

Maggio
2017

Analisi del rischio idraulico nel bacino del Fosso Santa Lucia Massiano e ipotesi di intervento

Area Risorse Ambientali, Smart City e Innovazione

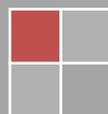
Dirigente: Dott. Vincenzo Piro

Dott.ssa Geol. Guendalina Antonini

Comune di Perugia – Servizio Civile Nazionale
Area Risorse Ambientali – Smart City ed Innovazione

Fagugli Giacomo, Frioni Matteo

12/05/2017



Sommario

1. Premessa.....	2
2. Impostazione dello studio di valutazione del rischio idraulico	3
3. Inquadramento generale.....	5
3.1. Inquadramento territoriale	5
3.2. Cartografia di riferimento	7
3.3. Caratteristiche idro-geolitologiche del bacino.....	8
3.4. Rete di monitoraggio idro-pluviometrico	11
3.5. Eventi passati di inondazione	12
4. Analisi idrologica.....	13
4.1. Linee segnalatrici di possibilità pluviometrica (L.S.P.P.)	13
4.2. Altezze di pioggia puntuali lorde.....	13
4.3. Altezze di pioggia lorde ragguagliate all'area del bacino	14
4.4. Altezze di pioggia efficaci	14
4.5. Durata critica delle piogge e tempi di corrivazione.....	15
4.6. Intensità di pioggia	15
5. Valutazione del rischio idraulico attuale.....	16
5.1. Valutazione della pericolosità idraulica	16
5.2. Individuazione dei beni esposti e valutazione della loro vulnerabilità.....	28
5.3. Valutazione del rischio idraulico	30
6. Analisi delle trasformazioni che hanno interessato il Fosso S. Lucia Massiano e il suo bacino idrografico negli ultimi decenni.....	32
6.1. Situazione nell'anno 1932	33
6.2. Situazione nell'anno 1954	34
6.3. Situazione nell'anno 1968	35
6.4. Situazione nell'anno 1985	36
6.5. Situazione nell'anno 2005	37
6.6. Focalizzazione sulle trasformazioni avvenute nell'area dell'abitato di S. Lucia	38
7. Confronto tra la situazione nell'anno 1954 e la situazione attuale.....	42
7.1. Modifiche che hanno interessato l'alveo	42
7.2. Variazioni dell'uso del suolo	43
7.3. Valutazioni sull'incremento del rischio idraulico negli ultimi decenni	46
8. Ipotesi d'intervento per la mitigazione del rischio idraulico.....	48
9. Altre criticità riscontrate nel corso dei sopralluoghi	51

1. Premessa

Il territorio comunale di Perugia è percorso da un gran numero di corsi d'acqua minori e canalizzazioni artificiali che, interagendo con aree urbanizzate, rappresentano elementi di pericolosità idraulica. Da ciò appare evidente la necessità di una costante verifica dello stato manutentivo e delle condizioni del rischio collegato all'esondabilità del reticolo idrografico minore.

Lo scopo del presente studio è la valutazione del rischio idraulico nel bacino del Fosso Santa Lucia Massiano, affluente in sinistra idrografica del Torrente Genna, e l'individuazione di ipotesi d'intervento per la mitigazione del rischio stesso.

L'area indagata è stata ripetutamente interessata negli anni da eventi alluvionali che hanno causato danni a strutture ed infrastrutture e rappresentato un rischio per l'incolumità delle persone. Si è operato nella presente relazione per individuare le cause che hanno comportato i suddetti eventi, per analizzare la probabilità che eventi simili si ripetano e per esaminare l'entità e la vulnerabilità dei beni esposti.

Si è proceduto inoltre a verificare l'evoluzione del paesaggio attraverso la documentazione cartografica sia antica che recente, ed a valutarne le conseguenze in termini di rischio idraulico; il bacino in esame infatti, in seguito alla progressiva antropizzazione, ha subito negli ultimi decenni cambiamenti anche incisivi del reticolo fluviale e dell'uso del suolo.

2. Impostazione dello studio di valutazione del rischio idraulico

Il presente capitolo illustra i criteri e le metodologie utilizzati nello studio di analisi del rischio idraulico nel bacino del Fosso Santa Lucia Massiano.

Si richiamano innanzitutto alcuni concetti preliminari sulla definizione di rischio:

Il rischio (R) è definito come l'entità del danno atteso in una data area e in un certo intervallo di tempo in seguito al verificarsi di un particolare evento calamitoso; in particolare il rischio idraulico da esondazione scaturisce dalla possibilità di danno a persone e/o beni connessa al trasporto di massa liquida.

Il rischio è traducibile nell'equazione $R = P \times E \times V$ dove:

- **P** è la pericolosità; è la probabilità che un fenomeno di determinata intensità si verifichi in un certo intervallo di tempo e in una data area.
- **E** è l'esposizione; indica l'insieme degli elementi (persone, beni economici e risorse ambientali) esposti al pericolo.
- **V** è la vulnerabilità; rappresenta la propensione degli elementi esposti a subire danneggiamenti in conseguenza di eventi di una certa intensità.

Le attività connesse all'analisi del rischio attuale sono esposte nei capitoli 3, 4, e 5 e sono state articolate nelle seguenti fasi:

1. Una prima fase di inquadramento e caratterizzazione dell'ambito oggetto di studio è finalizzata alla costruzione del quadro conoscitivo di base nonché alla predisposizione dei dati necessari alle elaborazioni previste nelle fasi successive.
2. Si è implementata l'analisi idrologica finalizzata alla determinazione delle portate al colmo per ciascuna delle sezioni di interesse considerate, in corrispondenza degli eventi di pioggia riferiti a tre diversi tempi di ritorno pari rispettivamente a 50, 200, e 500 anni.
3. La pericolosità idraulica è stata valutata attraverso verifiche idrauliche locali delle sezioni di interesse in regime di moto uniforme; l'intubamento dell'alveo principale per gran parte del suo corso rende infatti inopportuna una modellazione idraulica del fosso come asta fluviale. Sono state definite tre classi di pericolosità:
 - Classe di pericolosità A: in corrispondenza di sezioni incompatibili al transito della portata attesa per eventi di pioggia con tempo di ritorno di 25 anni;
 - Classe di pericolosità B: in corrispondenza di sezioni compatibili al transito della portata attesa per eventi di pioggia con tempo di ritorno di 25 anni ma incompatibili al transito della portata attesa per eventi di pioggia con tempo di ritorno di 200 anni;
 - Classe di pericolosità C: in corrispondenza di sezioni compatibili al transito della portata attesa per eventi di pioggia con tempo di ritorno di 200 anni.

Sulla base dei risultati delle verifiche idrauliche locali e delle informazioni cartografiche sono state quindi individuate le fasce di pericolosità idraulica.

4. Si sono individuati i beni esposti al pericolo e si è valutata la loro vulnerabilità. La stima del parametro complessivo $E \times V$ associato ad un prefissato evento di pioggia è stata ponderata tenendo conto della tipologia degli elementi a rischio (persone, beni, attività), dell'entità o valore degli elementi (numero di persone, valore economico dei beni), della loro attitudine a subire danni per effetto dell'evento calamitoso.
5. Infine è stato determinato il rischio idraulico da esondazione nel bacino del Fosso Santa Lucia Massiano come combinazione della pericolosità, della vulnerabilità e dell'esposizione.

Nei capitoli successivi si è invece analizzata l'evoluzione che ha caratterizzato l'area in esame dal 1932 ad oggi, indicando i principali cambiamenti che hanno interessato l'alveo principale del Fosso S. Lucia Massiano ed evidenziando la progressiva urbanizzazione che ha comportato negli anni un incremento sempre maggiore delle superfici impermeabili.

Si è poi valutato quanto le suddette trasformazioni abbiano contribuito ad aumentare il rischio idraulico nelle condizioni attuali, sia in termini di esposizione che in termini di pericolosità.

Al capitolo 8 si è quindi formulata un'ipotesi di intervento per la mitigazione del rischio idraulico attuale.

Infine, all'ultimo capitolo viene riportata la documentazione fotografica inerente ad alcune criticità riscontrate nel corso dei sopralluoghi nel bacino del Fosso Santa Lucia Massiano.

3. Inquadramento generale

3.1. Inquadramento territoriale

Il bacino idrografico del Fosso Santa Lucia Massiano si estende all'interno del comune di Perugia per una superficie di circa 180 ettari, in località Santa Lucia (Figura 3.1). Il Fosso Santa Lucia Massiano è un affluente in sinistra del Torrente Genna, con confluenza in località Pian di Massiano.

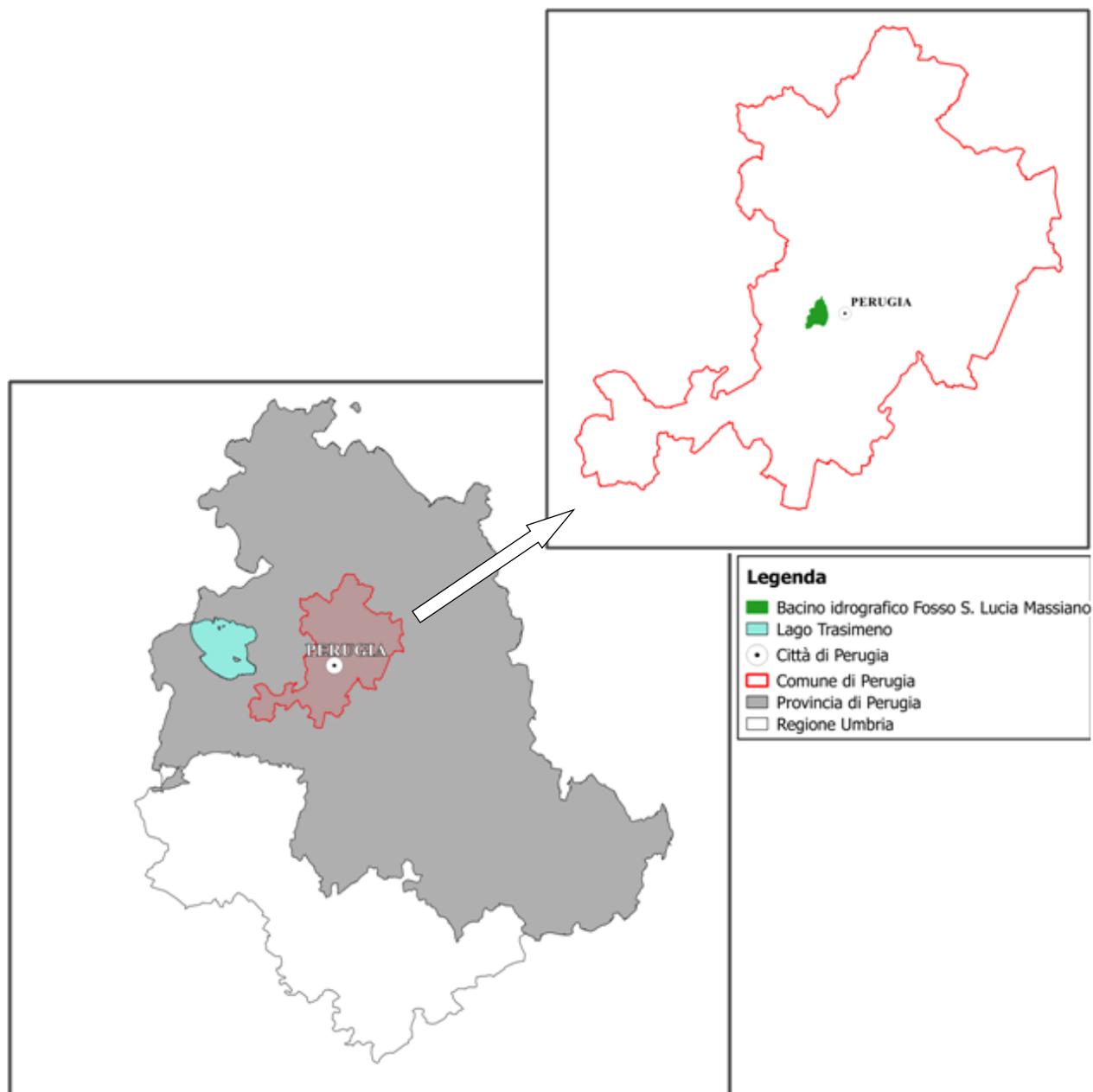


Fig. 3.1 – Posizione del bacino del Fosso Santa Lucia Massiano all'interno della provincia di Perugia; il bacino ha una superficie di circa 180 ettari e attraversa l'abitato di Santa Lucia e l'area di Pian di Massiano.

Il bacino in esame è compreso nel box di coordinate geografiche 43° 10' e 43° 13' di latitudine Nord e 12° 35' e 12° 38' di longitudine Est da Greenwich.

E' delimitato a Nord-Ovest e ad Ovest dal bacino del Fosso di Santa Lucia Boschetto, a Sud, a Est e a Nord-Est dal bacino del fosso San Galigano, a Nord dall'abitato in località Rimbochi.

In particolare il Fosso Santa Lucia Massiano nasceva originariamente a valle dell'attuale proprietà Spagnoli per attraversare la zona dell'attuale abitato di Santa Lucia fino alla località di Pian di Massiano dove confluisce nel Torrente Genna in sinistra idrografica.

Allo stato attuale il suo corso è per la maggior parte intubato e significativamente mutato rispetto alle condizioni originarie: il tratto intubato iniziale funge da ramo principale della fognatura mista dell'abitato di Santa Lucia; le acque meteoriche della parte più a nord del bacino vengono raccolte dai due laghetti in serie all'interno della proprietà Spagnoli e da queste, attraverso un canale sfioratore, convogliate verso uno dei rami del sistema di fognature. I due versanti a est e ad ovest dei laghetti, di superficie complessiva di circa 14.5 ettari, drenano l'acqua verso le lottizzazioni presenti a valle della proprietà Spagnoli e successivamente, attraverso delle griglie presenti in sede stradale, verso il suddetto ramo.

Le sezioni circolari che costituiscono i tratti intubati iniziali del Fosso Santa Lucia Massiano, ovvero il ramo principale del sistema di fognature miste dell'abitato di Santa Lucia, presentano dimensioni variabili crescenti da monte verso valle (300, 600, 800mm di diametro).

A valle dell'abitato di Santa Lucia, oltrepassato l'attraversamento del tratto ferroviario compreso tra le stazioni di Perugia e Perugia Università, il Fosso Santa Lucia Massiano è ulteriormente alterato rispetto al suo percorso naturale originario; ad un tratto intubato di diametro 1000mm segue una diramazione: il tratto principale continua al di sotto di Piazzale Umbria Jazz con un diametro di 1200mm, mentre un altro tratto di diametro di 1200mm, che funge da troppo pieno, si muove perimetralmente allo stesso piazzale; entrambi partecipano al complesso sistema di regimentazione delle acque del piazzale e delle zone limitrofe per poi confluire nel tratto più vallivo del Fosso Santa Lucia Massiano, che qui ritrova il suo percorso a cielo aperto (a meno di un breve tratto intubato in corrispondenza dell'attraversamento di Via Cortonese) fino alla confluenza con il Torrente Genna.

Uno schema riassuntivo è rappresentato in Figura 3.2:

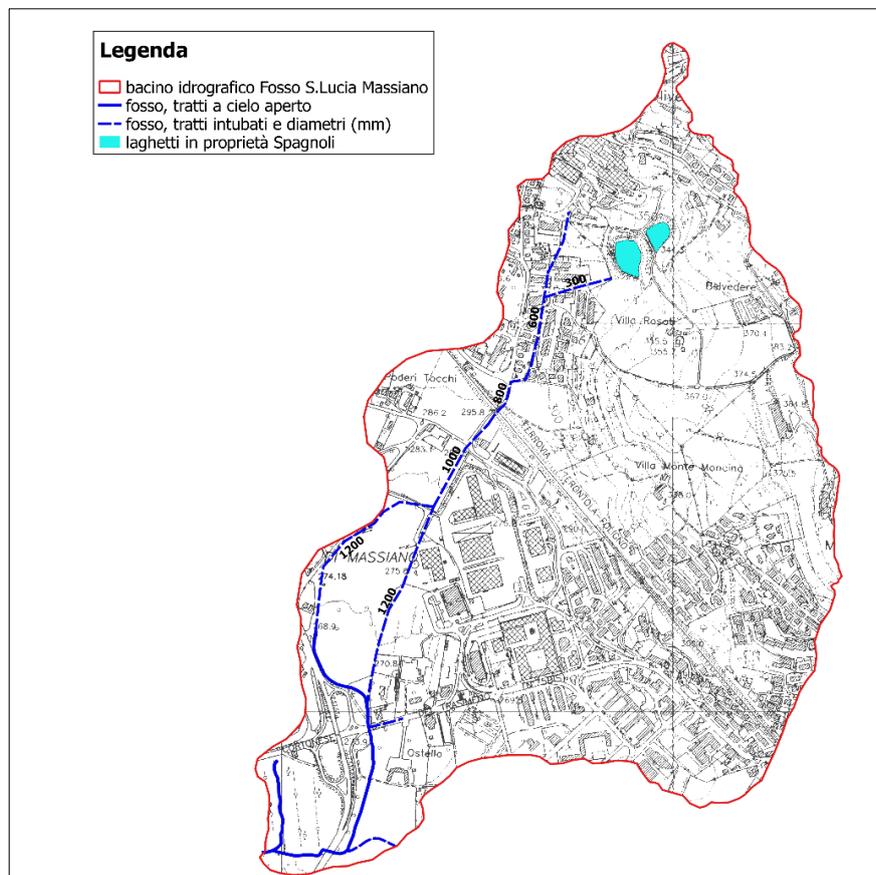


Fig. 3.2 – Inquadramento su carta CTR del Fosso Santa Lucia Massiano.

3.2. Cartografia di riferimento

L'analisi idraulica-idrologica per la valutazione del rischio idraulico, oggetto dello studio e relativa ad eventi di piena di assegnato tempo di ritorno T_r , è stata sviluppata a partire dall'identificazione ed acquisizione di una base informativa territoriale idonea in termini di rappresentazione sia del reticolo idrografico che del territorio da esso interessato. In particolare, l'attività conoscitiva ha riguardato la caratterizzazione geomorfologica del bacino oggetto di studio mediante l'acquisizione di:

- Carta Geologica digitale del Comune di Perugia, scala 1:10000;
- Carta dell'uso del suolo del Comune di Perugia, scala 1:5000;
- Reticolo Idrografico da carte EIRA in scala 1:5000 e ortofoto in scala 1:10000;
- Bacino idrografico da carta EIRA in scala 1:5000 e curve di livello estratte dal DTM 3m x 3m;
- Modello Digitale del Terreno (DTM), 3m x 3m;
- Carta Tecnica Regionale (CTR), in scala 1:10000.
- Ortofoto 2013 da Regione Umbria

Inoltre per comprendere i cambiamenti che si sono avuti negli ultimi decenni all'interno del bacino in esame in termini di uso del suolo e quindi di parametri idrologici, e le conseguenti variazioni in materia di rischio idraulico, è stata acquisita e utilizzata ulteriore cartografia storica (vedi capitolo 6).

3.3. Caratteristiche idro-geolitologiche del bacino

Le caratteristiche geolitologiche del bacino sono state acquisite estrapolando le informazioni litologiche dalla carta geologica digitale del Comune di Perugia con scala 1:10000 e vengono riportate in Figura 3.3 e in Tabella 3.1.

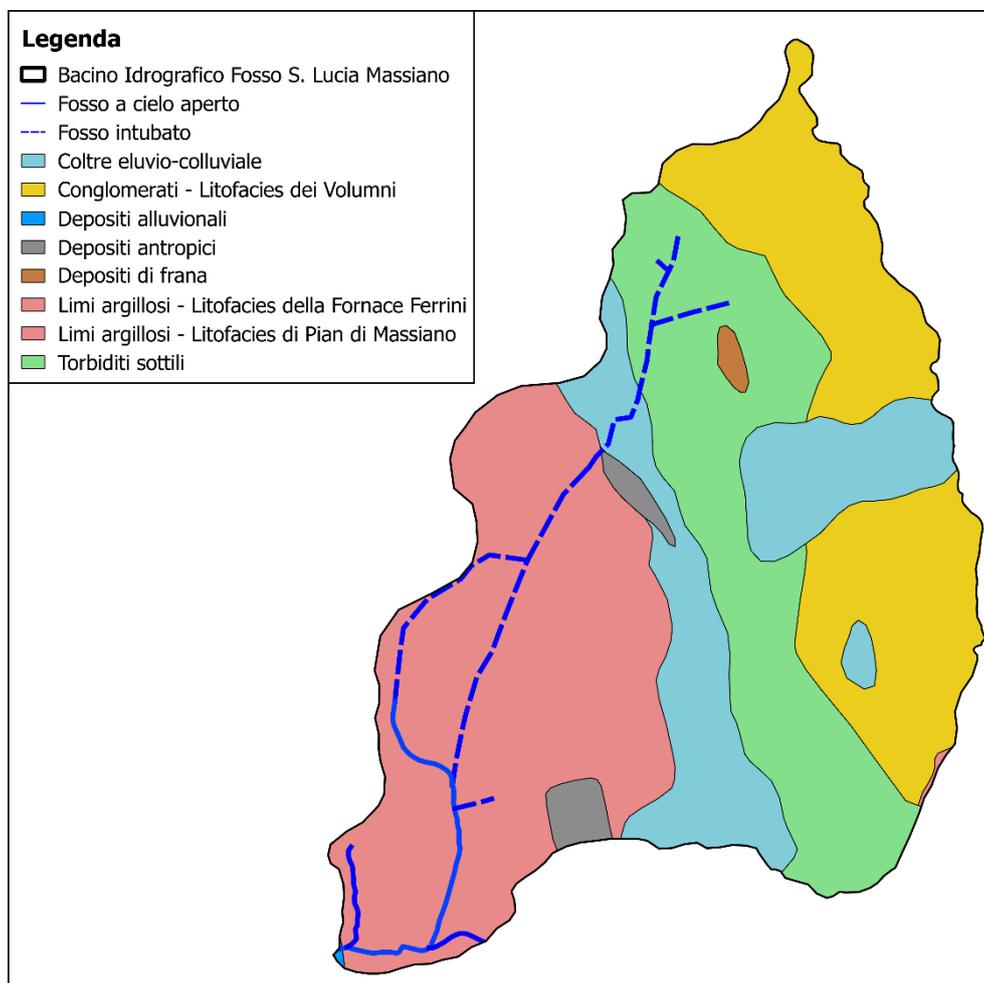


Fig. 3.3 – Bacino idrografico del Fosso Santa Lucia Massiano: litologia.

Tab. 3.1 – Caratteristiche litologiche del bacino del Fosso Santa Lucia Massiano.

	Litologia	Area (%)
■	Coltre eluvio-colluviale	16.8
■	Depositi alluvionali	0.05
■	Depositi antropici	1.6
■	Depositi di frana	0.4
■	Limi argillosi – Litofacies di Pian di Massiano	34.7
■	Limi argillosi – Litofacies della Fornace Ferrini	0.1
■	Torbiditi sottili	22.55
■	Conglomerati – Litofacies dei Volumni	23.8

Le informazioni riguardanti l'uso del suolo sono state ricavate dalla carta dell'uso del suolo digitale del Comune di Perugia, sviluppata con uno studio di dettaglio tramite interpretazione foto-aerea. La superficie del bacino è ricoperta prevalentemente da aree urbane (58.4%) e da aree agricole (17.7%).

Le principali caratteristiche sono riportate in Tabella 3.2 e rappresentate in Figura 3.4.

Tab. 3.2 – Uso del suolo del bacino del Fosso Santa Lucia Massiano.

Uso del suolo	Area (%)
Aree urbane	58.4
Aree agricole	17.7
Pascoli - prati - incolti	5.9
Colture specializzate	7.0
Attività agricola specializzata	0.0
Aree boschive	6.9
Corridoi e formazioni arboree lineari	3.8
Acque	0.3

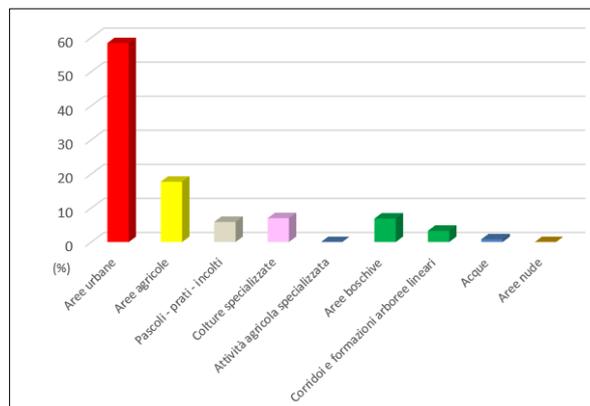


Fig. 3.4 – Uso del suolo del bacino del Fosso Santa Lucia Massiano.

Una rappresentazione cartografica dell'uso del suolo è mostrata in Figura 3.5.

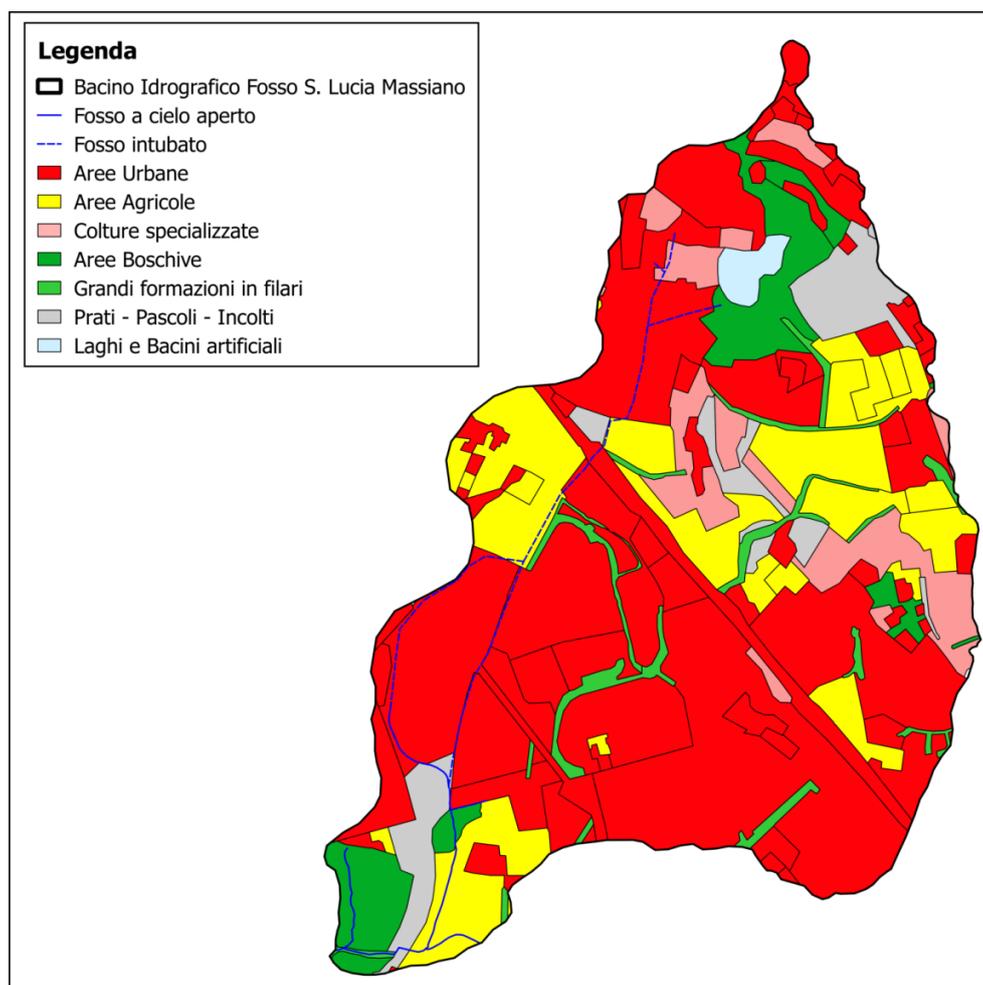


Fig. 3.5 – Bacino del Fosso Santa Lucia Massiano: uso del suolo.

Sulla base dei dati geolitologici e di uso del suolo è stata elaborata, in ambiente GIS, la mappa relativa al parametro adimensionale CN (Curve Number) stimato secondo la procedura proposta dal Soil Conservation Service (SCS) e che determina la massima ritenzione potenziale del terreno. La Figura 3.6 mostra la carta del CN per condizioni intermedie di umidità del suolo (CNII).

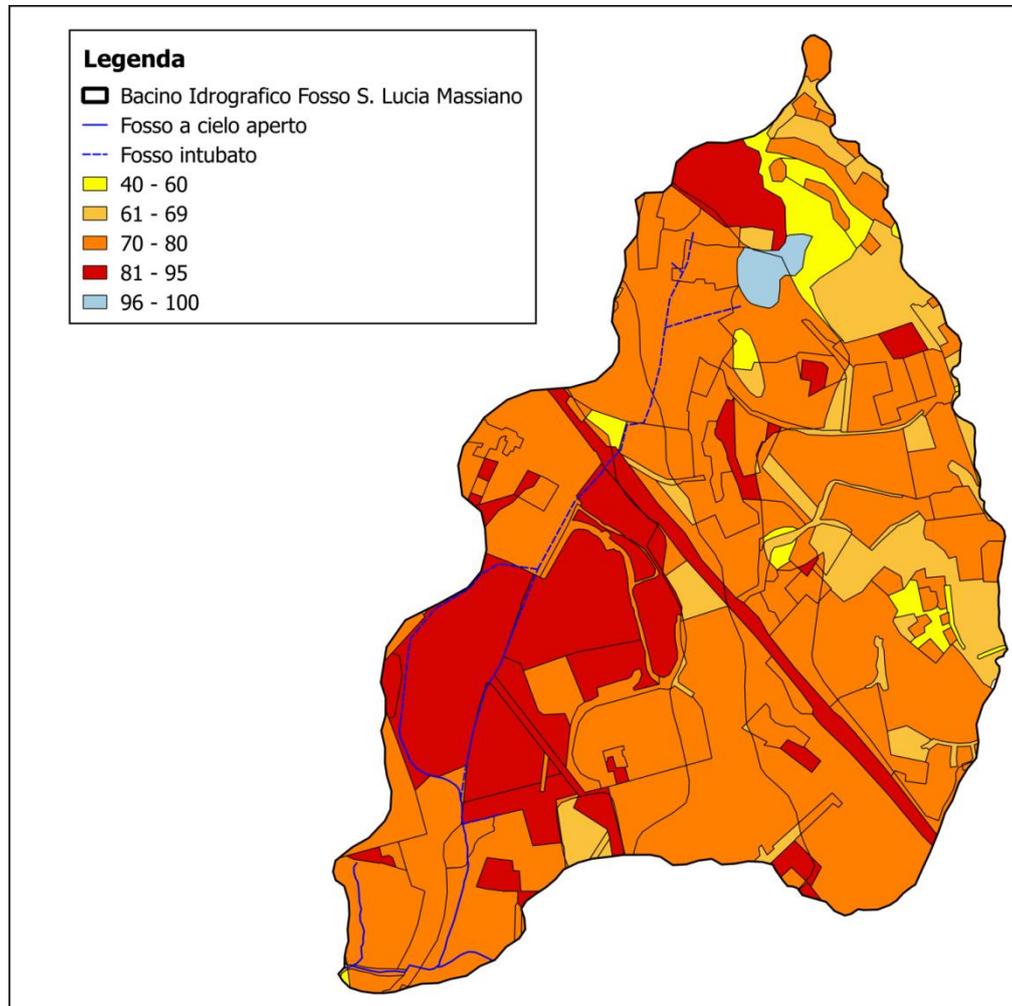


Fig. 3.6 – Bacino del Fosso Santa Lucia Massiano: Curve Number (CN) per condizioni di umidità del suolo intermedie.

3.4. Rete di monitoraggio idro-pluviometrico

La rete idro-pluviometrica presente nell'area del bacino del Fosso Santa Lucia Massiano è mostrata in Figura 3.7.

Nella zona in esame e nelle immediate vicinanze sono localizzate diverse stazioni pluviometriche. Le principali caratteristiche della rete di monitoraggio sono sintetizzate in Tabella 3.3.

Tab. 3.3 – Caratteristiche delle stazioni di monitoraggio presenti nell'area del bacino del Fosso Santa Lucia Massiano.

Stazione	Ente Proprietario	Strumento	Coordinate WGS84 - UTM33		Periodo di funzionamento
			X	Y	
Perugia	Regione Umbria	Pluviometro	288087	4775349	dal 16 maggio 1983
Perugia – Santa Giuliana	Regione Umbria	Pluviometro	287387	4775762	dal 6 maggio 2004
Perugia Sede	Regione Umbria	Pluviometro	286494	4775910	dal 23 settembre 2015

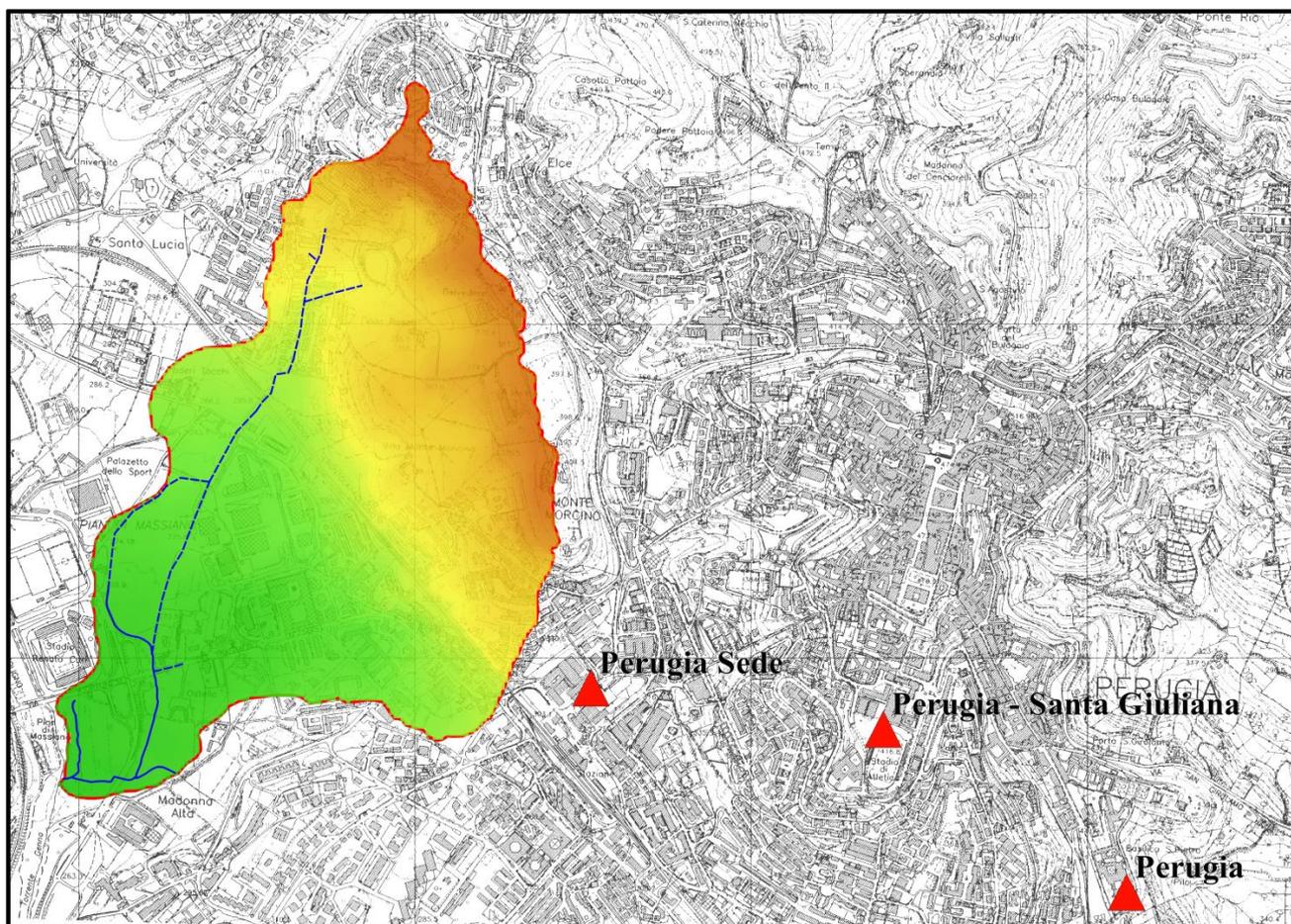


Fig. 3.7 – Bacino del Fosso Santa Lucia Massiano: stazioni idrometeorologiche presenti nelle vicinanze dell'area oggetto di studio.

3.5. Eventi passati di inondazione

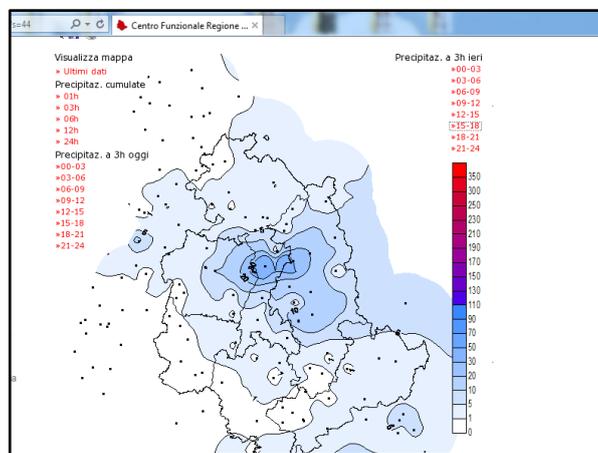
La conoscenza degli eventi passati d'inondazione verificatisi lungo il Fosso S. Lucia Massiano è di base per un'approfondita analisi della vulnerabilità idraulica del territorio.

Negli anni passati si sono verificati con frequenza significativa eventi di allagamento a valle della proprietà Spagnoli, principalmente in corrispondenza dell'area residenziale in Via della Tintoria e in Via del Ricamo.

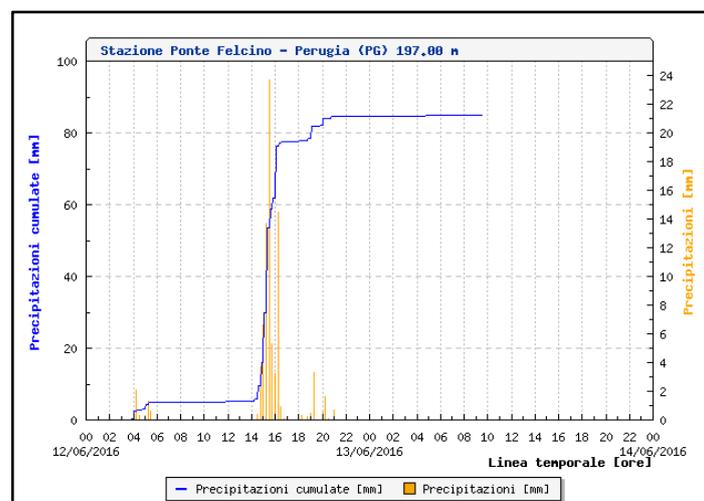
Inoltre il tratto intubato del Fosso S. Lucia Massiano che funge da fognatura mista per l'abitato di S. Lucia manifesta ciclicamente eventi di esondazione legati all'incompatibilità delle sezioni con il transito delle portate attese.

Ad esempio, nell'evento meteo critico che ha interessato il territorio perugino il 12/06/2016, le piogge che si sono abbattute nel primo pomeriggio e hanno avuto un massimo tra le ore 15 e le ore 18, con un valore poco inferiore a 120 mm di accumulata in 2 ore, hanno comportato importanti eventi di allagamento.

Il grafico sottostante indica con precisione la localizzazione e l'intensità delle piogge legate al suddetto evento.



Il Centro Funzionale Regionale di Protezione Civile ha riportato che, riferendosi alla stazione pluviometrica di Ponte Felcino, trattasi di un evento il cui tempo di ritorno corrispondente è pari a 200 anni.



4. Analisi idrologica

La metodologia di calcolo adottata per la valutazione delle portate al colmo di acque bianche è quella del cosiddetto metodo razionale:

$$Q_c = i_{n,r} A_b$$

Dove:

- Q_c = portata al colmo nella sezione di chiusura del bacino considerato
- $i_{n,r}$ = intensità media di pioggia netta e ragguagliata di assegnato tempo di ritorno
- A_b = superficie del bacino sotteso dalla sezione di chiusura del bacino

Il suddetto metodo richiede quindi una preliminare valutazione delle intensità di pioggia $i_{n,r}$; queste sono state calcolate applicando il metodo del Curve Number (CN) sviluppato dal Soil Conservation Service (SCS, 1975; 1985), il quale a sua volta richiede la conoscenza delle curve segnalatrici di possibilità pluviometrica valide nella località esaminata.

4.1. Linee segnalatrici di possibilità pluviometrica (L.S.P.P.)

Come linee segnalatrici di possibilità pluviometrica per la località esaminata sono state utilizzate quelle ottenute dal recente studio “Analisi delle precipitazioni intense in Umbria”, Morbidelli (2016) dall’analisi dei massimi annui di piogge brevi ed intense.

Nelle immediate vicinanze del bacino in esame sono localizzate diverse stazioni pluviometriche (vedi paragrafo 3.4); tra queste si è scelto di far riferimento alla stazione pluviometrica di Perugia Sede, in quanto la più prossima all’area di studio e posta ad una quota di 345 m s.l.m. ragionevolmente assimilabile alla quota media del bacino.

Si riportano in Tabella 4.1 i parametri della LSPP per la stazione pluviometrica individuata:

Tab. 4.1 – Parametri delle LSPP per la stazione pluviometrica di Perugia Sede, rappresentativa dell’area del bacino del Fosso S. Lucia Massiano

Tr (anni)	5	10	25	50	100	200
a	35.15	41.57	49.93	56.33	62.86	69.53
b'	0.577	0.577	0.577	0.577	0.577	0.577
b	0.260	0.261	0.264	0.267	0.272	0.276

4.2. Altezze di pioggia puntuali lorde

Una volta noti i parametri di interesse delle LSPP, le altezze di pioggia puntuali lorde sono state ricavate mediante le relazioni:

$$R_d(T_r) = ad^{b'} \quad (\text{in mm}) \quad \text{valida nell'intervallo di durate: } 0 < d \leq 1 \text{ ora}$$

$$R_d(T_r) = ad^b \quad (\text{in mm}) \quad \text{valida nell'intervallo di durate: } 1 \text{ ora} < d \leq 48 \text{ ore}$$

4.3. Altezze di pioggia lorde ragguagliate all'area del bacino

Osservando sperimentalmente le piogge intense è possibile affermare che, all'interno di una certa area, l'intensità di precipitazione durante l'evento piovoso varia da punto a punto, anche in maniera sensibile, e questa variazione è tanto maggiore quanto maggiore è l'estensione dell'area considerata. Per questo alla precipitazione lorda, calcolata rispetto alla sezione di calcolo, è stato applicato un coefficiente di ragguaglio dipendente dall'area del bacino e dalla durata dell'evento.

Per il coefficiente di ragguaglio è stata utilizzata in particolare l'espressione del Department of Environment Water Council (DEWC, 1981):

$$r(\tau, A_b) = 1 - f_1 \tau^{-f_2}$$

Con: $f_1 = 0.0394 A_b^{0.354}$
 $f_2 = 0.4 - 0.0208 \ln(4.6 - \ln A_b)$ se $A_b < 20 \text{ km}^2$
 $f_2 = 0.4 - 0.003832(4.6 - \ln A_b)^2$ se $A_b > 20 \text{ km}^2$

4.4. Altezze di pioggia efficaci

Per il metodo SCS, le altezze di pioggia efficaci possono essere valutate come:

$$P_e = \frac{P_n^2}{P_n + S}$$

Con $P_n = P - IA$
 $IA = k_{ia} S$

Dove:

- P = pioggia totale o altezze di pioggia lorde ragguagliate (mm)
- IA = perdite iniziali (mm)
- K_{ia} = coefficiente di perdite iniziali
- S = capacità idrica massima del suolo o volume specifico di saturazione (mm)
- P_n = altezza di pioggia netta (mm)
- P_e = altezza di pioggia efficace o deflusso diretto (mm)

Viene assunto un coefficiente di perdite iniziali pari a 0.1, compatibile con piccoli bacini per le condizioni italiane.

Il parametro S è ricavabile a sua volta, secondo il metodo SCS, come: $S = 25.4 \left(\frac{1000}{CN} - 10 \right)$

La determinazione del parametro S è stata condotta delimitando e misurando le aree aventi caratteristiche geologiche omogenee; per ciascuna di esse sono stati attribuiti i valori del CN(II) dedotti dalle tabelle redatte dal Soil Conservation Service per ognuna delle sotto-aree con usi del suolo omogenei. Quindi un valore S_i per ognuna delle aree a caratteristiche geologiche omogenee è stato calcolato in funzione del valore medio del CN(II) delle rispettive sotto-aree; infine è stato determinato il parametro S dell'intero bacino come media pesata tra i diversi S_i , dove il peso di ogni area è rappresentato dalla sua superficie A_i :

$$S = \frac{A_1 S_1 + \dots + A_n S_n}{\sum_i^n A_i}$$

4.5. Durata critica delle piogge e tempi di corrivazione

Si è assunto che la durata critica di pioggia (durata dell'evento di pioggia che comporta la massima portata al colmo) sia quella pari al tempo di corrivazione del bacino.

Per il calcolo del tempo di corrivazione si sono considerate le relazioni empiriche formulate da Giandotti e Ventura; in particolare si è ritenuto idoneo utilizzare la formulazione proposta da Ventura per bacini di superficie < 10 km²; si riporta inoltre la formulazione proposta da Giandotti per bacini di superficie > 10 km².

Formola di Giandotti:

$$t_c = \frac{4S^{0.5} + 1.5L}{0.8H^{0.5}}$$

Dove:

- S = area del bacino in km²
- L = lunghezza dell'asta principale in Km
- H = dislivello altimetrico tra gli estremi dell'asta in m

Formola di Ventura:

$$t_c = 0.1272 \left(\frac{S}{i} \right)^{0.5}$$

Dove:

- S = area del bacino in km²
- i = pendenza media dell'asta fluviale

4.6. Intensità di pioggia

Le intensità di pioggia, netta e ragguagliata, di assegnato tempo di ritorno, sono quindi state calcolate come rapporto tra gli spessori di pioggia efficace di durata pari alla durata critica e il tempo di corrivazione.

5. Valutazione del rischio idraulico attuale

5.1. Valutazione della pericolosità idraulica

Acquisite le informazioni cartografiche necessarie, analizzata ed implementata l'idrologia del sistema, si è proceduto a valutare la pericolosità idraulica attraverso verifiche idrauliche locali di sezioni d'interesse in regime di moto uniforme. Infatti, come già citato al Capitolo 2, l'intubamento dell'alveo principale per gran parte del suo corso rende inopportuna una modellazione idraulica del fosso come asta fluviale.

Le sezioni critiche individuate sono:

- Sezione a valle della proprietà Spagnoli, in corrispondenza della lottizzazione che ha presentato eventi di allagamento negli ultimi anni – tratto intubato;
- Sezione a valle della proprietà Spagnoli, in corrispondenza della lottizzazione che ha presentato eventi di allagamento negli ultimi anni – griglie presenti in sede stradale per l'assorbimento del deflusso superficiale;
- Sezione di chiusura del tratto intubato di diametro 600mm;
- Sezione di chiusura del tratto intubato di diametro 800mm;
- Sezione di chiusura del tratto intubato di diametro 1000mm.

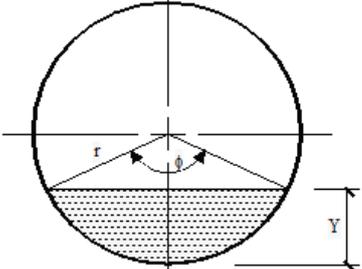
Per ciascuna di esse sono state messe a confronto le portate massime smaltibili (Q_M) con le portate attese per eventi di pioggia di diversi tempi di ritorno (Q_C) ed assegnate quindi le seguenti classi di pericolosità:

	$Q_{C,25}$	$Q_{C,50}$	$Q_{C,200}$	Classe di Pericolosità
Q_M	<	<	<	A
	>	>	<	B
	>	>	>	C

La portata massima smaltibile Q_M per le sezioni di forma circolare in condizioni di moto uniforme è stata calcolata con le relazioni formulate da Chezy e Bazin:

$$Q_0 = A_0 \times \chi_0 \times \sqrt{\mathfrak{R}_0} \cdot i \quad \text{Chezy}$$

$$\chi_0 = \frac{87}{1 + \frac{\gamma}{\sqrt{\mathfrak{R}}}} \quad \text{Bazin}$$



$$Y = r \times \left(1 - \cos\left(\frac{\varphi}{2}\right)\right)$$

$$A = \frac{r^2}{2} \times (\varphi - \sin\varphi)$$

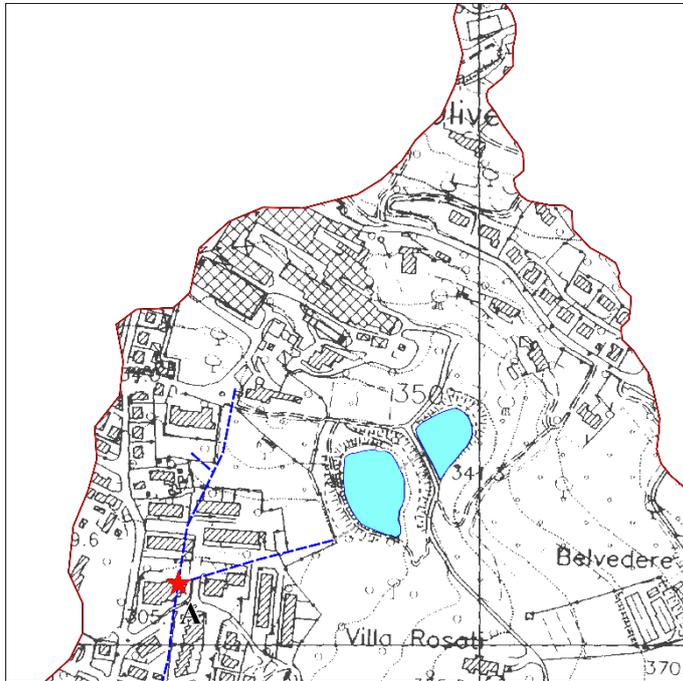
$$C = r \times \varphi$$

$$\mathfrak{R} = \frac{A}{C}$$

$$\% = \frac{Y}{2 \times r}$$

▪ Sezione A

Sezione a valle della proprietà Spagnoli, in corrispondenza della lottizzazione che ha presentato eventi di allagamento negli ultimi anni – tratto intubato.



Materiale: calcestruzzo

Diametro: 300 mm

Area della sezione utile: 0.07m²

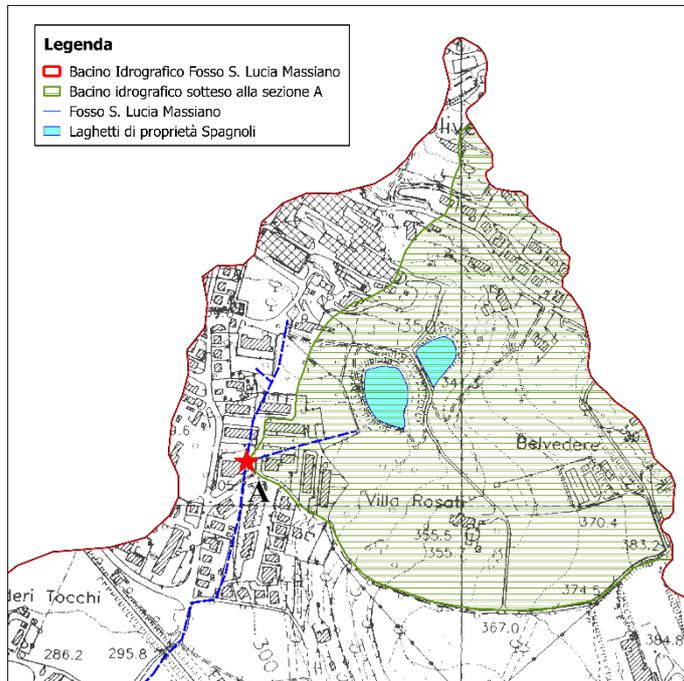
Pendenza locale dell'alveo: 0.05

Coefficiente di attrito (Bazin): 0.23

Portata massima smaltibile in condizioni di moto uniforme: $Q_m = 0.22 \text{ m}^3/\text{s}$

Velocità della corrente al transito della massima portata: $V_a = 3.20 \text{ m/s}$

Questo primo tratto raccoglie le acque meteoriche della parte più a nord del bacino. Tralasciando a favore di sicurezza la funzione di laminazione esercitata dai laghetti presenti nella proprietà Spagnoli, le portate attese si sono valutate con la metodologia di calcolo al capitolo 4.



Il bacino idrografico sotteso dalla sezione A ha una superficie di circa 27 ettari ed è rappresentato in figura.

Le portate attese, valutate con la metodologia di calcolo al capitolo 4, risultano essere:

Tr = 25 anni	$Q_{c,25} = 0.47 \text{ m}^3/\text{s}$	$Q_{c,25} > Q_m$
Tr = 50 anni	$Q_{c,50} = 0.70 \text{ m}^3/\text{s}$	$Q_{c,50} > Q_m$
Tr = 200 anni	$Q_{c,200} = 1.26 \text{ m}^3/\text{s}$	$Q_{c,200} > Q_m$

La sezione A risulta incompatibile con il transito della portata attesa riferita ad un tempo di ritorno di 25 anni.

Classe di pericolosità: **A**

▪ Sezione B

Sezione a valle della proprietà Spagnoli, in corrispondenza della lottizzazione che ha presentato eventi di allagamento negli ultimi anni – verifica delle griglie presenti in sede stradale per l'assorbimento del deflusso superficiale.



Parte del bacino del Fosso Santa Lucia Massiano drena le acque meteoriche lungo i versanti in pendenza direttamente verso la lottizzazione presente a valle della proprietà Spagnoli; in sede stradale sono presenti due griglie a pioli che hanno la funzione di assorbire il deflusso superficiale e convogliarlo in fognatura, delle quali si rende necessaria una verifica idraulica.

Caratteristiche delle griglie:

Griglia G1

Tipologia: griglia in ghisa sferoidale
Sviluppo lineare: 14 m
Larghezza in direzione longitudinale al flusso: 20.4 cm
Assorbimento unitario della griglia (assunto da valori in letteratura): 7.3 l/s per metro

Assorbimento della griglia: 102.2 l/s

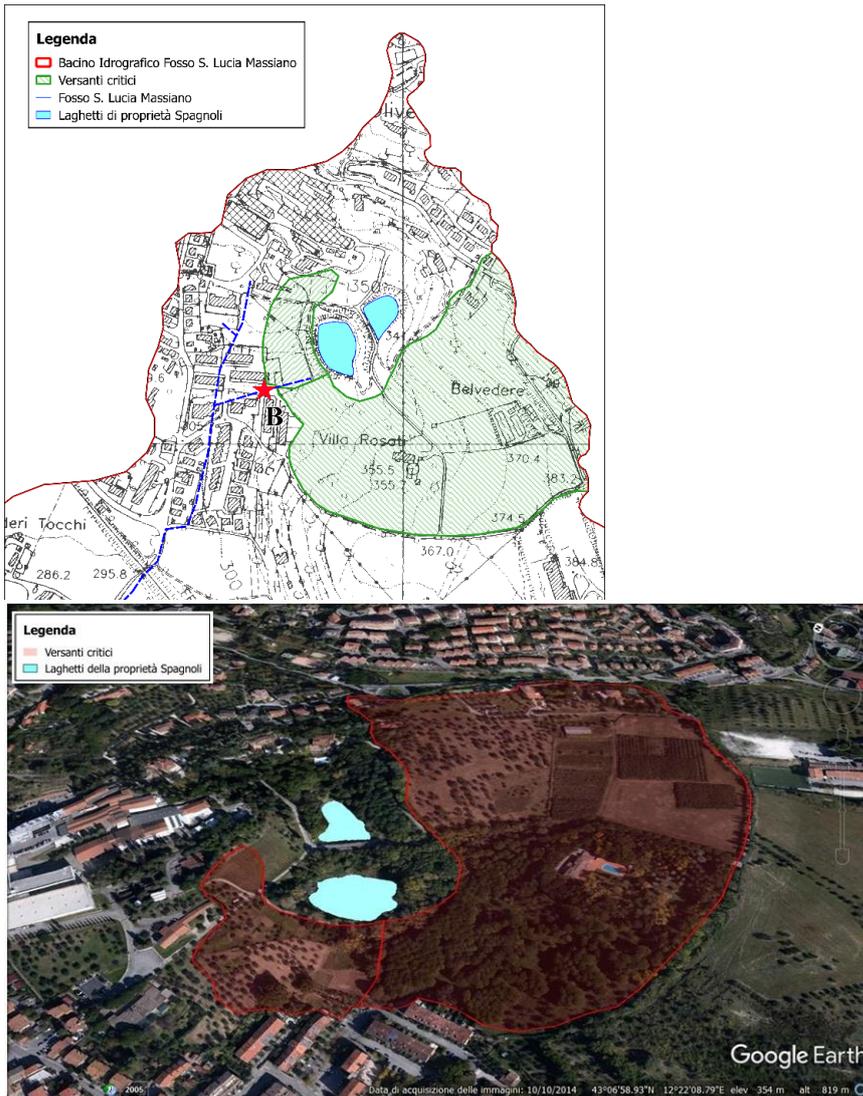
Griglia G2

Tipologia: griglia zincata a barre longitudinali.
Sviluppo lineare: 5 m
Larghezza in direzione longitudinale al flusso: 25.4 cm
Assorbimento unitario della griglia (assunto da valori in letteratura): 17.0 l/s per metro

Assorbimento della griglia: 85 l/s

Assorbimento totale delle griglie Q_m : **187.2 l/s = 0.19 m³/s**

La porzione del bacino che drena l'acqua meteorica verso le griglie è di seguito raffigurata:



Il bacino idrografico sotteso dalla sezione B ha una superficie di 14.5 ettari ed è rappresentato in figura.

Le portate attese, valutate con la metodologia di calcolo al capitolo 4, risultano essere:

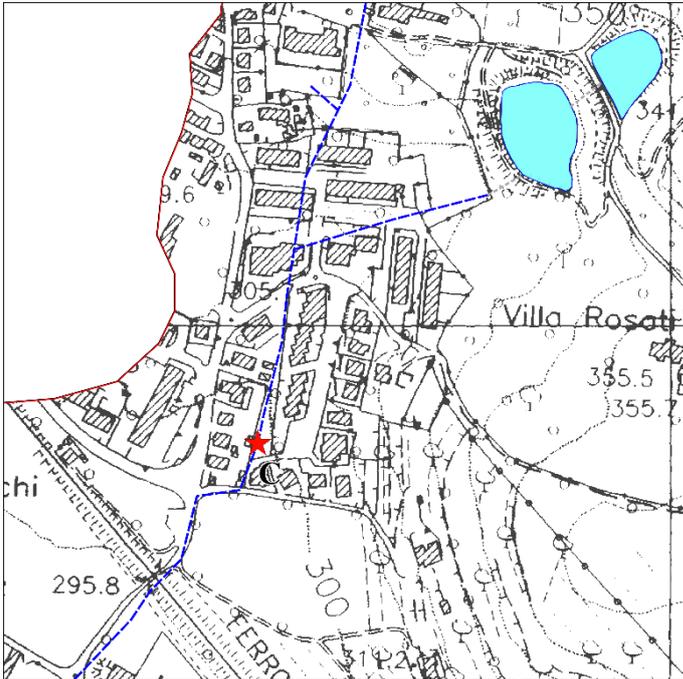
Tr = 25 anni	$Q_{c,25} = 0.23 \text{ m}^3/\text{s}$	$Q_{c,25} > Q_m$
Tr = 50 anni	$Q_{c,50} = 0.34 \text{ m}^3/\text{s}$	$Q_{c,50} > Q_m$
Tr = 200 anni	$Q_{c,200} = 0.65 \text{ m}^3/\text{s}$	$Q_{c,200} > Q_m$

La sezione B risulta incompatibile con il transito della portata attesa riferita ad un tempo di ritorno di 25 anni.

Classe di pericolosità: **A**

▪ Sezione C

Sezione di chiusura del tratto intubato con diametro 600mm.



Tipologia: sezione circolare

Materiale: calcestruzzo

Diametro: 600 mm

Area della sezione utile: 0.28m²

Pendenza locale dell'alveo: 0.05

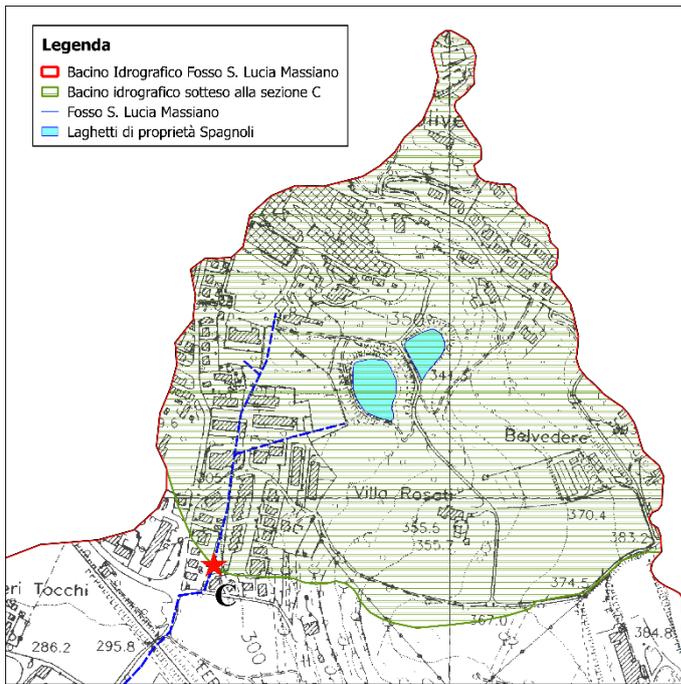
Coefficiente di attrito (Bazin): 0.23

Portata massima smaltibile in condizioni di moto uniforme: $Q_m = 1.44 \text{ m}^3/\text{s}$

Velocità della corrente al transito della massima portata: $V_m = 5.19 \text{ m/s}$

Questo tratto intubato del Fosso Santa Lucia Massiano funge da fognatura mista, raccogliendo sia le acque bianche sia le acque nere dell'abitato di Santa Lucia, oltre che della porzione più a nord del bacino.

Da precisare che per le fognature a sistema unitario di smaltimento, cioè miste, non occorre in sede di verifica far riferimento allo smaltimento delle acque nere. Infatti, è improbabile la coincidenza tra la portata di picco di acque bianche e la portata di picco delle nere; la verifica delle sezioni sarà allora condizionata dalle massime portate bianche: queste, infatti, possono oscillare da valori nulli a valori centinaia di volte superiori alle massime portate nere.



Il bacino idrografico sotteso dalla sezione C ha una superficie di 41.8 ettari ed è rappresentato in figura.

Le portate attese, valutate con la metodologia di calcolo al capitolo 4, risultano essere:

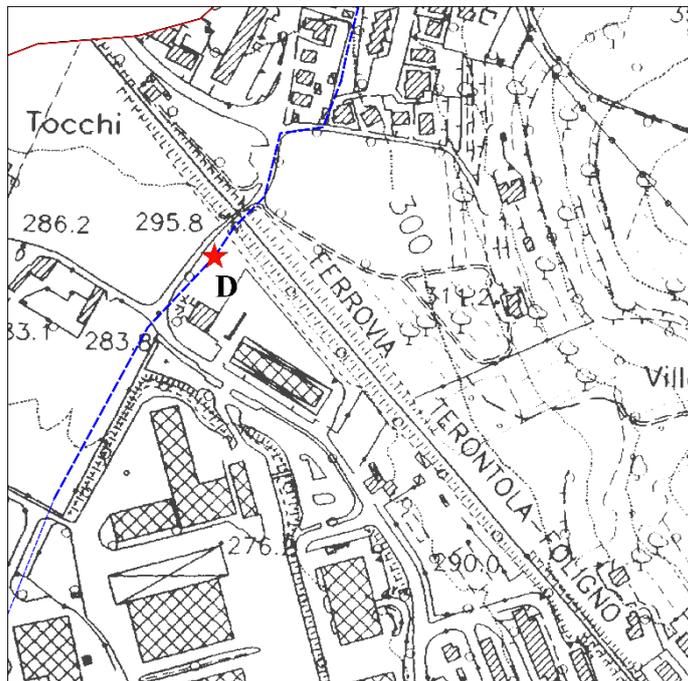
Tr = 25 anni	$Q_{25} = 0.99 \text{ m}^3/\text{s}$	$Q_{C,25} < Q_m$
Tr = 50 anni	$Q_{50} = 1.38 \text{ m}^3/\text{s}$	$Q_{C,50} < Q_m$
Tr = 200 anni	$Q_{200} = 2.35 \text{ m}^3/\text{s}$	$Q_{C,200} > Q_m$

La sezione C risulta compatibile con il transito della portata attesa riferita ad un tempo di ritorno di 50 anni ma incompatibile con il transito della portata attesa riferita ad un tempo di ritorno di 200 anni.

Classe di pericolosità: **B**

▪ Sezione D

Sezione di chiusura del tratto intubato con diametro 800mm.



Tipologia: sezione circolare

Materiale: calcestruzzo

Diametro: 800 mm

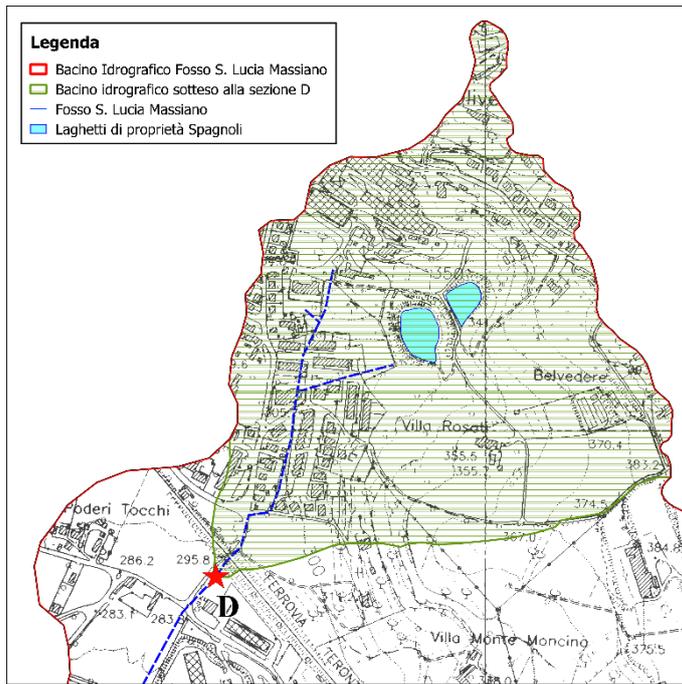
Area della sezione utile: 0.50m²

Pendenza locale dell'alveo: 0.05

Coefficiente di attrito (Bazin): 0.23

Portata massima smaltibile in condizioni di moto uniforme: $Q_m = 3.10 \text{ m}^3/\text{s}$

Velocità della corrente al transito della massima portata: $V_m = 6.29 \text{ m/s}$



Il bacino idrografico sotteso dalla sezione D ha una superficie di circa 46 ettari ed è rappresentato in figura.

Le portate attese, valutate con la metodologia di calcolo al capitolo 4, risultano essere:

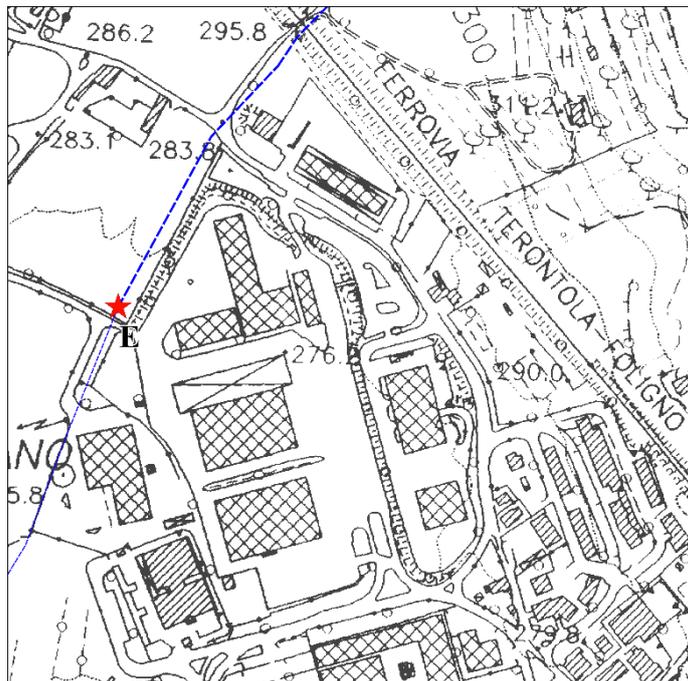
Tr = 25 anni	$Q_{25} = 1.23 \text{ m}^3/\text{s}$	$Q_{C,25} < Q_m$
Tr = 50 anni	$Q_{50} = 1.70 \text{ m}^3/\text{s}$	$Q_{C,50} < Q_m$
Tr = 200 anni	$Q_{200} = 2.81 \text{ m}^3/\text{s}$	$Q_{C,200} < Q_m$

La sezione D risulta compatibile con il transito delle portate attese.

Classe di pericolosità: **C**

▪ Sezione E

Sezione di chiusura del tratto intubato con diametro 1000mm.



Tipologia: sezione circolare

Materiale: calcestruzzo

Diametro: 1000 mm

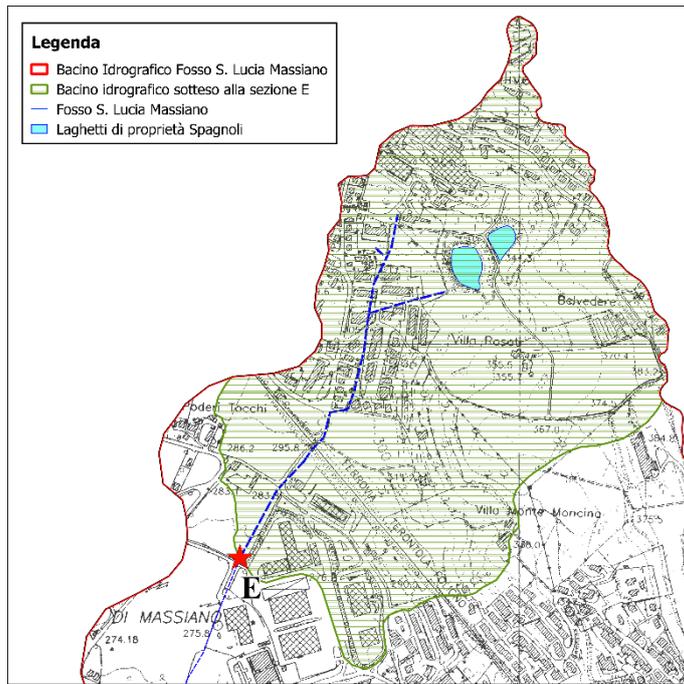
Area della sezione utile: 0.79m²

Pendenza locale dell'alveo: 0.02

Coefficiente di attrito (Bazin): 0.23

Portata massima smaltibile in condizioni di moto uniforme: $Q_m = 3.55 \text{ m}^3/\text{s}$

Velocità della corrente al transito della massima portata: $V_m = 4.61 \text{ m/s}$



Il bacino idrografico sotteso dalla sezione E ha una superficie di 73.2 ettari ed è rappresentato in figura.

Le portate attese, valutate con la metodologia di calcolo al capitolo 4, risultano essere:

Tr = 25 anni	$Q_{25} = 2.49 \text{ m}^3/\text{s}$	$Q_{C,25} < Q_m$
Tr = 50 anni	$Q_{50} = 3.30 \text{ m}^3/\text{s}$	$Q_{C,50} < Q_m$
Tr = 200 anni	$Q_{200} = 5.21 \text{ m}^3/\text{s}$	$Q_{C,200} > Q_m$

La sezione E risulta compatibile con il transito della portata attesa riferita ad un tempo di ritorno di 50 anni ma incompatibile con il transito della portata attesa riferita ad un tempo di ritorno di 200 anni.

Classe di pericolosità: **B**

Si riepilogano in Tabella 5.1 i risultati delle verifiche idrauliche effettuate.

	Classe di Pericolosità		
	A	B	C
Sezione A	X		
Sezione B	X		
Sezione C		X	
Sezione D			X
Sezione E		X	

Tab. 5.1 – Classi di pericolosità idraulica da esondazione delle sezioni analizzate

Sulla base di tali risultati, delle classi di pericolosità definite e delle informazioni cartografiche sono state quindi individuate le fasce di pericolosità idraulica (Figura 5.1):

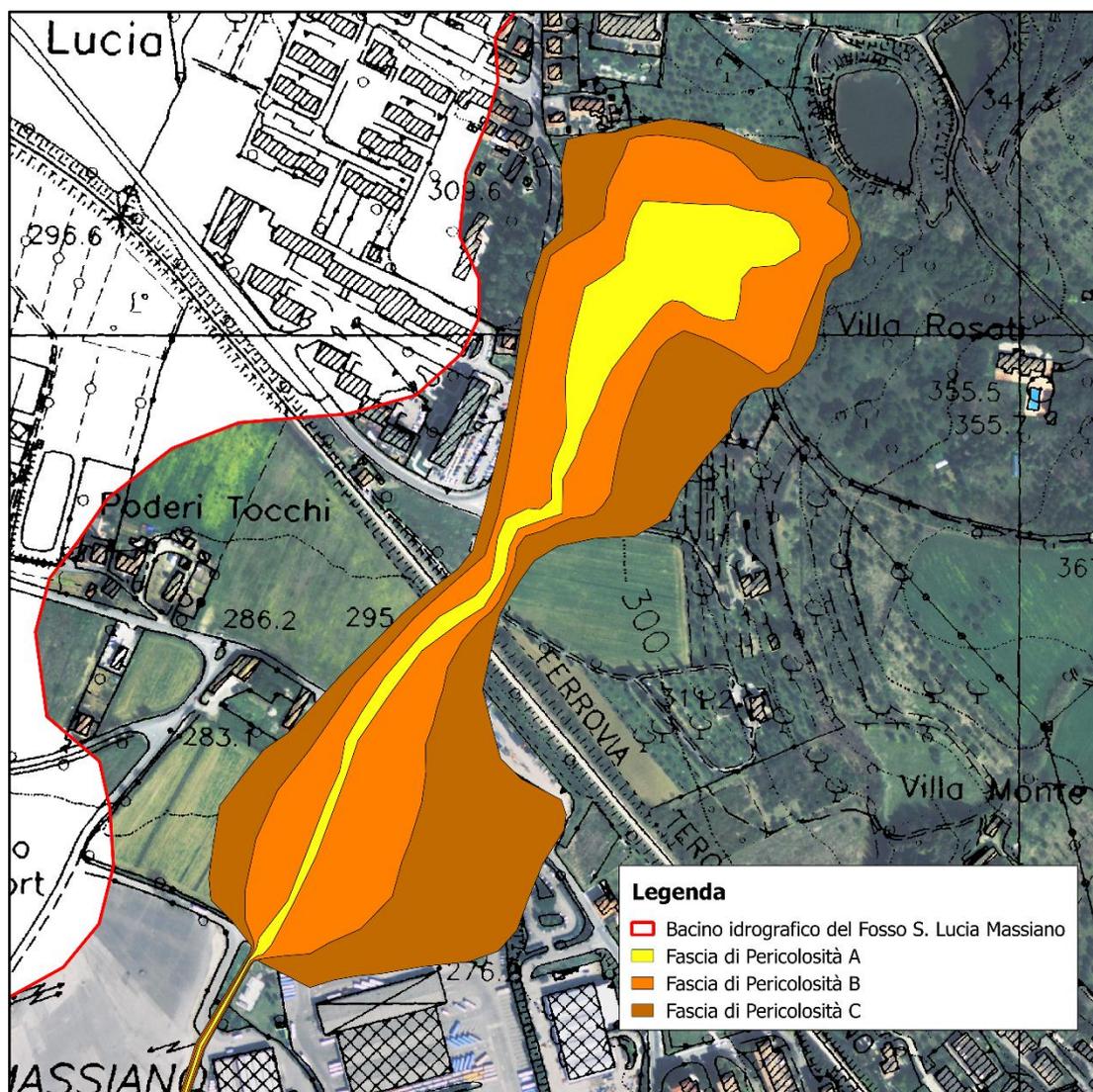


Fig. 5.1 – Mappa delle fasce di pericolosità idraulica nel bacino del Fosso S. Lucia Massiano

5.2. Individuazione dei beni esposti e valutazione della loro vulnerabilità

Valutata la pericolosità idraulica da esondazione, si è proceduto ad individuare i beni esposti al pericolo presenti nell'area delimitata dalle fasce di pericolosità ed a valutarne l'attitudine a subire danneggiamenti in conseguenza degli eventi calamitosi.

Le seguenti tipologie di beni sono state individuate all'interno delle fasce di pericolosità:

- Edificato residenziale e commerciale
- Linea ferroviaria
- Rete viaria e aree di parcheggio
- Seminativi e colture orticole

Per la valutazione della vulnerabilità dei beni, ovvero della propensione intrinseca degli stessi a subire un certo grado di danneggiamento, si è optato per metodi qualitativi piuttosto che analitici; infatti citando quanto scritto dall'Autorità di Bacino del Tevere nel Piano Stralcio di Assetto Idrogeologico *“Il concetto di vulnerabilità di un bene è estremamente puntuale e dipende da valori che, per la grande articolazione dei beni esposti individuata, non sono determinabili se non in modo ipotetico”*.

Ci si è quindi limitati a stimare qualitativamente le perdite conseguenti all'evento calamitoso in termini sia di vite umane che economici (perdita di efficienza del sistema), basandosi sull'analisi del carico urbanistico inteso negli aspetti demografici, occupazionali, abitativi e dei servizi.

Complessivamente, si è determinato il parametro d'insieme $E \times V$ articolandolo in quattro gradi: molto elevato (ME), elevato (E), medio (M), basso (Ba).

I risultati di questa fase sono riportati in Figura 5.2:

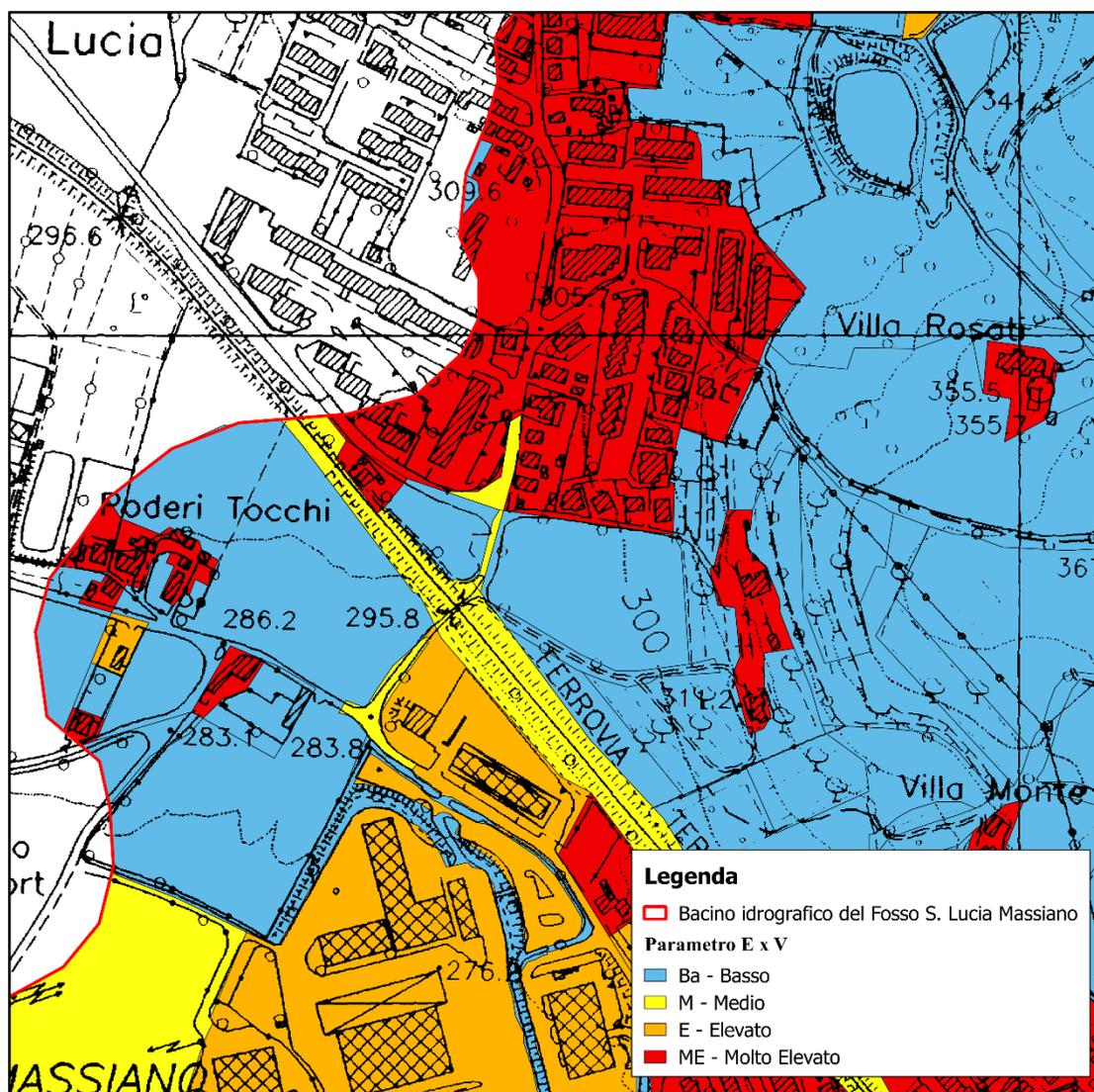


Fig. 5.2 – Mappa del parametro di esposizione e vulnerabilità nell'area d'interesse

5.3. Valutazione del rischio idraulico

Il rischio è un concetto probabilistico che caratterizza la possibilità che una certa sorgente di pericolo si trasformi in un danno per beni o persone.

Viene misurato in base alla nota equazione $R = P \times E \times V$ come combinazione della pericolosità, della vulnerabilità e dell'esposizione.

Sono definite quattro diverse classi di rischio:

Rischio moderato	R1
Rischio medio	R2
Rischio elevato	R3
Rischio molto elevato	R4

Dalla combinazione della mappa del parametro P (pericolosità) redatta al paragrafo 5.1 e della mappa del parametro $E \times V$ (esposizione e vulnerabilità) redatta al paragrafo 5.2, è stata ricavata la mappa del rischio idraulico da esondazione all'interno del bacino del Fosso Santa Lucia Massiano (Figura 5.3), assegnando le classi di rischio alle singole aree secondo la matrice riportata in tabella 5.2:

		Classe di Pericolosità (P)		
		A	B	C
Parametro di esposizione e vulnerabilità ($E \times V$)	ME	R4	R4	R2
	E	R4	R3	R2
	M	R3	R2	R1
	Ba	R1	R1	R1

Tab. 5.2 – Classi di rischio idraulico in funzione della classe di pericolosità e del parametro di esposizione e vulnerabilità

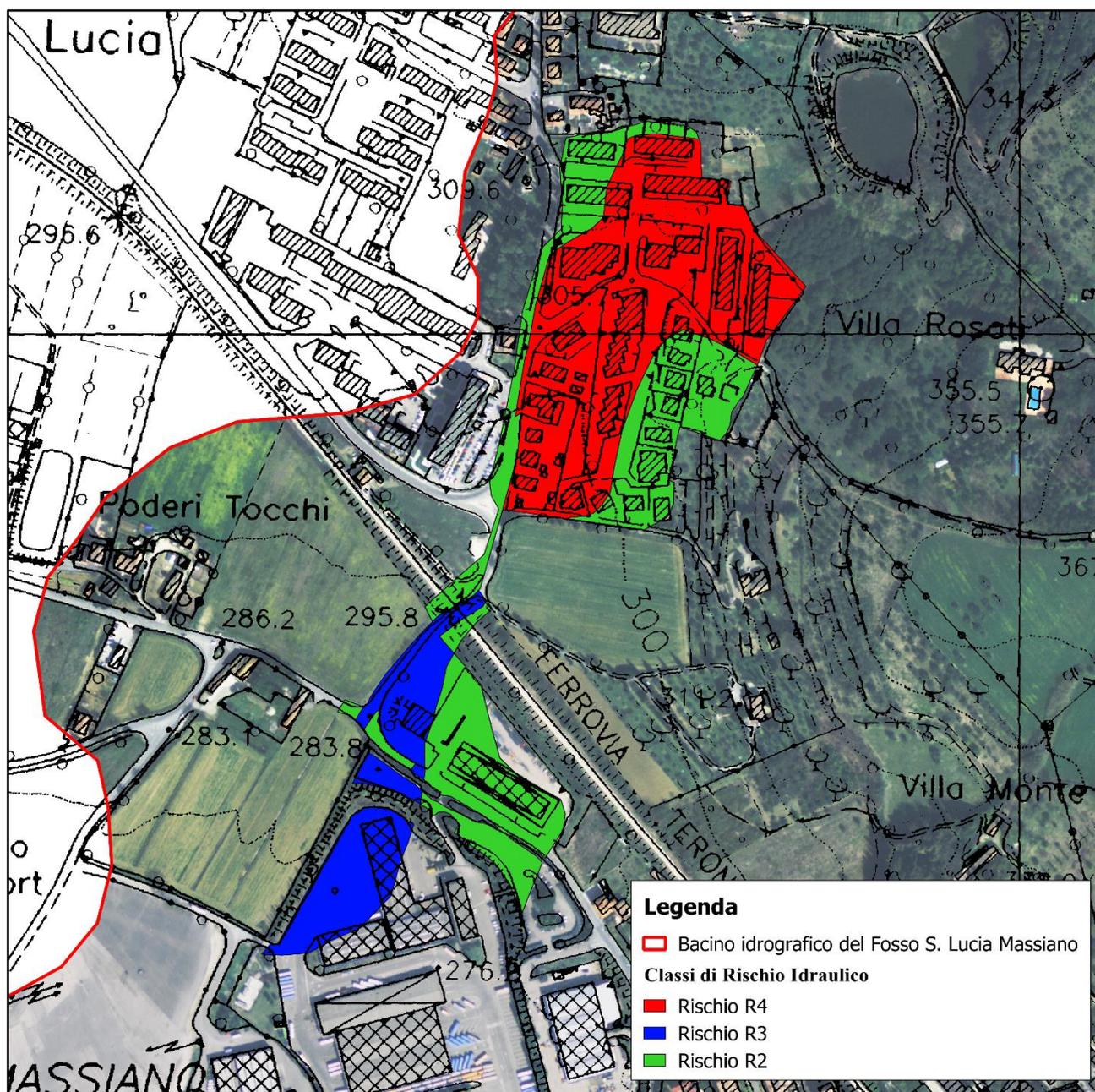


Fig. 5.3 – Mappa del rischio idraulico nel bacino del fosso S. Lucia Massiano

6. Analisi delle trasformazioni che hanno interessato il Fosso S. Lucia Massiano e il suo bacino idrografico negli ultimi decenni

Si è effettuato uno studio multi temporale del bacino idrografico del Fosso S. Lucia Massiano al fine di identificare le trasformazioni del tracciato del corso d'acqua e la variazione dell'uso del suolo. Quest'evoluzione, negli anni tendente ad un eccessivo consumo del suolo, ha contribuito a creare le condizioni di rischio attuale.

Al fine di eseguire lo studio sopraccitato sono state utilizzate cartografie riferite a periodi storici differenti, che coprono un range temporale che va dal 1932 ai giorni d'oggi, dalle quali è stato tracciato il corso d'acqua e dove sono state individuate ed evidenziate le costruzioni e le aree impermeabilizzate all'interno del bacino idrografico in quei determinati periodi storici.

Tali cartografie sono:

- IGM del 1932;
- Ortofoto del 1954;
- EIRA in scala 1:5000 del 1968;
- Carta Tecnica Regionale (CTR) in scala 1:10000 del 1987, allestita sulla base delle foto aeree del 1985;
- Ortofoto del 2005;
- Ortofoto del 2013.

6.1. Situazione nell'anno 1932

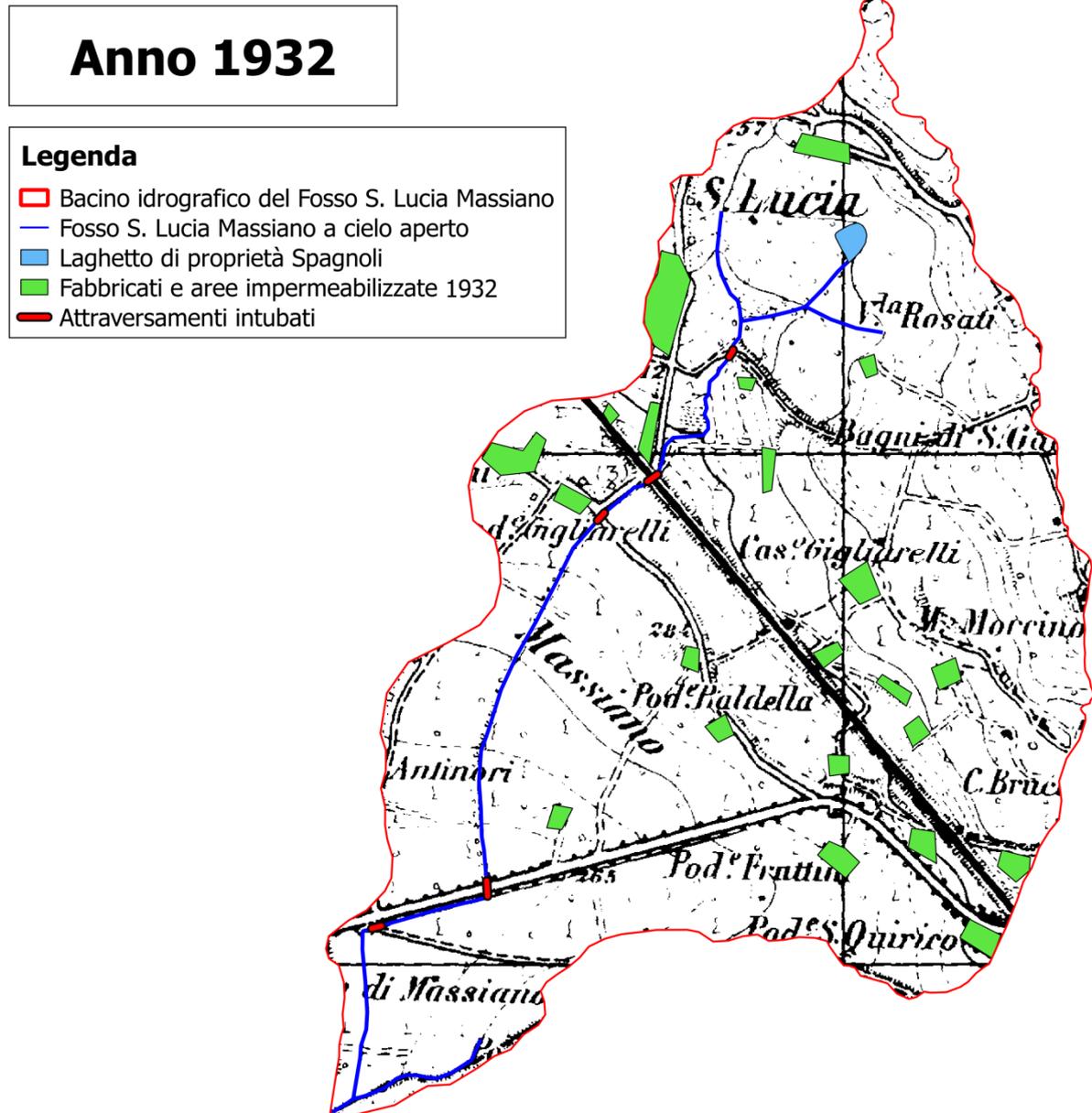


Fig. 6.1 – Bacino del Fosso Santa Lucia Massiano: IGM del 1932 con fabbricati e tracciato del Fosso S. Lucia Massiano

Nella Figura 6.1 si può vedere la posizione del Fosso S. Lucia Massiano nel 1932.

Il corso d'acqua defluisce naturalmente a cielo aperto fatta eccezione per brevi tratti intubati in corrispondenza di quattro attraversamenti stradali e dell'attraversamento ferroviario.

Nei pressi della confluenza, visti i bruschi cambi di direzione, si può dedurre che il tracciato del corso d'acqua sia stato deviato dalla sua naturale traiettoria, probabilmente al fine di favorire le attività agricole.

La quantità di fabbricati e di zone impermeabilizzate all'interno del bacino idrografico sono molto limitate e rappresentate da abitazioni isolate intervallate da estesi terreni agricoli.

Percentuale aree impermeabilizzate all'interno del bacino: 3%

6.2. Situazione nell'anno 1954

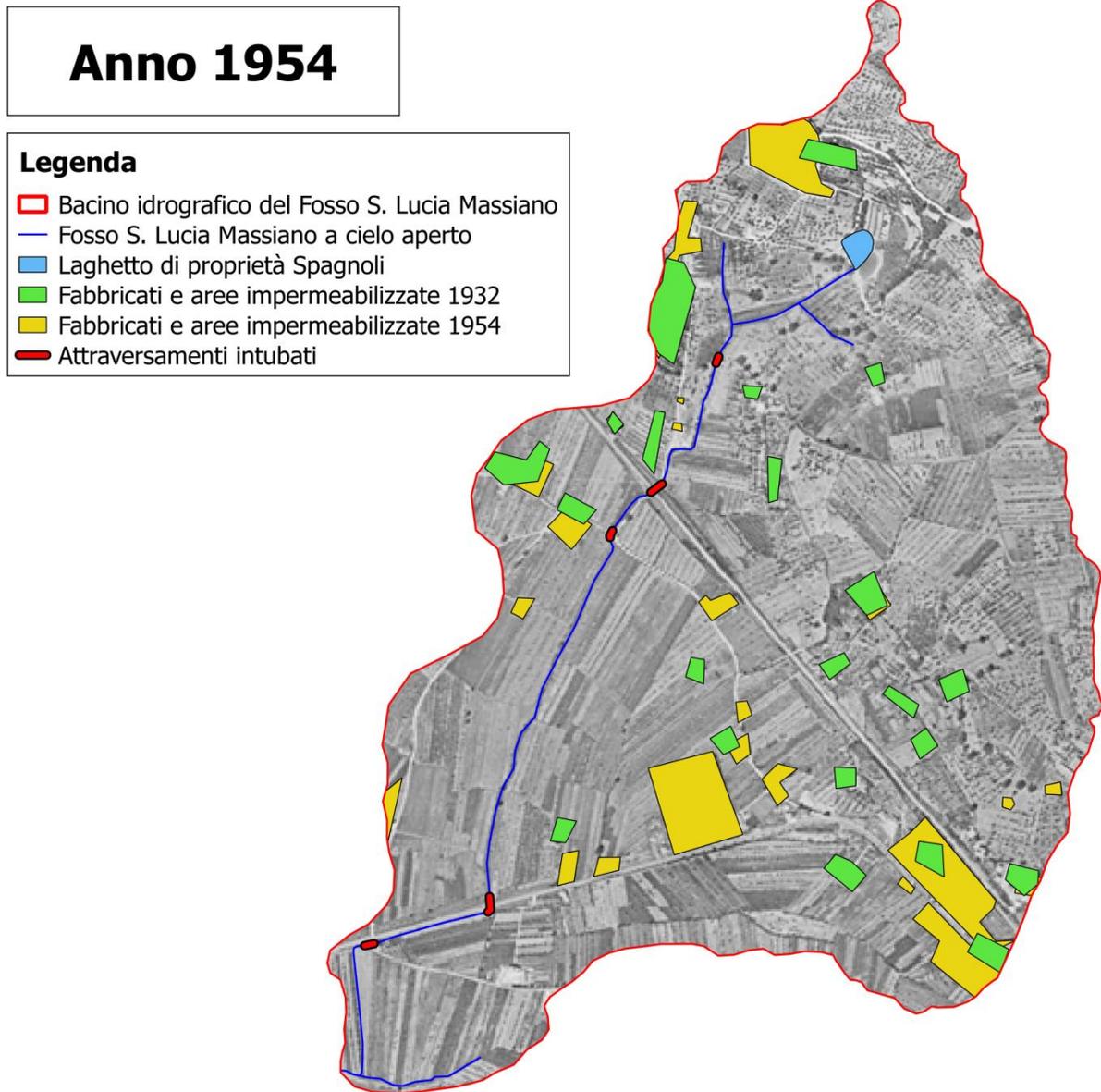


Fig. 6.2 – Bacino del Fosso Santa Lucia Massiano: ortofoto del 1954 con fabbricati e tracciato del Fosso S. Lucia Massiano

Nella Figura 6.2 non si notano variazioni nella posizione planimetrica del corso d'acqua in confronto alla situazione del 1932.

Dal punto di vista dell'uso del suolo si può vedere un aumento delle superfici impermeabilizzate dovute sia alla costruzione di singole abitazioni sia all'avvio di nuove attività industriali.

Percentuale aree impermeabilizzate all'interno del bacino: 8 %

6.3. Situazione nell'anno 1968

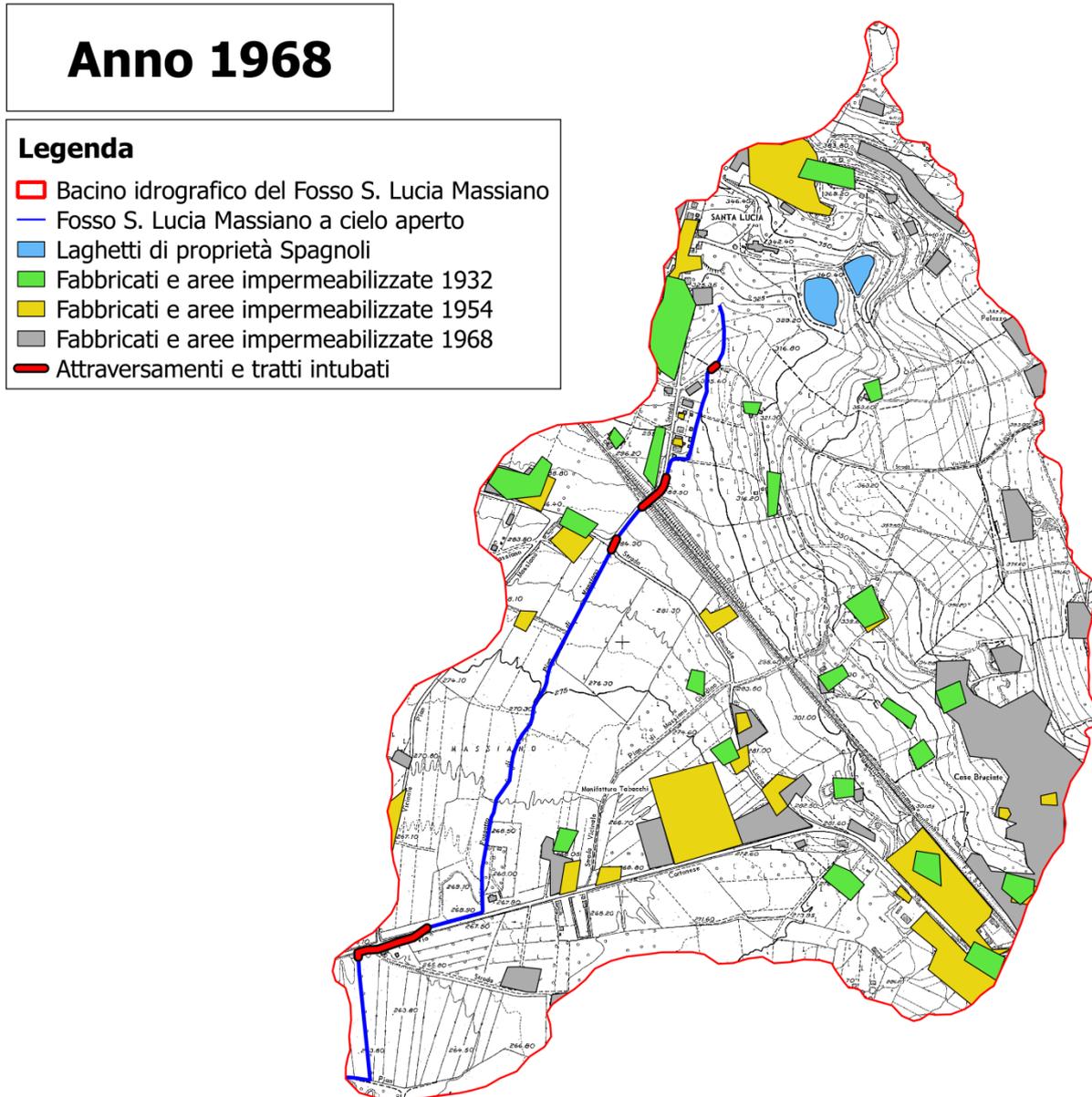


Fig. 6.3 – Bacino del Fosso Santa Lucia Massiano: EIRA del 1968 con fabbricati e tracciato del Fosso S. Lucia Massiano

Nella Figura 6.3 si può vedere che il tracciato del Fosso S. Lucia Massiano è stato modificato nell'area a monte della confluenza, dove il corso d'acqua è stato intubato e fatto defluire al di sotto della strada.

Dal punto di vista del consumo del suolo, si può vedere che tra il 1954 ed il 1968 si sono sviluppate delle aree residenziale sia nella parte occidentale del bacino sia nell'area di testata del fosso; inoltre sono state costruite delle abitazioni anche a ridosso del fosso S. Lucia Massiano, a monte dell'attraversamento ferroviario.

Percentuale aree impermeabilizzate all'interno del bacino: 15 %

6.4. Situazione nell'anno 1985

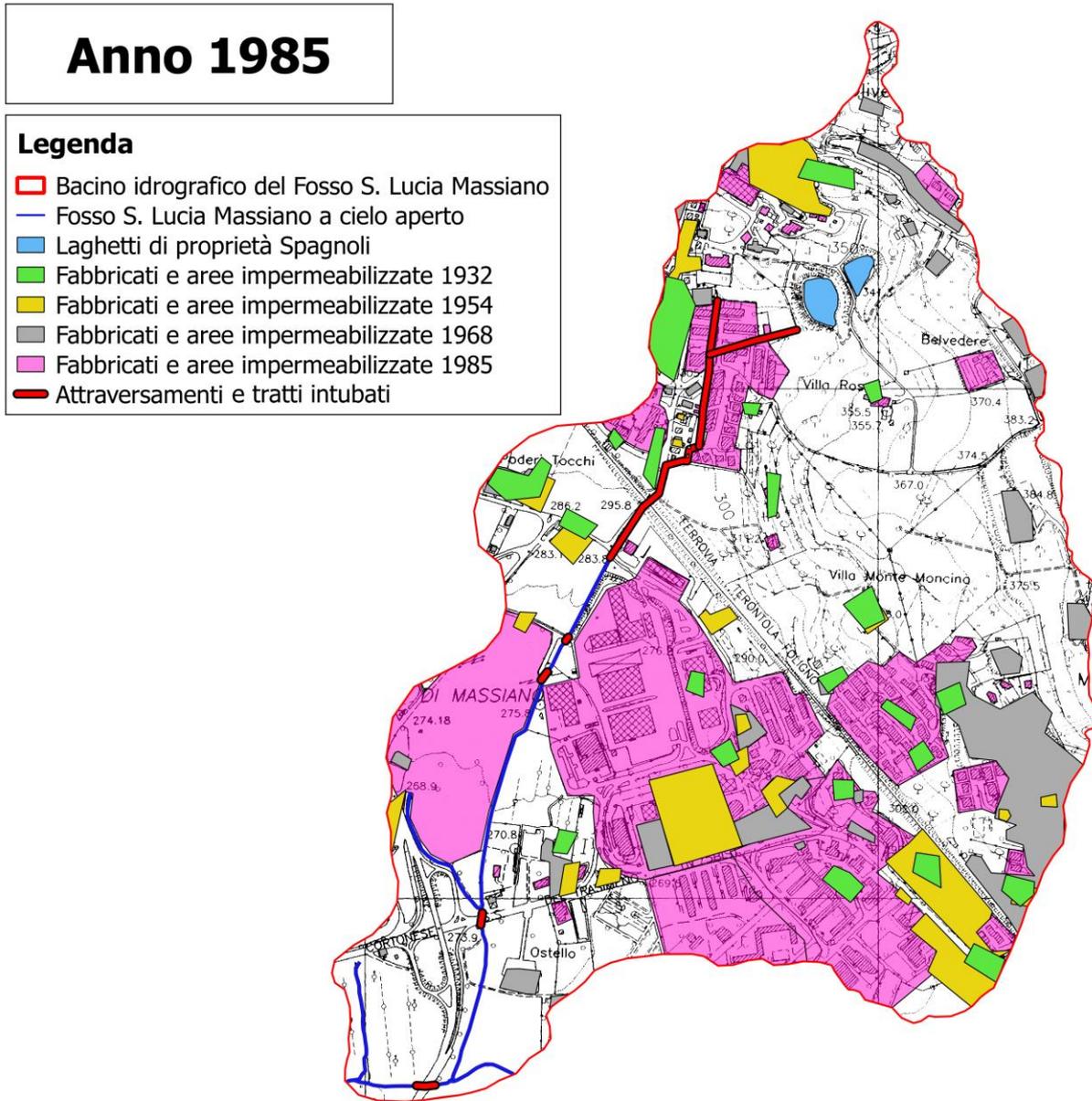


Fig. 6.4 – Bacino del Fosso Santa Lucia Massiano: CTR del 1987, allestita sulla base delle foto aeree del 1985, con fabbricati e tracciato del Fosso S. Lucia Massiano

Nella Figura 6.4 si apprezza l'elevato sviluppo urbanistico avvenuto tra il 1968 ed il 1985 che ha avuto come conseguenza la realizzazione di tratti intubati in tutta l'area di monte e nella parte centrale del bacino idrografico.

Nella zona di valle, il tracciato del corso d'acqua è stato nuovamente modificato: si può notare la deviazione effettuata per permettere la realizzazione della nuova rete viaria; inoltre a valle dell'attraversamento ferroviario l'alveo del fosso S. Lucia Massiano è stato canalizzato artificialmente vista la notevole pressione antropica rappresentata dalla costruzione di aree industriali in sinistra idrografica e dell'attuale Piazzale Umbria Jazz in destra idrografica.

Percentuale aree impermeabilizzate all'interno del bacino: 50 %

6.5. Situazione nell'anno 2005

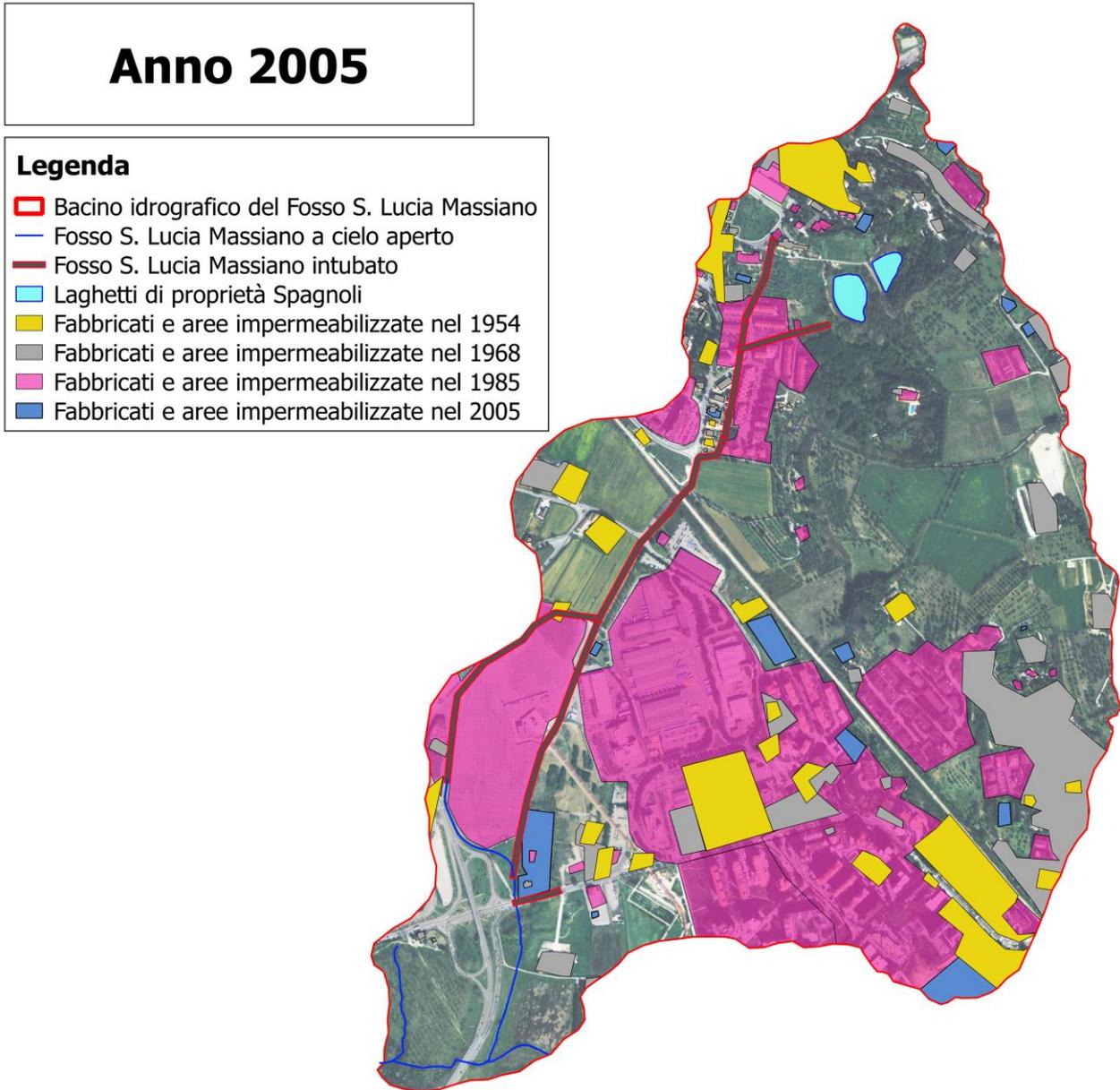


Fig. 6.5 – Bacino del Fosso Santa Lucia Massiano: Ortofoto del 2005 con fabbricati e tracciato del Fosso S. Lucia Massiano

Nella Figura 6.5 si nota il proseguimento delle opere di realizzazione dei tratti intubati, che nel 2005 interessano la maggior parte del tracciato, che prosegue a cielo aperto solo nel tratto a valle dell'attraversamento stradale di via Cortonese.

Tra il 2005 ed il 2013 non vi è stata un'eccessiva modificazione né nella posizione planimetrica del Fosso S. Lucia Massiano né dell'uso del suolo.

Percentuale aree impermeabilizzate all'interno del bacino: 55%

6.6. Focalizzazione sulle trasformazioni avvenute nell'area dell'abitato di S. Lucia

All'interno del bacino idrografico è stata individuata un'area critica localizzata nell'abitato di Santa Lucia, evidenziata in Figura 6.6, che è stata ripetutamente interessata da eventi di alluvionamento; per questo motivo è stata analizzata nel dettaglio e riportata nelle Figure da 6.7 a 6.11 la sua evoluzione generale nel tempo.

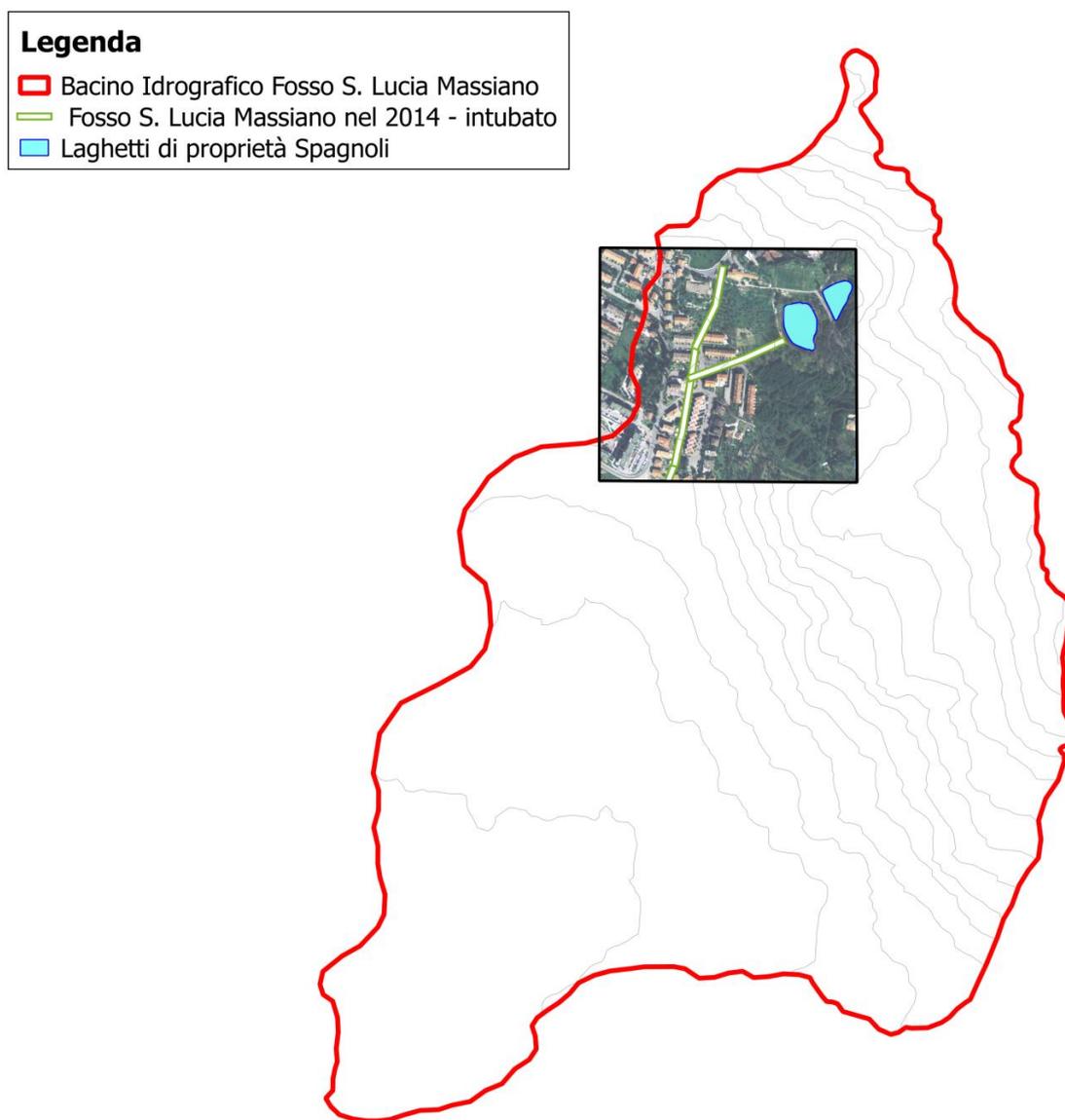


Fig. 6.6 – Bacino del Fosso Santa Lucia Massiano: delimitazione area critica

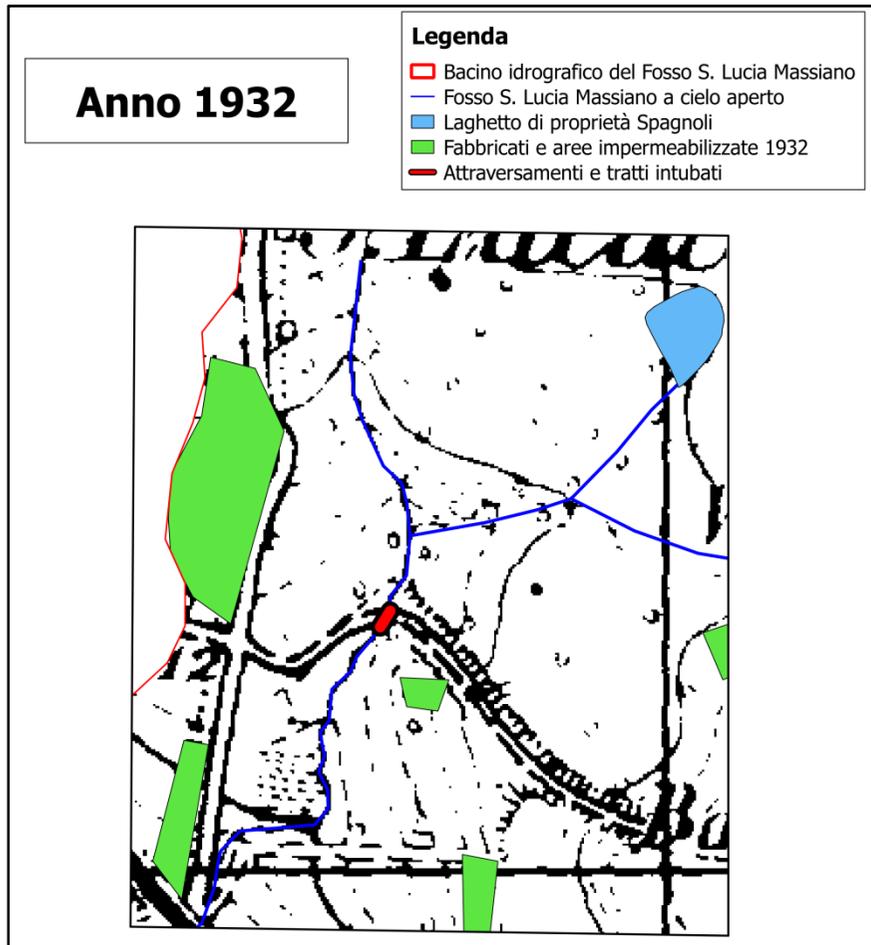


Fig. 6.7 – Bacino del Fosso Santa Lucia Massiano: area critica nel 1932

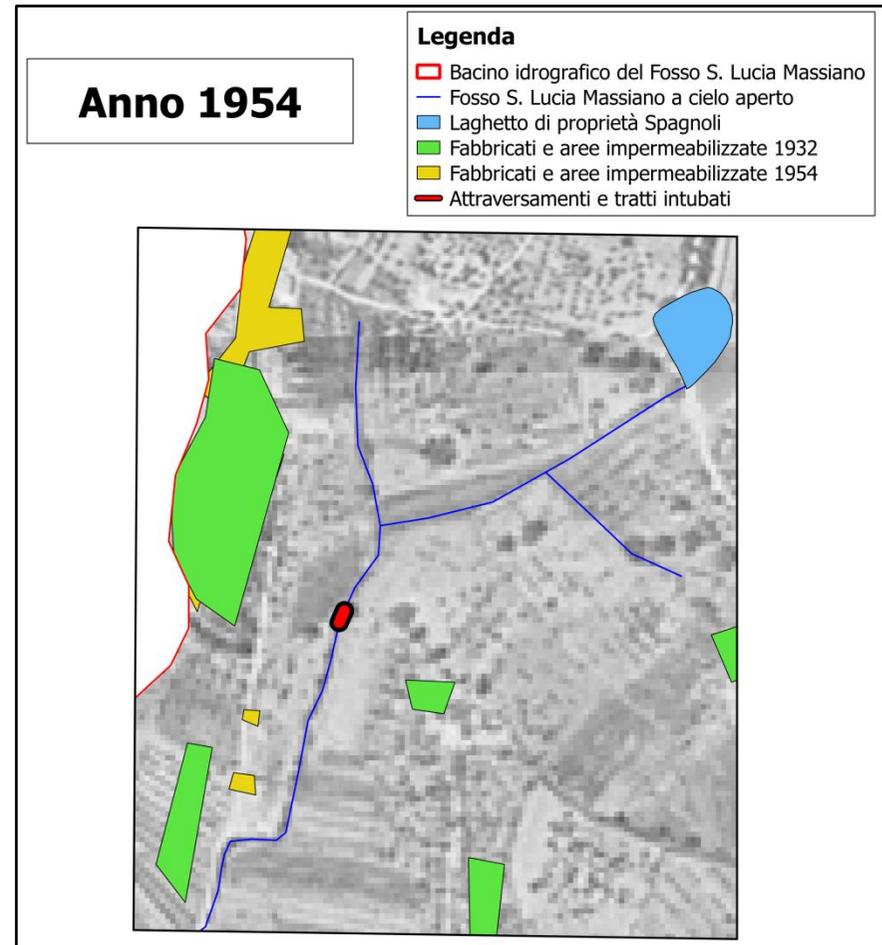


Fig. 6.8 – Bacino del Fosso Santa Lucia Massiano: area critica nel 1954

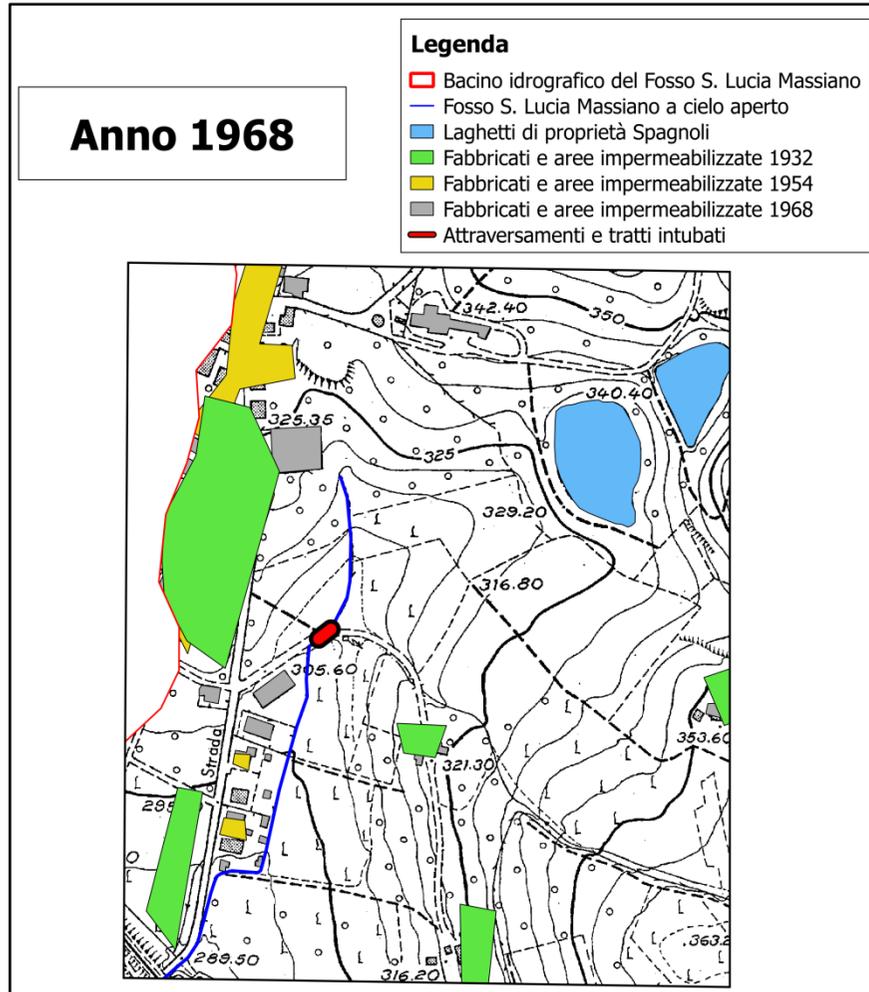


Fig. 6.9 – Bacino del Fosso Santa Lucia Massiano: area critica nel 1968

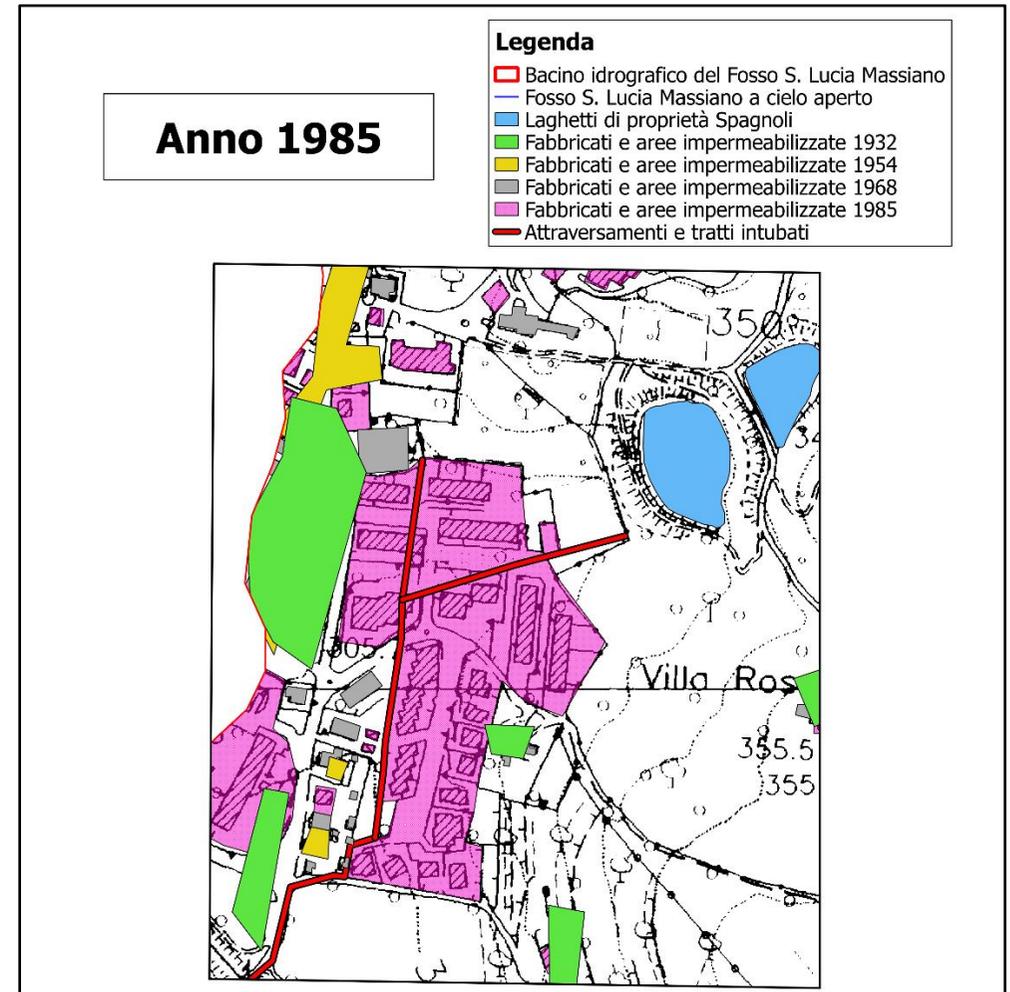


Fig. 6.10 – Bacino del Fosso Santa Lucia Massiano: area critica nel 1985

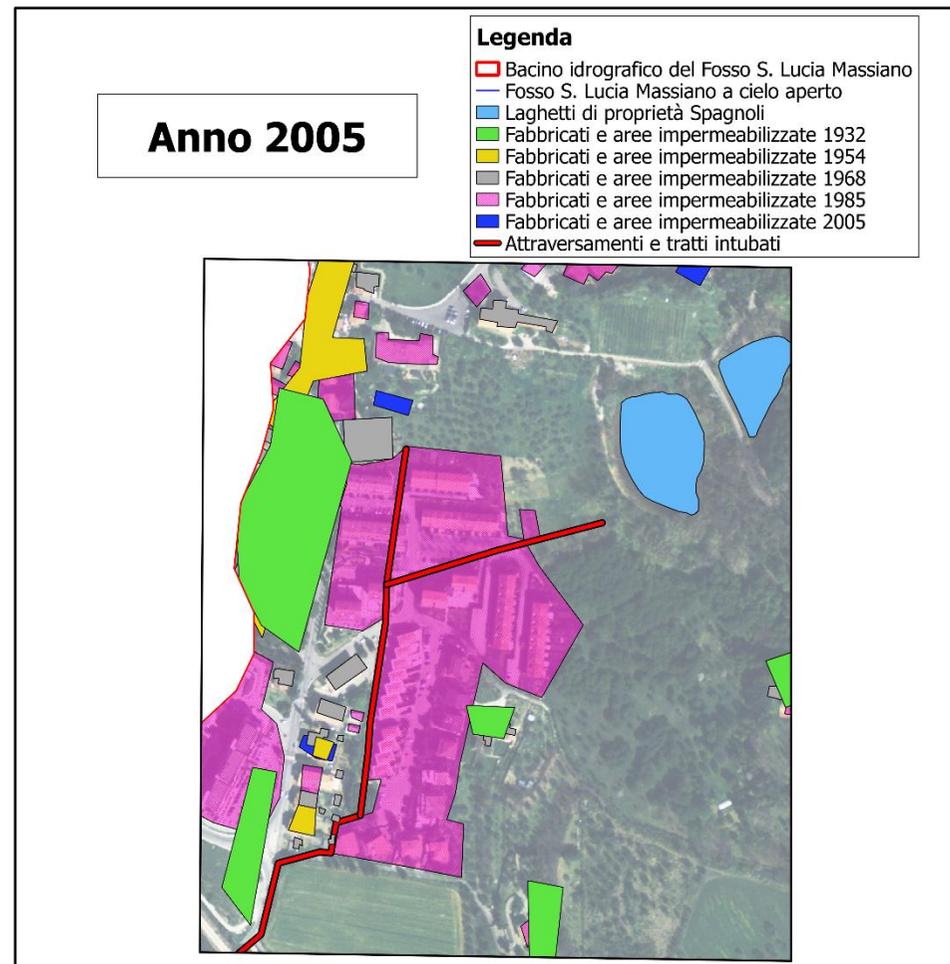


Fig. 6.11 – Bacino del Fosso Santa Lucia Massiano: area critica nel 2005

7. Confronto tra la situazione nell'anno 1954 e la situazione attuale

7.1. Modifiche che hanno interessato l'alveo

Le variazioni apportate sul tracciato del fosso S. Lucia Massiano sono visibili in Figura 7.1: dal 1954 ad oggi non è stato modificato l'andamento planimetrico dell'alveo, il quale ricalca quasi perfettamente quello presente nel 1954, ma ne è stata alterata la natura e di conseguenza il funzionamento idraulico; si è passati, a causa di un'eccessiva pressione urbana, da un alveo naturale a cielo aperto ad una canalizzazione artificiale sotterranea che svolge la funzione di fognatura mista.

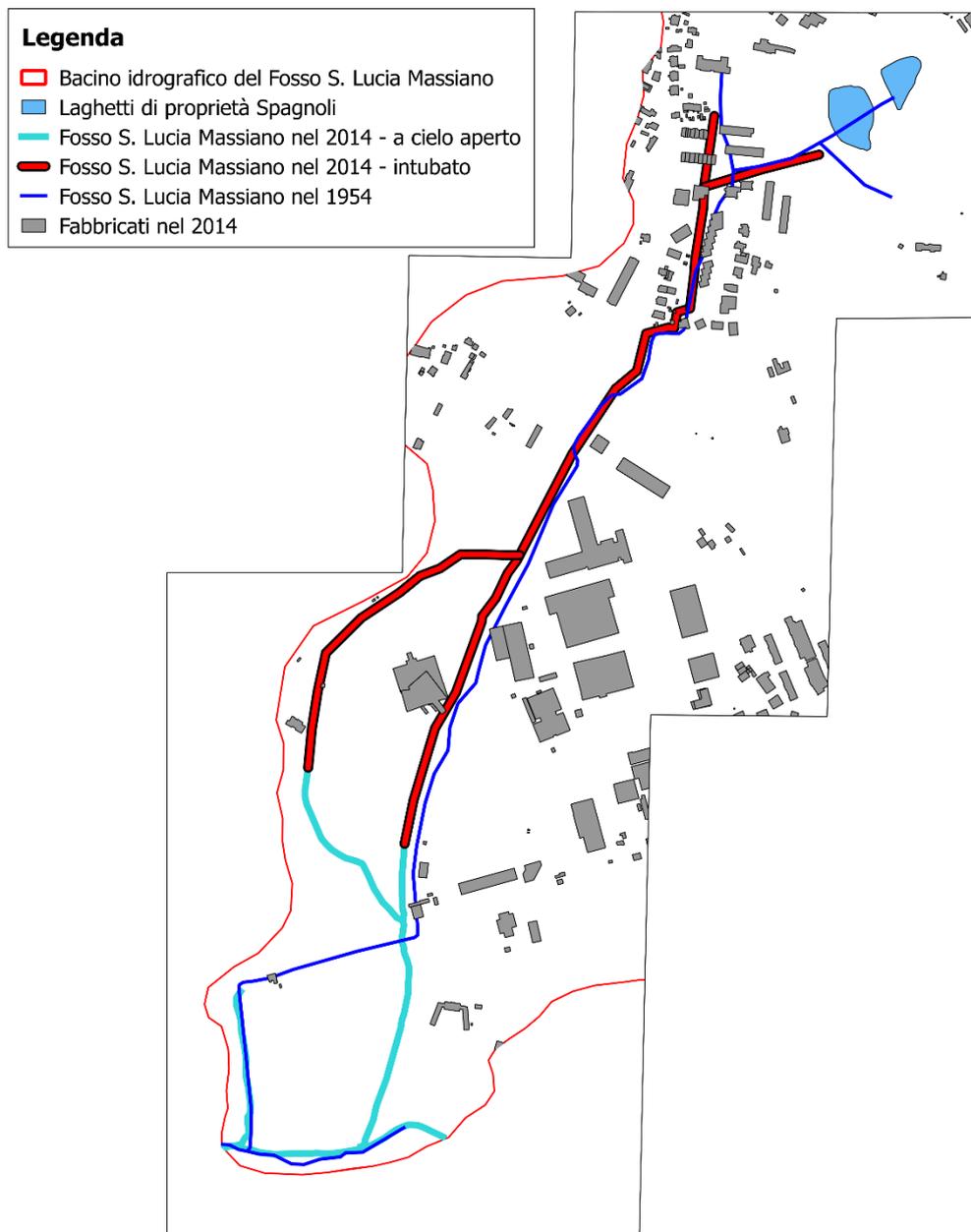
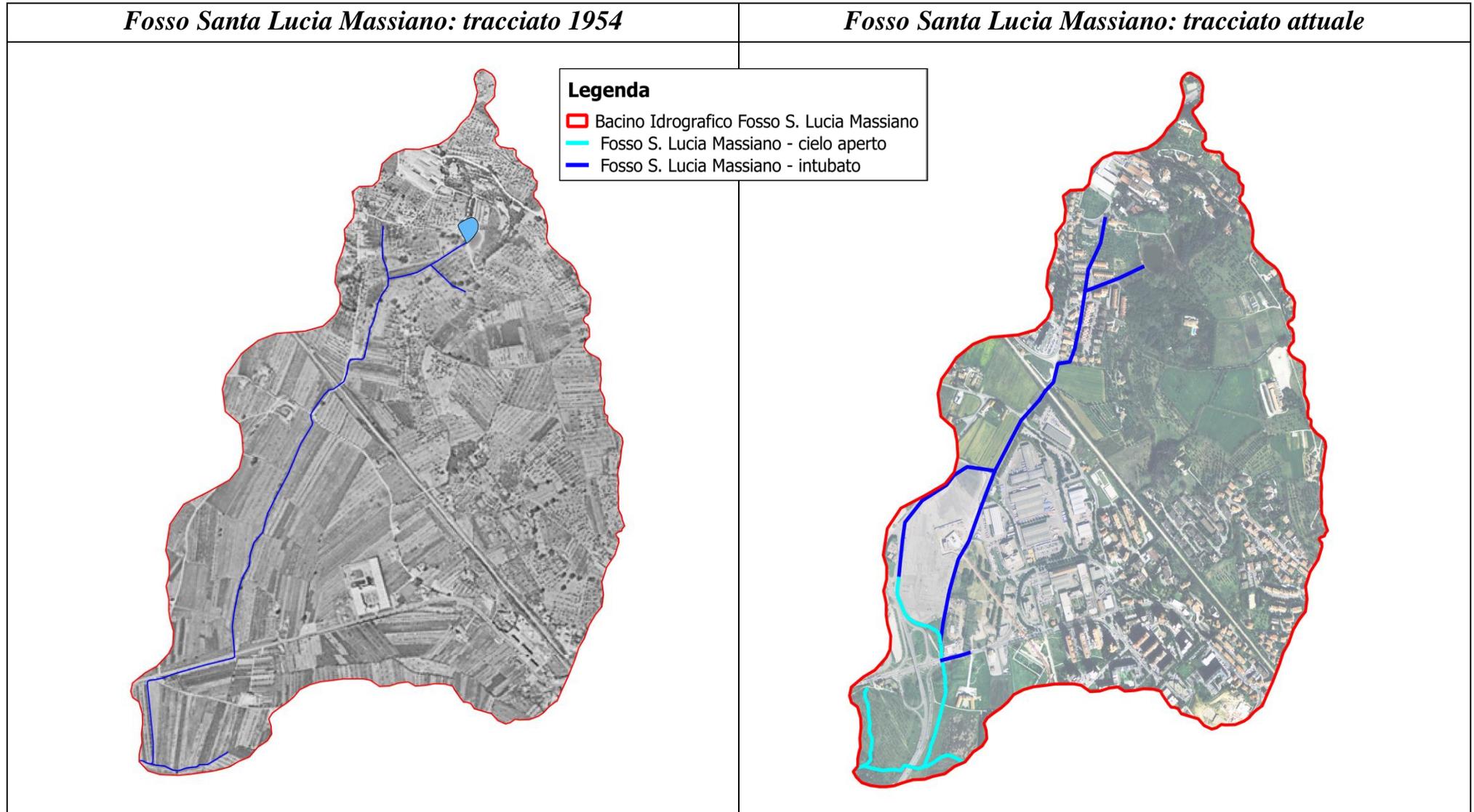
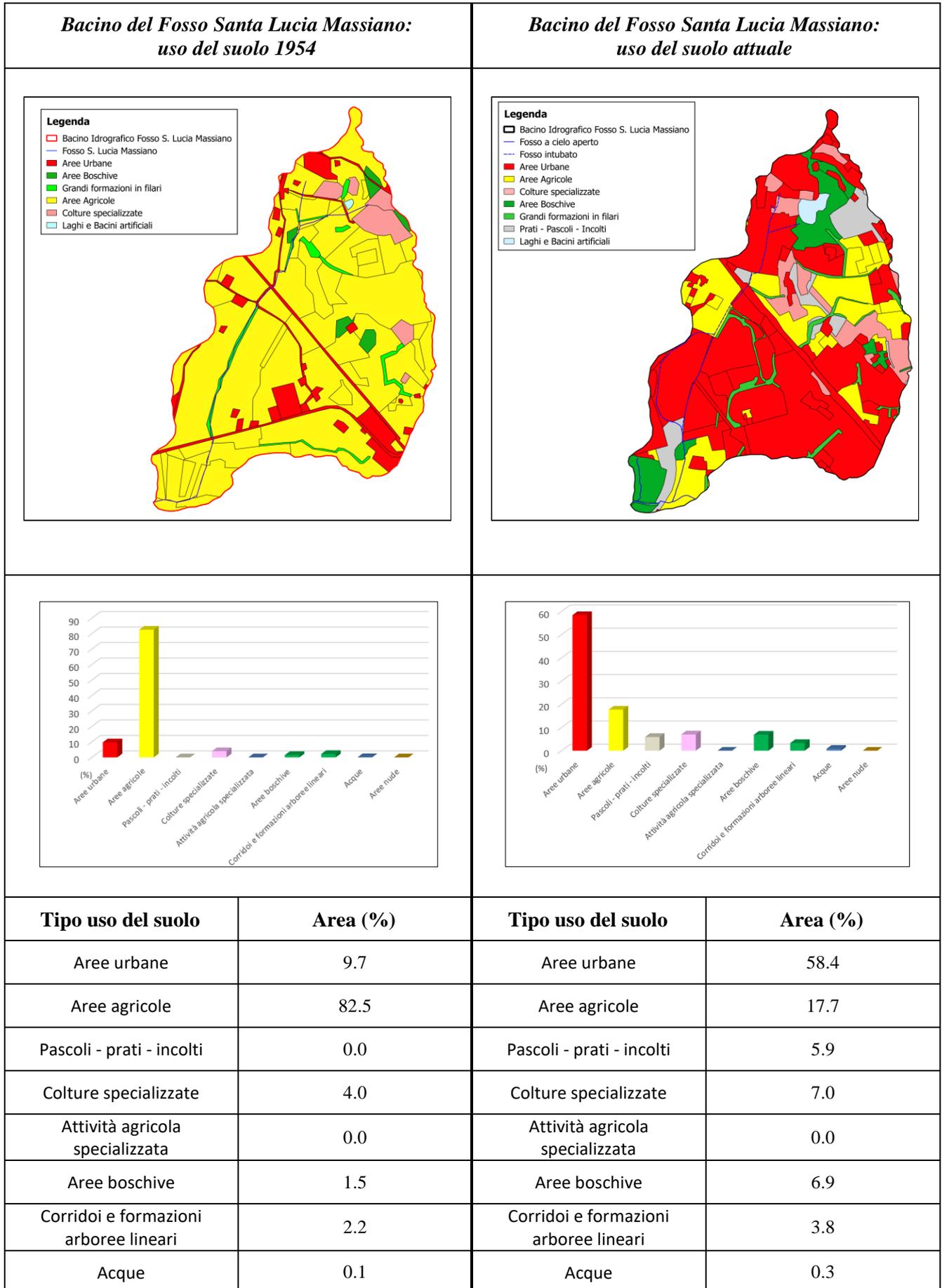


Fig. 7.1 – Fosso S. Lucia Massiano: sovrapposizione tra il tracciato del 1954 e quello del 2013

7.2. Variazioni dell'uso del suolo





Si evidenzia l'aumento sostanziale negli ultimi decenni delle aree urbane all'interno del bacino, che sono passate dal 9.7% della superficie totale del 1954 al 58.4% attuale, sostituendosi, nelle zone evidenziate nella Figura 7.2, a precedenti superfici destinate ad attività agricole.

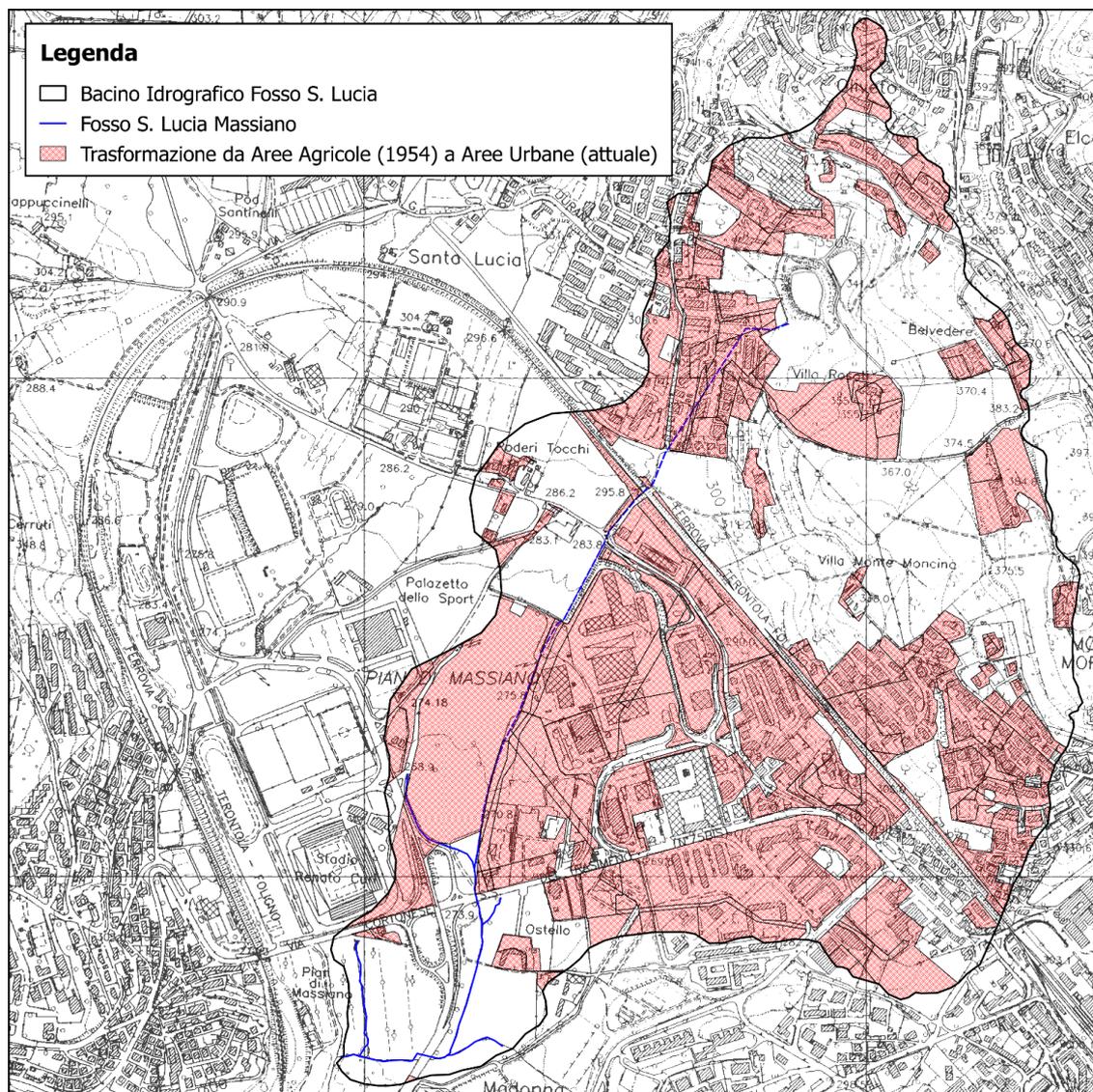


Fig. 7.2 – Bacino del Fosso Santa Lucia Massiano: Sono evidenziate le aree che dal 1954 ad oggi sono state trasformate da aree agricole e/o boschive ad aree urbanizzate.

7.3. Valutazioni sull'incremento del rischio idraulico negli ultimi decenni

Il rischio idraulico attuale è stato valutato al paragrafo 5.3 come combinazione della pericolosità, della vulnerabilità e dell'esposizione: $R = P \times E \times V$

Nei precedenti paragrafi si sono invece esaminate tutte le trasformazioni che complessivamente hanno interessato il Fosso Santa Lucia Massiano ed il suo bacino idrografico.

Nel presente paragrafo si analizza come le suddette trasformazioni abbiano comportato sia incrementi della pericolosità idraulica sia incrementi del parametro di esposizione e vulnerabilità, e di conseguenza un aumento significativo del rischio idraulico nell'area in esame.

❖ Variazioni della pericolosità idraulica

Le trasformazioni che hanno interessato l'alveo naturale del Fosso Santa Lucia Massiano con l'intubamento dello stesso per gran parte del suo corso hanno comportato una diminuzione delle portate massime smaltibili.

Inoltre, l'impermeabilizzazione progressiva negli anni delle superfici ha sempre più diminuito le capacità di ritenzione del suolo ed aumentato di conseguenza i valori delle portate attese. Di fatto, dalla metodologia di calcolo al paragrafo 4, si possono riscontrare le seguenti differenze tra i parametri riferiti alle condizioni attuali e quelli riferiti alla condizione nel 1954:

		1954	Situazione attuale	Variazione percentuale
Capacità idrica massima del suolo S (mm)		72.6	56.8	-21.8 %
Spessore di pioggia efficace (mm)	Tr = 50 anni	12.9	16.7	+ 29.3 %
	Tr = 200 anni	19.3	24.1	+ 25.0 %
Portata attesa alla confluenza con il Torrente Genna (m³/s)	Tr = 50 anni	8.7	12.9	+ 25.0 %
	Tr = 200 anni	10.8	15.6	+ 21.3 %

Si evince che i cambiamenti nell'uso del suolo che si sono avuti all'interno del bacino del Fosso Santa Lucia Massiano negli ultimi decenni hanno provocato un aumento delle portate attese alla sezione di chiusura superiore al 20%.

❖ Variazioni dell'esposizione e della vulnerabilità

Dall'analisi della cartografia riferita alla situazione nell'anno 1954 si può notare l'assenza pressoché totale di edificato residenziale, attività produttive o beni in genere nell'area in esame. Per il parametro $E \times V$, così come definito al paragrafo 5.2, si può considerare nel 1954 un grado basso (Ba) per l'intero bacino idrografico studiato.

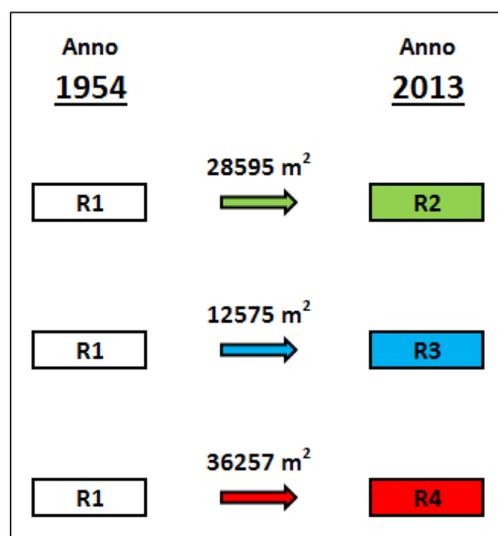
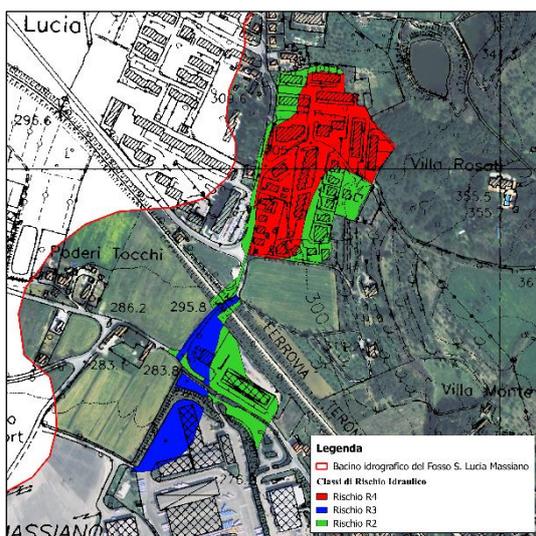
Diversamente, allo stato attuale si ha un gran numero di persone ed una serie di elementi vulnerabili (edificato residenziale e commerciale) esposti al pericolo, individuati al paragrafo 5.2.

❖ Variazioni del rischio idraulico

Con riferimento alla situazione nell'anno 1954, vista la generale assenza di elementi a rischio e considerate le più basse classi di pericolosità, la totalità del bacino del Fosso Santa Lucia Massiano costituiva un'area a rischio moderato R1.

Le condizioni di rischio idraulico attuale sono state esposte nel dettaglio al paragrafo 5.3

Complessivamente le seguenti superfici hanno subito un incremento della classe di rischio:



8. Ipotesi d'intervento per la mitigazione del rischio idraulico

Dalle analisi svolte un totale di quasi 40 ettari di superficie è risultata essere un'area a rischio idraulico alto o molto alto. Di fatto i recenti eventi di allagamento che hanno interessato le aree residenziali tra via della Tintoria e Via del Ricamo confermano la pericolosità idraulica dei luoghi.

Dalle verifiche idrauliche effettuate si sono riscontrate in particolare le seguenti criticità:

- Insufficienza delle griglie presenti in sede stradale in Via del Ricamo per l'assorbimento del deflusso superficiale atteso per un tempo di ritorno di 25 anni.

La ragione degli eventi di allagamento che ha interessato l'abitato lì presente è quindi da ricercare in una concomitanza di cause: i versanti di area complessiva pari a 14.5 ettari drenanti verso queste lottizzazioni convogliano delle portate non smaltibili dalle griglie presenti nei casi di eventi di pioggia significativi; inoltre la sezione del tratto intubato verso la quale queste portate sono incanalate risulta inadeguata.

La presenza dei due laghetti in serie nella proprietà Spagnoli ha effetti esclusivamente benefici nei confronti della sopracitata criticità:

- Permette una laminazione delle portate in arrivo dalla porzione più a nord del bacino idrografico;
 - Limita l'area complessiva dei versanti drenanti direttamente verso le griglie di assorbimento del deflusso superficiale, comportando una riduzione del deflusso superficiale stesso.
- Inadeguatezza del ramo principale della rete fognaria che attraversa l'area di Santa Lucia, in termini di tracciato plano-altimetrico, sezioni, sistema di pozzetti e caditoie.

Si ipotizza di conseguenza come migliore soluzione per la mitigazione del rischio idraulico l'intervento di riapertura parziale del fosso con percorso a cielo aperto, ripristinando il più possibile le condizioni naturali originarie dove possibile, ed adeguando invece le sezioni attuali nei tratti rimanenti.

Nella Figura 8.1 si individuano i tratti in cui si può ipotizzare un ripristino del percorso a cielo aperto ed i tratti dove invece allo stato attuale si può solo pensare di adeguare le sezioni esistenti:

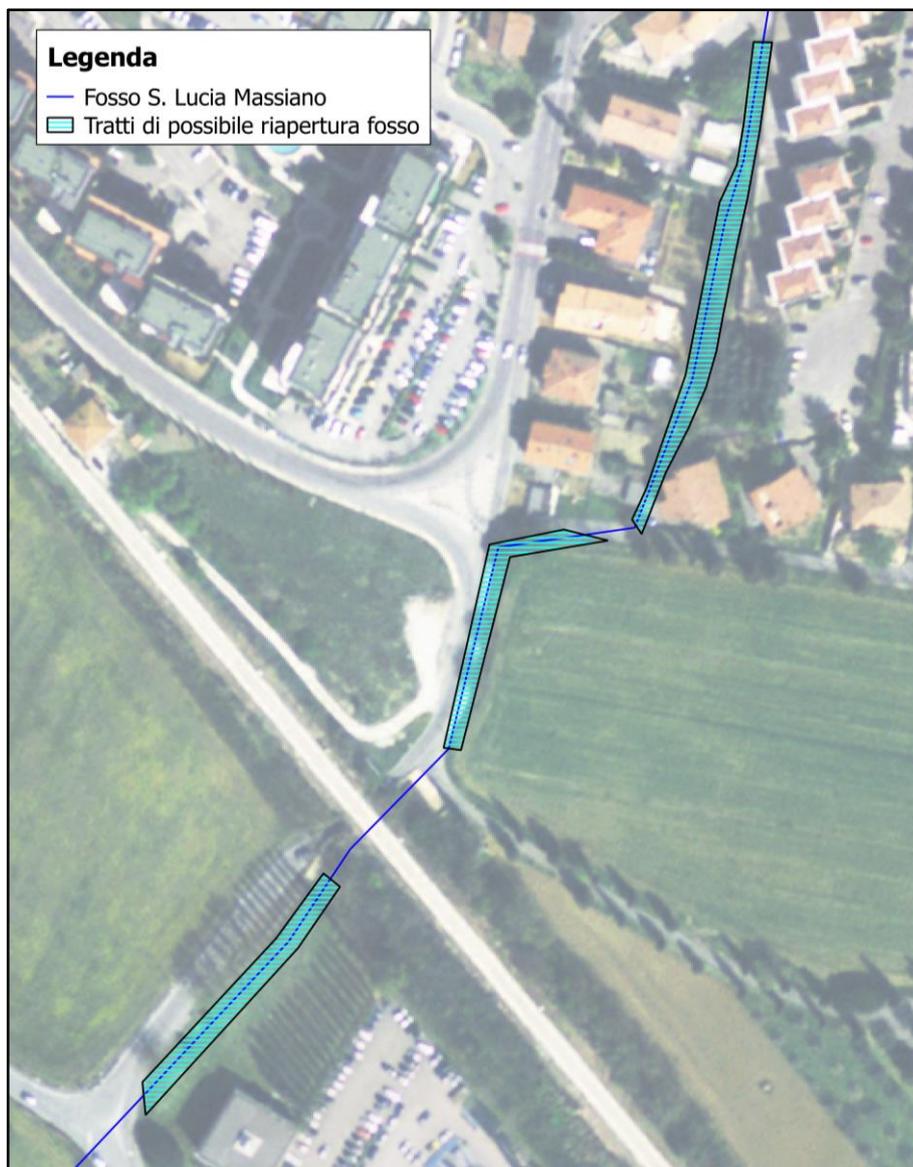


Fig. 8.1 – individuazione dei tratti di possibile riapertura del fosso S. Lucia Massiano

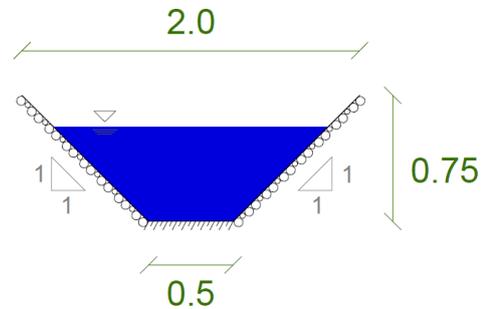
Con le metodologie di calcolo ai paragrafi precedenti si possono ricavare indicazioni per le sezioni da realizzare per il nuovo canale a cielo aperto, al fine di rendere idoneo il sistema allo smaltimento di portate relative ad un tempo di ritorno di 200 anni.

esempio: sezione a monte dell'attraversamento ferroviario

tipologia canale: fondo in terra e sponde in pietrisco
geometria sezione: trapezia
pendenza locale: 0.05

dimensioni:

base minore: 0.5 m
base maggiore: 2.0 m
altezza: 0.75 m
pendenza sponde: 1:1



Un ampliamento delle sezioni è poi da prevedere per tutti i tratti intubati rimanenti, evidenziati nella figura sottostante, fino a renderli idonei allo smaltimento delle portate relative ad un tempo di ritorno di 200 anni valutate nei capitoli precedenti. Si rende necessario in particolare operare le seguenti modifiche:



Tratto AB: diametro attuale 300 mm → diametro da prevedere 500 mm

Tratto CD: diametro attuale 600 mm → diametro da prevedere 800 mm

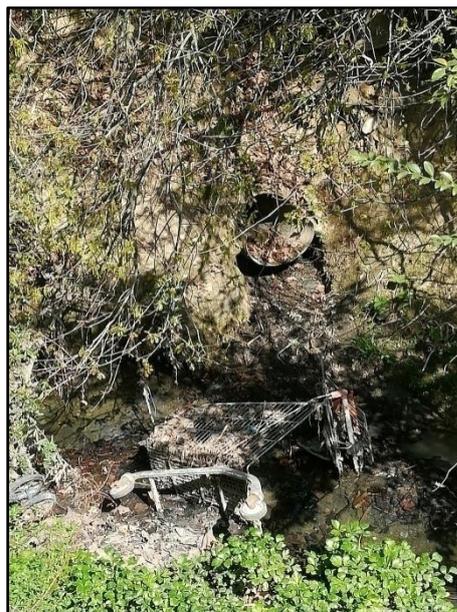
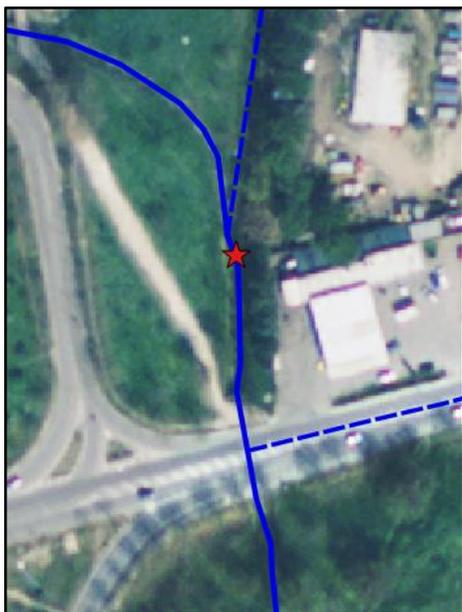
Il sistema di griglie, caditoie e pozzetti va migliorato e reso idoneo all'assorbimento dei deflussi superficiali previsti.

Inoltre risulta necessario creare un sistema di canalizzazione delle acque superficiali nei versanti a monte delle griglie esaminate al capitolo 5 (sez B).

9. Altre criticità riscontrate nel corso dei sopralluoghi

Nel corso dei sopralluoghi effettuati lungo il corso del Fosso Santa Lucia Massiano si sono riscontrate alcune criticità diverse da quelle di natura idraulica finora analizzate ed alcune situazioni anomale da segnalare.

Si riporta di seguito la relativa documentazione fotografica:



Rifiuti di varia natura e schiuma negli scarichi a monte dell'attraversamento di Via Cortonese