



COMUNE DI MONSUMMANO TERME



COMUNE DI PIEVE A NIEVOLE

DEFINIZIONE DEGLI INTERVENTI FINALIZZATI ALLA RIDUZIONE DEI
FENOMENI DI ALLAGAMENTO DEL COMPARTO ARRU' PRATOVECCHIO
IN CORRISPONDENZA DI VIA DEL TERZO



STUDIO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA

Elaborato 1 – Relazione illustrativa

GRUPPO DI LAVORO

Dott. Ing. Simone Galardini

Dott. Geol. Leonardo Moretti

Dott. Ing. Chiara Chiostrini

Codice 09205	Emesso Galardini	D.R.E.AM. Italia Via Garibaldi, 3 Pratovecchio Stia (Ar) - Tel. 0575 52.95.14	 D.R.E.A.M. ITALIA
Rev. 00	Controllato Chiostrini	Via Enrico Bindi n.14, Pistoia – Tel 0573 36.59.67	
Data Gennaio 2020	Approvato D.T. Miozzo	http://www.dream-italia.it AZIENDA CON SISTEMA DI GESTIONE QUALITÀ CERTIFICATO DA DNV = ISO 9001 =	

Sommario

Premessa	2
1. Esposto del Comitato dei Cittadini Zona Sud/Ovest di Monsummano Terme	2
2. Inquadramento generale dell'area	4
3. Sistema Fosso Arrù – Rio di Pratovecchio	8
4. Sottoservizi ed interferenze presenti	18
5. Analisi idrologica	21
5.1. Pluviometria	22
5.2. Perdite idrologiche	23
5.3. Trasformazione afflussi deflussi	28
5.4. Risultati della modellazione afflussi-deflussi	29
6. Considerazioni preliminari sulla capacità di deflusso del reticolo di scolo	33
7. Valutazione delle soluzioni progettuali	40
7.1. Opzione progettuale 0	41
7.2. Opzione progettuale 1	53
7.3. Opzione progettuale 2	55
7.4. Opzione progettuale 3	58
7.5. Opzione progettuale 4	60
7.6. Opzione progettuale 5	62
7.7. Razionalizzazione rete meteorica lungo Via del Terzo	64
8. Valutazione delle opzioni progettuali di intervento	65
9. Previsioni urbanistiche a monte dell'area di Via del Terzo	66

Premessa

Il presente documento costituisce la relazione illustrativa del progetto di fattibilità tecnica ed economica denominato “Definizione degli interventi finalizzati alla riduzione dei fenomeni di allagamento del comparto Arrù – Pratovecchio in corrispondenza di Via del Terzo”.

Il lavoro è stato commissionato a D.R.E.Am. Italia dal Comune di Monsummano Terme, che agisce come capofila del protocollo d’intesa fra i comuni di Monsummano Terme e Pieve a Nievole stipulato in data 22.10.2018, ed ha la finalità di individuare azioni concrete per ridurre e mitigare i fenomeni di allagamento che si verificano in una zona posta in prossimità del reciproco confine comunale.

I Comuni di Monsummano Terme e Pieve a Nievole infatti, per la loro continuità geografica e territoriale, nonché per la coerenza delle locali politiche di sviluppo, condividono, oltre a connessioni e legami di tipo storico-culturale, anche parte del bacino idrografico del Fosso Arrù, nel quale si verificano frequenti allagamenti nella stagione invernale, come testimoniato anche dall’esposto del Comitato dei Cittadini della Zona Sud/Ovest di Monsummano Terme Via del Terzo/Via Maestri del Lavoro datato 20.09.2017.

Dopo una breve analisi dell’esposto si procederà in questa sede ad un inquadramento delle problematiche rilevate allo stato attuale, mediante analisi idrologiche ed idrauliche finalizzate a definire il quadro conoscitivo, ipotizzando una serie di interventi di riduzione delle criticità, dei quali viene valutata la fattibilità tecnica nonché la quantificazione economica degli stessi.

Le verifiche di stato attuale e la definizione degli scenari di intervento sono stati effettuati sulla base di un rilievo topografico di dettaglio, realizzato con tecnologia GPS nell’autunno 2019, reso congruente al LIDAR tramite conversione sul grigliato IGM.

1. Esposto del Comitato dei Cittadini Zona Sud/Ovest di Monsummano Terme

Come precedentemente accennato, a seguito di alcuni eventi di allagamento verificatesi a causa di piogge eccezionali, è stato presentato da parte di un comitato di cittadini residenti un esposto finalizzato a sensibilizzare le amministrazioni comunali e definire interventi concreti per limitare il rischio di accadimento di tali fenomeni alluvionali.

L'esposto ripercorre gli studi e gli interventi svolti da vari soggetti nell'area di interesse, esprimendo preoccupazione soprattutto in vista della realizzazione del nuovo comparto produttivo di Pieve a Nievole, da realizzarsi a monte dell'area critica e che potrebbe comportare incrementi di portata, così come focalizza sugli interventi effettuati dalla Provincia di Pistoia nella realizzazione della nuova viabilità, e che ha comportato la modifica dell'assetto del reticolo idrografico. In sintesi viene riportata la seguente cronistoria:

- Nel 2011 con proroga al 2013 l'Amministrazione Comunale di Pieve a Nievole ha pubblicato un bando per l'assegnazione delle aree per gli insediamenti produttivi del PIP in località Pratovecchio, tra Via Arno e Via Calamandrei, producendo una relazione geologica di fattibilità (Maggio 2009) ed uno studio idraulico (Aprile 2009); entrambi i lavori mettono in evidenza la natura del Fosso Arrù quale colatore delle acque basse in territorio fortemente antropizzato, descrivendo la necessità di opere di mitigazione per ridurre eventualmente gli effetti delle future impermeabilizzazioni in un contesto fragile dal punto di vista idraulico;
- La Provincia di Pistoia ha realizzato la variante alla S.R. 436 Francesca tra la località Pazzera e la S.P. 26 Camporcioni, allegando al progetto definitivo una relazione geologica sulle indagini geognostiche (Febbraio 2004) ed una relazione idraulica allegata al progetto esecutivo (Dicembre 2009), in cui si evidenziano problematiche dei corsi d'acqua a monte di Via del Terzo per ponticelli, strettoie e tombamenti che limitano la capacità di deflusso;
- Corrispondenza con il Consorzio di Bonifica 4 Basso Valdarno del Settembre 2017 a seguito di eventi di allagamento riscontrati nella zona d'interesse; il Consorzio di Bonifica focalizza l'attenzione sull'effettiva eccezionalità dell'evento (più di 100 mm di pioggia in poche ore nella giornata del 16.9.2017 registrate al pluviometro di Podere del Vescovo), facendo presente che nel tratto di gestione dei corsi d'acqua viene effettuata una manutenzione con due sfalci di vegetazione annui e che le criticità risiedono nel bacino fortemente urbanizzato ed impermeabilizzato e per la presenza di lunghi tratti intubati al di sotto di strade ed edifici. Il Consorzio suggerisce di verificare la capacità della fognatura sotto strada nel raccogliere le acque piovane, che altrimenti possono riversarsi sulla sede stradale, andando a provocare allagamenti nelle parti più depresse.

Il documento evidenzia l'assenza di studi sul tratto di Fosso Arrù nel territorio comunale di Monsummano Terme a cavallo di Via Ponte di Monsummano fino alla confluenza con il Fosso di Pratovecchio, dopo essere stato deviato al di sotto della prima rotatoria della nuova strada SR 436 e successivamente nuovamente deviato dalla rotonda del secondo lotto della nuova viabilità. In questo studio di fattibilità tecnica ed economica si effettua uno studio idraulico su tutta l'asta del Fosso Arrù, al fine di individuare le maggiori criticità di stato attuale e di ipotizzare eventuali interventi di mitigazione e di efficientamento idraulico di smaltimento dei deflussi.

Definizione degli interventi finalizzati alla riduzione dei fenomeni di allagamento del comparto Arrù – Pratovecchio in corrispondenza di Via del Terzo

Fucecchio, non modellano il reticolo secondario ma tengono in considerazione solo la dinamica esondativa dei corsi principali (Torrente Nievole).

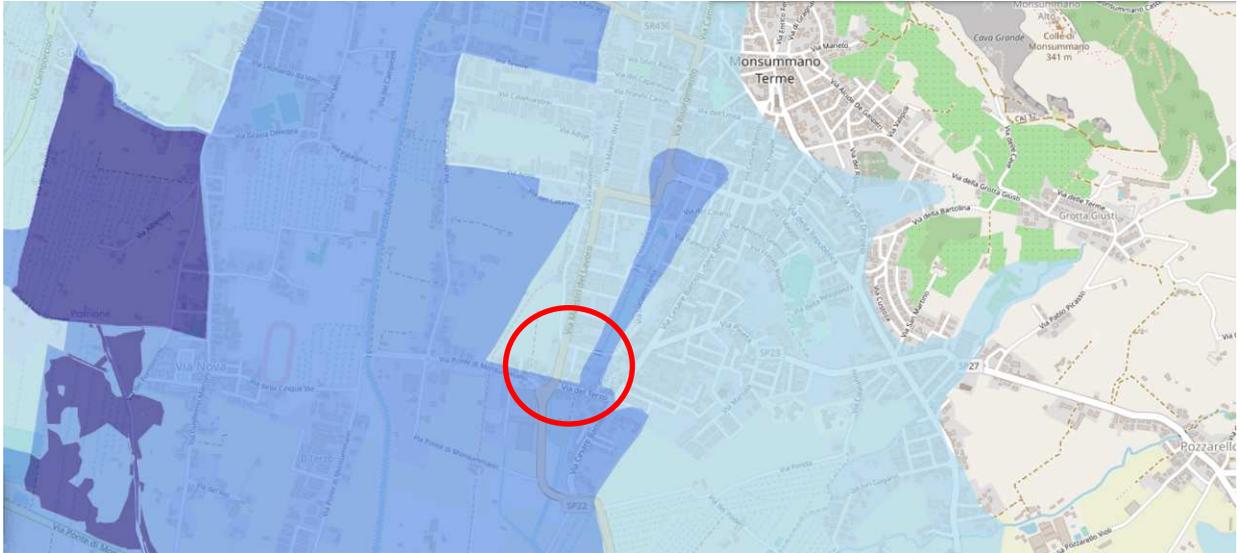


Figura 2 – Mappa della pericolosità idraulica del PGRA

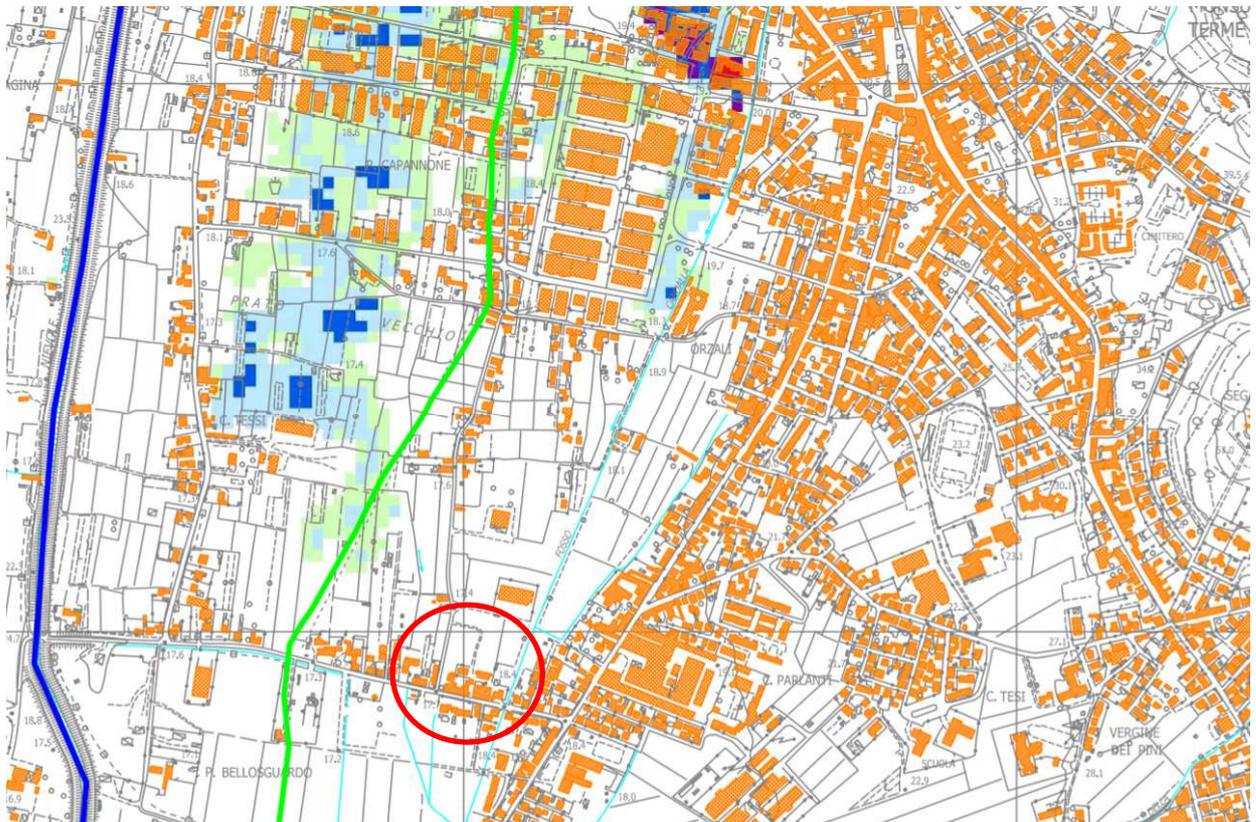


Figura 3 – Estratto battenti Tr 30 anni studio idraulico Consorzio di Bonifica Padule di Fucecchio allegato al PS del Comune di Monsummano Terme

Definizione degli interventi finalizzati alla riduzione dei fenomeni di allagamento del comparto Arrù – Pratovecchio in corrispondenza di Via del Terzo

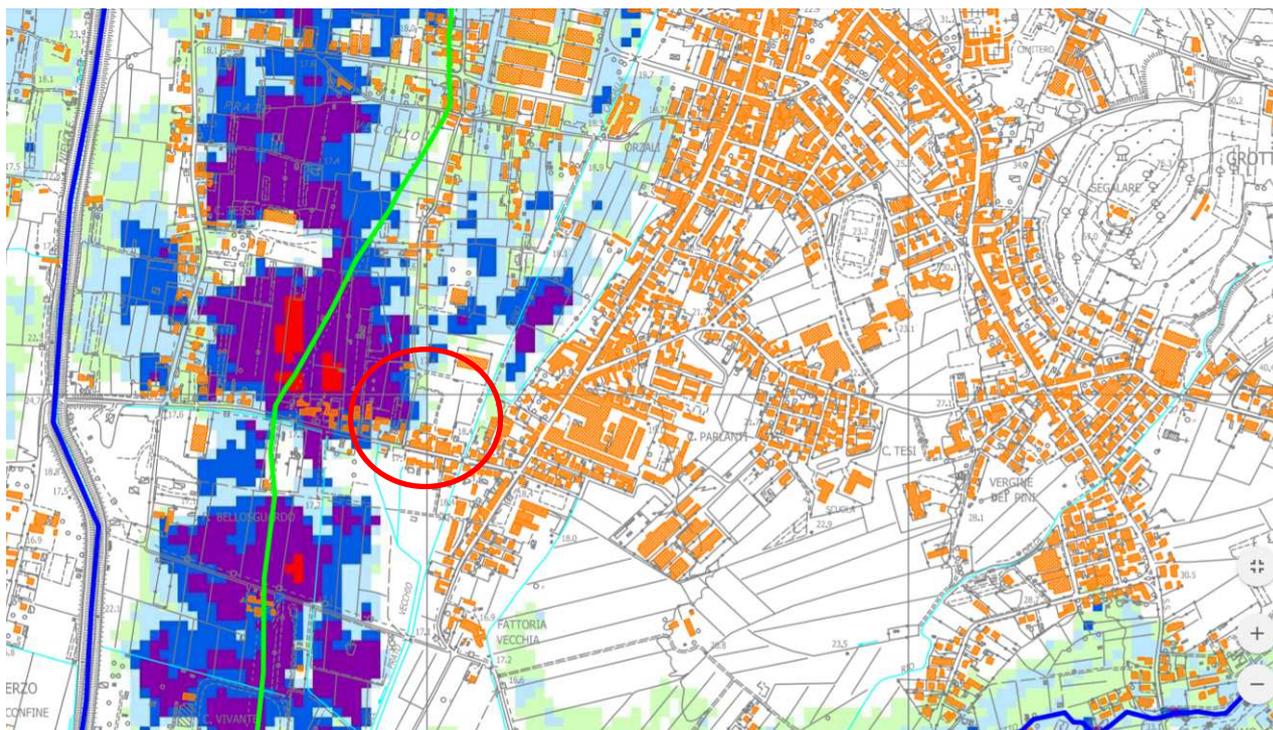


Figura 4 – Estratto battenti Tr 200 anni studio idraulico Consorzio di Bonifica Padule di Fucecchio allegato al PS del Comune di Monsummano Terme

Da un punto di vista del reticolo idraulico risultano il Fosso Arrù (denominato in cartografia Rio di Pratovecchio) ed il Fosso di Pratovecchio (che nasce a cielo aperto a valle di Via del Terzo), mentre lateralmente alla zona sono presenti ad est il Fosso Candalla e ad ovest il cosiddetto Fosso Italteton (codice reticolo BV2886).



Figura 5 – Reticolo idrografico Regione Toscana cartografato ai sensi della LRT 79/2012

Definizione degli interventi finalizzati alla riduzione dei fenomeni di allagamento del comparto Arrù – Pratovecchio in corrispondenza di Via del Terzo

Da notare che tanto il Fosso Arrù che il Fosso di Pratovecchio **risultano nel reticolo di gestione e catastalmente acque pubbliche solo a valle della S.P. del Terzo**; a monte della SP del Terzo il Fosso Arrù è dunque rappresentato da particelle private, mentre il Rio di Pratovecchio risulta tombato al di sotto della viabilità e pertanto considerato alla stregua di una fognatura.



Figura 6 – Inquadramento catastale

Da un punto di vista catastale il Fosso Arrù risulta ancora sul vecchio sedime, ovvero precedentemente alle modifiche di assetto realizzate dalla Provincia di Pistoia in sede di costruzione della variante alla SR 436.

Proprio per questi aspetti di frammentazione delle competenze, visto che il reticolo è in parte privato, in parte acqua pubblica ed in parte tombato, la rete scolante si è trovata nel tempo in stato di abbandono, con inevitabili e prevedibili ripercussioni sul corretto deflusso delle acque; il fatto che i fossi risultino privati ha causato continue alterazioni del tracciato, che attualmente risultano estremamente frammentati e caratterizzati da continue interruzioni, immissioni campestri laterali e deviazioni che rendono difficile persino la ricostruzione planimetrica degli stessi, mentre i tratti tombati non sono soggetti alla manutenzione del Consorzio di Bonifica per l'impossibilità di accesso e di ispezione.

Si riporta nel seguito della trattazione una breve sintesi delle caratteristiche del sistema Fosso Arrù – Rio di Pratovecchio, come rinvenute a seguito dei sopralluoghi in sito e dei rilievi effettuati.

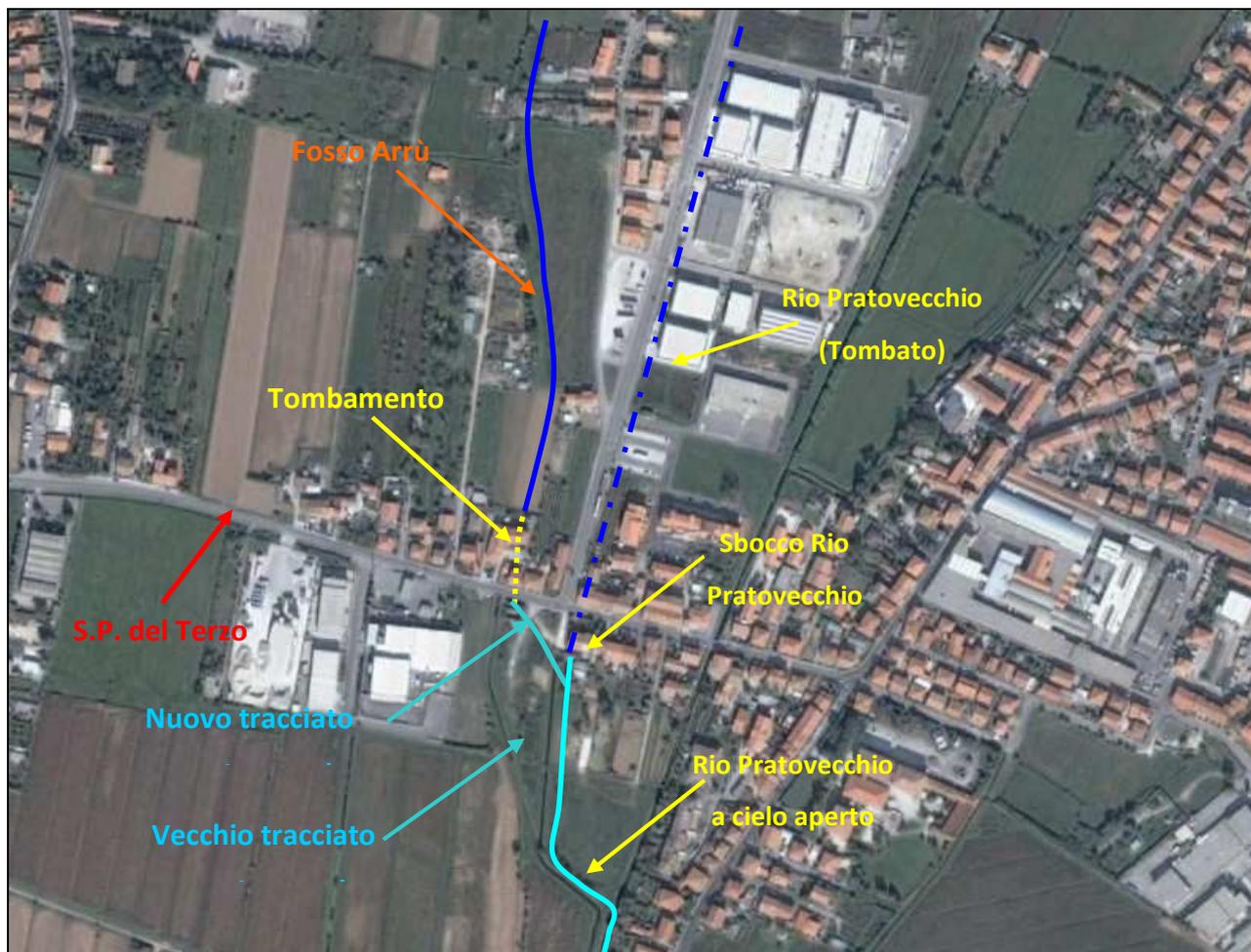


Figura 7 - Vista aerea della zona d'interesse (Fonte Google Earth)

3. Sistema Fosso Arrù – Rio di Pratovecchio

Il Fosso Arrù assume una propria valenza idraulica ed un bacino di raccolta significativo in prossimità della zona delle Cantarelle, più precisamente nel tratto a valle di Via Calamandrei; questo tratto è spesso interessato da ristagni localizzati, causati dalla disomogeneità della quota del fondo alveo e dai vari attraversamenti e sottopassi presenti. La sezione idraulica non è ben definita e si nota una sequenza di tombature circolari e sezioni naturali, di forma pressoché trapezia e di modesta altezza e larghezza.

Proseguendo verso Sud il Fosso Arrù inizia ad avere una sezione più definita, ed in corrispondenza di Via Arno presenta una sezione trapezia, con larghezza in testa di circa 0.5 m e pendenza media pari a 0.15%; più a valle il Fosso Arrù sottopassa alcuni manufatti e capannoni che affacciano su via Arno e che impediscono la ricostruzione dell'effettivo tracciato del corso d'acqua: l'ingresso e l'uscita avvengono con tubazione circolare di diametro \varnothing 80 cm, posto in opera con pendenza dello 0.550, che risulta particolarmente critica.

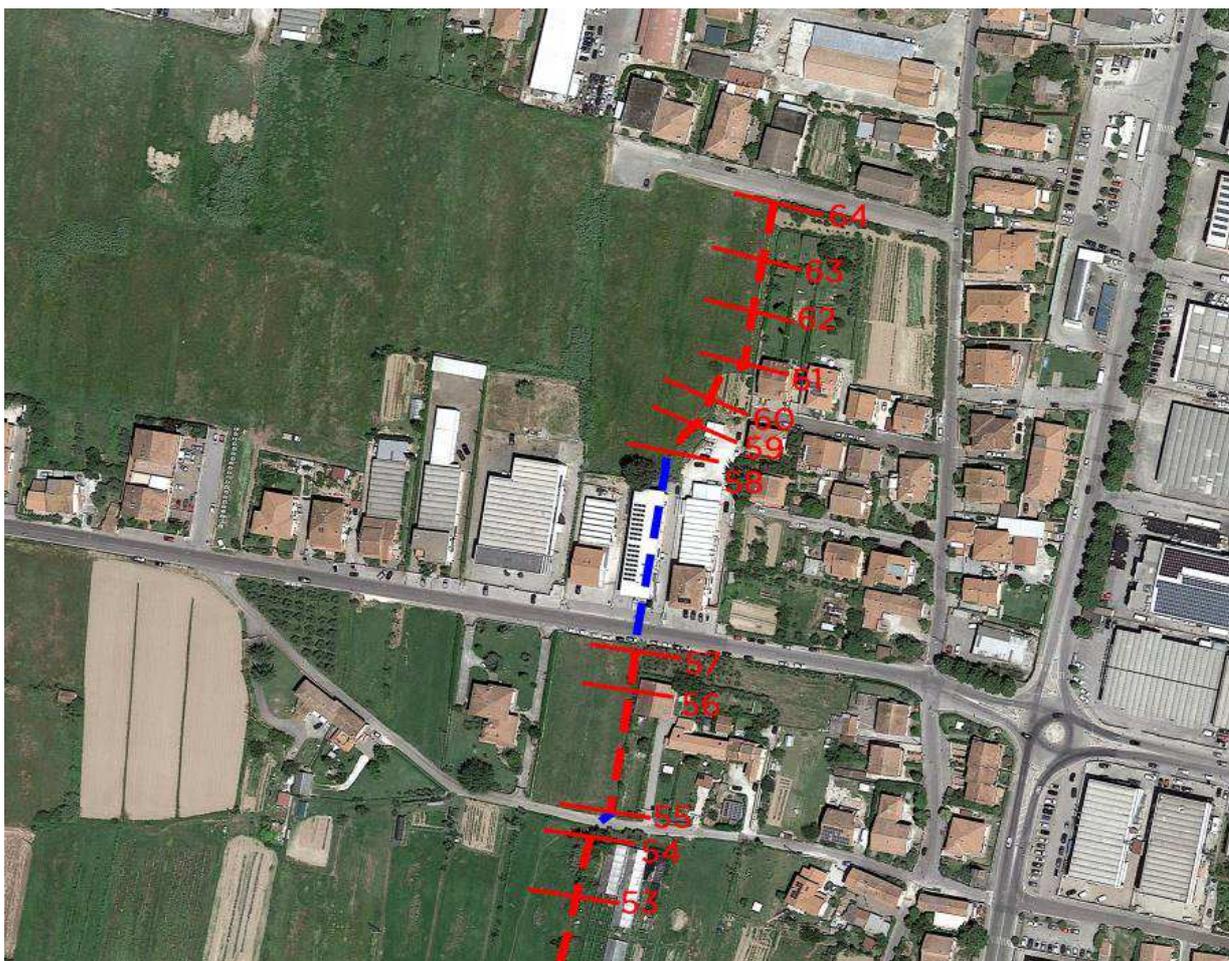


Figura 8 – Andamento planimetrico Fosso Arrù come da rilievo topografico



Figura 9 – Fosso Arrù a valle di Via Calamandrei



Figura 10 - Fosso Arrù a monte di Via Arno

Una volta sottopassato Via Arno il Fosso Arrù procede verso Sud in direzione di Via Po/Via Comunale Catano, con un tratto rettilineo infestato da vegetazione e dove viene effettuata scarsa manutenzione. Successivamente il corso d'acqua attraversa mediante tombinatura la strada comunale del Catano, a valle del quale alcune coltivazioni e serre impediscono il regolare accesso alle arginature; il sottopassaggio su Via Po avviene con una tubazione circolare in calcestruzzo, leggermente inclinata verso Sud-Ovest, con diametro misurato di 100 cm. A valle dell'attraversamento la sezione si presenta naturale in terra, con base minore di 1.5 metri, base maggiore 2.5 metri e altezza di 1.0 metro e con pendenza media del tratto pari a 0.25%.

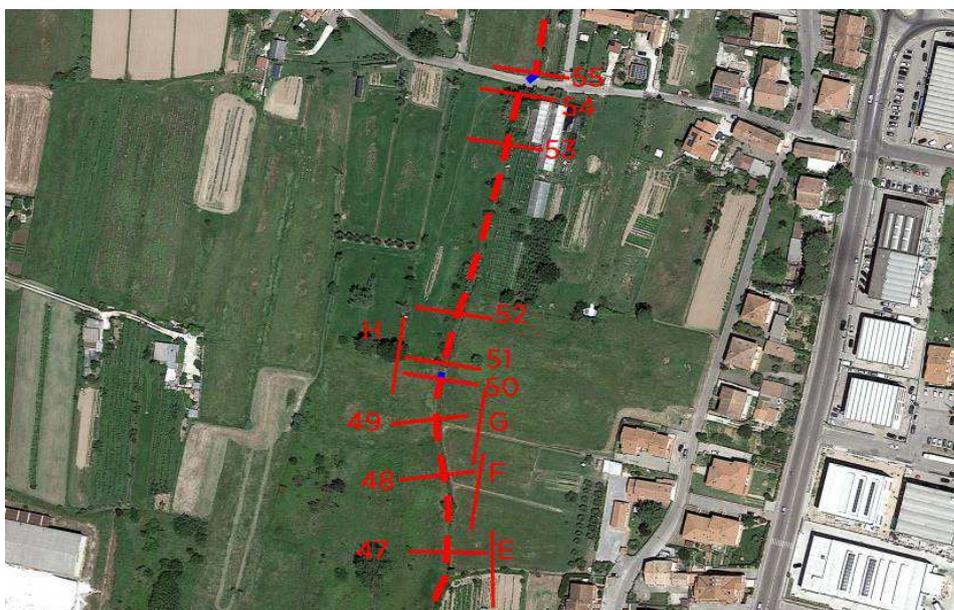


Figura 11 – Andamento planimetrico Fosso Arrù come da rilievo topografico



Figura 12 – Tubazione a monte di Via Arno (Ø 80 cm)

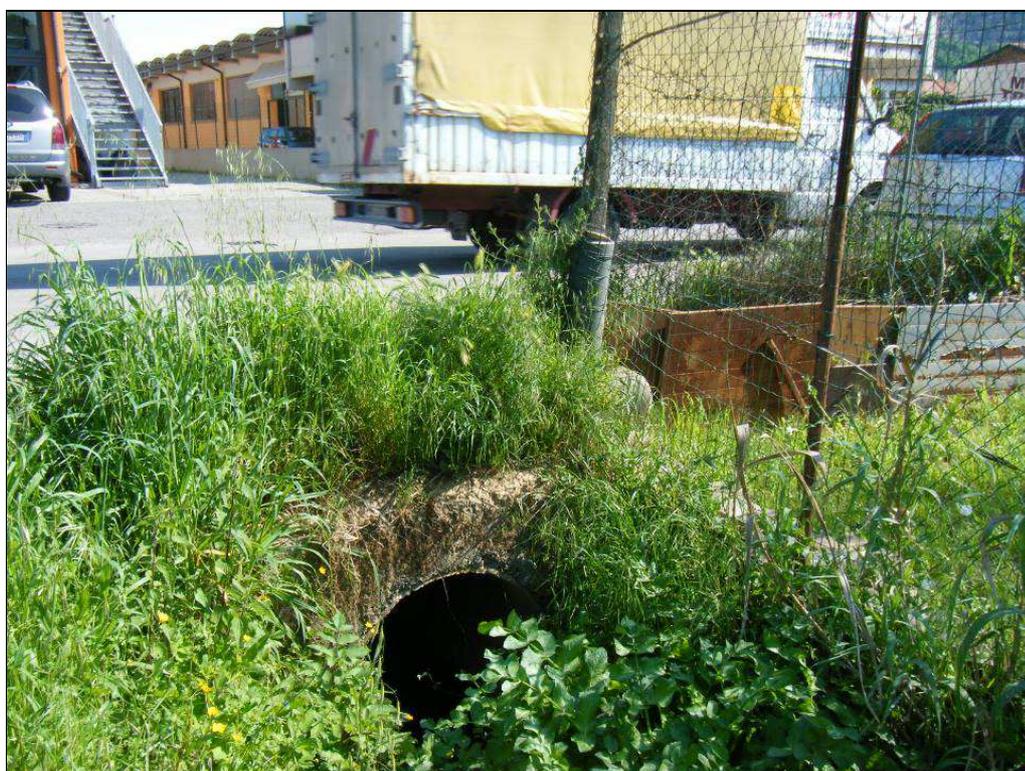


Figura 13 – Tubazione a valle di Via Arno (Ø 80 cm)



Figura 14 – Fosso Arrù nel tratto compreso fra Via Arno e Via del Catano



Figura 15 – Sottopassaggio del Fosso Arrù con Via del Catano

Procedendo in direzione Sud, il Fosso Arrù scorre incassato nei campi, ricevendo le acque di diverse fossette poderali laterali, prima di passare sotto una rimessa agricola costruita direttamente sul corso d'acqua, in corrispondenza del confine tra i Comuni di Monsummano Terme e Pieve a Nievole. Il passaggio sotto la

Definizione degli interventi finalizzati alla riduzione dei fenomeni di allagamento del comparto Arrù – Pratovecchio in corrispondenza di Via del Terzo

rimessa avviene con tubazione del diametro di 60 cm, con lunghezza di circa 80 metri (lunghezza stimata su C.T.R. vista l'impossibilità di accesso all'interno della rimessa agricola). Detta rimessa interrompe di fatto il corso d'acqua, impedendo anche l'accesso ai mezzi meccanici per la manutenzione e provocando una notevole riduzione della sezione libera defluente.

A valle del deposito ad uso agricolo la sezione è naturale, di forma trapezia, con base minore pari a circa 2.0 metri, base maggiore 2.5 metri ed altezza 0.80-1.0 metri; la pendenza dell'alveo in questo tratto è pari a 0.1%; in tutto il tratto si riscontrano continui affossamenti del fondo alveo, alternati da zone di deposito, che causano ampie zone di ristagno ed una scarsa manutenzione del reticolo.



Figura 16 –Passaggio del Fosso Arrù sotto la rimessa agricola presente con Ø 60 cm

In prossimità di Via del Terzo il fosso Arrù abbandona la sezione trapezia naturale, per sottopassare le case con una tubazione circolare con diametro 1.10 metri, uscendo con sezione rettangolare; a valle della strada il corso d'acqua si unisce al Rio di Pratovecchio, con confluenza recentemente modificata dai lavori di nuova viabilità realizzati dalla Provincia di Pistoia.



Figura 17 – Andamento planimetrico Fosso Arrù come da rilievo topografico



Figura 18 – Tubazione \varnothing 110 cm con cui il Fosso Arrù sottopassa Via del Terzo (vista verso valle)



Figura 19 - Sbocco del Fosso Arrù da sotto Via del Terzo (vista verso monte)



Figura 20 – Tratto del Fosso Arrù a cielo aperto in mezzo alla nuova rotonda (vista verso monte)



Figura 21 – Uscita del Fosso Arrù dal tombamento sotto la nuova rotonda, subito prima della confluenza con il Rio Pratovecchio (vista verso monte)

Il Rio di Pratovecchio risulta invece a cielo aperto a valle della SP del Terzo, mentre a monte risulta tombato con uno scatolare che drena tutta la zona industriale artigianale di Pratovecchio e dell'urbanizzato di Monsummano Terme.



Figura 22 - Confluenza fra Fosso Arrù e Rio Pratovecchio, così come modificata dai lavori per la realizzazione della nuova viabilità (vista verso valle)

Definizione degli interventi finalizzati alla riduzione dei fenomeni di allagamento del comparto Arrù – Pratovecchio in corrispondenza di Via del Terzo

Una volta riuniti il Fosso Arrù ed il Rio di Pratovecchio scorrono a valle della SP del Terzo, con il contesto di riferimento che diventa tipicamente agricolo procedendo verso sud; dopo circa 200 metri dalla confluenza, il Rio di Pratovecchio si affianca al Fosso Candalla, procedendo parallelamente allo stesso fino al sottopasso del Fiume Nievole.

Entrambi i corsi d'acqua risultano modificati nel tracciato dai lavori della nuova viabilità SR 436 realizzati dalla Provincia di Pistoia.



Figura 23 - Confluenza fra Fosso Arrù e Rio Pratovecchio, prima dei lavori per la realizzazione della nuova viabilità (a sinistra, volo 2003) e dopo (volo 2019)

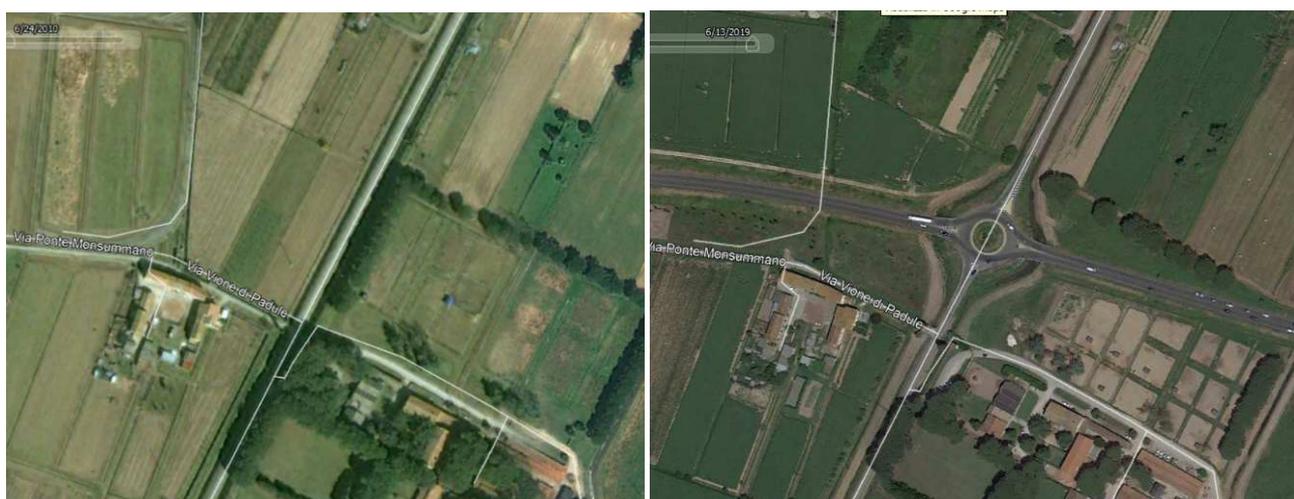


Figura 24 – Sistema Rio di Pratovecchio e Fosso Candalla, prima dei lavori per la realizzazione della nuova rotatoria sulla SR 436 (a sinistra, volo 2003) e dopo (volo 2019)

4. Sottoservizi ed interferenze presenti

L'area risulta particolarmente antropizzata con presenza di numerose reti di sottoservizi che interessano soprattutto la viabilità; per quanto possibile è stata ricostruita una planimetria dei sottoservizi su Via del Terzo, verificata in sito. Per una maggior definizione sarebbe opportuno coinvolgere i vari gestori per un tracciamento più dettagliato delle reti.



Figura 25 – Sottoservizi e reti zona Via del Terzo – Via Maestri del Lavoro

Lungo Via Maestri del Lavoro sono presenti 3 importanti condotte fognarie meteoriche, ovvero una tubazione Φ 800 mm proveniente dall'area del Fosso Candalla ad Est, una tubazione Φ 1000 mm che scende lungo Via Maestri del Lavoro da nord ed una tubazione Φ 1000 mm che segue l'andamento planimetrico di Via Pratovecchio. Le tre tubazioni si uniscono poco a monte di Via del Terzo, dando vita ad una condotta scatolare 3.0 x 1.25 m che sottopassa la provinciale e sbocca a cielo aperto subito a monte della confluenza con il Fosso Arrù.

Lungo Via Maestri del Lavoro e Via del Terzo è presente la rete di distribuzione dell'acquedotto gestita da Acque SPA, di cui non è stato possibile definire le caratteristiche geometriche; importante interferenza è invece rappresentata dalla fognatura nera, presente lungo Via del Terzo, dove è localizzato un impianto di sollevamento, ubicato proprio in corrispondenza della rotatoria di recente realizzazione. Non è chiaro se

esistono scarichi diretti o scolmatori dall'impianto di sollevamento verso il Fosso Arrù, anche se i depositi visibili in alveo lasciano presagire tale evenienza, che risulta particolarmente significativa in funzione delle caratteristiche chimico fisiche dei sedimenti eventualmente da rimuovere.

Vista l'infrastrutturazione della zona non è stato possibile ricostruire il tracciato della rete elettrica e di telecomunicazioni; certa ma non fisicamente individuabile la presenza della rete gas su Via del Terzo.



Figura 26 – Ubicazione impianto sollevamento fognatura nera gestita da Acque SPA

Allo stato attuale risulta estremamente difficile la ricostruzione della rete di scarico delle acque meteoriche, in quanto parzialmente connessa ai corsi d'acqua e poiché soggetta a modifiche, alterazioni e potenziamenti nel corso degli anni, che però non hanno seguito una logica o schemi di progetto. Come evidenziato anche dalla corrispondenza con Il Consorzio di Bonifica risulta estremamente probabile che una concausa dei disagi e degli allagamenti verificati nella zona siano da imputare alla scarsa efficienza della rete di scarico delle acque meteoriche, che risente degli alti livelli dei recettori.

La mancata possibilità di scarico a pelo libero può causare il rigurgito nelle condotte fognarie, con conseguenti tracimazioni ed esondazioni in corrispondenza delle caditoie stradali; occorrerebbe pertanto intervenire con un progetto sistematico di riorganizzazione e razionalizzazione delle acque meteoriche, al fine di scaricare sempre a pelo libero, non risentendo della dinamica dei corsi d'acqua principali.

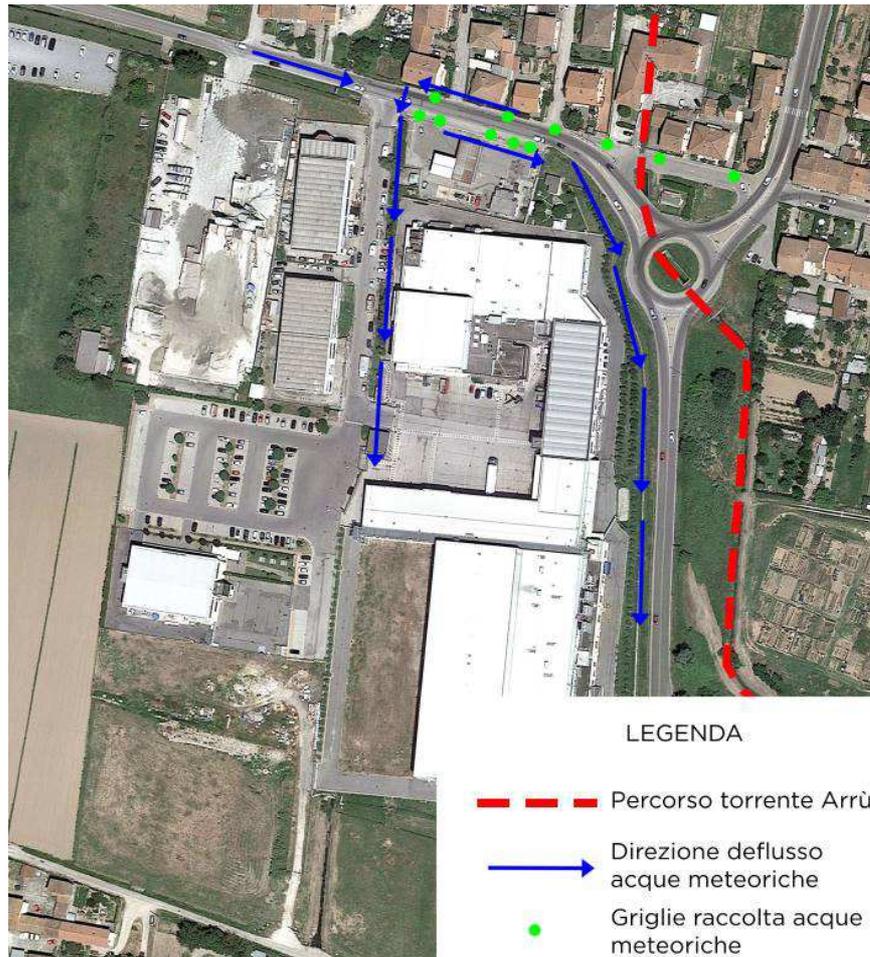


Figura 27 – Schema di funzionamento di stato attuale delle fognature meteoriche



Figura 28 – Presenza di sedimenti in corrispondenza della stazione di sollevamento delle acque nere che lasciano presagire la presenza di scolmatori della rete o scarichi diretti

5. Analisi idrologica

Ai fini del presente studio, il bacino del Fosso Arrù è stato suddiviso in sottobacini “urbani” come da immagine seguente, considerando la frammentazione del sistema scolante come precedentemente descritto.



Figura 29 – Sottobacini del Fosso Arrù su foto aerea

I parametri morfologici principali dei bacini (area A, lunghezza dell'asta principale L, pendenza media dell'asta principale i, pendenza media del bacino i_B, altezza massima H_{max}, minima H_{min}, e media H_m del bacino, quota massima dell'asta principale Z_{max}) sono stati ricavati dal LIDAR e sono riportati di seguito.

Sottobacini	A (km ²)	L (km)	H _{max} (m s.l.m.)	H _{min} (m s.l.m.)	H _{media} (m s.l.m.)	Z _{max} asta (m s.l.m.)	i	i _B
1	0.46	0.70	22.00	18.5	20.50	21.00	0.0036	0.0050
2	0.09	0.12	18.50	18.1	18.40	18.50	0.0033	0.0033
3	0.03	0.06	18.10	18.03	18.05	18.10	0.0012	0.0012
4	0.015	0.07	18.03	17.7	17.90	18.03	0.0047	0.0047
5	0.10	0.64	17.70	17.08	17.50	17.70	0.0010	0.0010
6	0.01	0.065	17.08	17	17.06	17.08	0.0012	0.0012
7	0.31	2.00	22.50	16.9	18.50	20.50	0.0018	0.0028
8	0.015	0.23	18.30	16	17.70	18.00	0.0087	0.0100
9	0.66	1.55	20.00	15.07	17.50	18.00	0.0019	0.0032
10	0.17	0.43	17.70	15	16.80	17.00	0.0047	0.0063

Tabella 1 - Parametri geomorfologici dei sottobacini del Fosso Arrù

È stata eseguita una modellazione idrologica, che ha previsto una schematizzazione della trasformazione degli afflussi in deflussi superficiali con il metodo del Curve Number per lo studio della propagazione delle piene. L'analisi idrologica, implementata tramite il software *HEC-HMS 4.3*, è stata svolta con riferimento agli eventi caratterizzati da tempi di ritorno di 2, 5, 10, 20, 30 e 200 anni per durate di pioggia di 1, 2 e 3 ore; la modellazione è stata effettuata utilizzando l'idrogramma unitario SCS.

5.1. Pluviometria

L'analisi idrologica è stata condotta tenendo conto delle *linee segnalatrici di possibilità pluviometrica (LSPP) aggiornate, fino all'anno 2012*, dall'Università di Firenze (Dipartimento di Ingegneria Civile e Ambientale) nell'ambito dell'accordo di collaborazione con la Regione Toscana di cui alla DGRT 1133/2012. I parametri delle LSPP aggiornate sono disponibili e consultabili al link <http://www.sir.toscana.it/lssp-2012>.

Per la stima delle precipitazioni da utilizzare ai fini della modellazione idrologica sono stati utilizzati i risultati della regionalizzazione degli eventi pluviometrici estremi forniti dal Sistema Idrologico Regionale della Regione Toscana. Nell'ambito dell'accordo di collaborazione tra Regione Toscana e Università di Firenze infatti, è stato effettuato un aggiornamento dell'analisi di frequenza regionale delle precipitazioni estreme [*Regione Toscana, Analisi Di Frequenza Regionale Delle Precipitazioni Estreme, Enrica Caporali, Valentina*

Chiarello, Giuseppe Rossi, 2014], grazie al quale è stato possibile scaricare i parametri necessari all'analisi delle precipitazioni all'interno del territorio studiato.

Il sito del SIR fornisce i dati puntuali su una griglia di 1x1 km² per l'intera regione Toscana relativi ai parametri a e n necessari per il calcolo della pioggia di progetto attraverso la formula monomia della LSPP (Linea Segnalatrice di Probabilità Pluviometrica), comunemente espressa come:

$$h = a t^n$$

dove h è l'altezza di precipitazione espressa in mm, t è la durata di pioggia ed a e n sono i parametri caratteristici delle curve. Con altezza di precipitazione in un punto, comunemente misurata in mm, si intende l'altezza d'acqua che si formerebbe al suolo su una superficie orizzontale e impermeabile, in un certo intervallo di tempo (durata della precipitazione) trascurando le perdite. I valori di precipitazione ottenuti sulla griglia per i diversi tempi di ritorno sono stati poi mediati all'interno del bacino in esame ed inseriti nelle modellazioni idrologiche. Di seguito sono riportate le piogge per varie durate e tempi di ritorno.

Tr [anni]	h [mm] (t=1h)	h [mm] (t=2h)	h [mm] (t=3h)
2	26.66	32.37	36.27
5	36.69	44.48	49.79
10	43.86	53.24	59.64
20	51.36	62.64	70.36
30	56.14	68.66	77.25
200	82.85	102.72	116.48

Tabella 2 -Parametri pluviometrici caratteristici utilizzati per la modellazione idrologica

Per la modellazione idrologica su software HEC-HMS, l'andamento temporale degli eventi pluviometrici è stato schematizzato con ietogrammi con forma triangolare, in quanto più conservativi e rappresentativi degli eventi estremi di bacini di piccole dimensioni.

5.2. Perdite idrologiche

Per la determinazione dei deflussi netti corrispondente allo scorrimento superficiale dei bacini si è utilizzato il metodo del Curve Number (CN) del Soil Conservation Service. Il metodo si basa sul concetto che il flusso superficiale è nullo fino al raggiungimento di un valore di soglia di infiltrazione iniziale I_a , da letteratura tecnica legata alla capacità di ritenzione potenziale S dalla relazione:

$$I_a = 0.2 \cdot S$$

dove S è definita dall'espressione:

$$S = 25.4 \left(\frac{1000}{CN} - 10 \right) \text{ [mm]}$$

Il parametro adimensionale Runoff Curve Number può variare tra 0 e 100 ed è funzione del tipo di copertura vegetale, della tessitura del terreno, dell'uso del suolo e del grado di saturazione. Si è fatto quindi riferimento al gruppo idrologico USDA (A: suoli con deflusso superficiale basso, B: suoli con deflusso superficiale moderatamente basso, C: suoli con deflusso superficiale moderatamente alto, D: suoli con deflusso superficiale alto) grazie alla cartografia resa disponibile dal Geoscopio della Regione Toscana. Per il bacino del Fosso Arrù si ha la netta prevalenza di suoli di tipo C, ovvero a deflusso superficiale moderatamente alto, tipico delle aree urbanizzate.

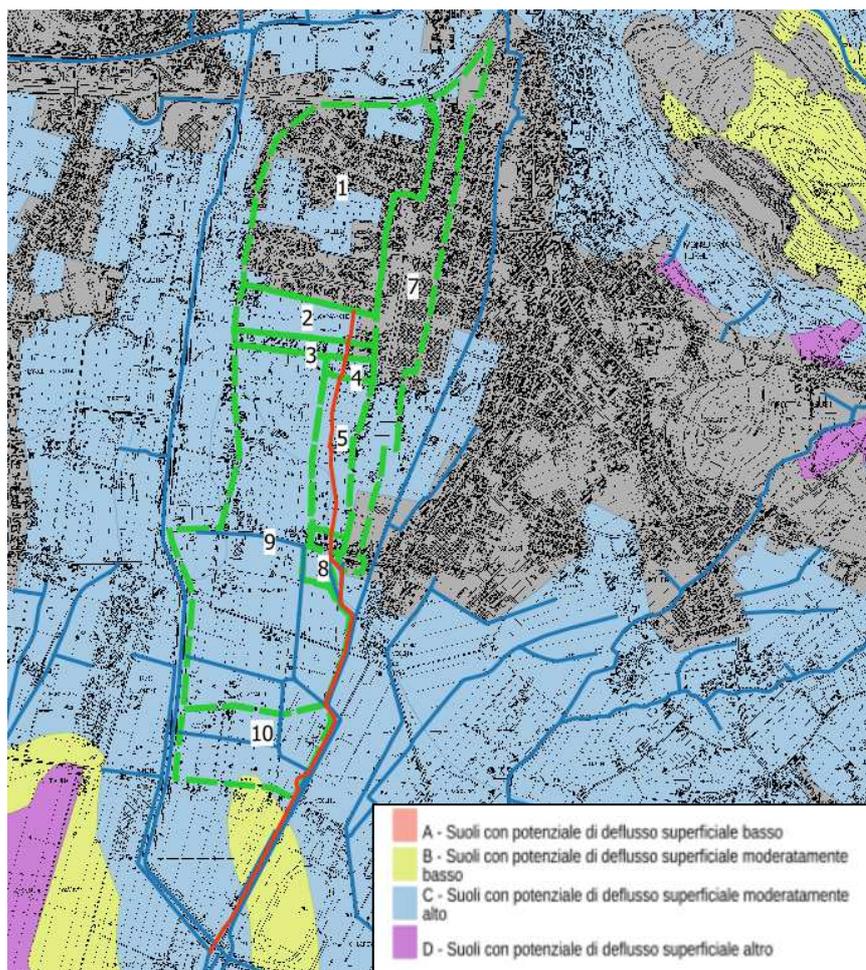


Figura 30 – Carta dei gruppi idrologici USDA

È stato poi analizzato l'uso del suolo sulla cartografia della Regione Toscana che riporta i valori del codice Corine Land cover. Come da figura seguente, per l'area di studio, peri-urbana, si ha la netta prevalenza dei

Definizione degli interventi finalizzati alla riduzione dei fenomeni di allagamento del comparto Arrù – Pratovecchio in corrispondenza di Via del Terzo

codici 112 e 210, a cui corrispondono, rispettivamente, “zone residenziali a tessuto discontinuo e rado” e “seminativi irrigui e non irrigui”.

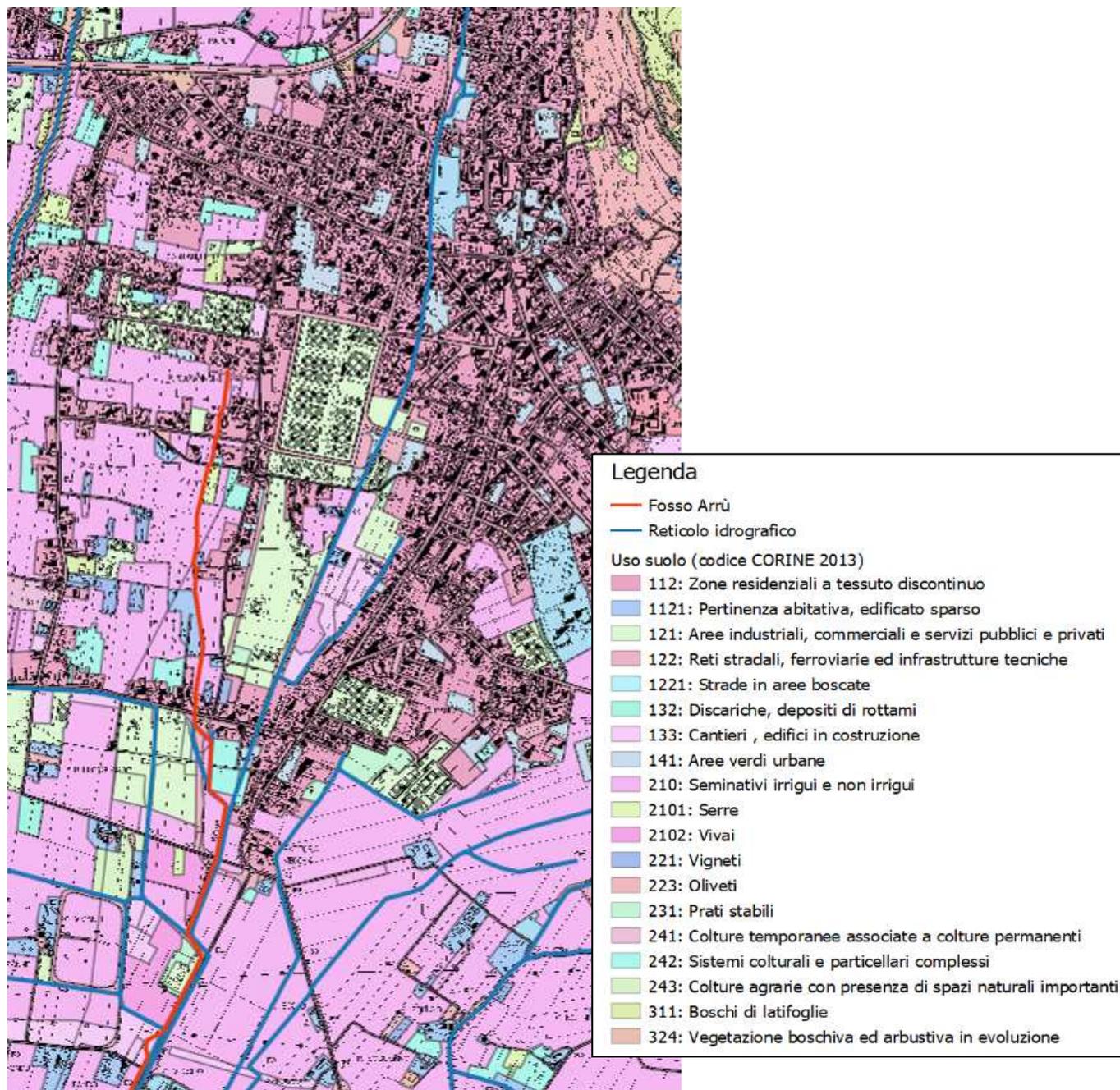


Figura 31 - Carta dell'uso del suolo (codice Corine Landsat 2000)

Ad ogni codice CORINE è associato un valore di CN, in tabella sono riportati i valori riferiti ad una condizione media di umidità del terreno antecedente l'evento di pioggia considerato (AMC II: Antecedent Moisture Condition Classe II). Tale tabella è stata ricavata dal documento “Modellazione idrologica caso pilota. Implementazione modello distribuito per la Toscana MOBIDIC Addendum: Parametrizzazione HMS” del novembre 2014, predisposto nell'ambito dell'Accordo di collaborazione scientifica tra Regione Toscana e

Definizione degli interventi finalizzati alla riduzione dei fenomeni di allagamento del comparto Arrù – Pratovecchio in corrispondenza di Via del Terzo

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.

Codice CORINE	CN(A)	CN (B)	CN (C)	CN (D)
111	89	92	94	95
112	77	85	90	92
121	81	88	91	93
122	98	98	98	98
123	98	98	98	98
124	98	98	98	98
131	76	85	89	91
133	77	86	91	93
141	49	69	79	84
142	68	79	86	89
210	61	73	81	84
211	61	73	81	84
212	67	78	85	89
213	62	71	78	81
221	76	85	90	93
222	43	65	76	82
223	43	65	76	82
231	49	69	79	84
241	61	73	81	84
242	61	73	81	84
243	61	73	81	84
244	43	65	76	82
311	36	60	73	79
312	36	60	73	79
313	36	60	73	79
321	49	69	79	84
322	49	69	79	84
323	35	56	70	77
324	35	56	70	77
331	46	65	77	82
332	96	96	96	96
333	63	77	85	88
334	63	77	85	88
335	98	98	98	98
411	98	98	98	98
412	98	98	98	98
421	98	98	98	98
422	98	98	98	98
423	98	98	98	98
511	98	98	98	98
512	98	98	98	98
521	98	98	98	98
522	98	98	98	98
523	98	98	98	98

Tabella 3 –Parametri CN relativi alla classe II di umidità per le quattro classi litologiche e per i vari tipi di uso del suolo

Le classi AMC esprimono la condizione di umidità del suolo e fanno riferimento alla sua capacità di filtrazione relativamente all'ammontare di pioggia nei 5 giorni antecedenti l'evento:

Classe AMC	Precipitazione nei 5 giorni precedenti [mm]	
	Stagione di riposo	Stagione di crescita
1	<13	<36
2	13-28	36-54
3	>28	>54

Tabella 4 – Classi AMC

La classe AMC identifica le condizioni di saturazione del suolo nel suo strato superficiale nei giorni precedenti l'evento pluviometrico; il valore è considerato basso quando c'è stata poca precipitazione ed alto quando una considerevole quantità di pioggia è caduta nei cinque giorni precedenti all'evento.

Ai fini modellistici le condizioni AMC II sono considerate condizioni medie, mentre le AMC III sono utilizzate per la caratterizzazione di eventi estremi. Per il passaggio da una classe all'altra valgono le seguenti relazioni:

$$CN(I) = \frac{CN(II)}{2.3 - 0.013 CN(II)} \qquad CN(III) = \frac{CN(II)}{0.43 + 0.0057 CN(II)}$$

Mediando arealmente i valori di CN sulla base del tipo di suolo e di vegetazione si ottengono i seguenti valori di riferimento:

Sottobacino	CN (II)	CN (I)	CN (III)
1	88	76	94
2	83	68	92
3	90	80	95
4	87	74	94
5	84	70	92
6	97	93	99
7	91	81	96
8	90	80	95
9	85	71	93
10	85	71	93

Tabella 5 – Valori del CN per il bacino d'interesse

Per il calcolo degli idrogrammi di piena è stato assunto cautelativamente il CN III per tutti i sottobacini.

5.3. Trasformazione afflussi deflussi

La trasformazione da afflussi netti (precipitazione epurata dalle perdite idrologiche) a deflussi è stata eseguita con il metodo di trasformazione dell'idrogramma unitario SCS, un idrogramma unitario sintetico, ottenuto da una serie di idrogrammi unitari di numerosi bacini, reso adimensionale in funzione della durata del ramo ascendente dell'idrogramma T_p e della portata al colmo Q_p per i vari sottobacini individuati.

La valutazione del tempo di corrivazione è stata effettuata mediando i valori che si ottengono da molteplici formulazioni impiegate in letteratura, idonee per bacini di piccole dimensioni:

- formula di Ventura:

$$T_c = 0.127 \left(\frac{A}{i_B} \right)^{0.5}$$

- formula di Pasini:

$$T_c = 0.108 \frac{(AL)^{0.33}}{i^{0.5}}$$

- formula di Giandotti:

$$T_c = \frac{4\sqrt{A} + 1.5l}{0.8H_m}$$

- formula di Ferro:

$$T_c = 0.675 A^{0.5}$$

- Formule PIN Regione Toscana:

$$T_c = \frac{0.17}{0.6} L$$

$$T_c = \frac{0.32}{0.6} A^{0.5}$$

dove A è la superficie del bacino in km^2 , L la lunghezza dell'asta principale in km , i la pendenza media del corso d'acqua, i_B la pendenza media del bacino.

Si riportano i valori dei tempi di corrivazione ottenuti dalle varie formule con i dati relativi alle caratteristiche geomorfologiche dei sottobacini. Ai fini della modellazione con l'idrogramma unitario SCS, serve calcolare il tempo di ritardo, che si assume pari a 0.6 volte il tempo di corrivazione medio, e viene inserito nella modellazione in minuti.

Definizione degli interventi finalizzati alla riduzione dei fenomeni di allagamento del comparto Arrù – Pratovecchio in corrispondenza di Via del Terzo

Sottobacini	Ventura (h)	Pasini (h)	Ferro (h)	Giandotti (h)	PIN 1 (h)	PIN 2 (h)	Tc medio (h)	T rit (min)
1	1.22	1.24	0.46	1.04	0.20	0.36	0.75	27
2	0.66	0.42	0.20	0.40	0.03	0.16	0.31	11
3	0.65	0.39	0.12	0.23	0.02	0.09	0.25	9
4	0.23	0.16	0.08	0.18	0.02	0.07	0.12	4
5	1.29	1.40	0.21	0.66	0.18	0.17	0.65	24
6	0.36	0.27	0.07	0.15	0.02	0.05	0.15	6
7	1.34	2.17	0.38	1.52	0.57	0.30	1.05	38
8	0.16	0.18	0.08	0.25	0.07	0.07	0.13	5
9	1.83	2.50	0.55	1.67	0.44	0.43	1.24	45
10	0.66	0.67	0.28	0.70	0.12	0.22	0.44	16

Tabella 6 – Tempi di corrivazione (h) e tempo di ritardo (min)

5.4. Risultati della modellazione afflussi-deflussi

Le modellazioni idrologiche sono state condotte considerando uno ietogramma di forma rettangolare, le simulazioni sono state effettuate con riferimento a durate di pioggia di 1, 2 e 3 ore, al fine di valutare anche i volumi in esame oltre che il picco di piena. Si riportano i risultati in corrispondenza dell'attraversamento a monte di Via del Terzo.

Durata pioggia	Q ₃₀	q ₃₀	Q ₂₀₀ (mc/s)	q ₂₀₀
1 ora	5.0 mc/s	7.1 mc/s kmq	8.9 mc/s	12.7 mc/s kmq
2 ore	4.6 mc/s	6.6 mc/s kmq	8.0 mc/s	11.4 mc/s kmq
3 ore	3.8 mc/s	5.4 mc/s kmq	6.7 mc/s	9.6 mc/s kmq

Tabella 7 – Valori di picco degli idrogrammi e valori di portata unitari per uno ietogramma di tipo rettangolare

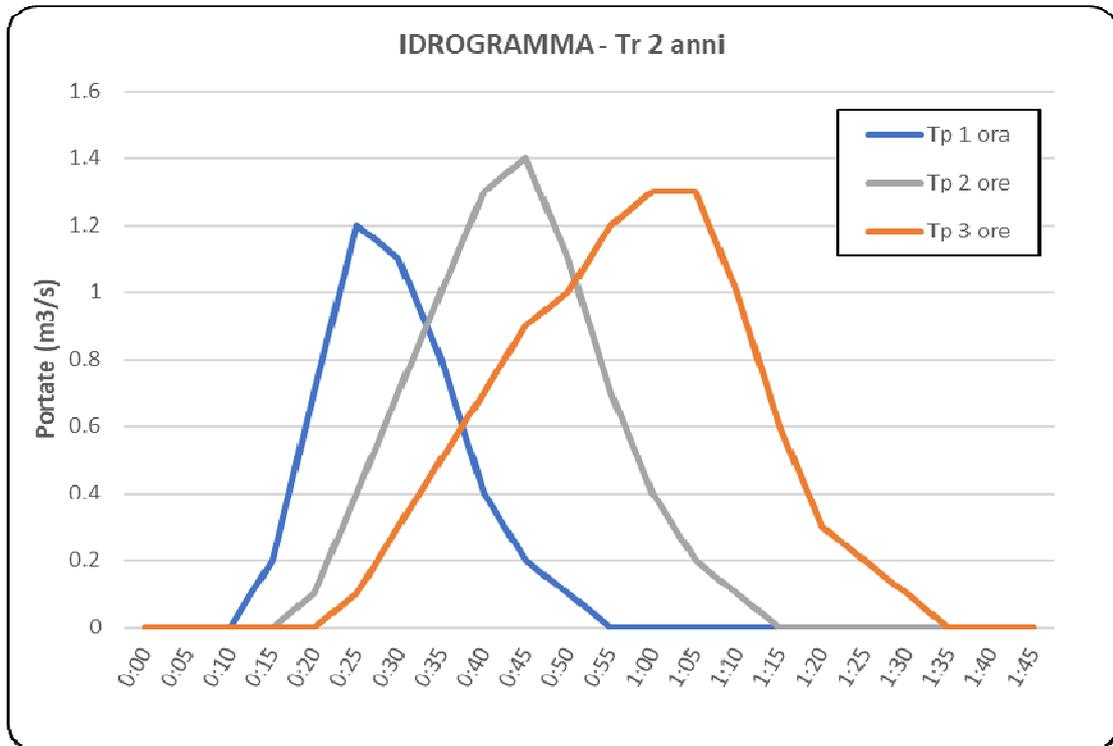


Figura 32 – Idrogrammi Tr 2 anni

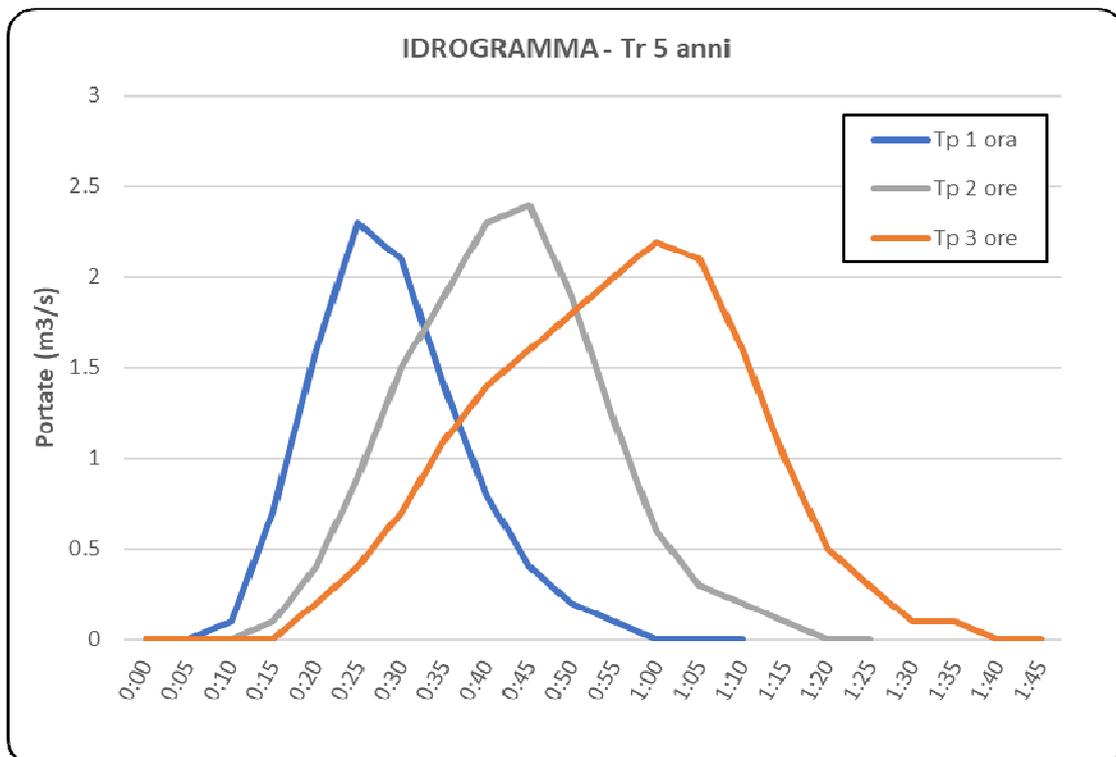


Figura 33 – Idrogrammi Tr 5 anni

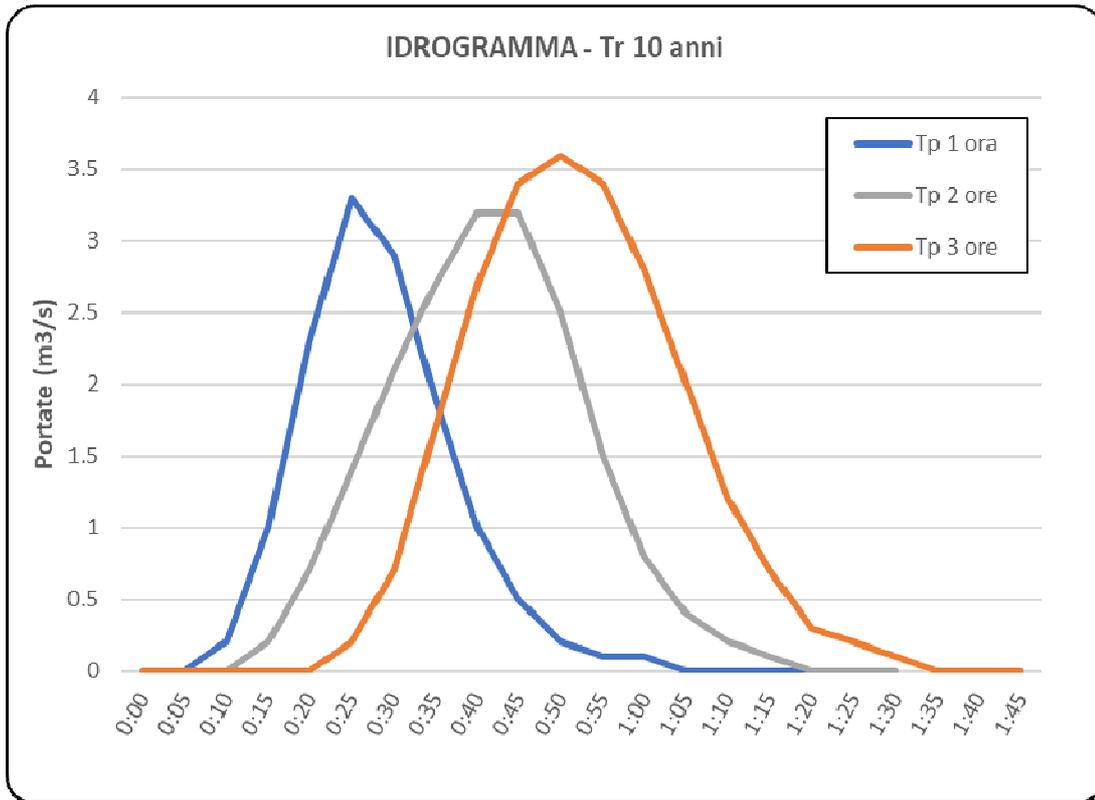


Figura 34 – Idrogrammi Tr 10 anni

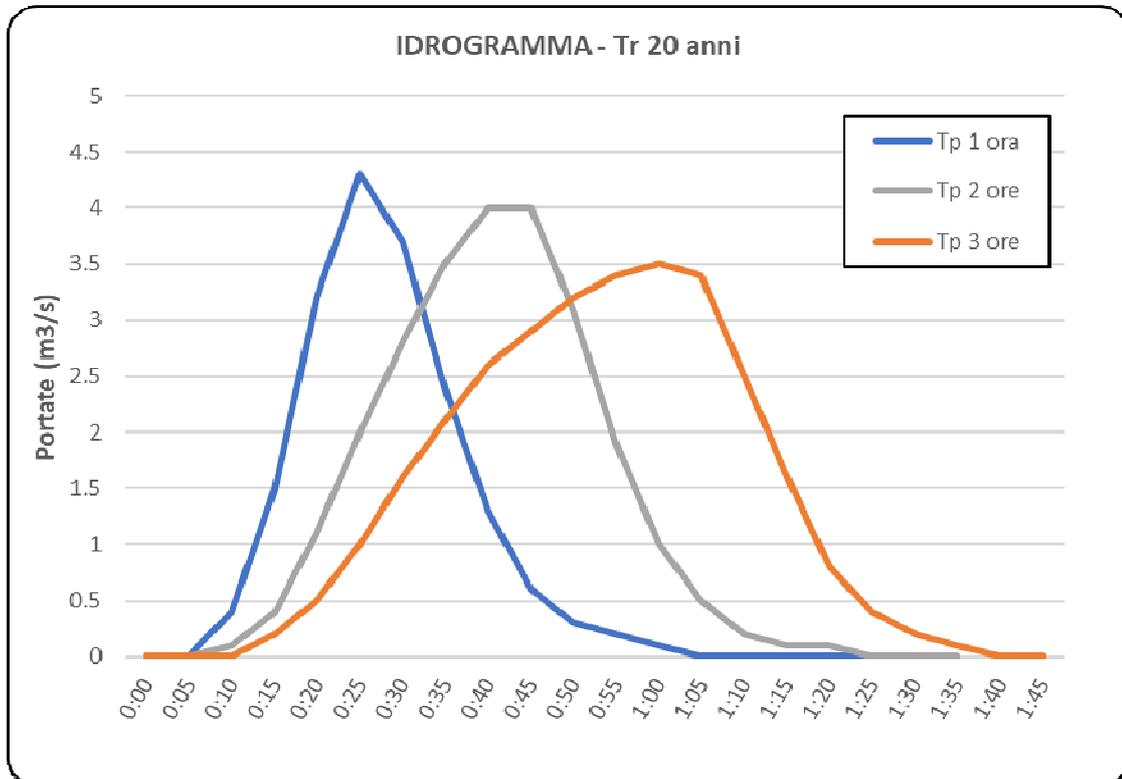


Figura 35 – Idrogrammi Tr 20 anni

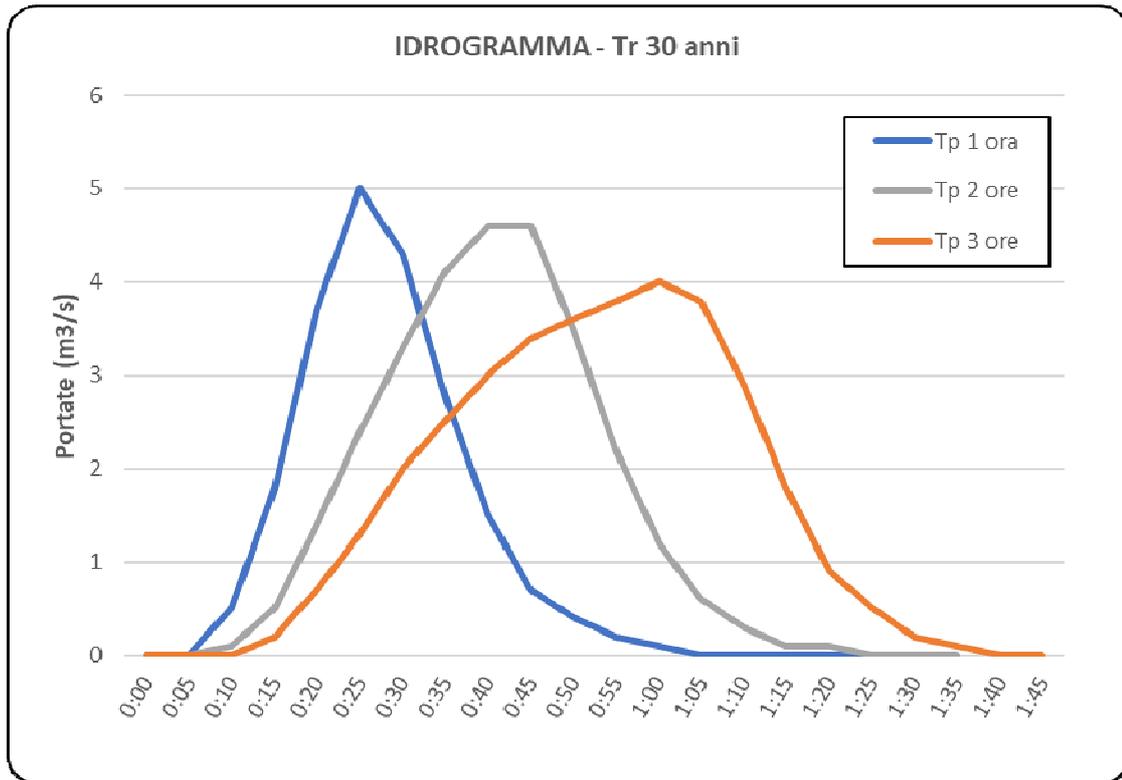


Figura 36 – Idrogrammi Tr 30 anni

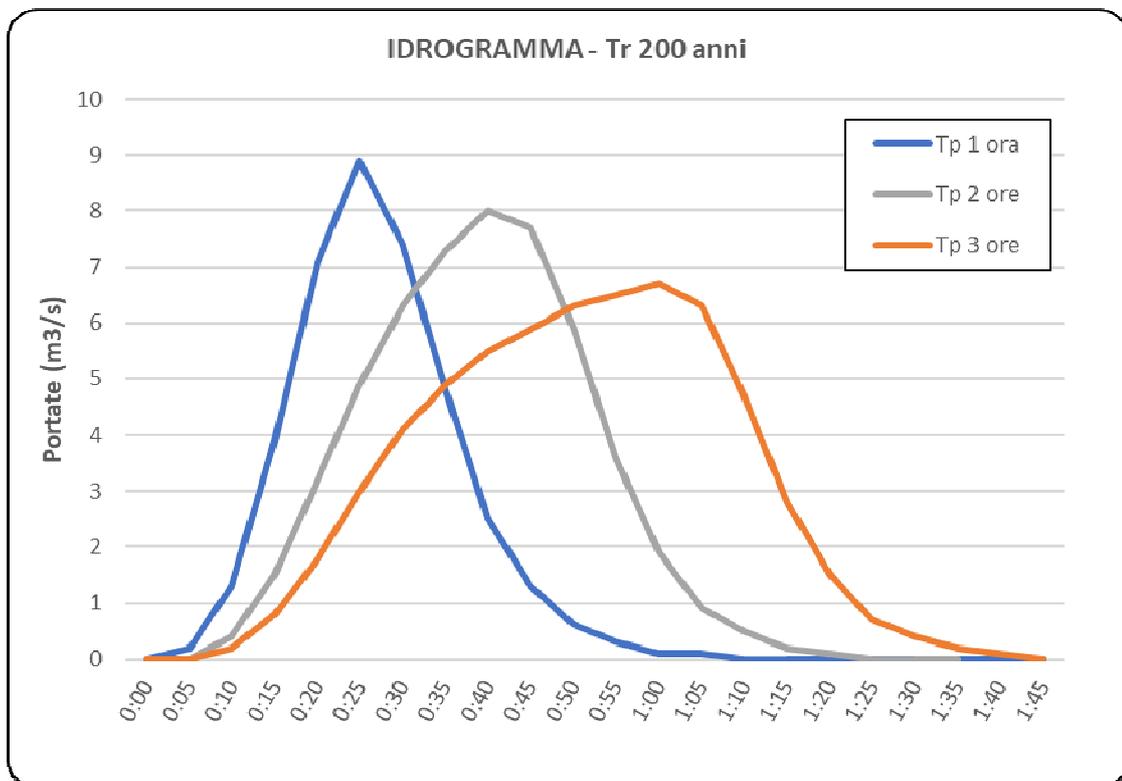


Figura 37 – Idrogrammi Tr 200 anni

6. Considerazioni preliminari sulla capacità di deflusso del reticolo di scolo

Una volta calcolate le portate significative è stato possibile effettuare delle considerazioni idrauliche preliminari circa l'efficienza dello stato attuale dei deflussi; in via semplificata, e lasciando al seguito della trattazione modellazioni più evolute, si è fatto riferimento ad uno schema di moto uniforme, in modo da caratterizzare le singolarità idrauliche presenti, quali manufatti d'attraversamento e tombamenti.

Tratto a cielo aperto fra Via Calamandrei e Via Arno

Come già descritto in quest'area (che risulta strategica in quanto vi è previsto l'insediamento di un'area PIP) si manifestano ristagni legati alla non omogeneità del profilo di fondo e della sezione idraulica; in media la stessa è a forma trapezia con base minore 50 cm, altezza 50 cm e larghezza in testa 1.2 metri. La pendenza media di scorrimento nel tratto è pari allo 0.40 %; con questa configurazione la massima portata smaltibile dalla sezione è pari a 0.42 mc/s a fronte di una portata con tempo di ritorno 2 anni di 1.0 mc/s, a conferma dei frequenti ristagni presenti nell'area.

SEZIONE TRAPEZIA O RETTANGOLARE					
Dati della sezione					
H=	50	cm			(Altezza sezione)
b=	50	cm			(Base minore sezione)
B=	120	cm			(Base maggiore)
Angolo	35.009769	gradi			
Area=	0.43	mq			
Pendenza	0.4	%			
K	40	Coefficiente di scabrezza di Gauckler - Strickler			
Portata di progetto	0.42 mc/sec				
La portata di progetto defluisce con i seguenti dati					
H defl (cm)	Contorno bagnato	Area deflusso (mq)	Raggio idraulico (ml)	Portata (mc/sec)	Velocità (m/sec)
49.80	171.59	0.423	0.245	0.420	0.994082

Tabella 8 – Massima portata smaltibile in stato attuale nel tronco fra Via Calamandrei e Via Arno

Attraversamento Via Arno

L'attraversamento di Via Arno avviene tramite tubazione in cls diametro 800 mm posta con una pendenza dello 0.5 %; con questa configurazione la massima portata smaltibile dalla sezione è pari a 0.7 mc/s, ovvero inferiore alla portata biennale di 1.0 mc/s, a conferma della criticità di questo manufatto.

Definizione degli interventi finalizzati alla riduzione dei fenomeni di allagamento del comparto Arrù – Pratovecchio in corrispondenza di Via del Terzo

CANALE CIRCOLARE								
Dati canale:	Diametro=	0.8	metri					
	Area	0.5026544	mq					
	Pendenza canale=	0.005	m/m	in %	0.5			
	Coeff ScabrezzaG.-Strickler=	60						
	Portata di progetto=	0.7	mc/s					
La portata di progetto defluisce con i seguenti dati								
% riempimento	gradi	rad.	Area defl.	Cont. Bagn.	R idr.	Portata (mc/s)	H riemp	Veloc m/s
88%	279.36	4.88	0.44	1.95	0.23	0.70	0.705	1.579

Tabella 9 – Massima portata smaltibile in stato attuale dall’attraversamento di Via Arno

Sottopasso su Via Po/Strada Comunale Catano

Il sottopasso è realizzato con una tubazione in cls con \varnothing 100 cm e posa in opera con pendenza stimata dello 0.5%; considerando un coefficiente di scabrezza secondo la formulazione di Gauckler-Strickler pari a $60 \text{ m}^{1/3} \text{ s}^{-1}$, corrispondente a tubazioni in servizio, con qualche incrostazione e deposito, si ottiene una massima portata transitabile pari a $Q_{max} = 1.3 \text{ m}^3/\text{s}$, ovvero portata compresa fra un tempo di ritorno 2 e 5 anni alla sezione d’interesse.

CANALE CIRCOLARE								
Dati canale:	Diametro=	1	metri					
	Area	0.7853975	mq					
	Pendenza canale=	0.005	m/m	in %	0.5			
	Coeff ScabrezzaG.-Strickler=	60						
	Portata di progetto=	1.3	mc/s					
La portata di progetto defluisce con i seguenti dati								
% riempimento	gradi	rad.	Area defl.	Cont. Bagn.	R idr.	Portata (mc/s)	H riemp	Veloc m/s
91%	288.42	5.03	0.71	2.52	0.28	1.30	0.906	1.827

Tabella 10 - Massima portata smaltibile in stato attuale dall’attraversamento di Via Po/Via Comunale Catano

Tratto Via Po - rimessa agricola

Questo tratto è caratterizzato da una sezione naturale in terra, di forma trapezia, con base maggiore 3.0 metri, base minore 1.0 metri ed altezza pari a 0.75 m, con pendenza dello 0.25%.

Considerando una scabrezza secondo Gauckler-Strickler pari a $30 \text{ m}^{1/3} \text{ s}^{-1}$, corrispondente a canali in abbandono con presenza di vegetazione, si ottiene una massima portata transitabile pari a $Q_{max} = 1.30 \text{ m}^3/\text{s}$ ovvero portata compresa fra un tempo di ritorno 2 e 5 anni alla sezione d’interesse.

Definizione degli interventi finalizzati alla riduzione dei fenomeni di allagamento del comparto Arrù – Pratovecchio in corrispondenza di Via del Terzo

SEZIONE TRAPEZIA O RETTANGOLARE					
Dati della sezione					
H=	75 cm	(Altezza sezione)			
b=	100 cm	(Base minore sezione)			
B=	300 cm	(Base maggiore)			
Angolo	53.157051 gradi				
Area=	1.50 mq				
Pendenza	0.25 %				
K	30	Coefficiente di scabrezza di Gauckler - Strickler			
Portata di progetto	1.3 mc/sec				
La portata di progetto defluisce con i seguenti dati					
H defl (cm)	Contorno bagnato	Area deflusso (mq)	Raggio idraulico (ml)	Portata (mc/sec)	Velocità (m/sec)
75.59	352.12	1.518	0.431	1.300	0.856172

Tabella 11 - Massima portata smaltibile in stato attuale nel tratto a monte della rimessa agricola

Tratto tombato sotto la rimessa agricola

Procedendo verso valle il Fosso Arrù viene nuovamente tombato per permettere l’attraversamento al di sotto della rimessa agricola presente, che avviene con tubazione in cls con \varnothing 70 cm con lunghezza complessiva di circa 45 metri, posta in opera con pendenza stimata dello 0.5%. Considerando una scabrezza secondo Gauckler-Strickler pari a $60 \text{ m}^{1/3} \text{ s}^{-1}$ risulta la massima portata transitabile pari a $Q_{max} = 0.5 \text{ m}^3/\text{s}$, inferiore alla Tr 2 anni e pertanto il manufatto risulta particolarmente critico.

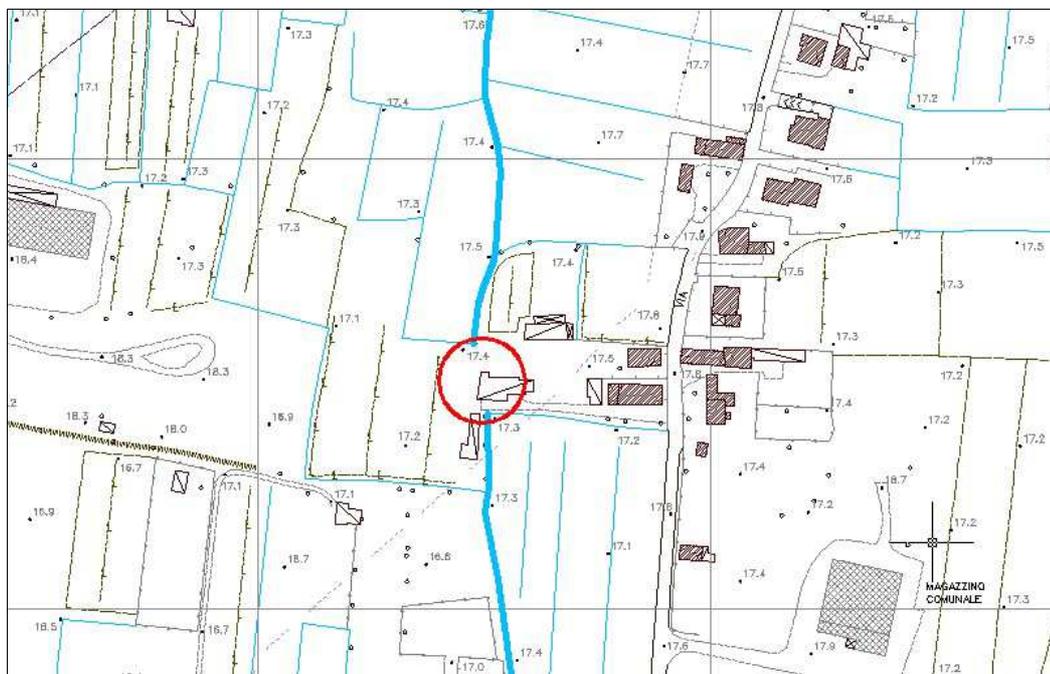


Figura 38 - Ubicazione del tratto tombato con \varnothing 70 cm per attraversare la rimessa agricola presente

Definizione degli interventi finalizzati alla riduzione dei fenomeni di allagamento del comparto Arrù – Pratovecchio in corrispondenza di Via del Terzo

CANALE CIRCOLARE									
Dati canale:	Diametro=	0.7	metri						
	Area	0.3848448	mq						
	Pendenza canale=	0.005	m/m		in %	0.5			
	Coeff ScabrezzaG.-Strickler=	60							
	Portata di progetto=	0.5	mc/s						
La portata di progetto defluisce con i seguenti dati									
% riempimento	gradi	rad.	Area defl.	Cont. Bagn.	R idr.	Portata (mc/s)	H riemp	Veloc m/s	
90%	286.37	5.00	0.35	1.75	0.20	0.50	0.630	1.442	

Tabella 12 - Massima portata smaltibile in stato attuale nel tratto a monte della rimessa agricola

Tratto a valle della rimessa agricola

A valle della rimessa agricola, procedendo verso Sud, il Fosso Arrù scorre in alveo naturale con sezione in terra di forma trapezia, con base maggiore di dimensione 4.0 metri, base minore 2.0 metri ed altezza 75 centimetri; la pendenza del tratto, ricavata da rilievo topografico è pari a 0.15%.



Figura 39 - Tratto compreso fra la rimessa agricola e il sottopasso su Via del Terzo (vista verso monte)

Lo stato manutentivo del tratto non è particolarmente curato per cui è stato assegnato un coefficiente di scabrezza secondo Gauckler-Strickler pari a $40 \text{ m}^{1/3} \text{ s}^{-1}$, corrispondente a canali con presenza di vegetazione. Con questi parametri si ottiene la massima portata transitabile nel tratto pari a $Q_{max} = 2.2 \text{ m}^3/\text{s}$, ovvero per la sezione di chiusura d’interesse corrispondente ad eventi con tempo di ritorno cinquennale.

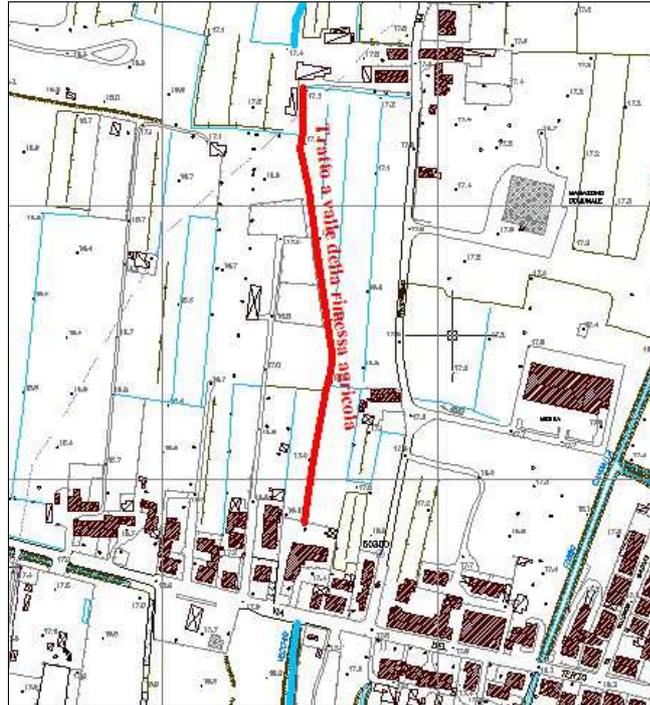


Figura 40 - Ubicazione del tratto a valle della rimessa agricola

SEZIONE TRAPEZIA O RETTANGOLARE					
Dati della sezione					
H=	75	cm	(Altezza sezione)		
b=	200	cm	(Base minore sezione)		
B=	400	cm	(Base maggiore)		
Angolo	53.157051	gradi			
Area=	2.25	mq			
Pendenza	0.15	%			
K	40	Coefficiente di scabrezza di Gauckler - Strickler			
Portata di progetto	2.2 mc/sec				
La portata di progetto defluisce con i seguenti dati					
H defl (cm)	Contorno bagnato	Area deflusso (mq)	Raggio idraulico (ml)	Portata (mc/sec)	Velocità (m/sec)
75.06	450.36	2.253	0.500	2.200	0.976338

Tabella 13 - Massima portata smaltibile in stato attuale nel tratto a valle della rimessa agricola

Sottopasso di Via del Terzo

Il sottopasso sulla S.P. del Terzo avviene in ingresso con tubazione circolare \varnothing 1.10 metri ed in uscita con sezione scatolare rettangolare realizzata su un vecchio arco; non è nota e non è possibile ricostruire la geometria della condotta al di sotto delle case presenti. E' stata valutata la massima portata smaltibile dalla condotta circolare, con pendenza pari a 0.7%, e coefficiente di scabrezza 40 $m^{1/3} s^{-1}$, che risulta $Q_{max} = 2.0 m^3/s$, di poco inferiore a quella con tempo di ritorno cinque anni.



Figura 41 - Fosso Arrù all'imbocco del sottopasso su Via del Terzo (vista verso valle)

CANALE CIRCOLARE									
Dati canale:	Diametro=	1.1	metri						
	Area	0.950331	mq						
	Pendenza canale=	0.007	m/m	in %	0.7				
	Coeff ScabrezzaG.-Strickler=	60							
	Portata di progetto=	2	mc/s						
La portata di progetto defluisce con i seguenti dati									
% riempimento	gradi	rad.	Area defl.	Cont. Bagn.	R idr.	Portata (mc/s)	H riemp	Veloc m/s	
92%	292.24	5.10	0.87	2.81	0.31	2.00	1.007	2.299	

Tabella 14 - Massima portata smaltibile in stato attuale nel sottopasso di Via del Terzo

Tratto a valle di Via del Terzo

Nel tratto a valle di Via del Terzo il tracciato del Fosso Arrù è stato recentemente oggetto di interventi di miglioramento idraulico, funzionali alla realizzazione della nuova viabilità provinciale. Dal rilievo topografico effettuato risulta che le sezioni sono ben più ampie; ad esempio il manufatto di attraversamento della nuova rotatoria ha base 3.7 m ed altezza 1.75 m, che posto con una pendenza del 0.2% produce una massima portata smaltibile di 8.9 mc/s ovvero compatibile con la portata duecentennale di riferimento alla sezione di chiusura di Via del Terzo.



Figura 42 - Fosso Arrù a valle della S.P. del Terzo, così come modificato dai lavori di nuova viabilità

SEZIONE TRAPEZIA O RETTANGOLARE					
Dati della sezione					
H=	1.75	cm			(Altezza sezione)
b=	370	cm			(Base minore sezione)
B=	370	cm			(Base maggiore)
Angolo	0	gradi			
Area=	0.06	m ²			
Pendenza	0.2	%			
K	40		Coefficiente di scabrezza di Gauckler - Strickler		
Portata di progetto			8.9 mc/sec		
La portata di progetto defluisce con i seguenti dati					
H defl (cm)	Contorno bagnato	Area deflusso (m ²)	Raggio idraulico (m)	Portata (mc/sec)	Velocità (m/sec)
151.79	673.58	5.616	0.834	8.900	1.584693

Tabella 15 - Massima portata smaltibile in stato attuale nel sottopasso di Via del Terzo

Alla luce dei risultati sopra esposti è possibile affermare che la massima capacità attuale di deflusso del Fosso Arrù in tutto il tratto a monte della S.P. del Terzo è caratterizzata da ricorrenze comprese fra Tr 2 e 5 anni, mentre a valle di Via del Terzo il manufatto di attraversamento della nuova rotatoria dimensionato per portate compatibili con la ricorrenza duecentennale.

Relativamente al Rio Pratovecchio invece, come detto in precedenza, al sottopasso sulla S.P. del Terzo giungono tre tubazioni, due con diametro 1.0 metro, una 80 cm, poste in opera in tempi differenti e dimensionate secondo progetti diversi, di cui non è stato possibile prendere visione.

Le dimensioni dello scatolare con cui il Rio Pratovecchio sottopassa la S.P. del Terzo sono pari a 3.0 x h 1.25 m; consultando la relazione di accompagnamento al dimensionamento dello scatolare, a firma dell'Ing. Lisa Cortesi, risulta una pendenza di posa dello 0.15%, con una massima portata di piena smaltibile pari a $Q_{max} = 8.45 \text{ m}^3/\text{s}$, calcolata a moto uniforme considerando la scabrezza tipica del calcestruzzo, pari a $75 \text{ m}^{1/3} \text{ s}^{-1}$.



Figura 43 - Scatolare 3.0 x 1.25 m con cui il Rio Pratovecchio sottopassa la S.p. del Terzo

7. Valutazione delle soluzioni progettuali

Nei seguenti paragrafi verranno esaminate delle ipotesi progettuali, valutandone l'aspetto dei costi economici e la realizzabilità così da individuare quella tecnicamente ed economicamente fattibile; inoltre sarà anche valutata l'alternativa costituita dall'opzione zero, ovvero il non intervento. La progettazione degli interventi è avvenuta a step singoli, con l'obiettivo di mitigare le problematiche del corso d'acqua, ma in funzione delle disponibilità economiche gli interventi possono essere accoppiati, al fine di produrre un'azione più incisiva nel miglioramento della capacità di deflusso del corso d'acqua.

Al termine delle opzioni progettuali sul reticolo superficiale verrà esposto anche un intervento non correlato a questo, ma ritenuto necessario per mitigare gli effetti locali di allagamento; nello specifico si suggerisce la riorganizzazione e razionalizzazione della rete meteorica lungo Via del Terzo, con nuove condotte recapitanti in punti differiti e possibilmente separando nettamente la dinamica dei fossi da quella delle fognature, allontanando il pericolo di allagamento dalle abitazioni più verso valle, dove ci sono zone agricole. Il malfunzionamento ed il sottodimensionamento delle caditoie e delle condotte fognarie generano

spesso allagamenti e ristagni localizzati che benché non pericolosi per l'incolumità delle persone sono assai fastidiosi, specie se si verificano di frequenza, producendo danneggiamenti alle abitazioni ed alle pertinenze.

7.1. Opzione progettuale 0

L'opzione progettuale 0 consiste nel non attuare nessun intervento, ovvero lasciare inalterato lo stato di fatto; questa soluzione rappresenta naturalmente il minor costo in termini di esecutività dei lavori e dei costi di progettazione, a discapito del perdurare delle problematiche e delle criticità evidenziate, come rappresentato nelle figure seguenti. La modellazione idraulica dello stato attuale è stata condotta con uno schema di moto vario unidimensionale per il canale e puramente bidimensionale per la propagazione dei deflussi sul piano campagna, implementato con il software HEC RAS 5.0.5, che è un modello fisicamente basato in grado di conservare e distribuire i volumi d'acqua in base all'effettiva morfologia e topografia del territorio analizzato.



Figura 44 – Schematizzazione modello idraulico Fosso Arrù in stato attuale

Definizione degli interventi finalizzati alla riduzione dei fenomeni di allagamento del comparto Arrù – Pratovecchio in corrispondenza di Via del Terzo

Come input sono stati considerati gli idrogrammi di piena precedentemente descritti (Tr 2, 10, 30 e 200 anni, durata più gravosa tra le durate di 1, 2 e 3 ore), mentre come condizione al contorno di valle è stato imposta la *normal Depth*, ovvero l'altezza di moto uniforme, calcolata per ogni valore di portata mediante l'inserimento della pendenza della linea dei carichi totali.

Già per tempi di ritorno con bassa ricorrenza, dell'ordine dei 2-5 anni, si verificano criticità idrauliche con esondazioni localizzate in diverse sezioni; i volumi esondati non sono consistenti, dell'ordine di qualche migliaio di metro cubo, ma tali comunque da produrre effetti al suolo in termini di battenti e ristagni, nonché di disagi per accessibilità ad abitazioni e pertinenze ed interruzioni della viabilità

Per eventi con tempi di ritorno di 2 anni le esondazioni sono minime ed avvengono in corrispondenza dell'attraversamento più a monte e per insufficienza delle sezioni nel primo tratto del fosso.

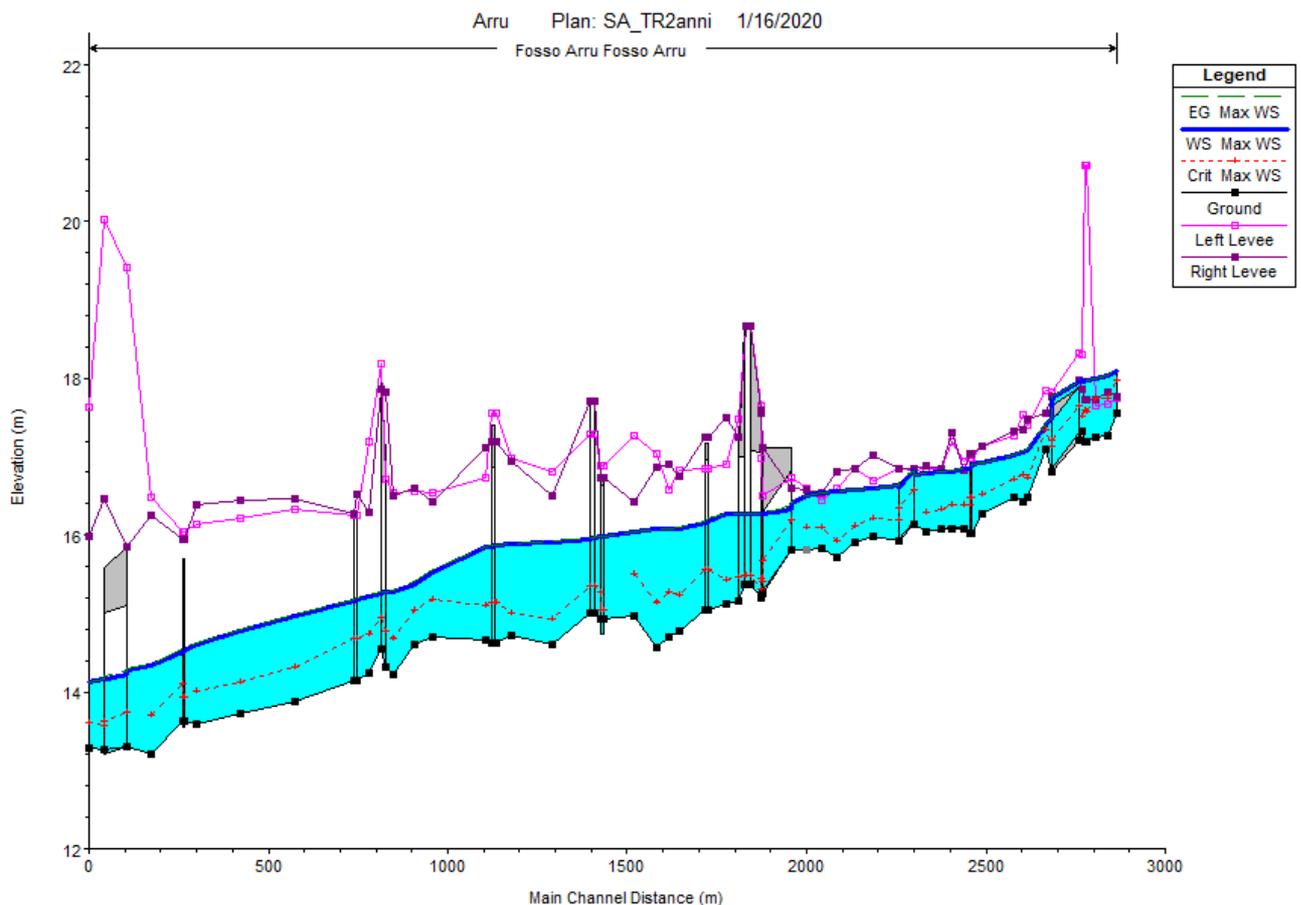


Figura 45 – Profilo Fosso Arrù in stato attuale modellato con Tr 2 anni

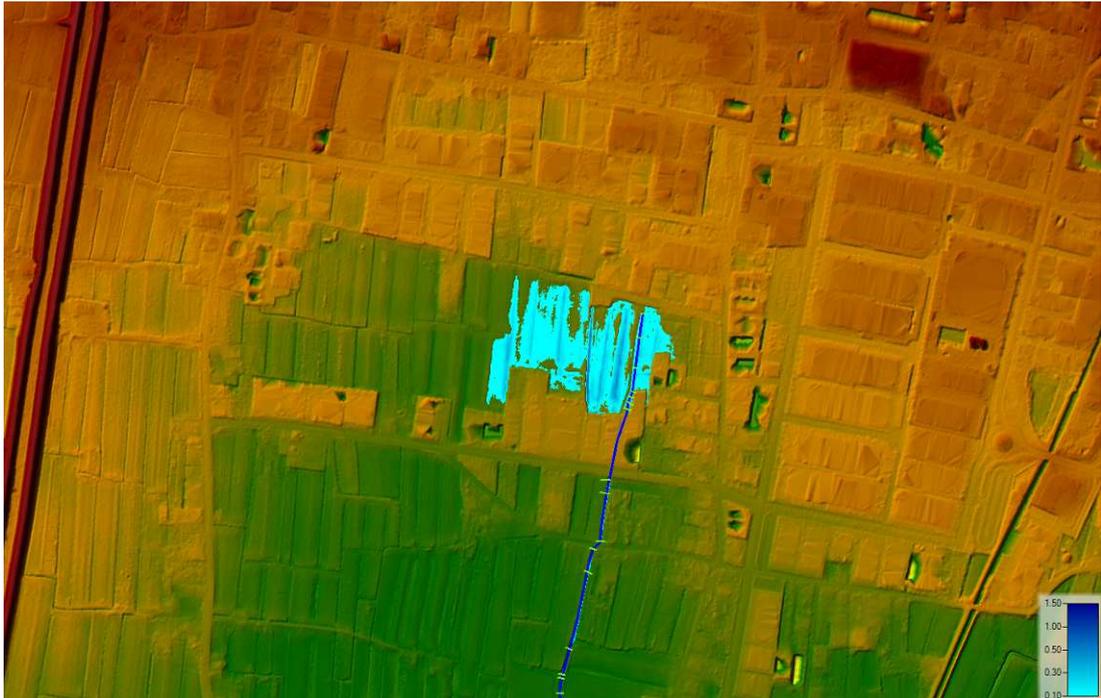


Figura 46 – Criticità per Tr 2 anni rappresentata su LIDAR nell’area fra Via Calamandrei e Cia Arno (prevista area del PIP di Pieve a Nievole)

Di seguito, il dettaglio delle esondazioni nelle sezioni del corso d’acqua relative alla modellazione con Tr 2 anni.

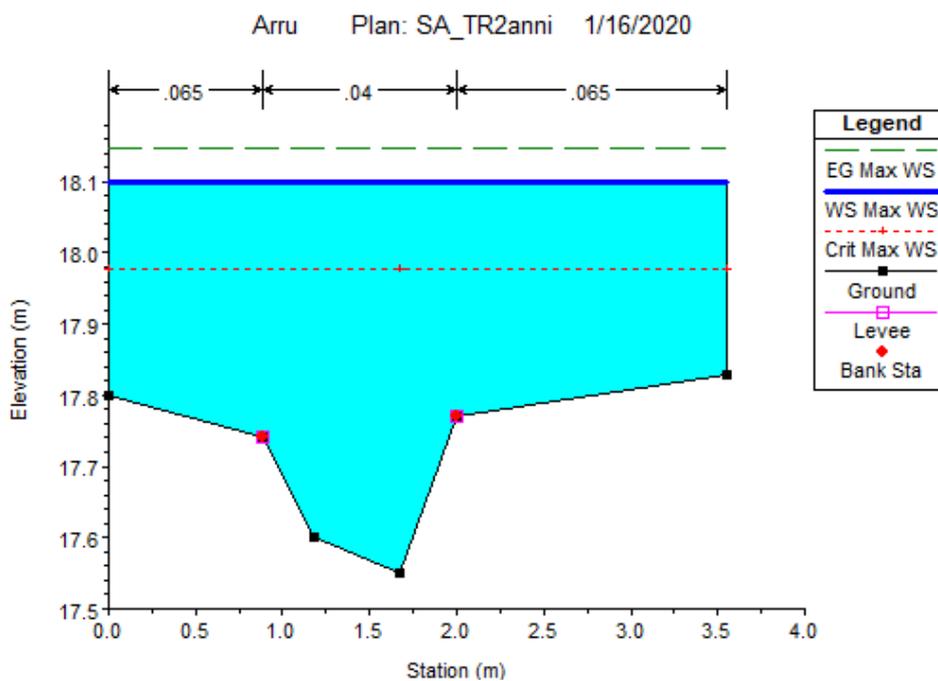


Figura 47 – Sezione più a monte del fosso in stato attuale Tr 2 anni

Definizione degli interventi finalizzati alla riduzione dei fenomeni di allagamento del comparto Arrù – Pratovecchio in corrispondenza di Via del Terzo

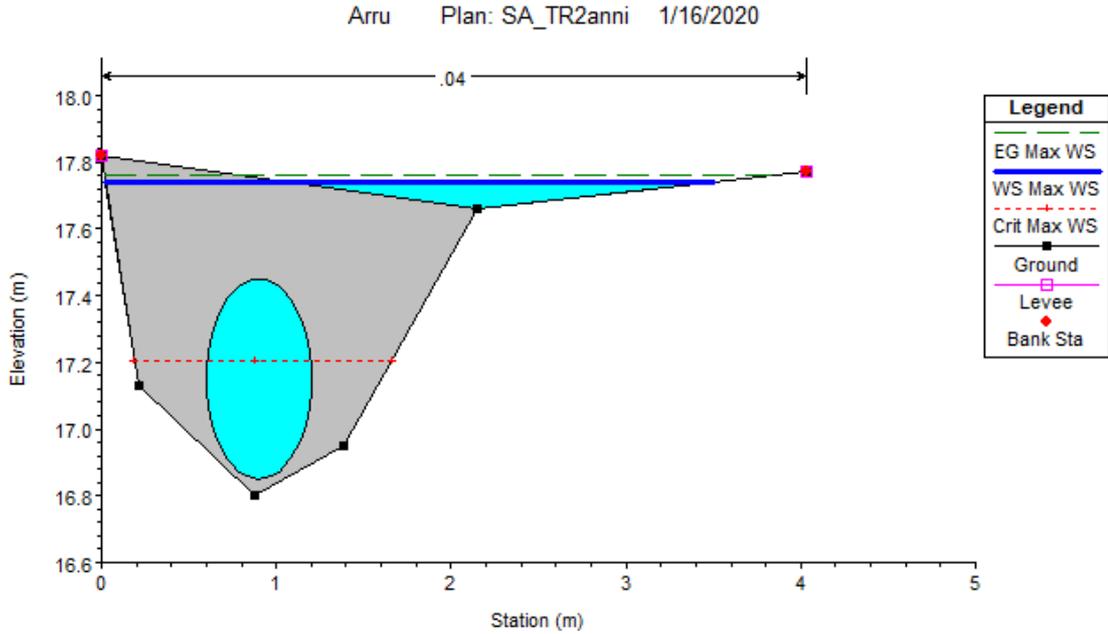


Figura 48 – Attraversamento sotto via Arno in stato attuale Tr 2 anni

Per eventi con tempi di ritorno di 10 anni le esondazioni avvengono in corrispondenza degli attraversamenti più a monte e per insufficienza di alcune sezioni nel tratto studiato.

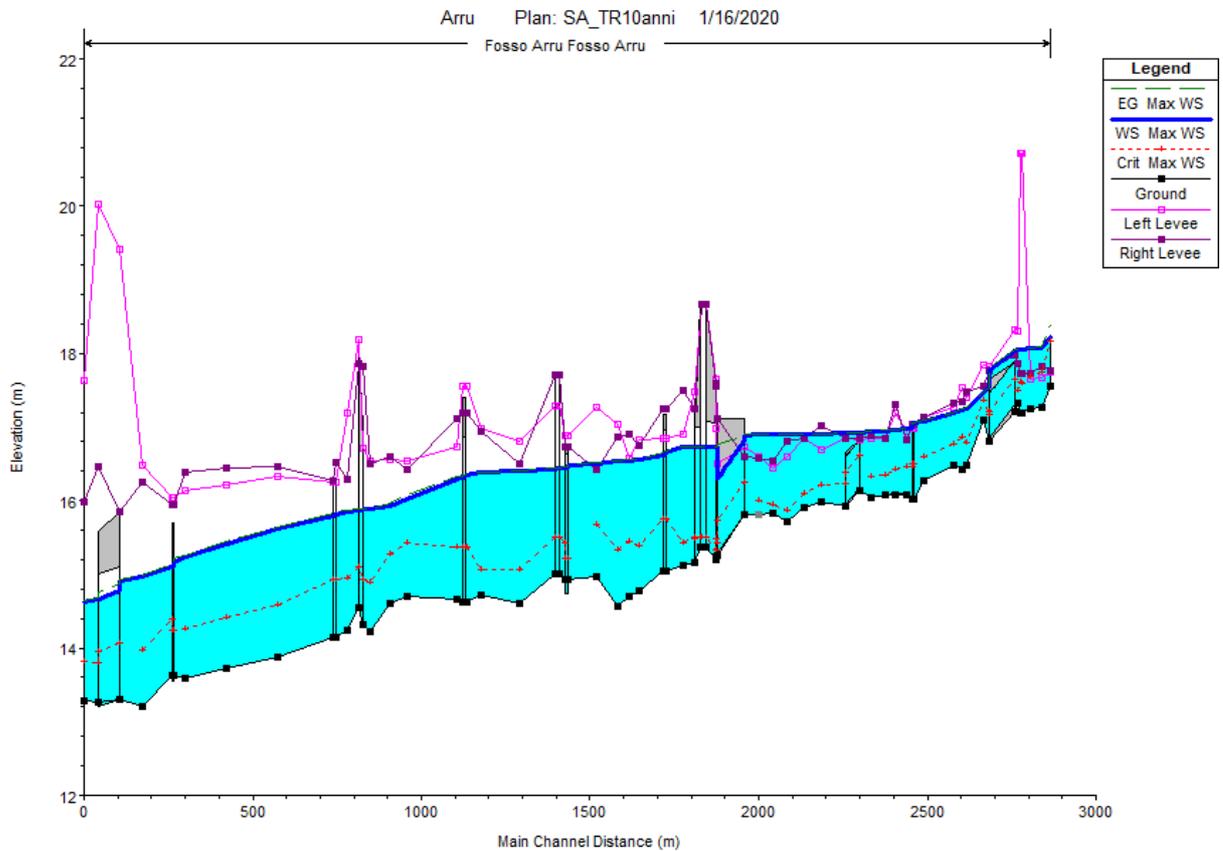


Figura 49 – Profilo Fosso Arrù in stato attuale modellato con Tr 10 anni

Definizione degli interventi finalizzati alla riduzione dei fenomeni di allagamento del comparto Arrù – Pratovecchio in corrispondenza di Via del Terzo

Di seguito, il dettaglio delle esondazioni più significative nelle sezioni del corso d’acqua relative alla modellazione con Tr 10 anni.

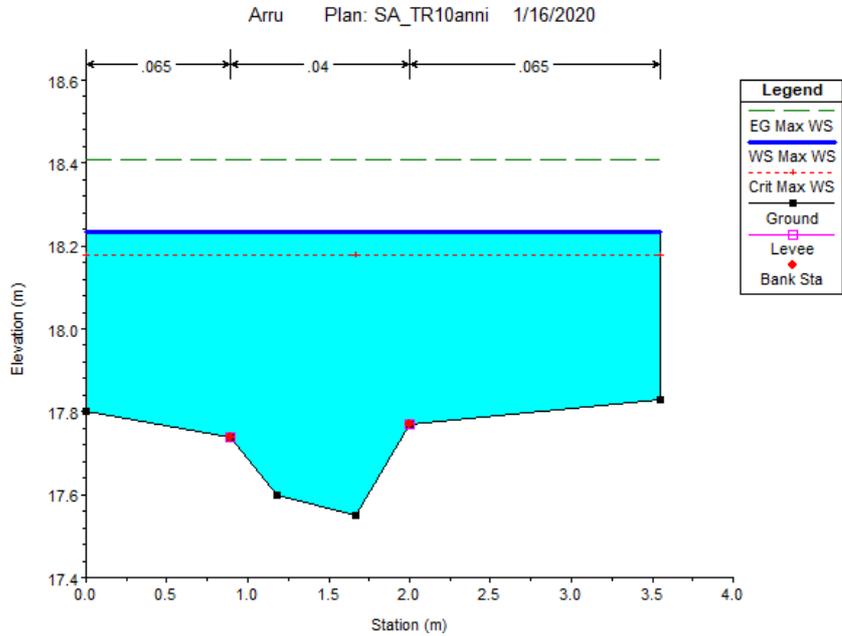


Figura 50 – Sezione più a monte del fosso in stato attuale Tr 10 anni

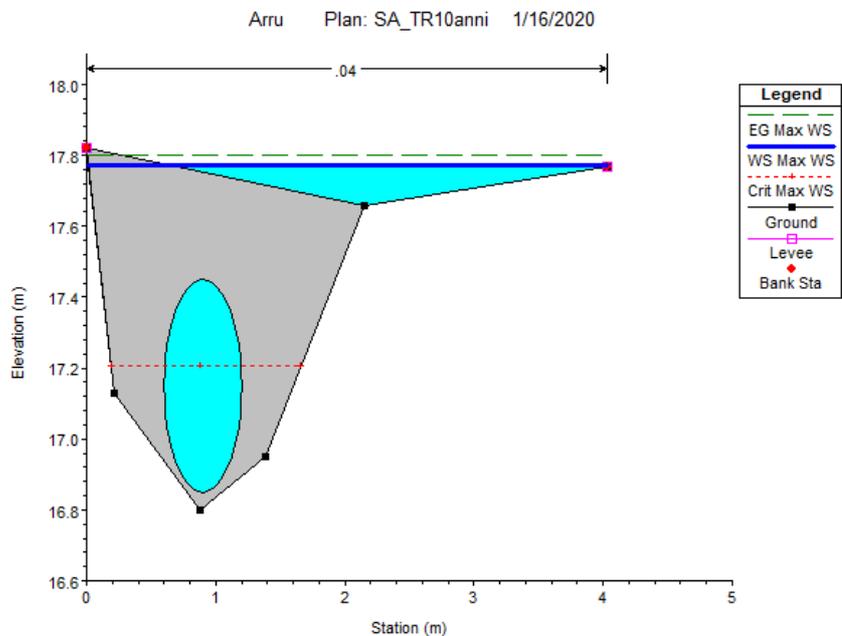


Figura 51 – Attraversamento sotto via Arno in stato attuale Tr 10 anni

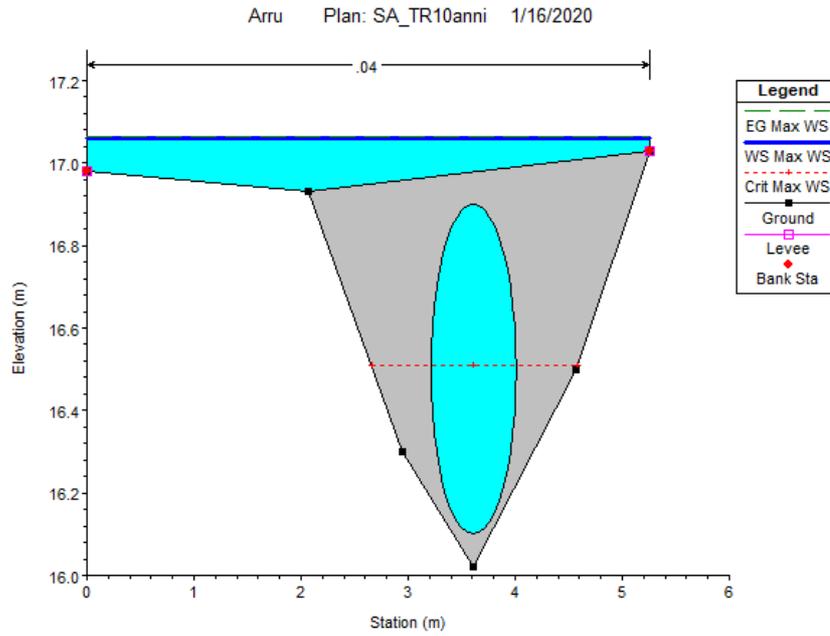


Figura 52 – Attraversamento sotto strada campestre in stato attuale Tr 10 anni

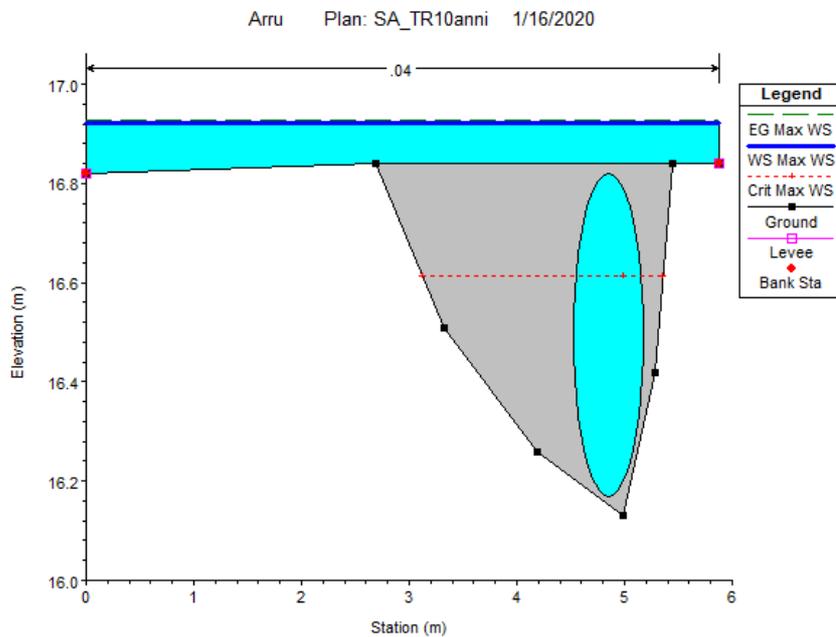


Figura 53 – Attraversamento sotto strada privata in stato attuale Tr 10 anni

Definizione degli interventi finalizzati alla riduzione dei fenomeni di allagamento del comparto Arrù – Pratovecchio in corrispondenza di Via del Terzo

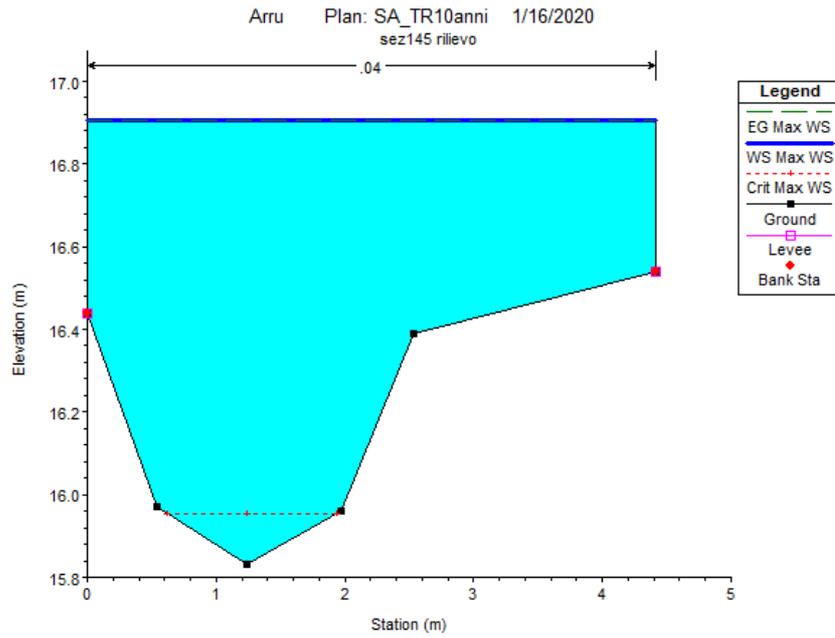


Figura 54 – Sezione 100 metri più a monte dell'attraversamento di via del Terzo in stato attuale Tr 10 anni

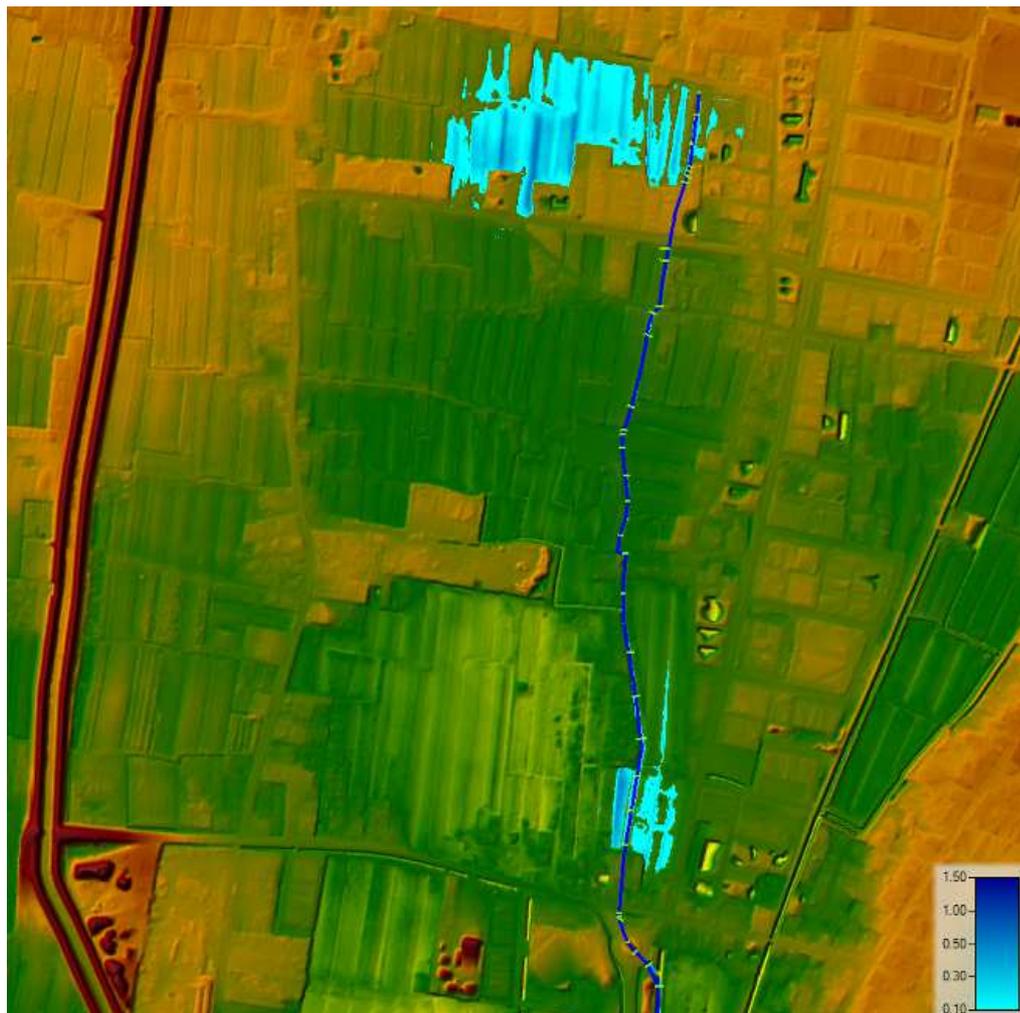


Figura 55 – Criticità per Tr 10 anni rappresentata su LIDAR

Per eventi con tempi di ritorno di 30 anni le esondazioni avvengono con volumi maggiori nei tratti e in corrispondenza degli attraversamenti in cui esondavano anche eventi più frequenti (2 e 10 anni), in aggiunta, il corso d'acqua esonda in destra quando affianca il Fosso Candalla.

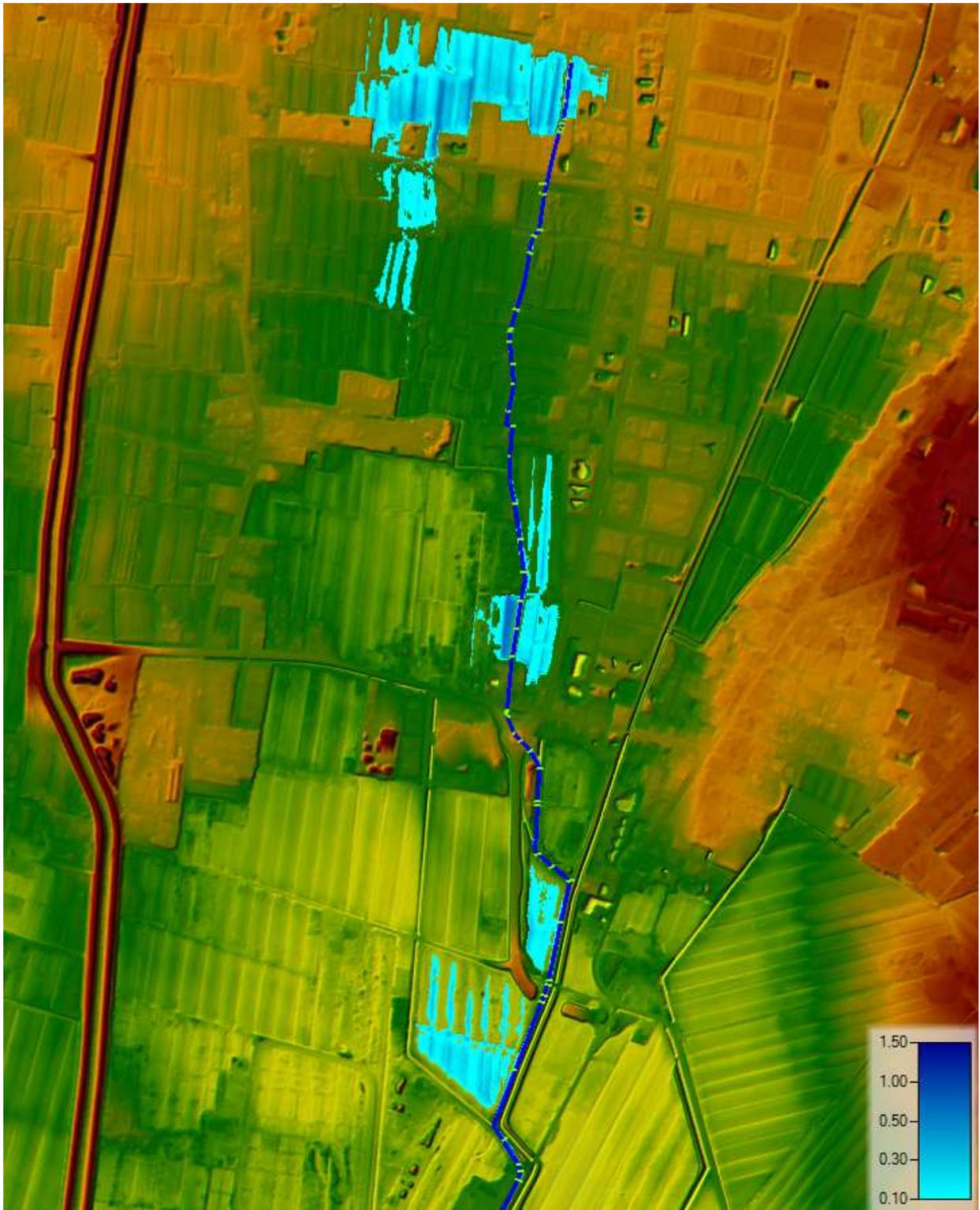


Figura 56 – Criticità per Tr 30 anni rappresentata su LIDAR

Definizione degli interventi finalizzati alla riduzione dei fenomeni di allagamento del comparto Arrù – Pratovecchio in corrispondenza di Via del Terzo

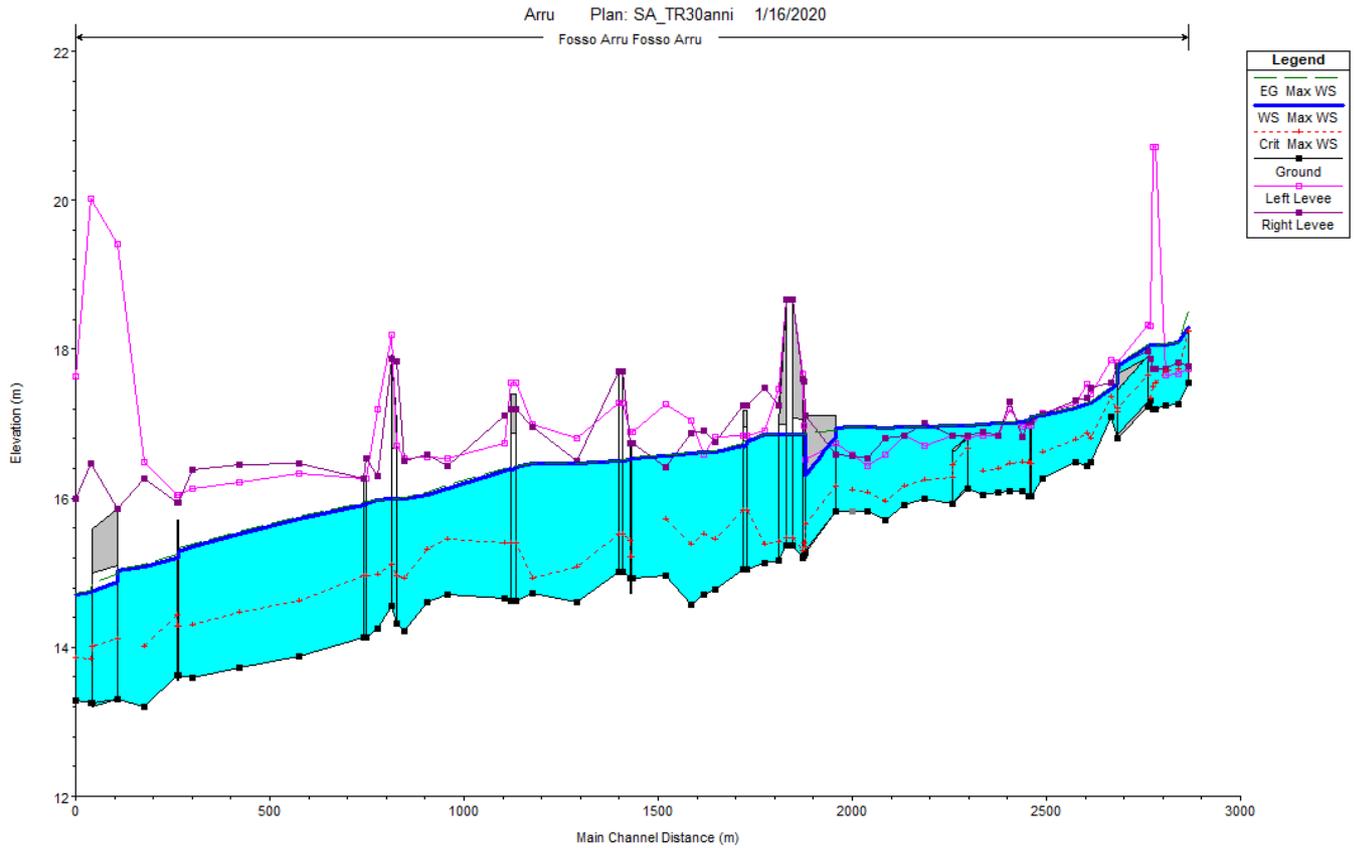


Figura 57 – Profilo Fosso Arrù in stato attuale modellato con Tr 30 anni

Di seguito, il dettaglio delle esondazioni relative alla modellazione con Tr 30 anni nelle sezioni del corso d’acqua che invece contengono le portate per Tr 2 e 10 anni.

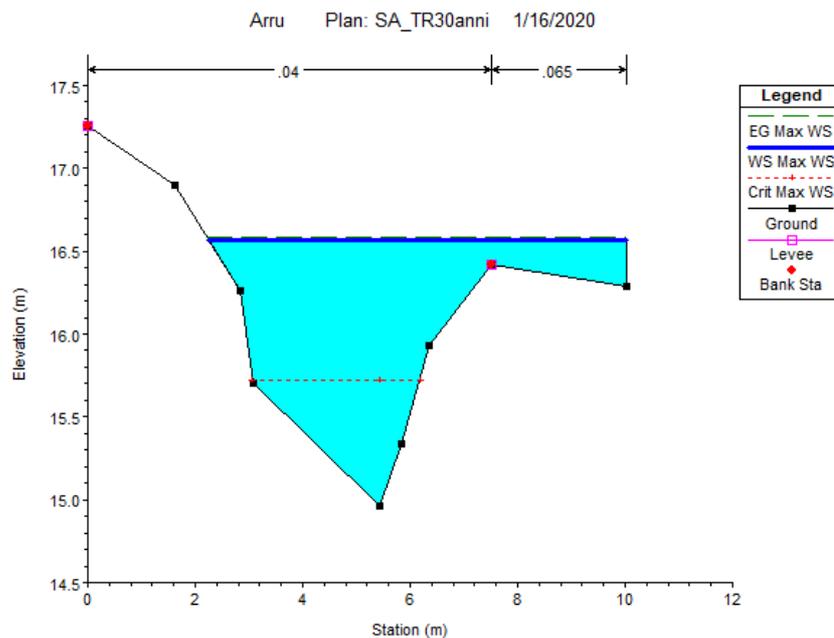


Figura 58 – Sezione nel tratto in cui l’Arrù affianca il Fosso Candalla in stato attuale Tr 30 anni

Definizione degli interventi finalizzati alla riduzione dei fenomeni di allagamento del comparto Arrù – Pratovecchio in corrispondenza di Via del Terzo

Per eventi con tempi di ritorno di 200 anni le esondazioni avvengono con volumi maggiori nei tratti e in corrispondenza degli attraversamenti in cui esondavano anche gli eventi più frequenti (2, 10 e 30 anni), in aggiunta, il corso d’acqua in corrispondenza degli attraversamenti per la rotatoria della nuova strada SR 436.

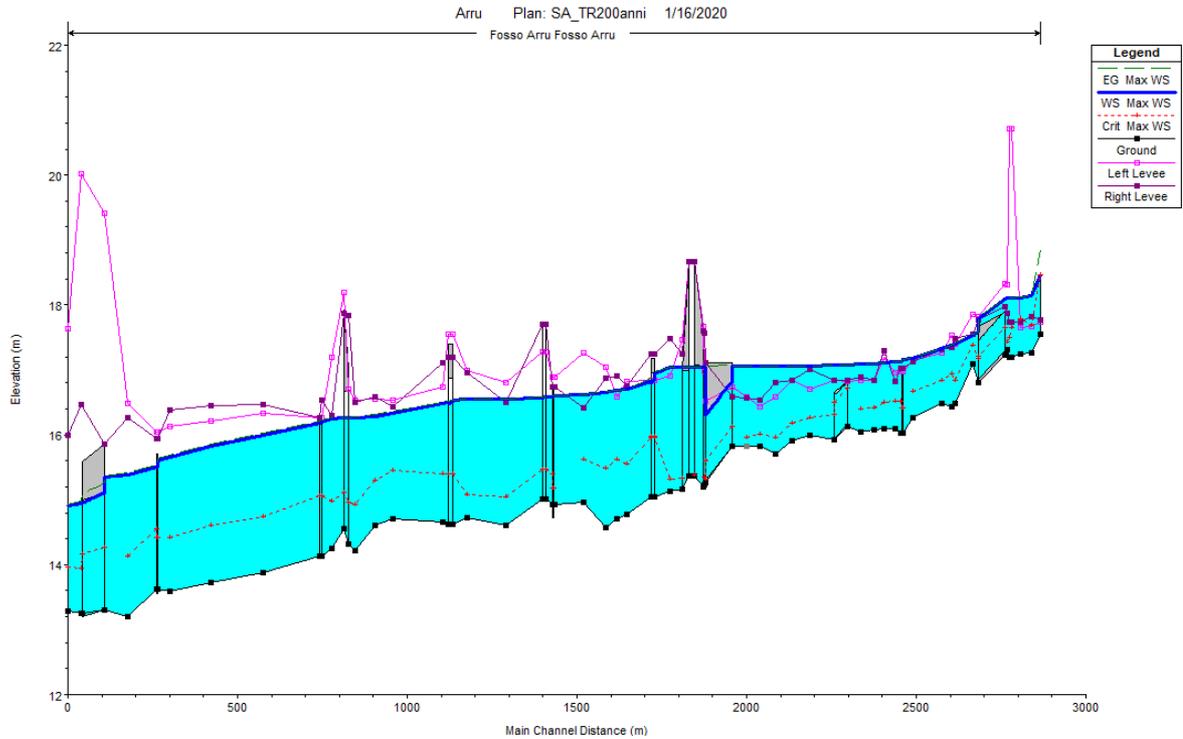


Figura 59 – Profilo Fosso Arrù in stato attuale modellato con Tr 200 anni

Di seguito, il dettaglio delle esondazioni relative alla modellazione con Tr 200 anni nelle sezioni del corso d’acqua che invece contengono le portate per Tr 2, 10 e 30 anni.

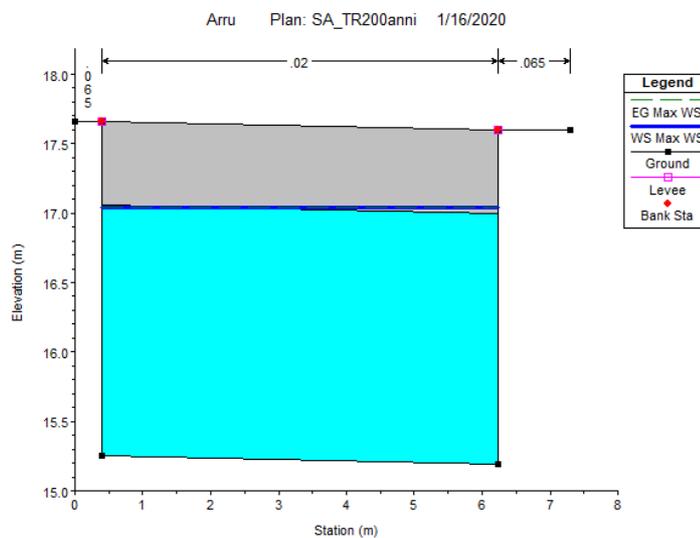


Figura 60 – Attraversamento sotto via Ponte Monsummano in stato attuale Tr 200 anni

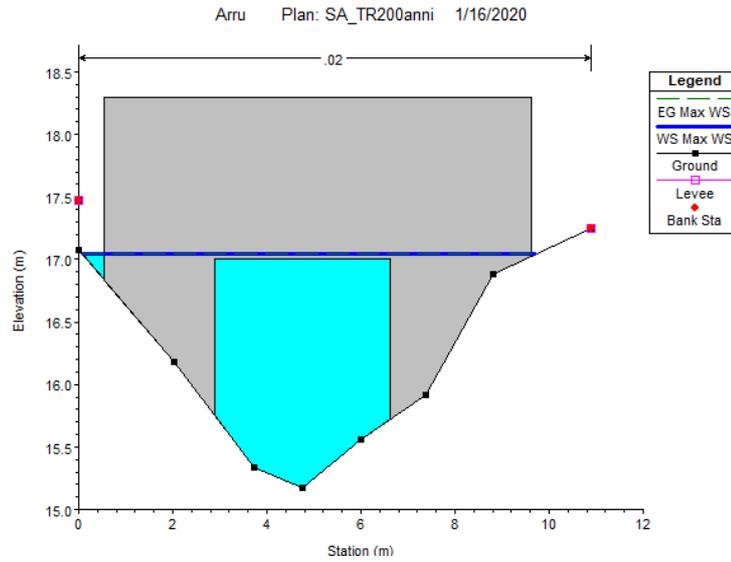


Figura 61 – Attraversamento sotto rotatoria nuova SR 436 in stato attuale Tr 200 anni

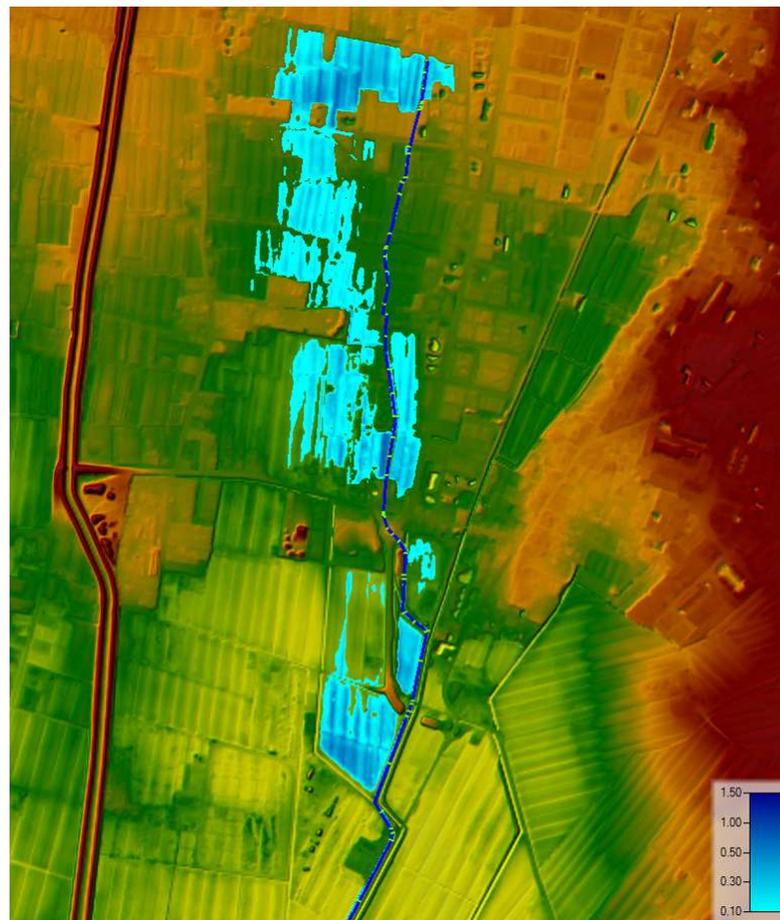


Figura 62 – Criticità per Tr 200 anni rappresentata su LIDAR

Da notare che lo scenario delle esondazioni rappresentato nelle precedenti immagini è costituito solo dai volumi sfiorati dai corsi d'acqua e non tiene conto dei volumi di ristagno per insufficienza della rete meteorica, conducendo ad una criticità maggiore di quella rappresentata.

Per caratterizzare i punti di ristagno ed accumulo dei deflussi superficiali è stato simulato uno scenario di tipo “pluvial”, ovvero si simula una precipitazione meteorica di ricorrenza e durata nota che avviene su una cella bidimensionale; i deflussi si propagano seguendo le linee di pendenza ricavate dal LIDAR, andando a mappare i percorsi di deflusso ed i punti di accumulo con estrema affidabilità.

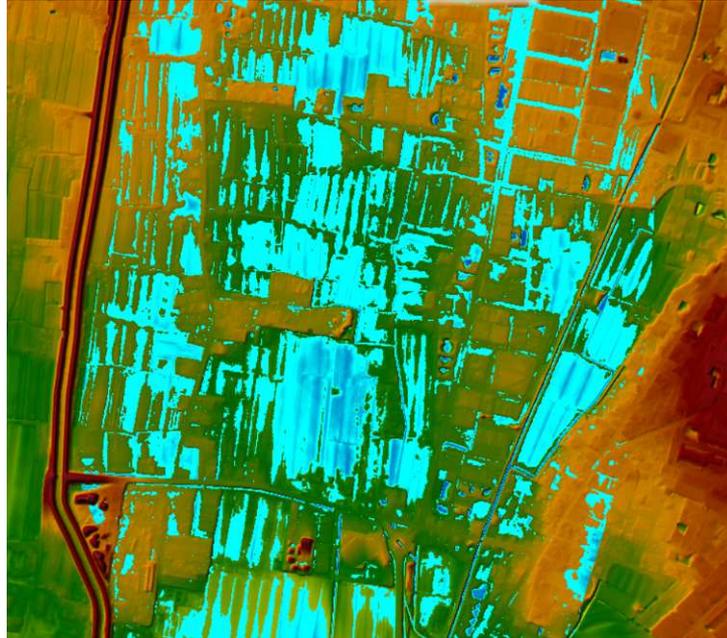


Figura 63 – Aree di ristagno per insufficienza del reticolo di drenaggio per eventi con Tr 10 anni e durata di pioggia di 2 ore

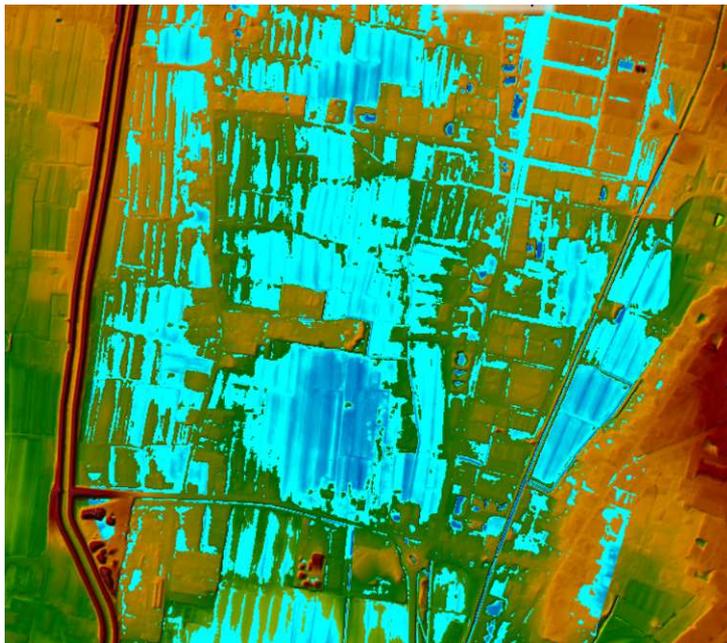


Figura 64 – Aree di ristagno per insufficienza del reticolo di drenaggio per eventi con Tr 30 anni e durata di pioggia di 2 ore

7.2. Opzione progettuale 1

L'opzione progettuale 1 prevede la sostituzione dell'attraversamento sotto via del Terzo e le abitazioni a nord della strada, lungo circa 80 m, attualmente costituito da un tubo in cls di 1.1 m di diametro, con uno scatolare di 2.5 x 1.5 m per ridurre sensibilmente gli allegamenti per Tr 30 anni e mitigare gli effetti degli eventi con Tr 200 anni.

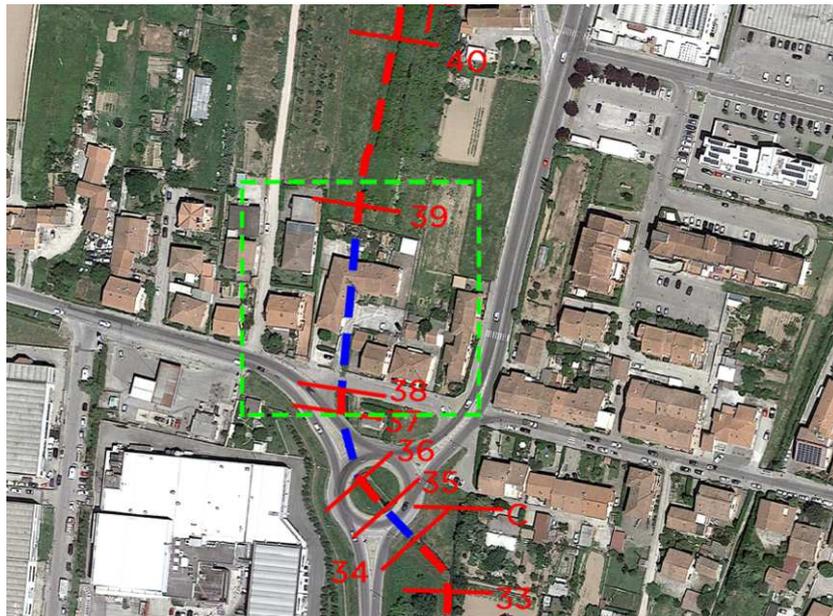


Figura 65 – Localizzazione intervento su ortofoto, opzione 1



Figura 66 – Sezioni di sovrapposto dell'intervento di sostituzione dell'attraversamento sotto via del Terzo

Il vantaggio di questa opzione progettuale è caratterizzato dall'eliminazione della principale criticità idraulica, costituito dal tombamento del Fosso Arrù, a fronte di una difficoltà operativa estrema per la presenza dell'abitazione sul sedime del corso d'acqua ed i costi di intervento ingenti.

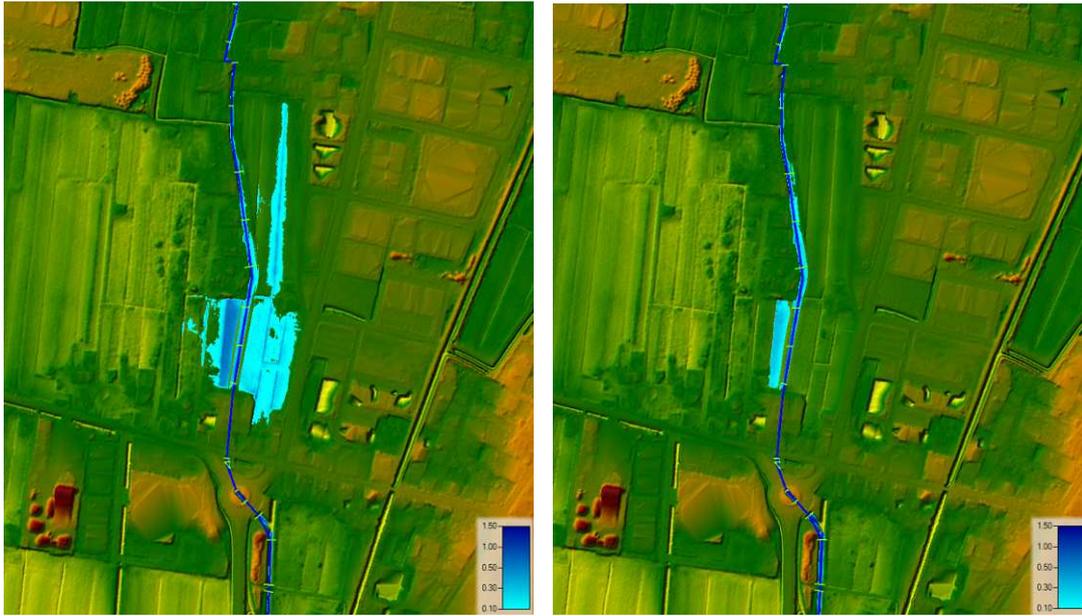


Figura 67 – Rappresentazione delle esondazioni per Tr 30 anni su LIDAR pre e post intervento

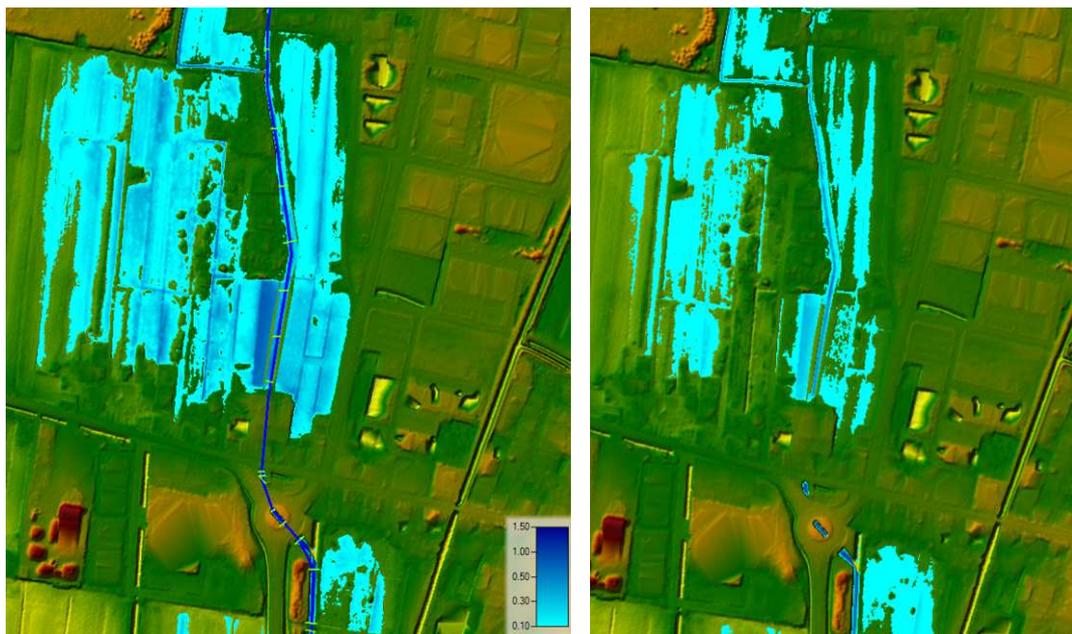


Figura 68 – Rappresentazione delle esondazioni per Tr 200 anni su LIDAR pre e post intervento

Stima dei costi di intervento – Opzione progettuale 1	
Scavi e demolizione manuale del tombamento	€ 60.000,00
Oneri di smaltimento	€ 30.000,00
Messa in opera nuovo scatolare 2.5 x 1.5 m	€ 55.000,00
Ripristini	€ 80.000,00
Risoluzione interferenze	€ 25.000,00
Totale	€ 250.000,00

Tabella 16 – Stima costi intervento opzione 1

7.3. Opzione progettuale 2

L'opzione progettuale 2 prevede la riprofilatura della quota di fondo del Fosso Arrù in modo da ristabilire la corretta livelletta di pendenza, che attualmente risulta caratterizzata da depositi e contropendenze, soprattutto nel tratto a valle di Via del Terzo. Al tempo stesso, per evitare criticità nella parte a monte, si prevede il risezionamento ed una leggera modifica di tracciato del corso d'acqua.

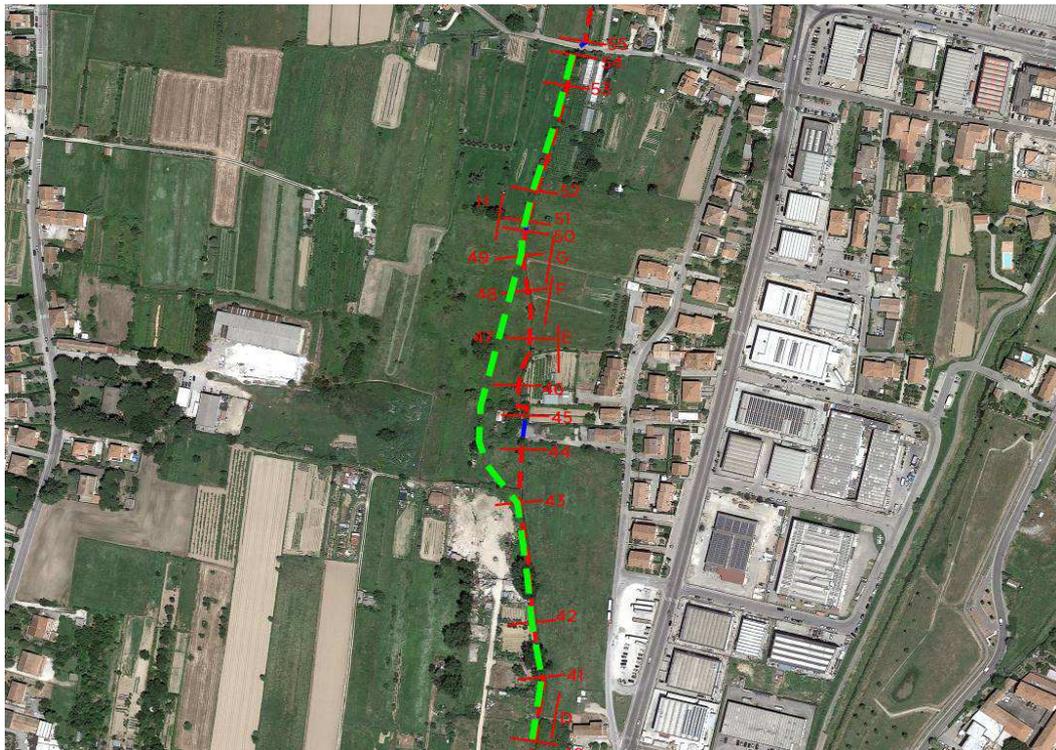


Figura 69 – Leggera modifica nel tracciato per garantire maggior capacità di deflusso

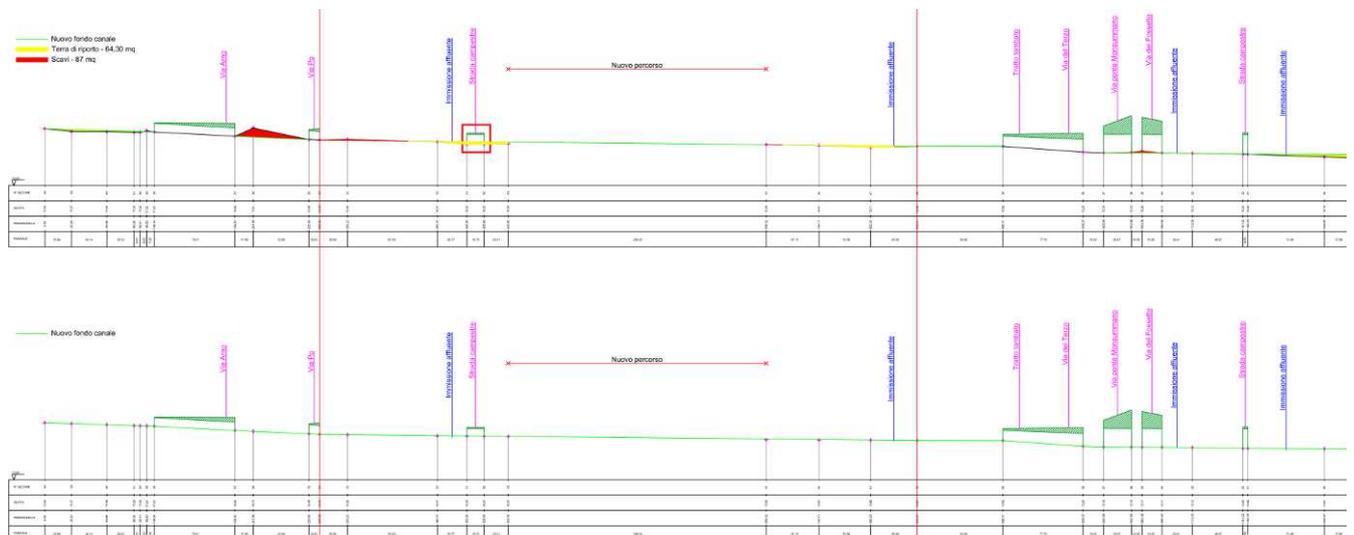


Figura 70 – Profilo di progetto, si rimanda agli allegati grafici per un maggior dettaglio

In questo scenario, nonostante il mantenimento del tombamento di Via del Terzo, si riesce a mitigare le esondazioni Tr 30 anni e ridurre le esondazioni Tr 200 anni, senza andare a costituire sostanziale aggravio verso valle.

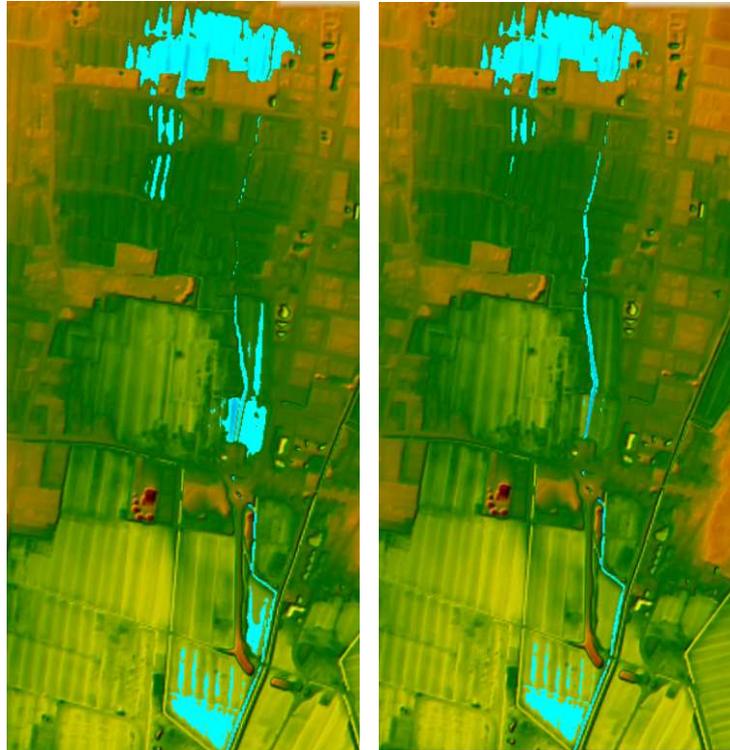


Figura 71 – Rappresentazione delle esondazioni per Tr 30 anni su LIDAR pre e post intervento opzione 2

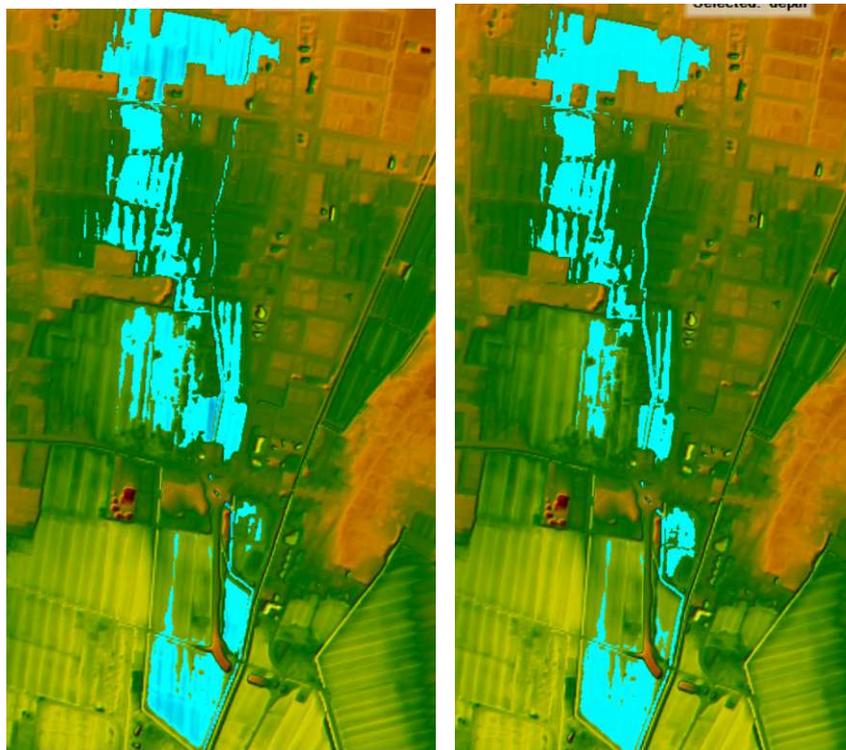


Figura 72 – Rappresentazione delle esondazioni per Tr 200 anni su LIDAR pre e post intervento opzione 2

Definizione degli interventi finalizzati alla riduzione dei fenomeni di allagamento del comparto Arrù – Pratovecchio in corrispondenza di Via del Terzo

Per definire una sezione compatibile con il tombamento di attraversamento di Via del Terzo e non aggravare lo stato attuale, viene stimata con ipotesi di moto uniforme, la massima portata smaltibile dalla tubazione diam. 1.1 m, caratterizzata da pendenza dello 0.7 %, in condizione di deflusso non rigurgitato.

CANALE CIRCOLARE								
Dati canale:	Diametro=	1.1	metri					
	Area	0.950331	mq					
	Pendenza canale=	0.007	m/m	in %	0.7			
	Coeff ScabrezzaG.-Strickler=	60						
	Portata di progetto=	2	mc/s					
% riempimento	gradi	rad.	Area defl.	Cont. Bagn.	R idr.	Portata (mc/s)	H riemp	Veloc m/s
5%	51.68	0.90	0.05	0.50	0.10	0.05	0.055	1.051
10%	73.74	1.29	0.10	0.71	0.13	0.13	0.110	1.316
15%	91.15	1.59	0.14	0.87	0.16	0.21	0.165	1.497
20%	106.26	1.85	0.19	1.02	0.19	0.31	0.220	1.638
25%	120.00	2.09	0.24	1.15	0.21	0.42	0.275	1.752
30%	132.84	2.32	0.29	1.28	0.22	0.53	0.330	1.849
35%	145.08	2.53	0.33	1.39	0.24	0.64	0.385	1.932
40%	156.93	2.74	0.38	1.51	0.25	0.76	0.440	2.005
45%	168.52	2.94	0.43	1.62	0.26	0.88	0.495	2.068
50%	180.00	3.14	0.48	1.73	0.27	1.01	0.550	2.123
55%	191.48	3.34	0.52	1.84	0.28	1.13	0.605	2.171
60%	203.07	3.54	0.57	1.95	0.29	1.26	0.660	2.212
65%	214.92	3.75	0.62	2.06	0.30	1.39	0.715	2.247
70%	227.16	3.96	0.67	2.18	0.31	1.51	0.770	2.275
75%	240.00	4.19	0.71	2.30	0.31	1.64	0.825	2.296
80%	253.74	4.43	0.76	2.44	0.31	1.76	0.880	2.310
85%	268.85	4.69	0.81	2.58	0.31	1.87	0.935	2.314
90%	286.26	5.00	0.86	2.75	0.31	1.97	0.990	2.306
95%	308.32	5.38	0.90	2.96	0.31	2.05	1.045	2.275
100%	360.00	6.28	0.95	3.46	0.27	2.02	1.100	2.123
La portata di progetto defluisce con i seguenti dati								
92%	292.27	5.10	0.87	2.81	0.31	2.00	1.007	2.299

Tabella 17 – Massima portata smaltibile dalla tubazione diam. 1.1 m esistente, pari a 2.0 mc/s

Dallo sbocco su Via del Catano all’imbocco del tombamento la pendenza media è pari allo 0.1% e pertanto per contenere una portata di 2.0 mc/s si prevede una sezione trapezia con base minore 1.5 m, altezza 1.0 m e base maggiore 3.5 m, con sponde inclinate a 45° ed inerbite.

SEZIONE TRAPEZIA O RETTANGOLARE					
Dati della sezione					
H=	100	cm	(Altezza sezione)	Canale	
b=	150	cm	(Base minore sezione)		
B=	350	cm	(Base maggiore)		
Angolo	45.022825	gradi			
Area=	2.50	mq			
Pendenza	0.1	%			
K	40	Coefficiente di scabrezza di Gauckler - Strickler			
Portata di progetto	2	mc/sec			
La portata di progetto defluisce con i seguenti dati					
H defl (cm)	Contorno bagnato	Area deflusso (mq)	Raggio idraulico (m)	Portata (mc/sec)	Velocità (m/sec)
95.24	419.49	2.336	0.557	2.001	0.856283

Tabella 18 – Dimensionamento sezione trapezia in grado di smaltire una portata di 2.0 mc/s

Da un punto di visto operativo e salvo successive verifiche con campionamenti chimici fisici, il materiale di scavo a monte di Via del Terzo risulta di buona qualità (tabella A), mentre il materiale di riprofilatura a valle

di Via del Terzo, a causa della presenza del sollevamento e gli scarichi fognari, deve essere gestito come rifiuto, con maggiori oneri di smaltimento.

Stima dei costi di intervento – Opzione progettuale 2	
Scavi per riprofilatura e risezionamento a monte Via del Terzo	€ 25.000,00
Rinterri e smaltimenti materiale scavato a monte di Via del Terzo	€ 12.000,00
Espropri per modifica tracciato	€ 25.000,00
Scavi per riprofilatura e risezionamento valle Via del Terzo	€ 20.000,00
Oneri di smaltimento materiale valle Via del Terzo	€ 100.000,00
Totale	€ 182.000,00

Gran parte dell'incidenza del costo di questa opzione deriva dal costo di smaltimento del materiale scavato a valle di Via del Terzo; qualora si rinvenisse, a seguito di campionamenti ed analisi chimiche fisiche, materiali con caratteristiche idonee al conferimento in Tabella A o B gli oneri di smaltimento potrebbero essere abbattuti dal 30 al 60%.

Questa soluzione risulta sicuramente efficace a fronte di una difficoltà operativa limitata; uniche problematiche potrebbero sopraggiungere dagli espropri per opposizione dei frontisti.

7.4. Opzione progettuale 3

L'opzione progettuale 3 prevede la realizzazione di un bypass al tombamento di Via del Terzo, mediante intercettazione del Fosso Arrù con pozzetto ripartitore all'altezza della rimessa agricola esistente e convogliamento delle acque con una tubazione lungo Via di Pratovecchio a sostituzione della tubazione diam. 1.0 m presente.

Per attuare questa opzione occorre la posa di una nuova tubazione lungo Via di Pratovecchio fino all'imbocco del manufatto scatolare esistente dove si congiungono le 3 tubazioni presenti su Via Maestri del Lavoro e recapitante le acque nel Rio di Pratovecchio. Il tracciato esistente potrebbe essere lasciato attivo quale sfioro di emergenza dal pozzetto ripartitore per eventi eccedenti la portata di dimensionamento, ipotizzata pari a quella con tempo di ritorno trentennale, pari a 5.0 mc/s.

Per convogliare la portata di progetto, vista la bassa pendenza di posa, pari allo 0.2%, occorre la messa in opera di una sezione scatolare di 1.8 x 1.2 m.



Figura 73 – Schema progettuale opzione 3

SEZIONE TRAPEZIA O RETTANGOLARE					
Dati della sezione					
H=	120	cm	(Altezza sezione)	Canale	
b=	180	cm	(Base minore sezione)		
B=	180	cm	(Base maggiore)		
Angolo	0	gradi			
Area=	2.16	mq			
Pendenza	0.2	%			
K	80	Coefficiente di scabrezza di Gauckler - Strickler			
Portata di progetto	5 mc/sec				
La portata di progetto defluisce con i seguenti dati					
H defl (cm)	Contorno bagnato	Area deflusso (mq)	Raggio idraulico (ml)	Portata (mc/sec)	Velocità (m/sec)
120.76	421.52	2.174	0.516	5.001	2.30067

Tabella 19 – Dimensionamento della sezione del bypass in grado di far defluire la portata trentennale

Per verificare il non aggravio verso la tubazione scatolare esistente, si effettua un confronto di compatibilità fra le aree di deflusso della tubazione 3.0 x 1.25 m (pari a 3.75 mq) e la configurazione di progetto, costituita da una tubazione d. 800 mm proveniente da est, una tubazione d. 1000 mm proveniente da Via Maestri del Lavoro ed il nuovo manufatto 1.8 x 1.2 a sostituzione della tubazione d. 1000 mm esistente. Complessivamente le tre tubazioni sviluppano un'area di deflusso di 3.44 mq, che risulta pertanto compatibile con la tubazione esistente a valle.

Le criticità connesse con questa soluzione progettuale risiedono nei costi e nelle difficoltà operative per lavorare su sede stradale con presenza di numerosi sottoservizi, con incertezza sugli ingombri delle reti esistenti; a fronte delle criticità la soluzione, da un punto di vista idraulico, potrebbe risultare risolutiva per eventi con Tr 30 anni e mitigare gli effetti della Tr 200 anni.

Stima dei costi di intervento – Opzione progettuale 3	
Realizzazione pozzetto scolmatore	€ 15.000,00
Rimozione e smaltimento tubazione d. 1000 mm esistente	€ 45.000,00
Posa in opera nuova condotta 1.8 x 1.2 m	€ 190.000,00
Ripristini stradali	€ 50.000,00
Connessione scatolare esistente	€ 15.000,00
Totale	€ 315.000,00

7.5. Opzione progettuale 4

L'opzione progettuale 4 prevede la realizzazione di un'area di laminazione controllata subito a valle dell'attraversamento di Via del Catano, in modo da confinare e contenere interamente i volumi dell'onda di piena del Fosso Arrù.

Alla sezione di chiusura di interesse questi ammontano a 7.500 mc per eventi con Tr 30 anni e circa 12.000 mc per eventi duecentennali; ipotizzando un'altezza di invaso di 1.0 occorre asservire o espropriare un'area utile di 12.000 mq (circa 15.000 mq considerando l'impronta arginale). L'invaso avverrà tramite scavo del piano campagna, con riutilizzo del materiale per la formazione dei rilevati arginali, e la predisposizione di una bocca tarata in grado di far rigurgitare il livello a monte. La luce liberata dovrà essere tale che, sotto battente di 1 m, il rilascio massimo sia compatibile con la capacità di deflusso delle sezioni poste più a valle.

Ipotizzando la realizzazione di una bocca tarata con diam. 400 mm, sotto battente di 1 m la massima portata smaltibile è pari a 0.45 mc/s e pertanto compatibile con le sezioni ed il tombamento presenti a valle.

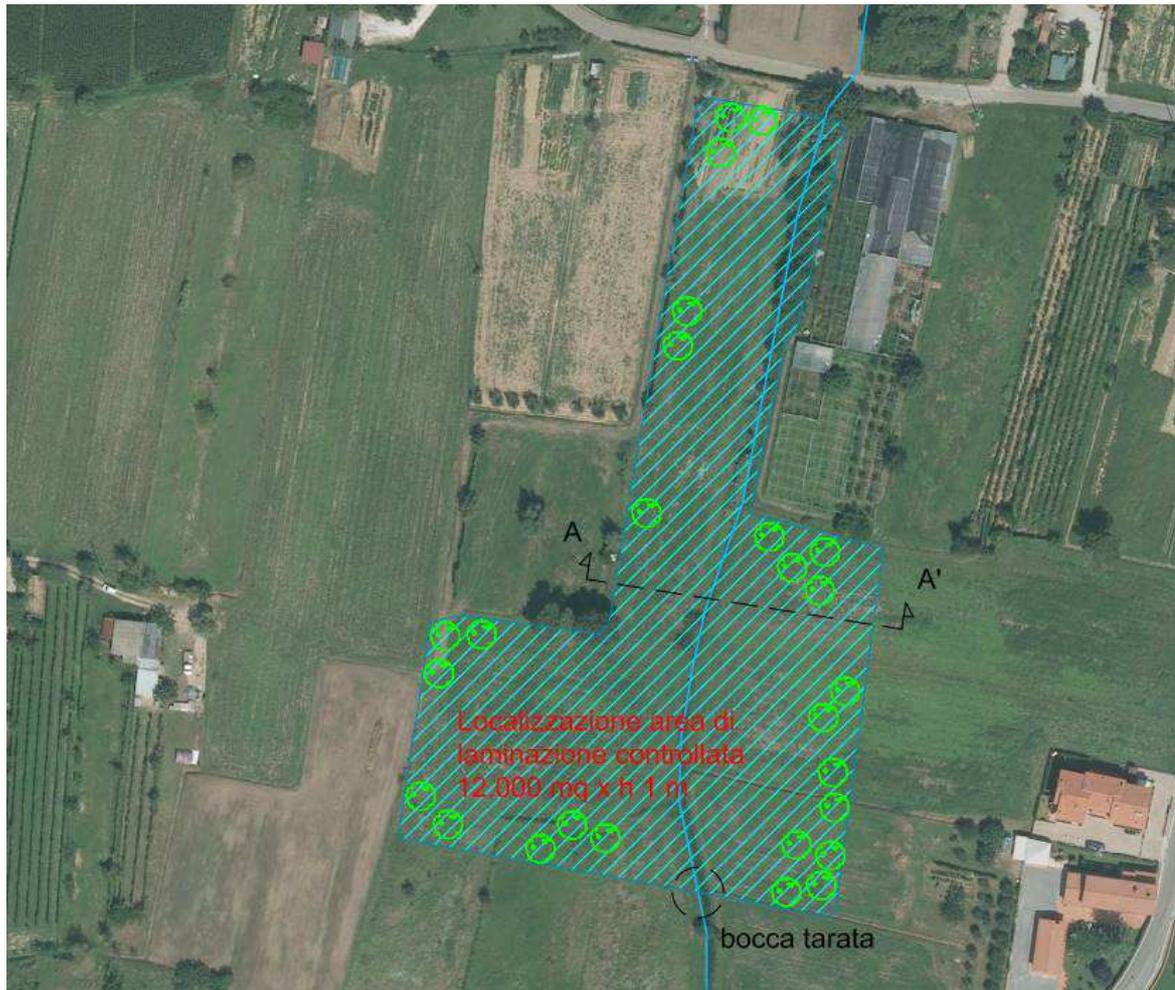


Figura 74 – Area di potenziale laminazione, la cui geometria dovrà essere approfondita nelle fasi successive di progetto ed in funzione della disponibilità delle aree

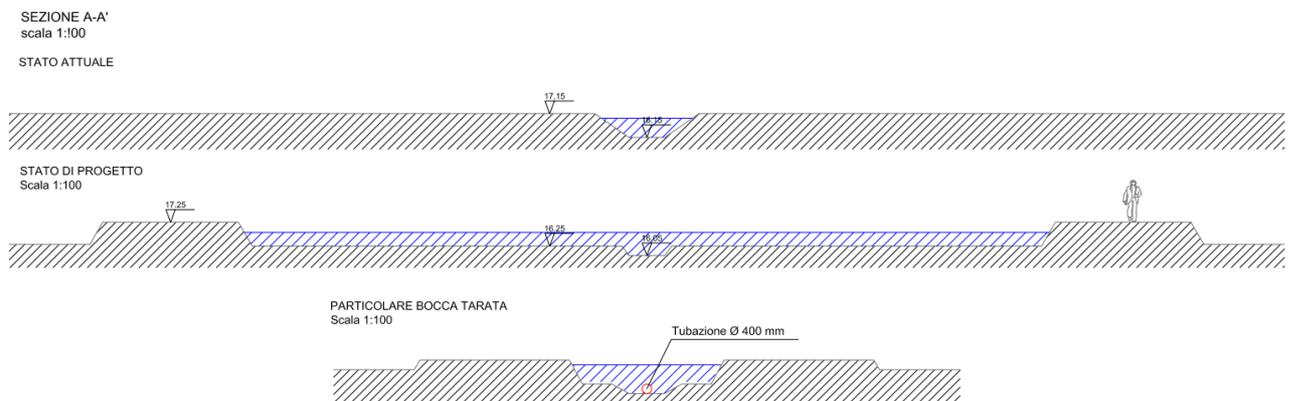
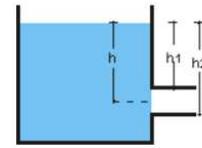


Figura 75 – Ipotesi di confinamento dei volumi di piena del Fosso Arrù mediante cassa di laminazione in linea

Definizione degli interventi finalizzati alla riduzione dei fenomeni di allagamento del comparto Arrù – Pratovecchio in corrispondenza di Via del Terzo

Q m³/s
h m
D m

Le cifre decimali devono essere separate dal punto e non dalla virgola.
Prima del punto occorre sempre digitare una cifra (ad es: 0.2).



$$Q = \mu S \sqrt{2gh}$$

Legenda

- Q** = Portata effluente dalla luce
- h** = distanza tra il baricentro della luce e il pelo libero
- D** = Diametro della condotta

Le criticità connesse con questa soluzione progettuale risiedono negli espropri dei terreni da adibire a cassa di laminazione e l'effettiva disponibilità delle aree in funzione della previsione urbanistica del Comune di Monsummano Terme; a fronte delle criticità la soluzione, da un punto di vista idraulico, potrebbe risultare risolutiva per eventi con Tr 30 anni ed anche Tr 200 anni, con opere modeste di scavo e rinterro, facilmente ispezionabili e manutenibili. L'area potrebbe rappresentare, magari a seguito di ampliamento ed ottimizzazione, una zona di integrazione all'insediamento produttivo in previsione, utilizzabile anche come verde pertinenziale e zona di compenso dei volumi dovuti all'impermeabilizzazione delle superfici.

A fronte della disponibilità delle aree per la realizzazione dell'opera, la stessa deve essere dimensionata da un punto di vista idraulico in modo più approfondito nelle successive fasi di progettazione.

Stima dei costi di intervento – Opzione progettuale 4	
Scotico e scavi piano campagna	€ 30.000,00
Formazione dei rilevati	€ 45.000,00
Posa in opera bocca tarata e manufatto regolazione	€ 10.000,00
Espropri	€ 120.000,00
Totale	€ 205.000,00

L'elevata incidenza degli espropri potrebbe essere ridimensionata mediante accordi bonari o in caso di disponibilità delle aree da parte dell'Amministrazione Comunale.

7.6. Opzione progettuale 5

L'opzione progettuale 5 prevede la realizzazione di un nuovo tracciato del Fosso Arrù, più spostato verso Ovest, a partire da Via del Catano ed in modo da far recapitare le acque sul cosiddetto Fosso Italbeton. Questa soluzione prevede un nuovo inalveamento del Fosso Arrù, in modo da bypassare lato ovest le criticità costituite dal tombamento di Via del Terzo, dividere la dinamica del Fosso Arrù con quello del Rio di Pratovecchio, allontanando la confluenza dalla zona più densamente urbanizzata.

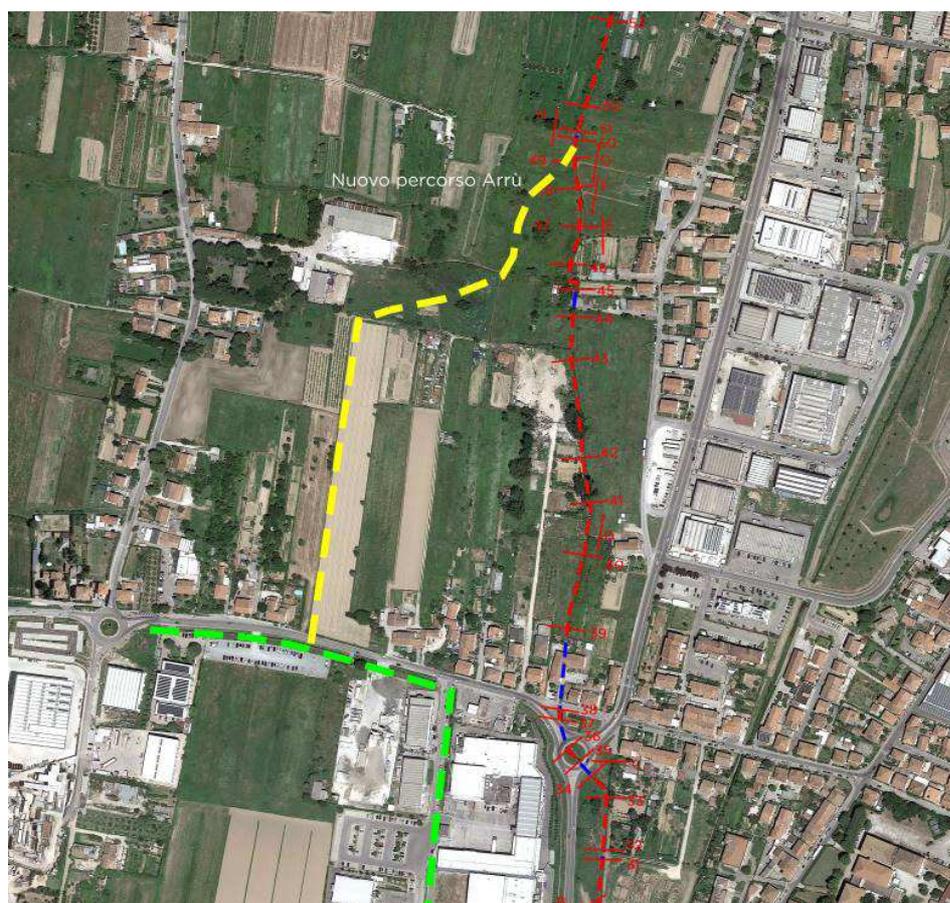


Figura 76 – Planimetria di progetto ipotesi 5

Le criticità risiedono nei costi di esproprio per il nuovo tracciato e nella necessità di adeguamento delle sezioni del ricettore, in modo da ricevere l'incremento di portata; il vecchio tracciato può essere lasciato in essere con funzione di troppopieno di emergenza. Per contenere la portata duecentennale di 8.9 mc/s la nuova sezione deve essere sagomata a forma trapezia, con base minore 3.0 m, altezza 1.5 m e base maggiore 6 metri.

Dati della sezione					
H=	150	cm		(Altezza sezione)	
b=	300	cm		(Base minore sezione)	
B=	600	cm		(Base maggiore)	
Angolo	45.022825	gradi			
Area=	6.75	m ²			
Pendenza	0.12	%			
K	40	Coefficiente di scabrezza di Gauckler - Strickler			
Portata di progetto	8.9 mc/sec				
La portata di progetto defluisce con i seguenti dati					
H defl (cm)	Contorno bagnato	Area deflusso (m²)	Raggio Idrraulico (m)	Portata (mc/sec)	Velocità (m/sec)
149.75	723.73	6.737	0.931	8.899	1.321006

Stima dei costi di intervento – Opzione progettuale 5	
Scavo per realizzazione nuovo tracciato	€ 20.000,00
Formazione dei rilevati e rinterri con materiale scavato	€ 18.000,00
Posa in opera manufatto deviazione	€ 10.000,00
Espropri	€ 90.000,00
Adeguamento sezioni ricettore valle	€ 150.000,00
Totale	€ 288.000,00

7.7. Razionalizzazione rete meteorica lungo Via del Terzo

Come precedentemente descritto si ritiene opportuno, se non indispensabile, razionalizzare ed ottimizzare la rete meteorica di Via del Terzo tramite la posa di nuove griglie, caditoie e tubazioni, recapitanti le acque non tanto nel reticolo superficiale del Fosso Arrù/Fosso Italbeton ma lungo vie di deflusso slegate dalla dinamica dei corsi d’acqua, in modo da aumentare la garanzia di scarico anche in situazioni critiche. La linea di drenaggio individuata è costituita dal fosso bordo strada della nuova viabilità provinciale, che dovrà essere potenziato e risagomato per garantire il deflusso, oltre che la posa dei nuovi elementi della rete.

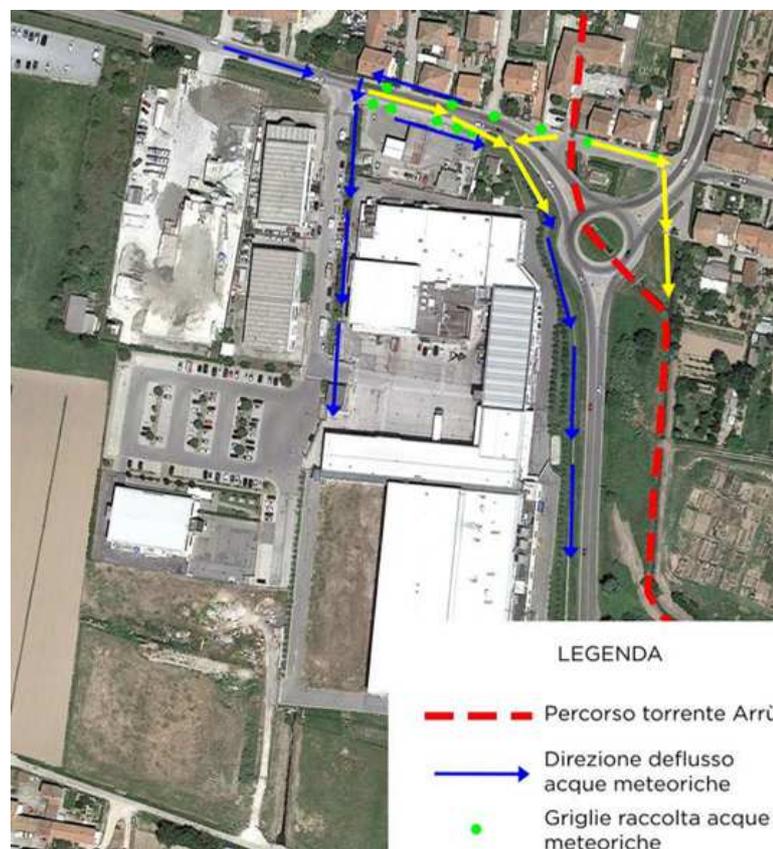


Figura 77 - In giallo il potenziamento della rete meteorica necessario

Definizione degli interventi finalizzati alla riduzione dei fenomeni di allagamento del comparto Arrù – Pratovecchio in corrispondenza di Via del Terzo

Stima dei costi di intervento di potenziamento rete meteorica Via del Terzo	
Scavi e demolizioni stradali	€ 20.000,00
Posa nuovi elementi fognari, pozzetti, caditoie, griglie	€ 20.000,00
Rinterri e ripristini stradali	€ 20.000,00
Adeguamento sezioni ricettore valle	€ 20.000,00
Totale	€ 80.000,00

8. Valutazione delle opzioni progettuali di intervento

Le diverse opzioni sono state valutate in riferimento al conseguimento degli obiettivi e delle finalità progettuali precedentemente evidenziate per cui nella tabella riassuntiva seguente, si evidenziano i punti di forza e di debolezza che diversificano le opzioni progettuali, senza riportare quelli relativi all'opzione zero, in quanto non confrontabile con gli altri in quanto non consegue alcun obiettivo di mitigazione del rischio idraulico.

Opzione progettuale	Punti di forza	Punti di debolezza
1 – Adeguamento tombamento	<ul style="list-style-type: none"> Miglioramento capacità di smaltimento dei deflussi 	<ul style="list-style-type: none"> Alti costi Difficoltà operative per la presenza della casa
2 – Risagomatura e risezionamento	<ul style="list-style-type: none"> Miglioramento capacità di smaltimento dei deflussi Relativa facilità di esecuzione 	<ul style="list-style-type: none"> Incertezza sui costi a causa del materiale a valle di Via del Terzo
3 – Deviazione su Via di Pratovecchio	<ul style="list-style-type: none"> Miglioramento capacità di smaltimento dei deflussi 	<ul style="list-style-type: none"> Alti costi Difficoltà operative per la presenza di sottoservizi
4 – Area di laminazione controllata	<ul style="list-style-type: none"> Riduzione rischio idraulico per Tr 200 anni Buono compromesso costi/benefici Relativa facilità di esecuzione 	<ul style="list-style-type: none"> Costi esproprio e tempi procedura
5 – Nuovo tracciato spostato verso Ovest	<ul style="list-style-type: none"> Adeguamento per Tr 200 anni Relativa facilità di esecuzione 	<ul style="list-style-type: none"> Alti costi di esproprio Necessità di adeguamento sezioni a valle

Tabella riassuntiva di valutazione delle opzioni di intervento

Sulla base di tali considerazioni si suggerisce, quale soluzione progettuale, la n.2 o la n. 4, o una

combinazione delle due, in quanto si ottimizza il funzionamento idraulico dell'area con relativa semplicità di intervento *and last but not least*, comporta costi complessivi più bassi delle altre soluzioni di progetto.

9. Previsioni urbanistiche a monte dell'area di Via del Terzo

Tanto il Comune di Monsummano Terme che il Comune di Pieve a Nievole hanno delle previsioni urbanistiche di tipo artigianale-produttivo a monte dell'area di Via del Terzo e pertanto critiche per il potenziale aumento dei deflussi verso l'area di valle, che è affetta da criticità idrauliche.

Allo stato attuale è difficile definire con esattezza gli effetti delle trasformazioni urbanistiche, in quanto relativamente datate e con dimensionamento delle superfici e delle aree a verde da rivisitare, in funzione dell'aggiornamento della pluviometria e degli scenari idraulici rappresentati nella presente relazione. In linea generale si dovrà garantire l'invarianza idraulica delle trasformazioni, ovvero rilasciare nel reticolo superficiale la stessa portata di stato attuale, per non incrementare il rischio idraulico.

Le previste trasformazioni possono comunque costituire un'opportunità di miglioramento ed ottimizzazione del reticolo superficiale, che potrebbe essere modificato o oggetto degli interventi precedentemente descritti, al fine di operare su vasca scala per la riduzione del rischio idraulico, con attuazione delle opzioni progettuali descritte a scapito di oneri di urbanizzazione.

Comparto 33 Comune di Monsummano Terme

Sulla base del progetto presente negli strumenti urbanistici di Monsummano Terme l'attuazione del Comparto 33 prevedeva la riorganizzazione del sistema di drenaggio, con lo spostamento verso Est del tracciato del Fosso Arrù, in modo da disporre più razionalmente le superfici edificate dei vari lotti presenti, in modo simile a quanto previsto nell'opzione di progetto n. 2.

Al tempo stesso il progetto prevedeva aree di stoccaggio per volume complessivi di 2.500 mc; alla luce delle analisi precedentemente condotte, sulla base dell'aggiornamento dell'analisi idrologica, occorre potenziare il sistema di accumulo, portandolo ad una volumetria di almeno 6.500 mc, in grado da garantire lo stoccaggio della Tr 30 anni, oltre che dei volumi di compenso per l'impermeabilizzazione dei lotti.

Una buona opportunità per la messa in sicurezza del comparto e lo sgravio dei volumi è rappresentata dalla realizzazione a monte dell'area dalla zona di laminazione controllata, come descritta all'opzione progettuale n.4; in questo modo le aree a verde del comparto potrebbero essere destinate al compenso dei volumi

dell'impermeabilizzazione e non per lo stoccaggio dei battenti, ottimizzando il disegno progettuale complessivo.

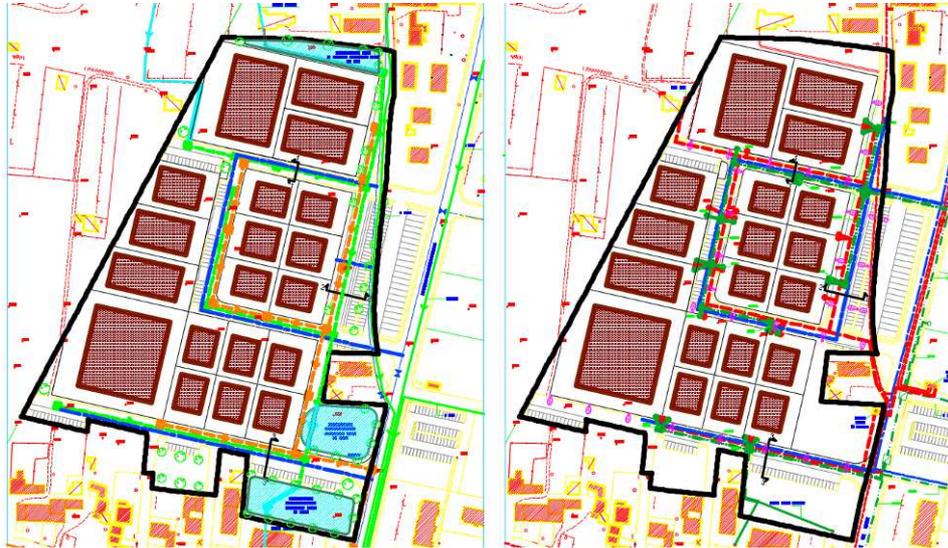


Figura 78 – Planimetria comparto 33 prevista negli strumenti urbanistici di Monsummano Terme

PIP 7 Comune di Pieve a Nievole

L'area interessata dal progetto di trasformazione urbanistica è delimitata a nord da Via Calamandrei, a ovest da Via delle Cantarelle, a sud da Via Arno e a est da Via di Pratovecchio che segna anche il confine amministrativo con Monsummano Terme. La superficie territoriale interessata è di 73.832 mq, dei quali sono destinati a verde pubblico circa 5.500 mq, a parcheggio 4.000 mq, 10.000 mq a viabilità e 53.000 per aree fondiarie.

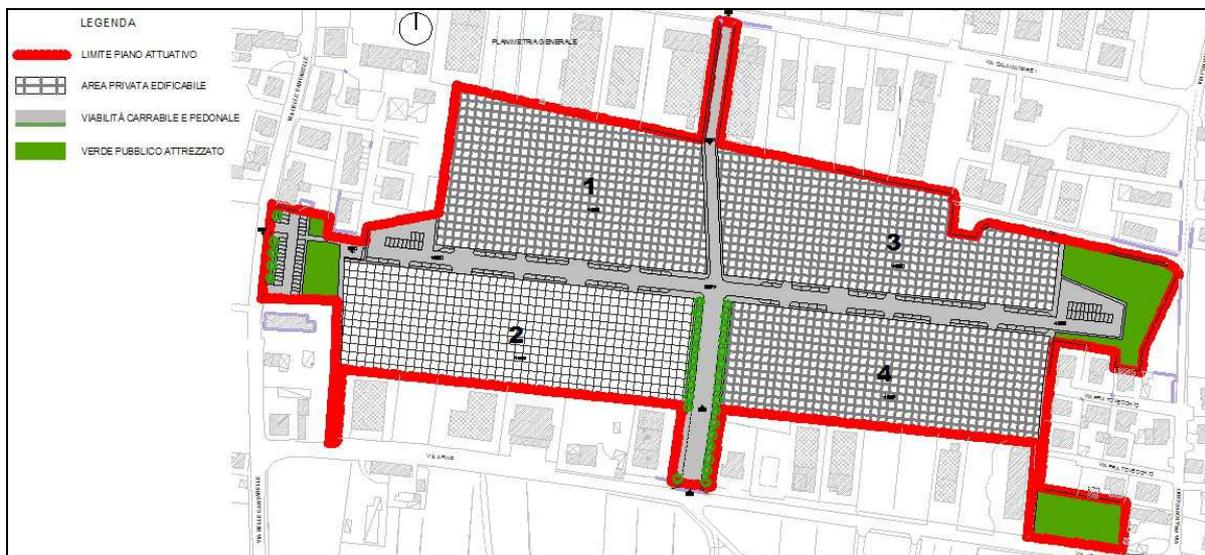


Figura 79 - Planimetria generale del Piano Attuativo di Via Arno

Come evidenziato in precedenza, l'area è caratterizzata dall'insufficienza del Fosso Arrù, che produce frequenti e abbondanti ristagni localizzati; dal disegno di progetto il tracciato del Fosso Arrù viene interessato da nuova viabilità, per cui è auspicabile la posa di un manufatto a sezione chiusa tale da contenere perlomeno la portata con Tr 30 anni o, meglio ancora la portata duecentennale, che alla sezione di chiusura di interesse risultano rispettivamente pari a 3.8 mc/s e 6.5 m/s; per contenere la portata trentennale occorre posizionare una tubazione 1.6 x 1.0 m, mentre se il parametro progettuale è la duecentennale la sezione di smaltimento dovrà essere 2.0 x 1.1 m.

Naturalmente, aumentando la capacità di deflusso del reticolo, occorre non aggravare il rischio verso le aree poste più a valle, per cui giocoforza bisogna attuare una delle altre opzioni progettuali previste, come ad esempio la n. 4 che risulterebbe idonea a risolvere le problematiche con tempo di ritorno Tr 200 anni; sarebbe comunque altamente auspicabile il coordinamento della previsione urbanistica di Pieve a Nievole con quella di Monsummano Terme, al fine di razionalizzare il reticolo idraulico.

Le precipitazioni meteoriche che attualmente si infiltrano nel terreno a seguito della realizzazione del PIP di Via Arno andranno invece a gravare sul reticolo dei deflussi superficiali, a seguito dell'impermeabilizzazione delle superfici; il quantitativo di acqua deve essere stoccato temporaneamente in vasche dedicate (vasche volano), generalmente poste al di sotto di parcheggi o in aree a verde e opportunamente dimensionate. Da queste i deflussi dovranno essere rilasciati gradualmente, regolati da una bocca tarata, garantendo dunque l'invarianza idraulica del corpo idrico ricettore.