nella Chiassa hanno influenza trascurabile sul comportamento del fosso Cà di Buffa. La presenza dell'attraversamento della strada provinciale della Libbia, in CLS DN1000, influenza il comportamento idraulico del corso d'acqua, provocando degli allagamenti a monte sia in sponda sinistra che in destra.

Le dinamiche di allagamento descritte si verificano sia per portate con tempo di ritorno di duecento anni che di trenta anni.

✓ P-Compassone:

I livelli nella Chiassa hanno un'influenza trascurabile sul comportamento del fosso Compassone. La presenza degli attraversamenti nel tratto di monte e di quello nel tratto di valle, provocano restringimenti della sezione idraulica con

conseguente innalzamento dei livelli idrici di monte e superamento dei cigli di sponda. Il flusso fuoriuscito dall'alveo interessa la sede stradale e le aree contermini, producendo in alcune sezioni battenti importanti.

Le dinamiche di allagamento descritte si verificano sia per portate con tempo di ritorno di duecento anni che di trenta anni.

✓ Q-Aff. Chiassa:

I livelli nella Chiassa hanno un'influenza non trascurabile sul comportamento del fosso Aff. Chiassa, innalzando il livello di valle e incrementando il fenomeno di rigurgito del corso d'acqua. La presenza dell'attraversamento della strada provinciale della Libbia, in muratura e in stato di pessima manutenzione, presentando un sovralluvionamento che ne limita in maniera importante la sezione idraulica, provoca in entrambi gli scenari analizzati un fenomeno di rigurgito con conseguente allagamento della sede stradale e delle aree sia di monte che di valle.

Le dinamiche di allagamento descritte si verificano sia per portate con tempo di ritorno di duecento anni che di trenta anni.

✓ R-S. Margherita:

I livelli nella Chiassa hanno un'influenza trascurabile sul comportamento del fosso Santa Margherita, riguardando solamente la parte di valle a destinazione agricola del corso d'acqua. L'attraversamento di monte sulla strada provinciale della Libbia, risulta sufficiente al transito della portata trentennale, mentre risulta entrare in pressione per la portata di duecento anni, provocando quindi l'allagamento della sede viaria e il conseguente l'allagamento delle aree di valle. Il flusso interessa le aree in sponda destra, che risulta non difesa da opere arginali a differenza della sponda sinistra. Nel tratto più a valle la sezione d'alveo risulta inadeguata al transito della portata sia trentennale che duecentennale, portando al superamento delle sommità arginali, dove esistenti e/o dei cigli di sponda, allagando le aree contermini.

✓ S-Chiassa:

La modellazione idraulica evidenzia fenomeni di sormonto dei cigli di sponda in diversi tratti del corso d'acqua, con conseguente allagamento delle aree adiacenti, nella maggior parte dei casi a destinazione agricola. La situazione più critica si riscontra in prossimità della località Cà di Buffa, in cui l'allagamento interessa una porzione di area urbanizzata, che rimane tra la strada provinciale e il corso d'acqua. In quest'area si raggiungono battenti e velocità di flusso importanti determinando un rischio idraulico significativo.

Le dinamiche di allagamento descritte si verificano sia per portate con tempo di ritorno di duecento anni che di trenta anni.

6.2. DESCRIZIONE DEGLI ELABORATI REDATTI

Sulla base dei risultati ottenuti nelle simulazioni idrauliche sono state redatte le cartografie delle aree a pericolosità per alluvioni secondo la classificazione riportata al punto C.2 dell'allegato A del DPGR n.5 del 30/01/2020 e della LRT41/2018 e smi:

- ✓ *"aree a pericolosità per alluvioni frequenti P3": lo scenario di allagamento con riferimento al tempo di ritorno non inferiore a trenta anni;*
- ✓ *"aree a pericolosità per alluvioni poco frequenti P2": lo scenario con riferimento al tempo di ritorno non inferiore a duecento anni*
- ✓ *Aree a pericolosità da alluvioni rare o di estrema intensità (P1) corrispondenti ad aree inondabili da eventi con tempo di ritorno superiore a 200 anni e comunque corrispondenti al fondovalle alluvionale.*

Per quanto riguarda la P1, dalla quale ai sensi della normativa vigente non derivano condizionamenti di tipo idraulico, è stata riproposta la perimetrazione del PGRA.

Le carte elaborate sono:

- carta della pericolosità idraulica
- carta della magnitudo idraulica
- carta dei battenti
- carta della velocità della corrente
- carta delle aree presidiate da sistemi arginali comprensiva delle aree di fondovalle

Le carte della velocità e dei battenti sono state elaborate eseguendo, per ciascun tempo di ritorno, l'involuppo dei massimi derivanti dai vari scenari di riferimento: su questi dati è stata elaborata successivamente la mappa di magnitudo.

Il legislatore definisce, nella LR.41/2018, le aree presidiate da sistemi arginali (art. 2 comma s) e disciplina gli interventi nelle aree presidiate da sistemi arginali (art. 14). Di seguito di riporta un estratto della normativa:

Art. 2 comma s) aree presidiate da sistemi arginali: aree situate a quote altimetriche inferiori alla quota posta a 2 metri sopra il piede esterno dell'argine. Il limite esterno di tale aree è determinato dai punti di incontro delle perpendicolari

all'asse del corso d'acqua con il terreno alla quota altimetrica sopra individuata pari a 2 metri, comunque non superiore alla distanza di 300 metri dal piede esterno dell'argine.

Le aree di fondovalle vengono definite al punto b.4 dell'allegato A del DPGR 5/R del 30 gennaio 2020 definisce:

“Al di fuori del territorio urbanizzato, in presenza di aree non riconducibili alle mappe di pericolosità da alluvione ed in assenza di studi idrologici idraulici, sono comunque definiti gli ambiti territoriali di fondovalle posti in situazione morfologicamente sfavorevole, di norma a quote altimetriche inferiori a metri 2 sopra il piede esterno dell'argine o, in mancanza, sopra il ciglio di sponda.”

La carta delle aree presidiate da sistemi arginali comprensiva delle aree di fondovalle è stata elaborata sulla base delle suddette definizioni.

In allegato alla presente relazione si riportano in formato digitale tutti gli elementi che caratterizzano i risultati del modello idraulico completi delle loro grandezze caratteristiche.

I risultati descritti nel presente studio sono stati ottenuti in considerazione dell'assetto attuale del reticolo idrografico analizzato, dell'uso del suolo e in funzione dell'attuale pianificazione urbanistica.

Le indicazioni e i risultati ottenuti dovranno essere rivalutati ed aggiornati in funzione di eventuali varianti della pianificazione urbanistica o per variazioni sostanziali dei parametri idrologico-idraulici significativi che interessino il quadro di riferimento utilizzato (modifica dei dati idrologici indotti da futuri eventi meteorologici estremi; modifiche dell'uso del suolo o del reticolo idrografico; etc.).

I consulenti idraulici:

Dott. Ing. Leonardo Marini

Dott. Ing. Luca Rosadini

ALLEGATI

ALLEGATO 01 – BACINI IDROGRAFICI

ALLEGATO 02 – CALCOLO IA

ALLEGATO 03 – CALCOLO Ks

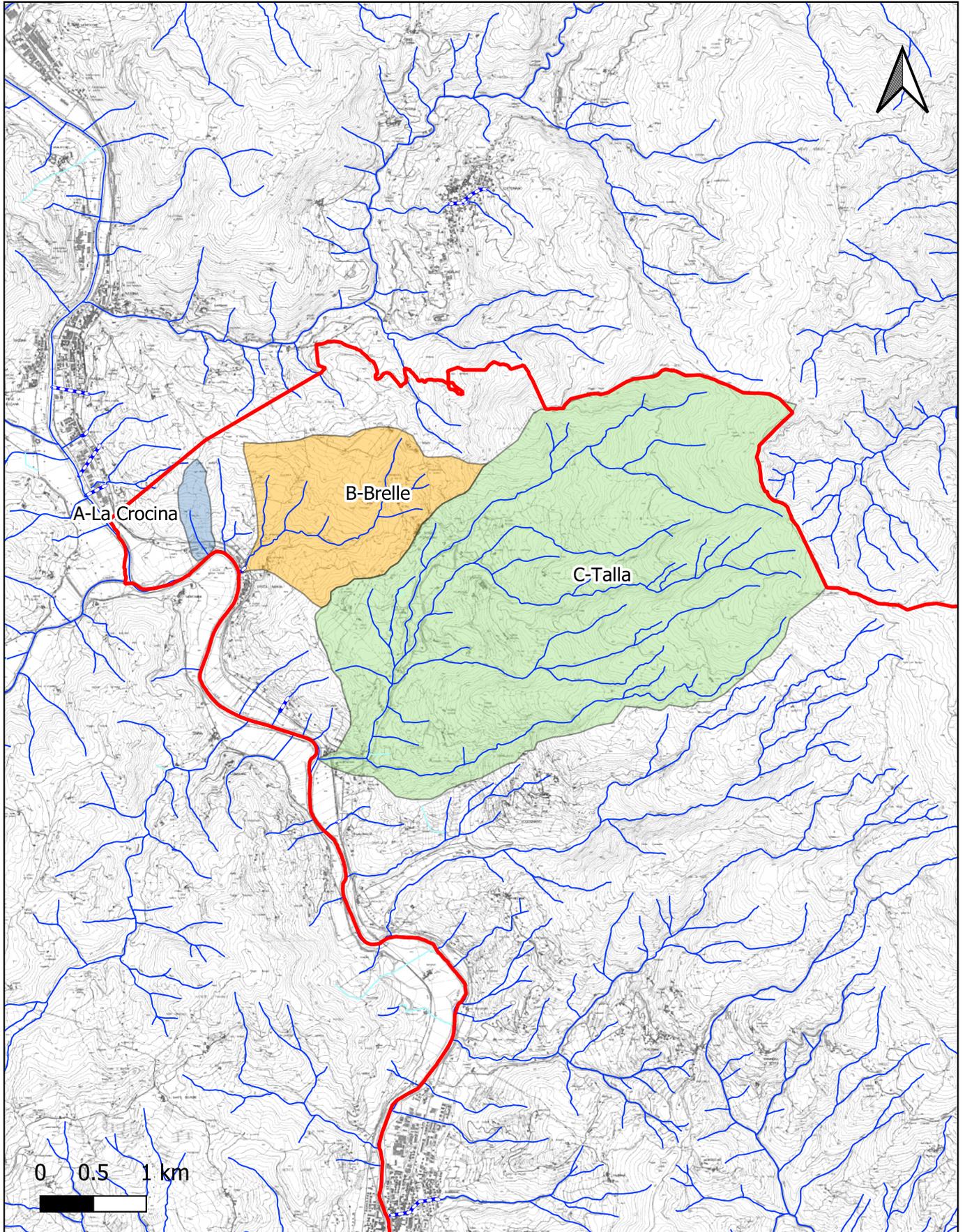
**ALLEGATO 04 – NOTA DELL'AREA PIANIFICAZIONE E TUTELA DAL
RISCHIO ALLUVIONI DELL'AUTORITÀ DI BACINO, PROT. 9149 DEL
03/12/2020**

ALLEGATO 1

Bacini Idrografici

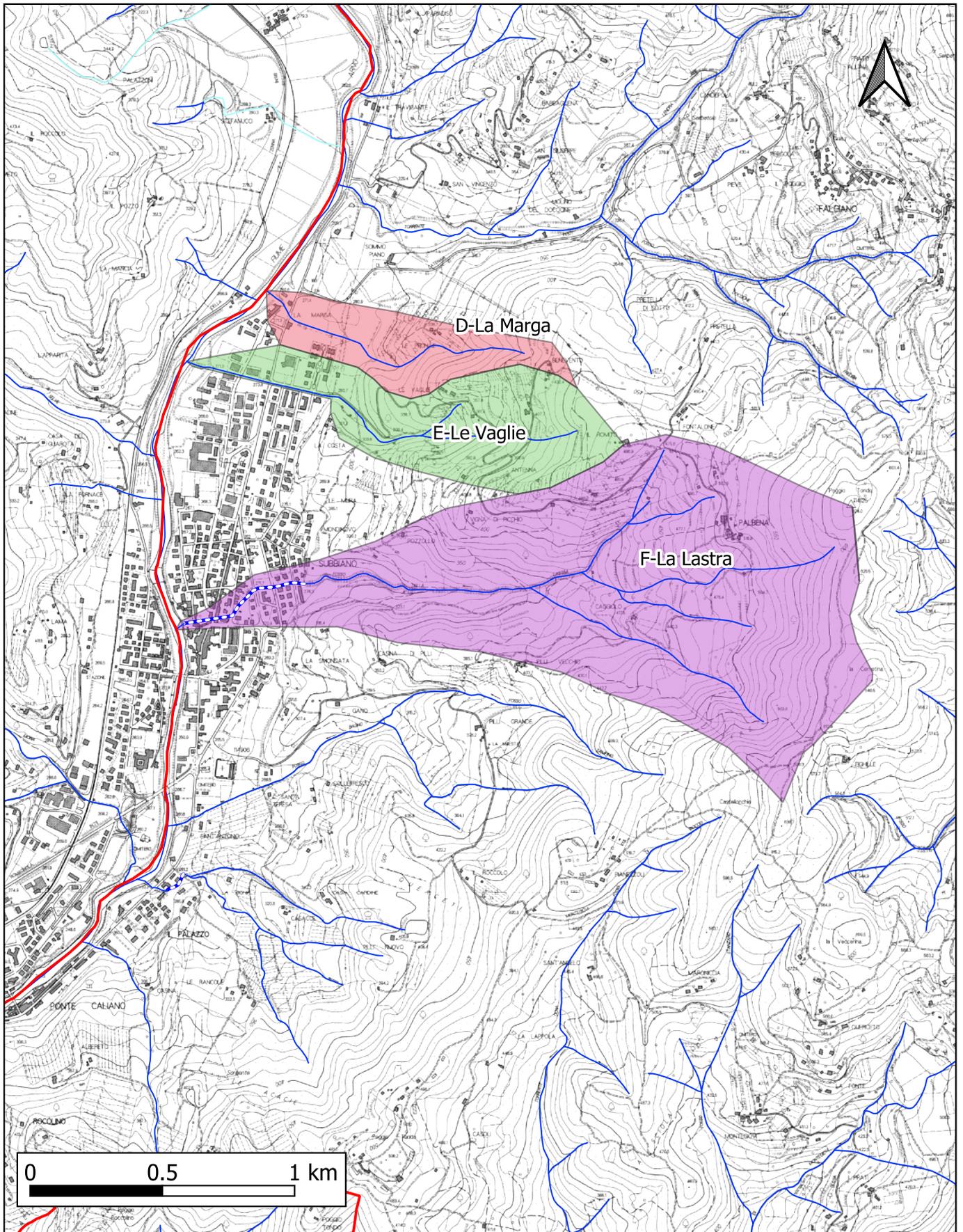
ALLEGATO 1.1 - BACINI IDROGRAFICI

SISTEMA IDRAULICO SUBBIANO NORD



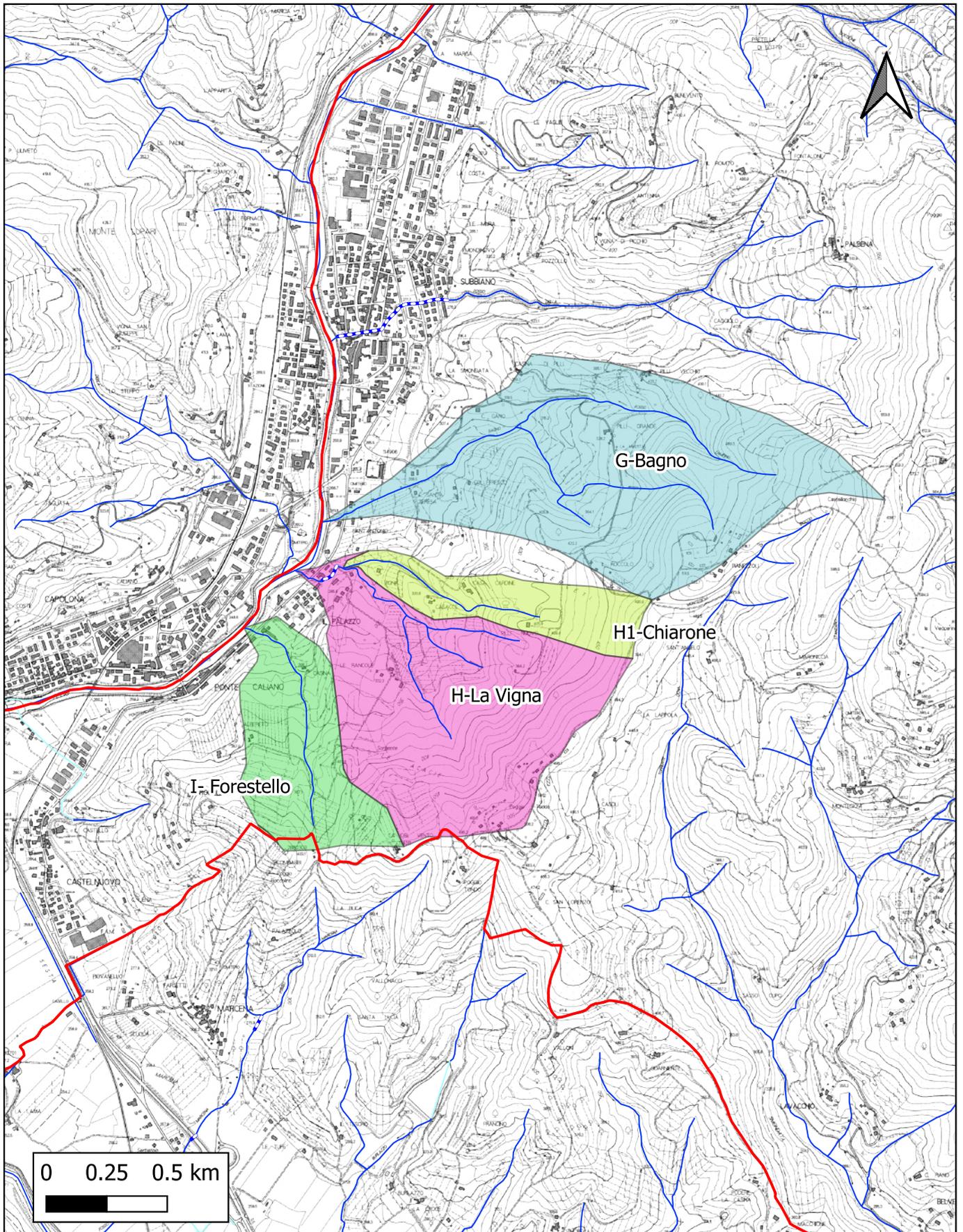
ALLEGATO 1.2 - BACINI IDROGRAFICI

SISTEMA IDRAULICO SUBBIANO - CENTRO ABITATO



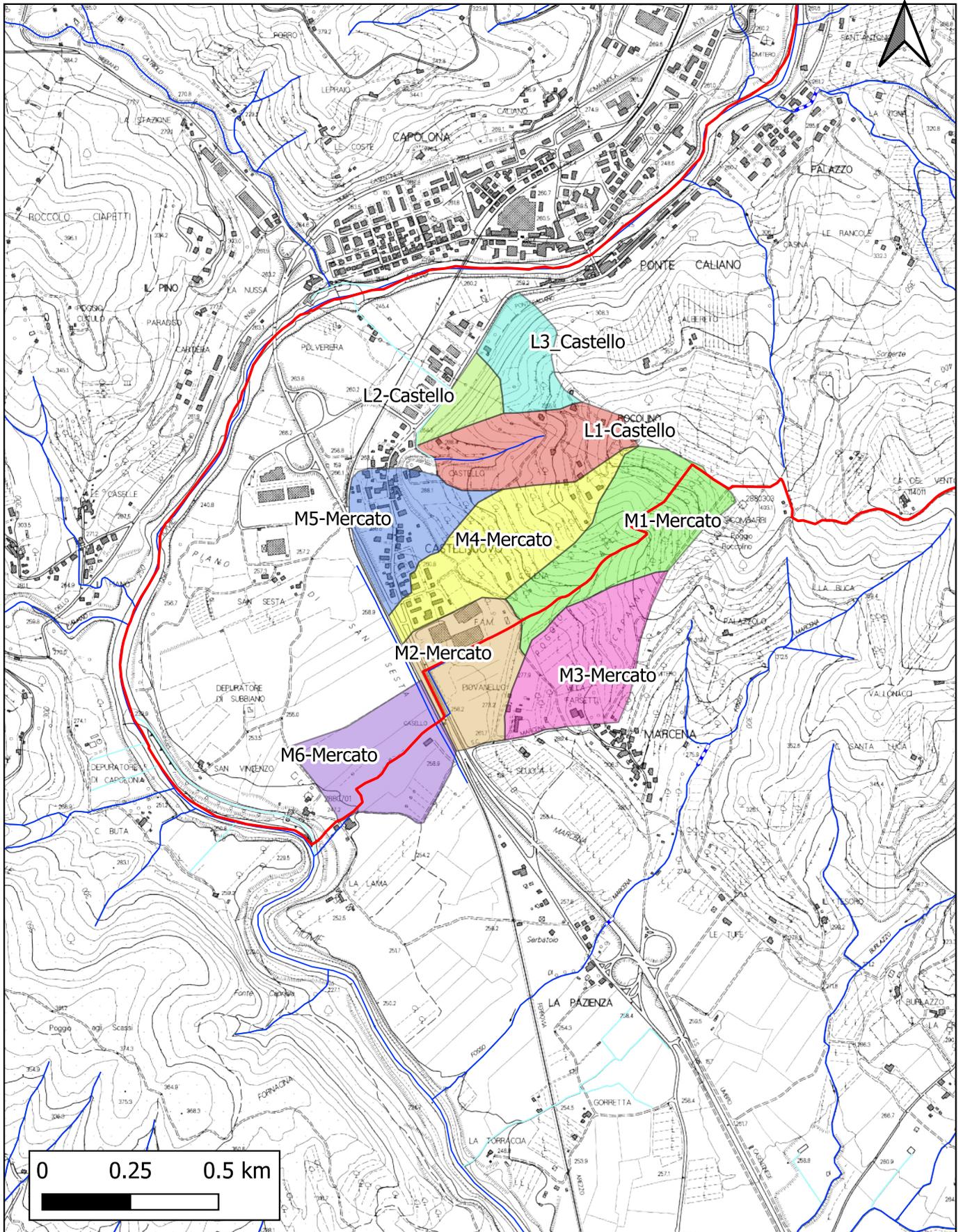
ALLEGATO 1.3 - BACINI IDROGRAFICI

SISTEMA IDRAULICO LOC. PONTE CALIANO



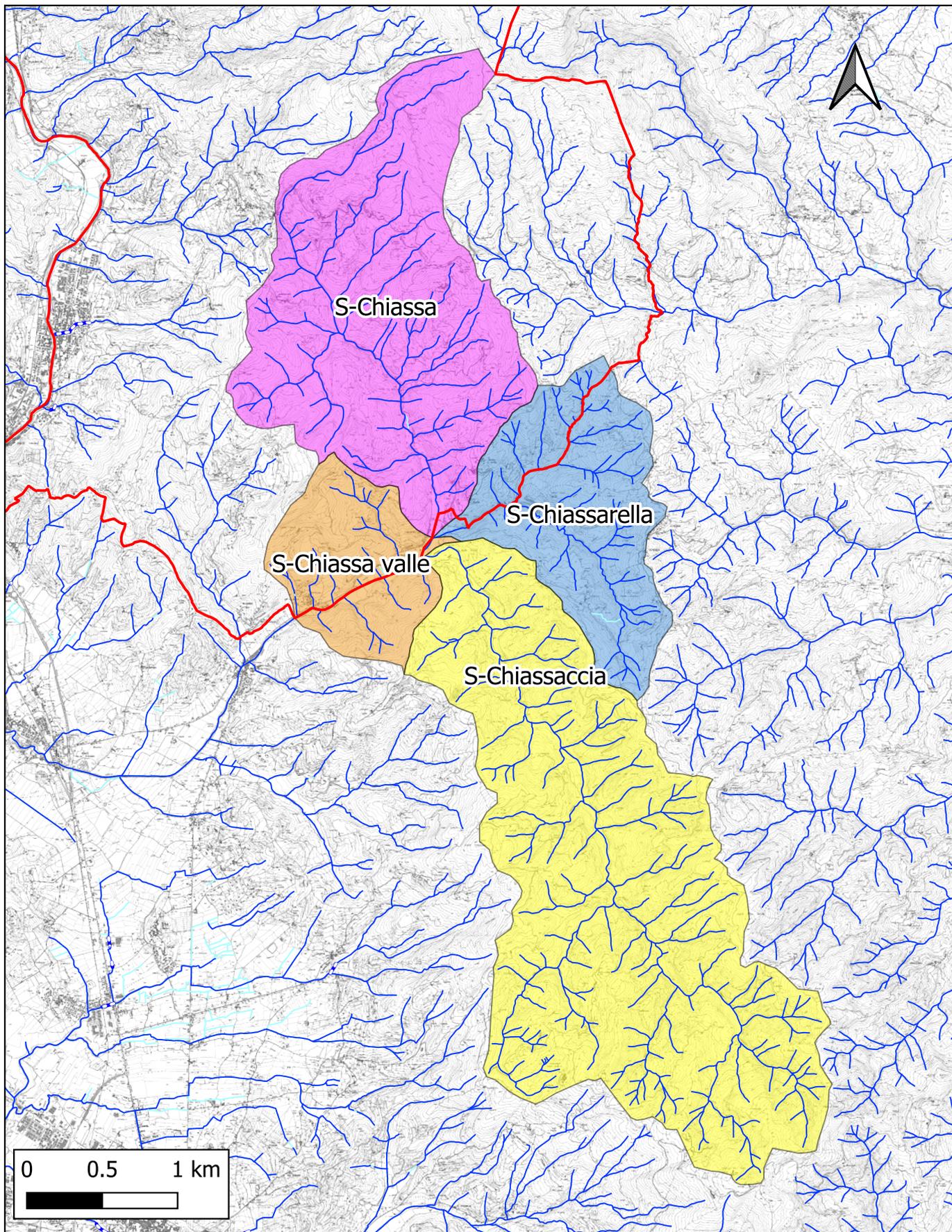
ALLEGATO 1.4 - BACINI IDROGRAFICI

SISTEMA IDRAULICO CASTELNUOVO



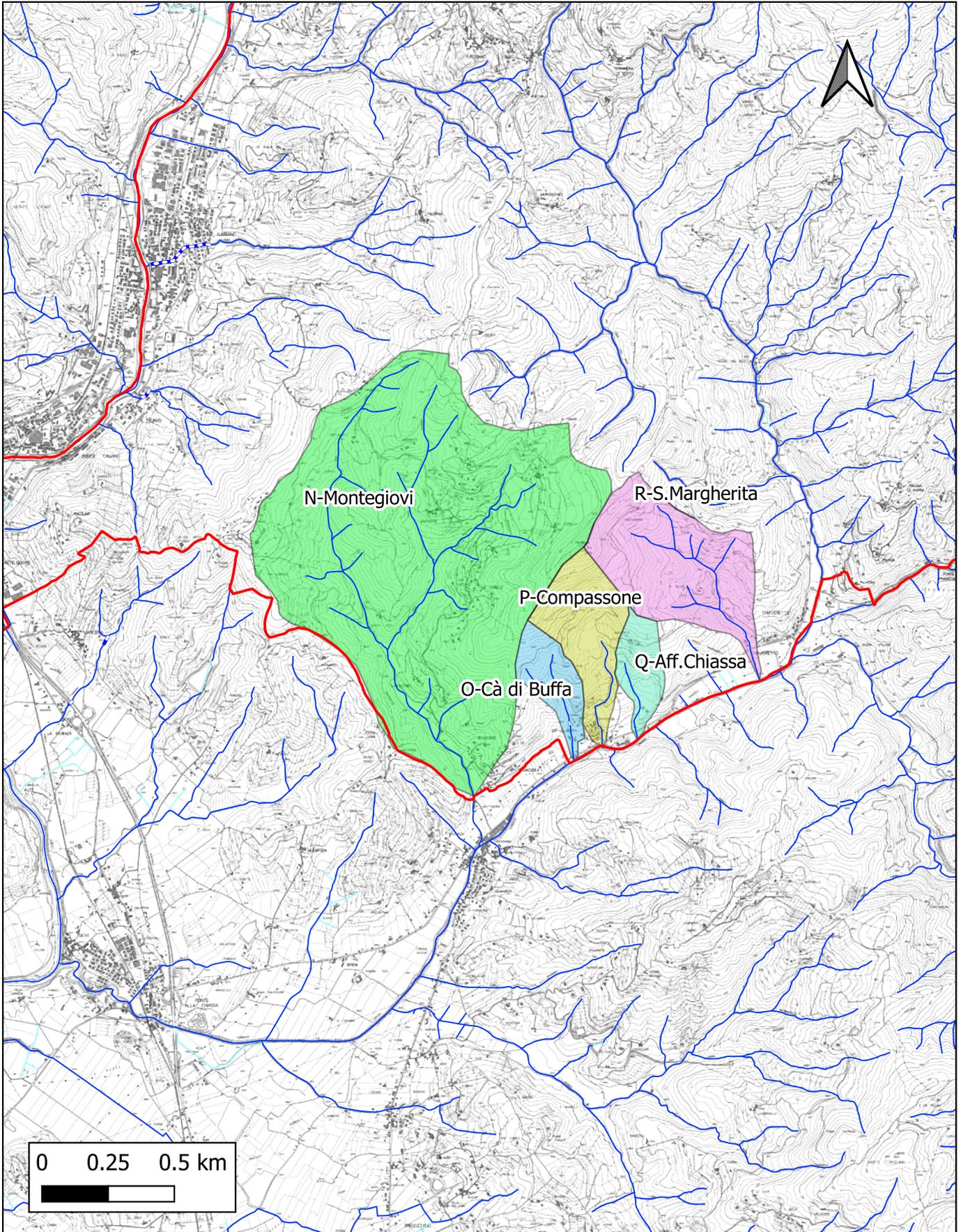
ALLEGATO 1.5 - BACINI IDROGRAFICI

SISTEMA IDRAULICO LA CHIASSA Torrente La Chiassa



ALLEGATO 1.6 - BACINI IDROGRAFICI

SISTEMA IDRAULICO LA CHIASSA Affluenti T. La Chiassa

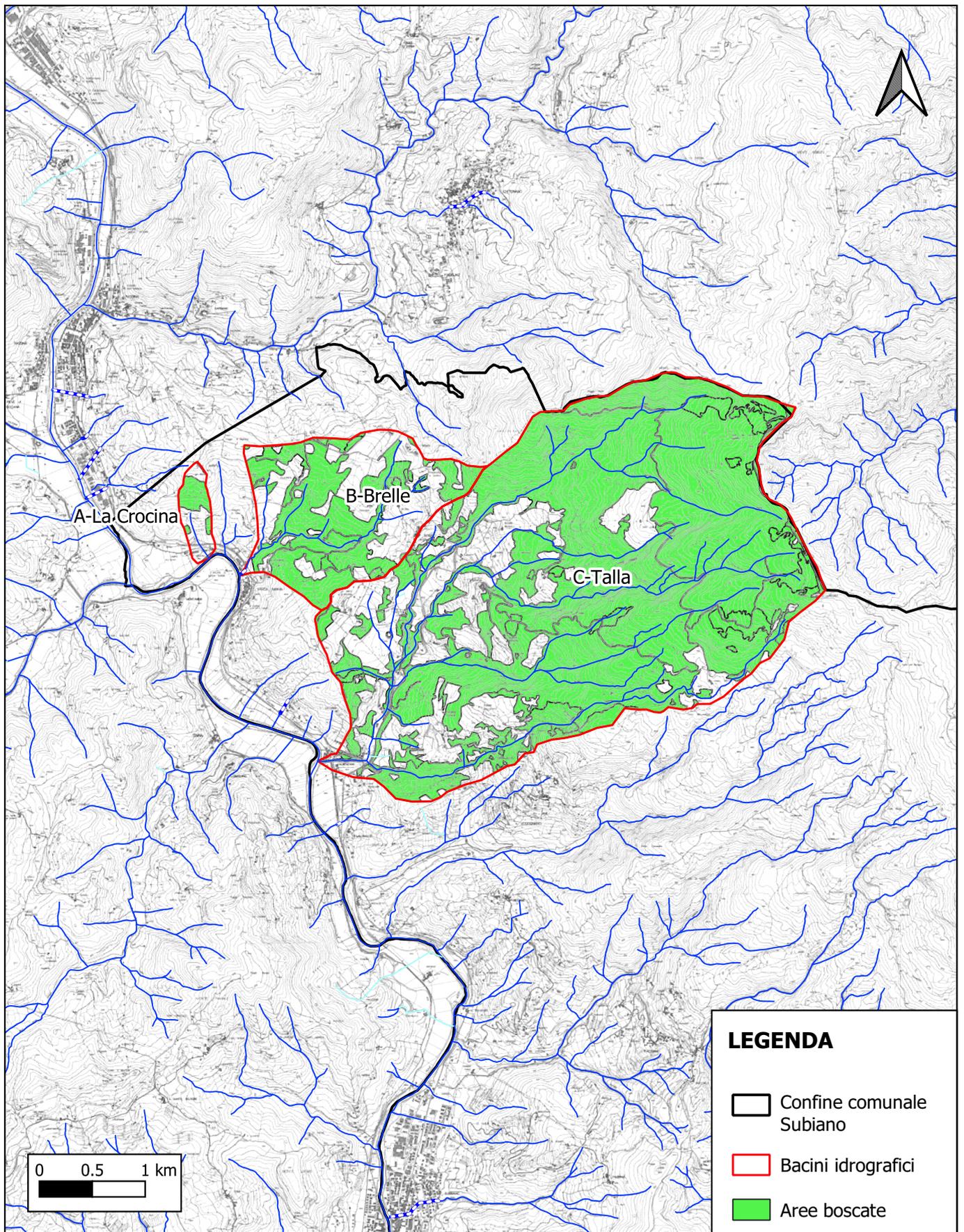


ALLEGATO 2

Calcolo I a

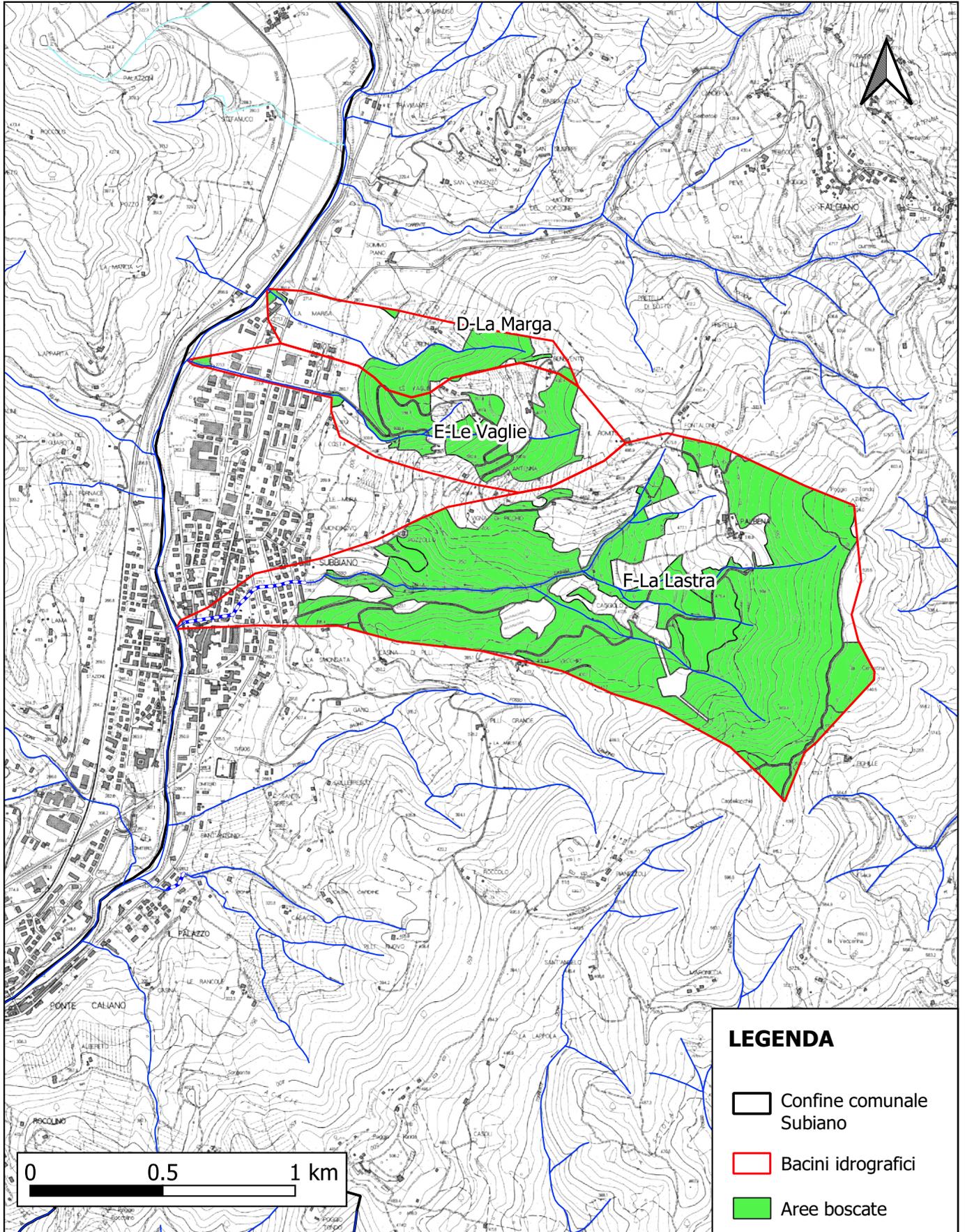
ALLEGATO 2.1 - CALCOLO Ia MAPPA AREE BOScate

SISTEMA IDRAULICO SUBBIANO NORD



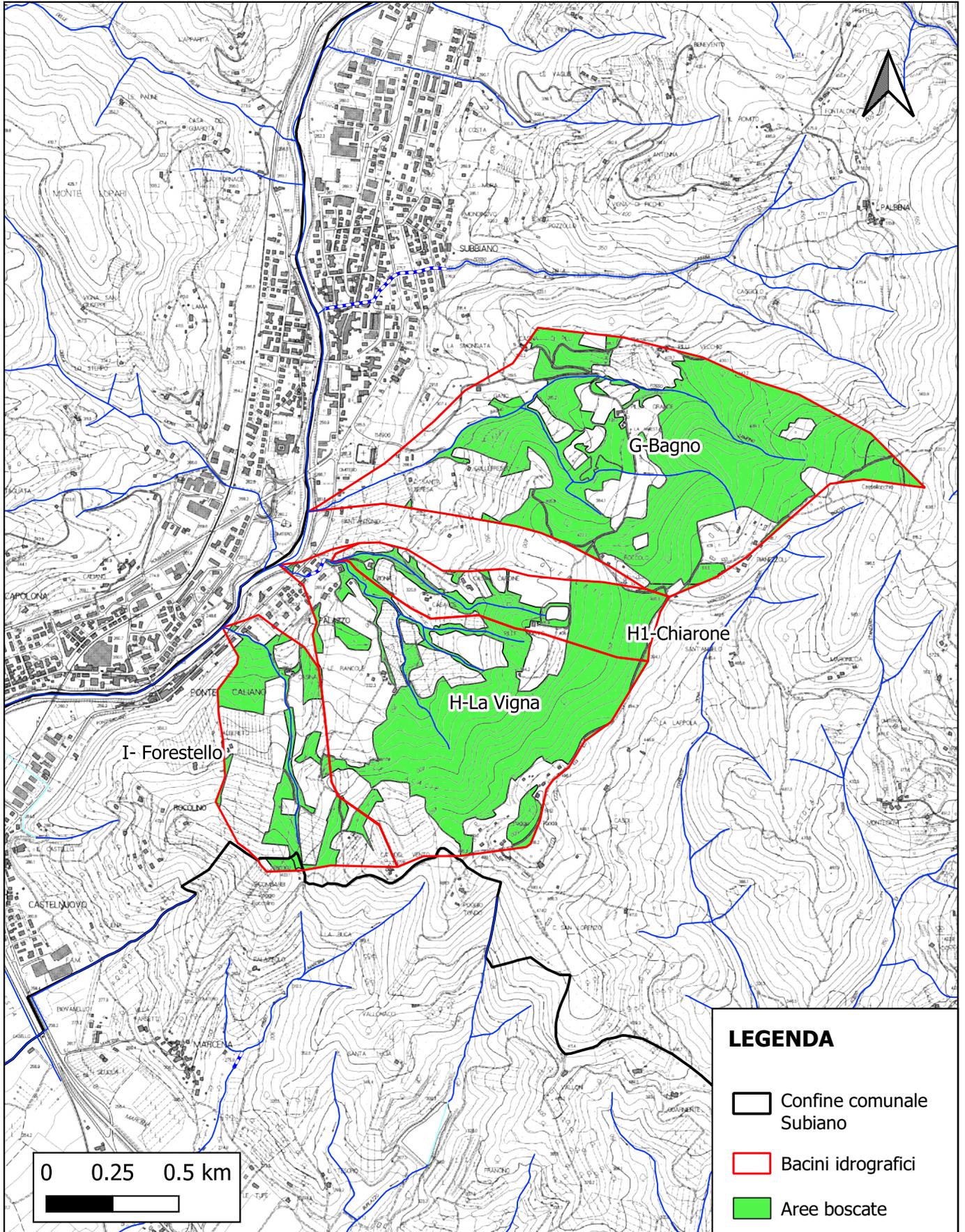
ALLEGATO 2.2 - CALCOLO Ia MAPPA AREE BOScate

SISTEMA IDRAULICO SUBBIANO - CENTRO ABITATO



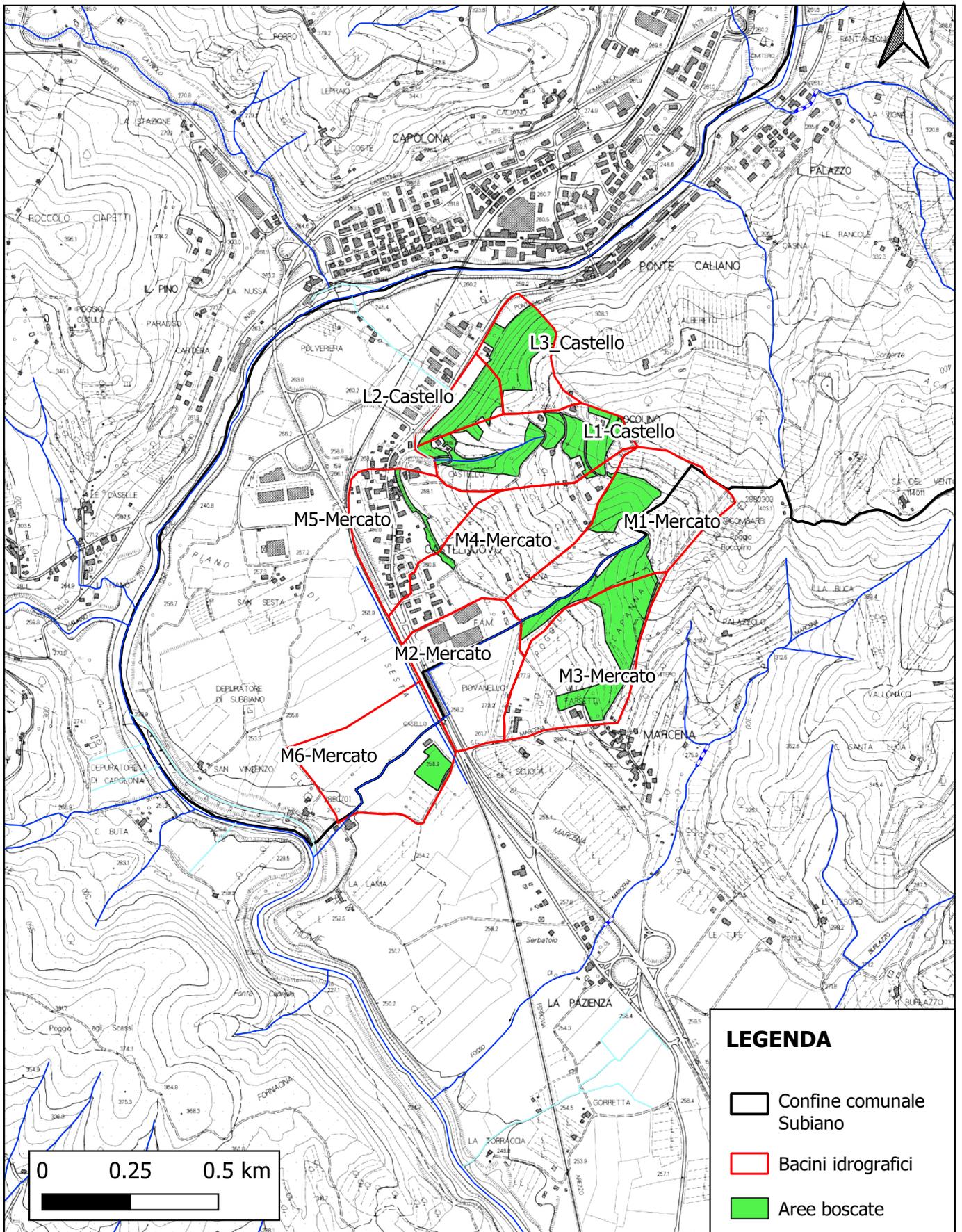
ALLEGATO 2.3 - CALCOLO Ia MAPPA AREE BOScate

SISTEMA IDRAULICO LOC. PONTE CALIANO



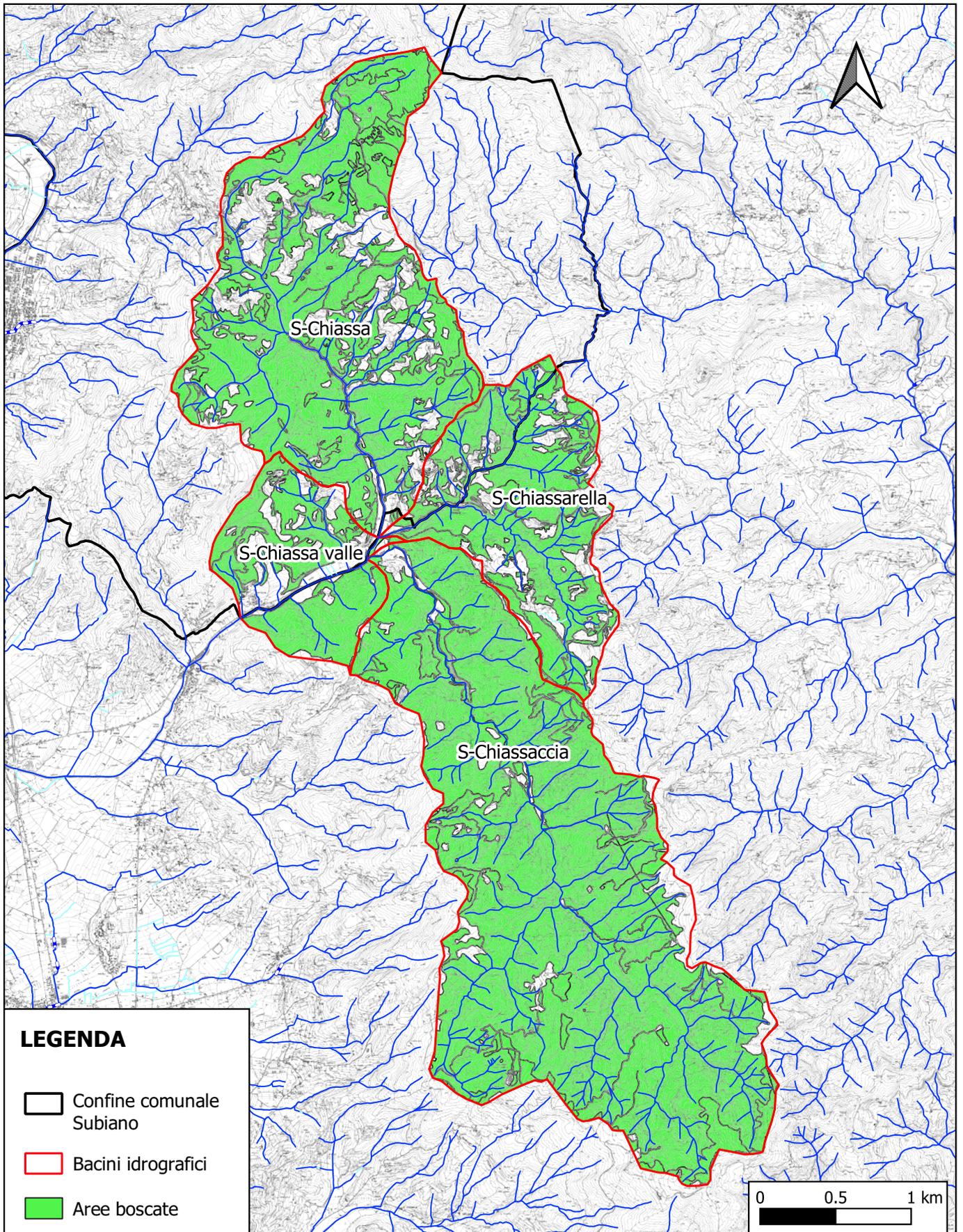
ALLEGATO 2.4 - CALCOLO Ia MAPPA AREE BOScate

SISTEMA IDRAULICO CASTELNUOVO



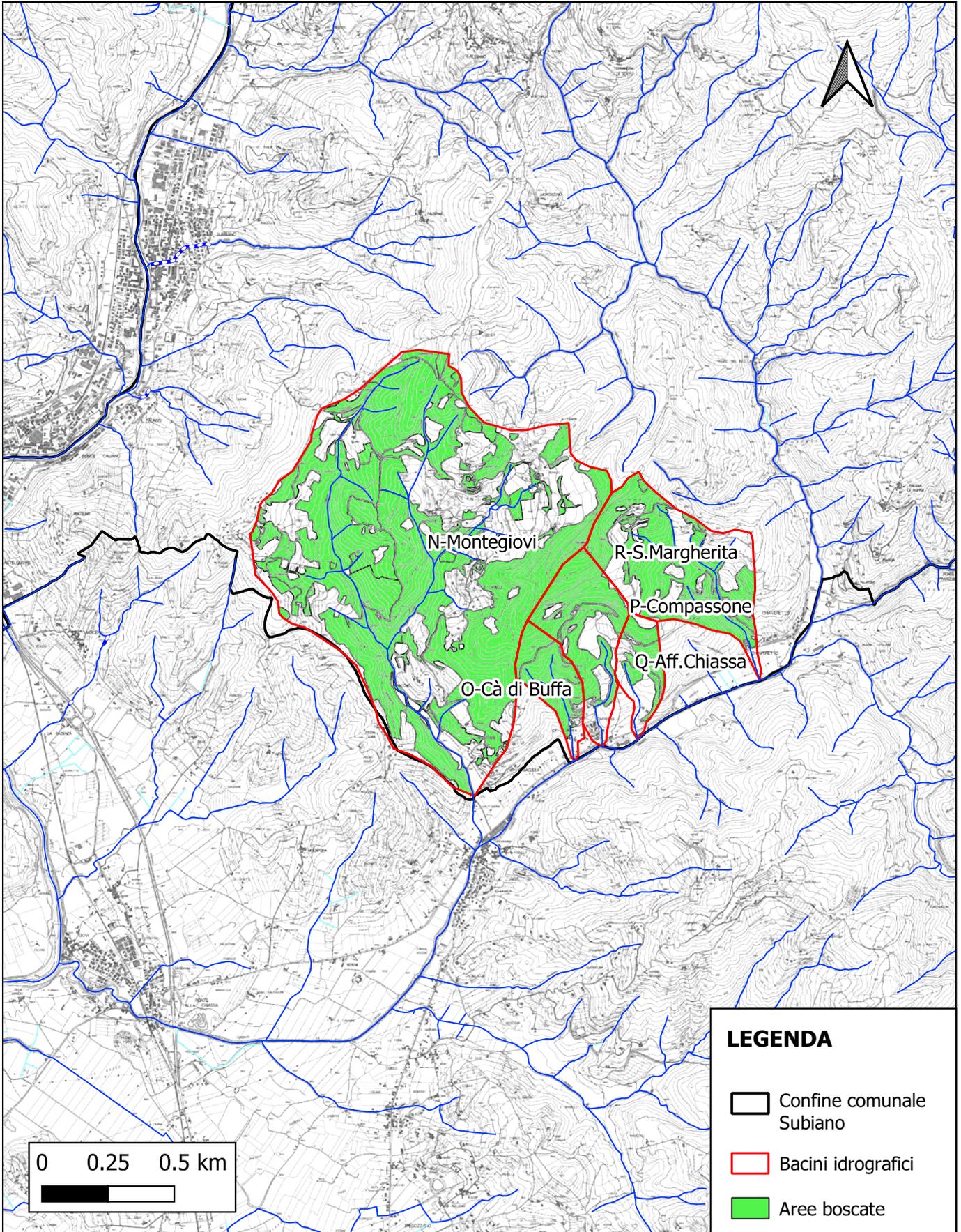
ALLEGATO 2.5 - CALCOLO Ia
MAPPA AREE BOScate

SISTEMA IDRAULICO
LA CHIASSA
Torrente La Chiassa



ALLEGATO 2.6 - CALCOLO Ia
MAPPA AREE BOScate

SISTEMA IDRAULICO
LA CHIASSA
Affluenti T. La Chiassa

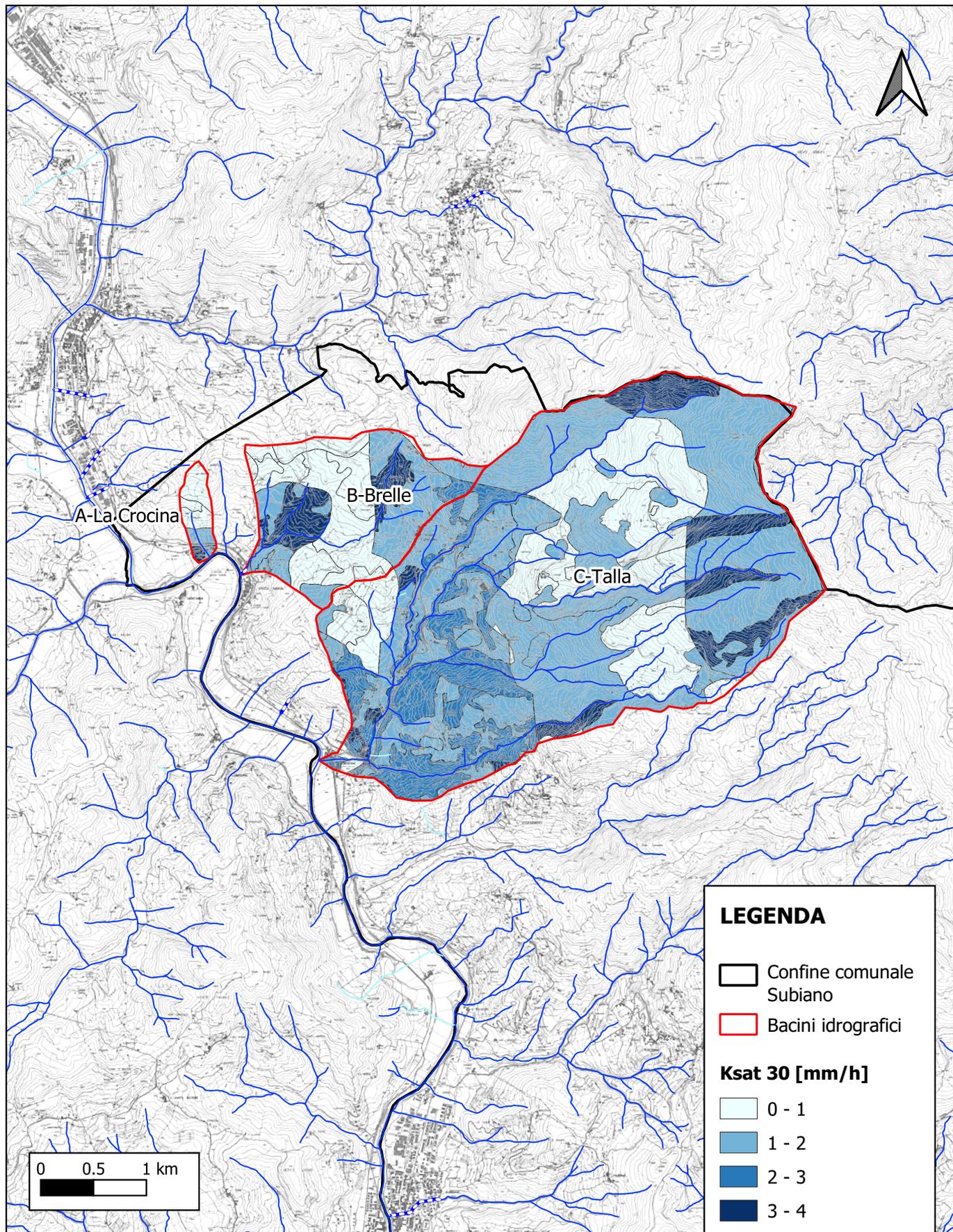


ALEGATO 3

Calcolo Ks

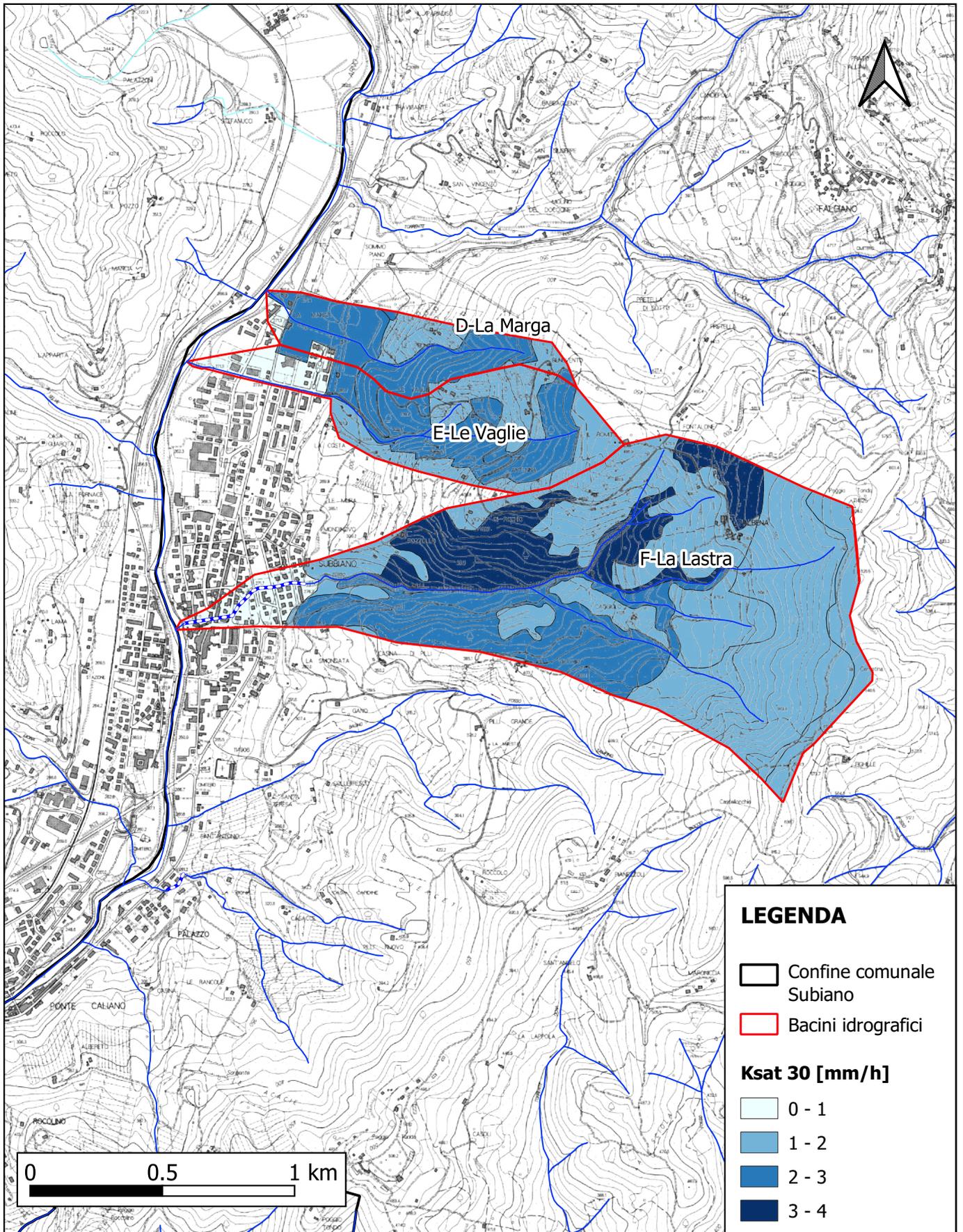
ALLEGATO 3.1 - COEFFICIENTE DI INFILTRAZIONE K_s

SISTEMA IDRAULICO SUBBIANO NORD



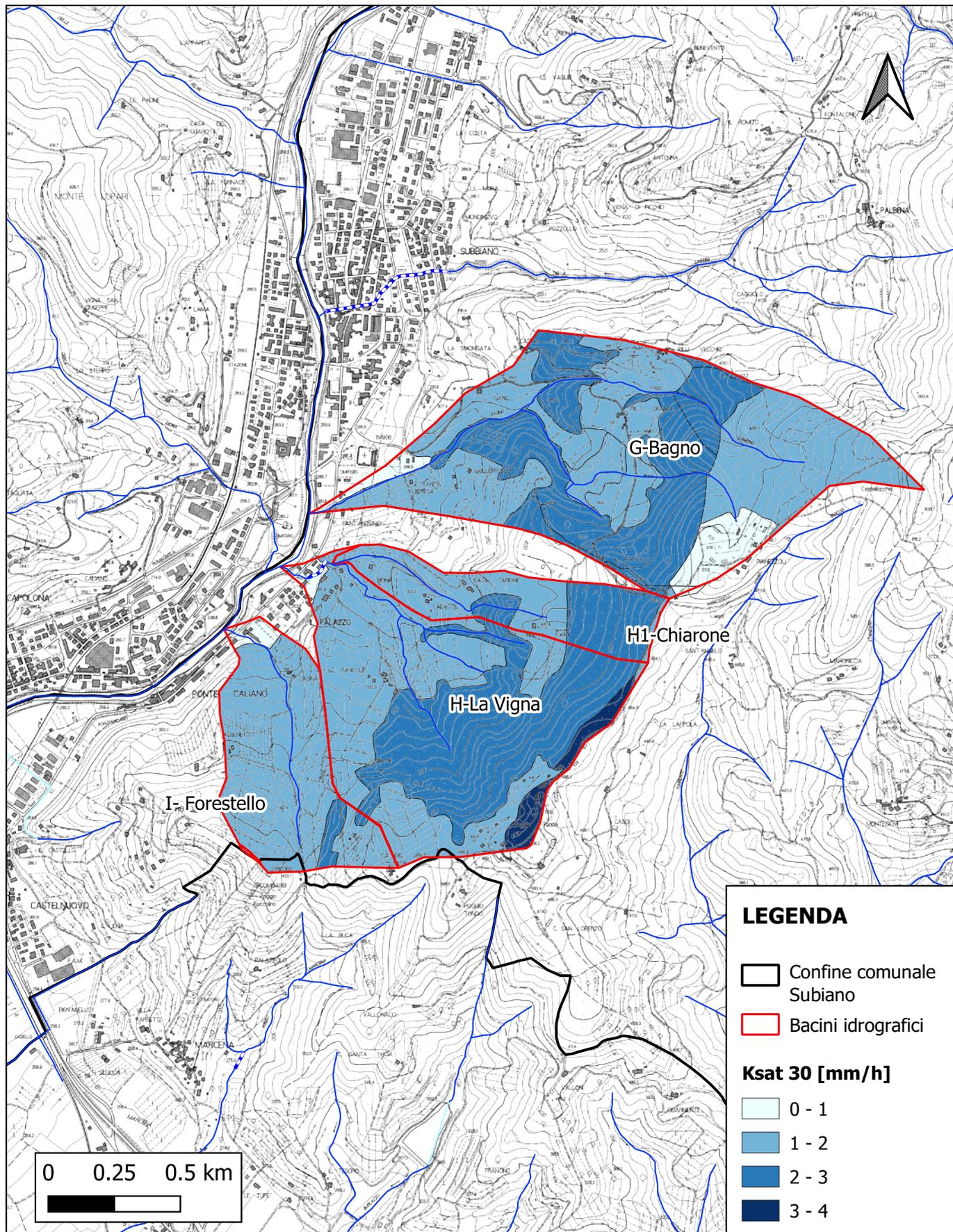
ALLEGATO 3.2 - COEFFICIENTE DI INFILTRAZIONE Ks

SISTEMA IDRAULICO SUBBIANO - CENTRO ABITATO



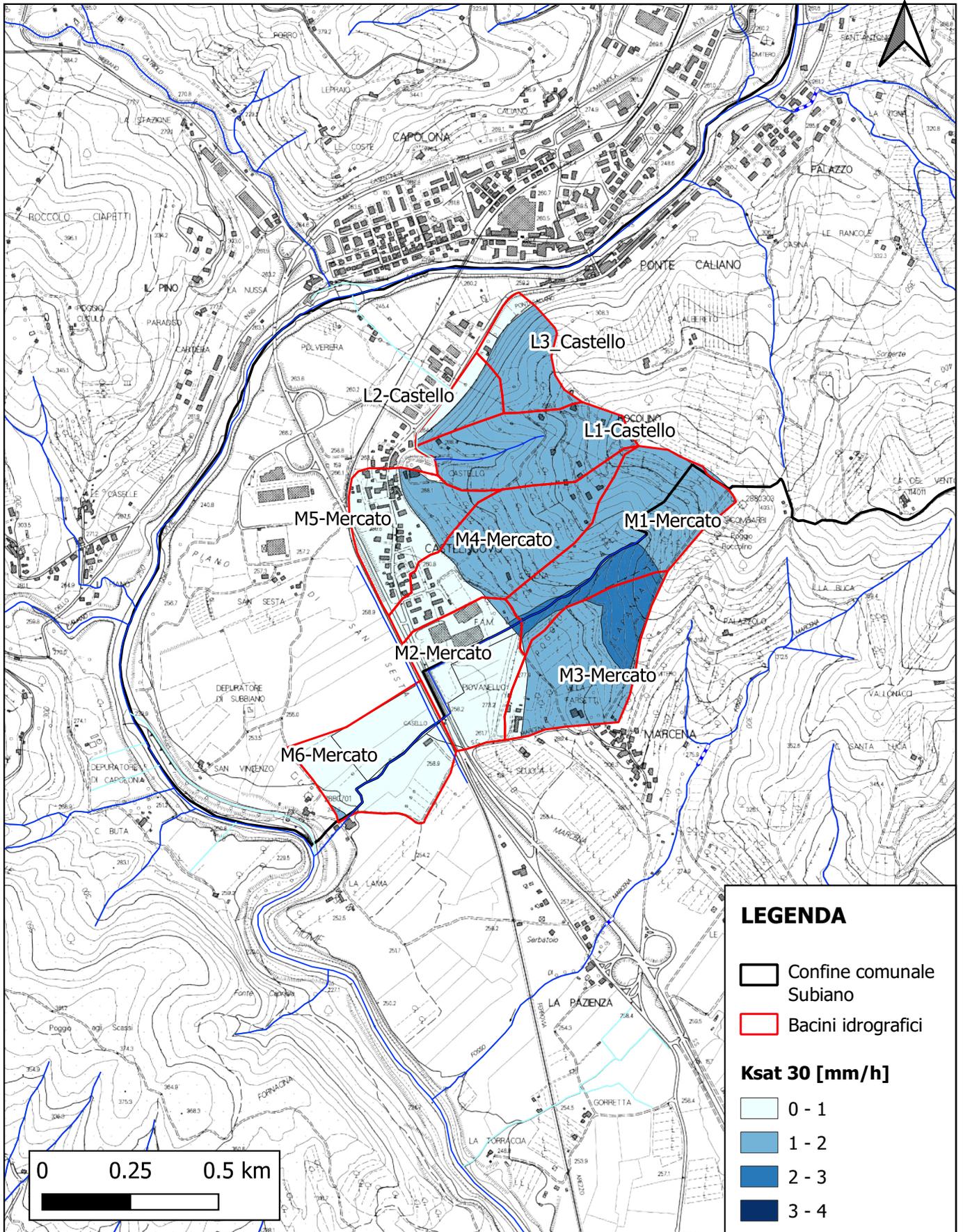
ALLEGATO 3.3 - COEFFICIENTE DI INFILTRAZIONE Ks

SISTEMA IDRAULICO LOC. PONTE CALIANO



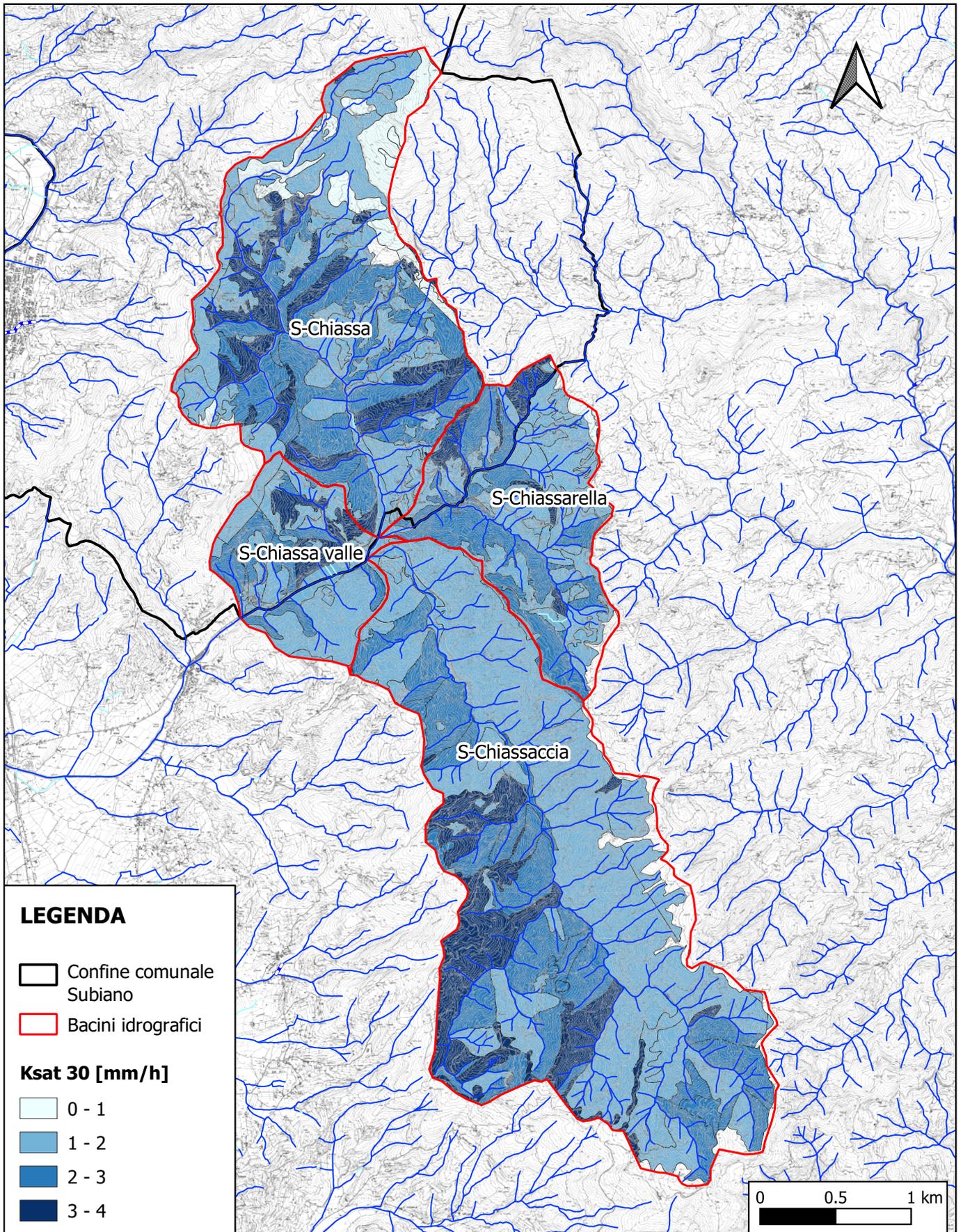
ALLEGATO 3.4 - COEFFICIENTE DI INFILTRAZIONE Ks

SISTEMA IDRAULICO CASTELNUOVO



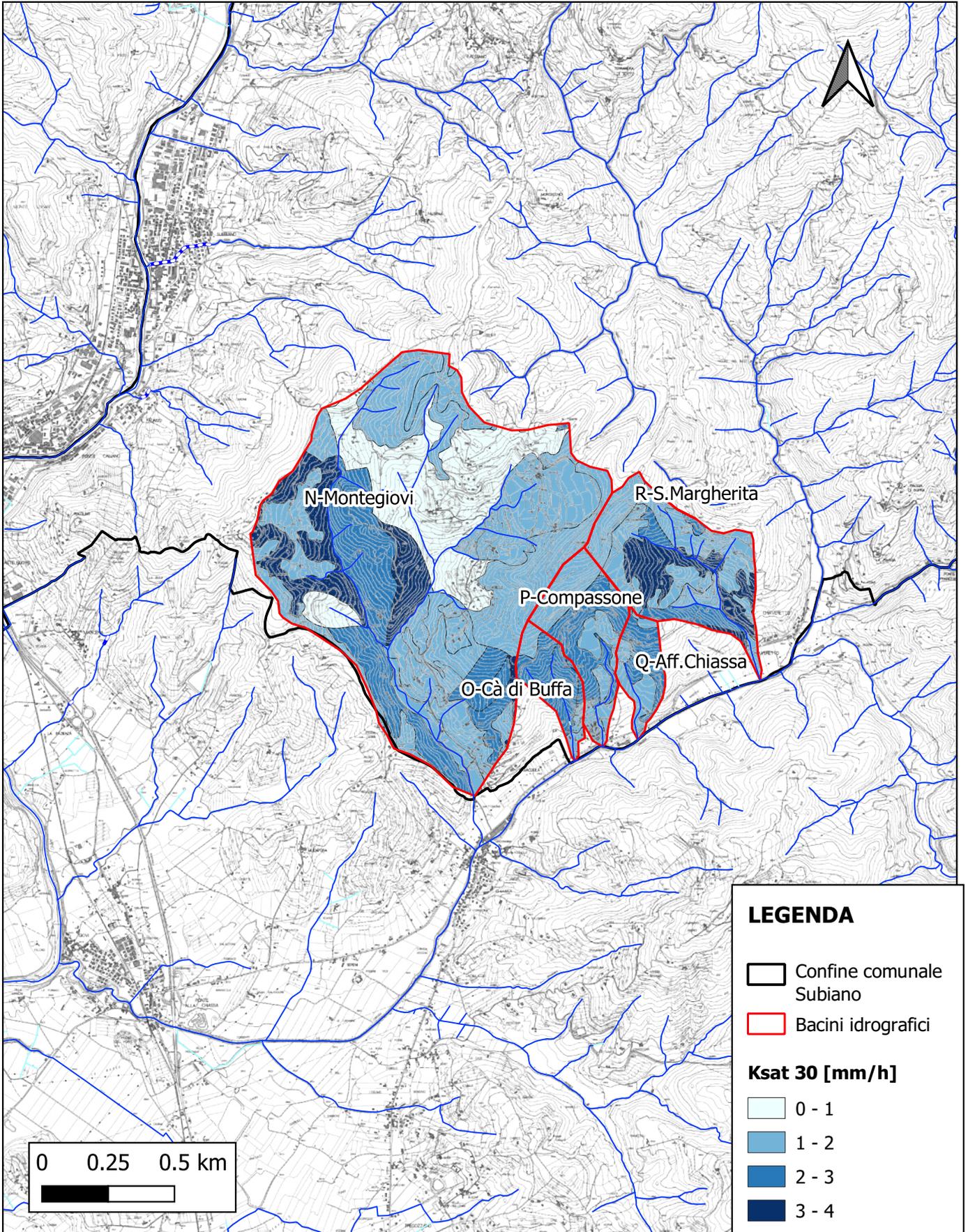
ALLEGATO 3.5 - COEFFICIENTE DI INFILTRAZIONE K_s

SISTEMA IDRAULICO LA CHIASSA Torrente La Chiassa



LLEGATO 3.6 - COEFFICIENTE DI INFILTRAZIONE Ks

SISTEMA IDRAULICO LA CHIASSA Affluenti T. La Chiassa



ALEGATO 4

**NOTA DELL'AREA PIANIFICAZIONE E TUTELA DAL RISCHIO ALLUVIONI
DELL'AUTORITÀ DI BACINO, PROT. 9149 DEL 03/12/2020**



Autorità di Bacino Distrettuale dell'Appennino Settentrionale

Rif. ns. prot. n. 09067 del 02.12.2020

Rif. Vs. prot. n. 12504 del 02.12.2020

COMUNE DI SUBBIANO

c.a. Arch. Alessandra Sara Bianco

c.subbiano@postacert.toscana.it

e p.c.

REGIONE TOSCANA

Settore Genio Civile Valdarno Superiore

c.a. Ing. Leandro Radicchi

regionetoscana@postacert.toscana.it

COMUNE DI CAPOLONA

c.capolona@postacert.toscana.it

Oggetto: Richiesta di condizioni al contorno per la redazione degli studi idraulici di supporto al Piano Strutturale Intercomunale dei Comuni di Subbiano (AR) e Capolona (AR).

In riscontro alla Vostra richiesta delle condizioni al contorno per l'area in oggetto, siamo a consegnare quanto in ns. possesso. In particolare vengono consegnati:

- File DSS del modello Hec-Ras messo a questo da questa Autorità per il fiume Arno nell'area del Casentino. Il file contiene tutti i risultati della modellazione idraulica per tutti gli scenari esaminati (Tr 30 e 200 anni e per durate di pioggia di 6, 9 e 12 ore).
- File della geometria del suddetto modello Hec-Ras

Date le dimensioni dei file in questione, gli stessi sono stati inviati separatamente e come da voi richiesto, tramite Google Drive all'indirizzo mail dell'Ing. Leonardo Marini.

Inoltre, riguardo agli aspetti idrologici, in analogia al modello sviluppato sull'Arno da questa Autorità di Bacino, si dovrà fare riferimento agli schemi della "Regionalizzazione della portata di piena in Toscana" (AITO), aggiornando sia gli input pluviometrici sulla base alle più recenti linee segnalatrici di possibilità pluviometrica disponibili a livello regionale, che i parametri geopedologici e geomorfologici. Si dovrà, infine, porre particolare attenzione all'utilizzo dei coefficienti di ragguaglio, scegliendo quelli più idonei a descrivere le aree di studio.

Cordiali saluti

Il Dirigente
Dott. Ing. Serena Franceschini

RS