



REGIONE TOSCANA

CITTA' METROPOLITANA DI FIRENZE

COMUNE DI SCANDICCI

# STUDIO IDROLOGICO-IDRAULICO A SUPPORTO DEL PIANO PARTICOLAREGGIATO DELL'AREA DI TRASFORMAZIONE TR 04C

CODICE:

R.01

ELABORATO:

RELAZIONE IDROLOGICA E IDRAULICA

SCALA -

WEST  
Systems

**West Systems s.r.l. divisione  
PHYSIS - Ingegneria per l'ambiente**

Viale Donato Giannotti 24  
- 50126 - FIRENZE  
Tel. 055 4684253 / 055 461429  
Fax. 055 6580564  
Pec.: [amministrazione@pec.westsystems.it](mailto:amministrazione@pec.westsystems.it)

**PROGETTISTA:**

Ing. David Settesoldi

**COLLABORATORI TECNICI:**

Ing. Michele Catella  
Geom. Daniele Natali

**COMMITTENTE:**

**Comune di Scandicci**  
Piazzale della Resistenza  
50018 - SCANDICCI

REV.	DESCRIZIONE	DATA	REDATTO	VERIFICATO	APPROVATO
02					
01	SECONDA EMISSIONE	23/10/2019	Ing. Michele Catella	Ing. Michele Catella	Ing. David Settesoldi
00	PRIMA EMISSIONE	01/08/2019	Ing. Michele Catella	Ing. Michele Catella	Ing. David Settesoldi
REVISIONE		DATA			
00		23/10/2019			



## INDICE

1	PREMESSA .....	1
1.1	<i>Articolazione dello studio</i> .....	4
2	IL QUADRO CONOSCITIVO .....	5
2.1	<i>Gli studi esistenti</i> .....	5
2.2	<i>I dati territoriali</i> .....	5
2.3	<i>I rilievi topografici</i> .....	6
2.4	<i>Dati Autorità di Bacino Distrettuale dell'Appennino Settentrionale</i> .....	6
3	ANALISI IDROLOGICA .....	7
4	ANALISI IDRAULICA .....	9
4.1	<i>Definizione dei corsi d'acqua oggetto di studio</i> .....	9
4.2	<i>Gli elementi del modello idraulico</i> .....	9
4.3	<i>Aree bidimensionali</i> .....	10
4.4	<i>Sistema fognario afferente al fosso Rigone</i> .....	15
4.5	<i>Impianto di sollevamento di San Colombano</i> .....	15
4.6	<i>Parametri del modello idraulico</i> .....	16
5	VERIFICA DELL'AREA DI TRASFORMAZIONE TR 04c .....	18
5.1	<i>Individuazione dei tratti critici e delle aree inondabili</i> .....	18
5.2	<i>Perimetrazione della pericolosità idraulica</i> .....	19
5.3	<i>Perimetrazione della magnitudo idraulica</i> .....	20
6	CONCLUSIONI .....	21

## **INDICE DELLE FIGURE**

Figura 1-1 – Planimetria Generale del Piano Particolareggiato su CTR. ....	2
Figura 1-2 – Planimetria Generale del Piano Particolareggiato su foto aerea. ....	3
Figura 3-1 – Capacità di ritenuta. ....	8
Figura 3-2 – Velocità filtrazione.....	8
Figura 4-1 – Planimetria della quote modificate per lo stato di progetto dell'Area di Trasformazione TR 04c.....	12
Figura 4-2 – Planimetria delle maglie di calcolo nell'Area di Trasformazione TR 04c.....	13
Figura 4-3 – Scabrezze di progetto adottate per l'Area di Trasformazione TR 04c. ....	14
Figura 6-1 – Quota di sicurezza del piano di calpestio degli edifici dell'Area di Trasformazione TR 04c interessati dalle esondazioni. ....	22

## **INDICE DELLE TABELLE**

Tabella 4-1 – Elenco dei corsi d'acqua di studio.....	9
Tabella 4-2 – Maglie di calcolo bidimensionale dei corsi area d'acqua torrenti Greve e Vingone. ....	11
Tabella 4-3 – Scabrezze aree bidimensionali. ....	15
Tabella 4-4 – Scabrezze dei corsi d'acqua torrenti Greve e Vingone. ....	17

## ELENCO ELABORATI

### *Relazioni*

R.01 – Relazione idrologica e idraulica

### *Allegati*

A.01 – Tabulati verifiche idrauliche stato di progetto

A.02 – Sezioni fluviali verifiche idrauliche stato di progetto

A.03 – Profili longitudinali verifiche idrauliche stato di progetto

### *Elaborati grafici*

T.01 – Planimetria modelli idraulici stato attuale e stato di progetto

T.02 – Battenti idrometrici di esondazione stato attuale e stato di progetto inviluppo  $Tr=200$  anni

T.03 – Velocità di propagazione delle esondazioni stato attuale e stato di progetto inviluppo  $Tr=200$  anni

T.04 – Pericolosità ai sensi del 53/R e del PGRA e magnitudo idraulica ai sensi della LR 41/18 stato attuale e stato di progetto



## 1 PREMESSA

In data 15 luglio 2019 la società West Systems S.r.l. è stata incaricata dal Comune di Scandicci con determinazione n. 37 della redazione di uno studio idrologico e idraulico a supporto del Piano Particolareggiato relativo all'Area di Trasformazione TR 04c, corrispondente alle zone n. 3 (parte), 4, 5, 6, 7, 8 e 9 del Programma Direttore per la realizzazione del nuovo centro della città, elaborato dall'Arch. Richard Rogers ed approvato nel mese di luglio del 2003 (Figura 1-1 e Figura 1-2).

Lo studio è finalizzato a rispondere a quanto previsto nella scheda TR 04c del Piano Operativo per quanto riguarda la fattibilità degli interventi:

[...]

*Per quanto riguarda le problematiche idrauliche dell'area di intervento è classificata in pericolosità I.2 e I.3, parzialmente interessata da un battente idraulico medio di circa 15 cm (quote medie s.l.m. di primo orientamento, da verificare in fase di progetto: 43,23 ml per l'U.I. n.1 / 44,07 ml per l'U.I. n.2).*

*In queste condizioni la sicurezza idraulica può essere ottenuta con le opere di sopraelevazione di cui all'art. 39, punto 3.5, delle Norme per l'Attuazione del Piano Operativo (Fi.3).*

*In ogni caso le soluzioni di messa in sicurezza da adottare devono essere specificate nei singoli progetti, evidenziando sia la quota di sicurezza del piano di calpestio degli edifici rispetto al piano campagna, sia le dinamiche idrauliche da considerare, rispetto al battente idraulico atteso, per eventuali opere compensative e/o di mitigazione degli effetti, qualora i nuovi ingombri determinino un aggravio delle condizioni di rischio in altre aree (da valutare in sede di elaborazione del Piano Attuativo e/o dei singoli progetti edilizi).*

*I parcheggi in superficie devono essere realizzati sia assicurando il non aggravio delle condizioni di rischio in altre aree ed il livello di rischio medio R2, sia disponendo misure preventive atte a regolarne l'utilizzo in caso di eventi alluvionali, facendo riferimento ai criteri indicati all'art. 86, punto 9.*

[...]

Lo studio idrologico e idraulico di riferimento è quello condotto dal Comune di Scandicci per la redazione del Piano Operativo e della variante al Piano Strutturale (marzo 2019).

Il presente studio, in analogia a quello di riferimento, è redatto in ottemperanza a quanto previsto dal D.P.G.R. n.53/R/2011 e dal P.G.R.A. (Piano di Gestione Rischio Alluvioni) dell'Autorità di Bacino Distrettuale dell'Appennino Settentrionale.

I contributi idrologici sono quelli calcolati nello studio condotto a supporto del PO e della variante al PS dal Comune di Scandicci con un modello a parametri distribuiti (*software* PIENE 4.13), che utilizza le mappe e le curve di possibilità pluviometrica prodotte dall'Università degli Studi di Firenze con i dati aggiornati fino al 2012.

La modellistica idraulica (*software* HEC-RAS 5.0.3) è costituita da un modello idraulico in moto vario monodimensionale sulle aste fluviali e quasi-bidimensionale / bidimensionale nelle aree inondabili, che utilizza le condizioni al contorno fornite dall'Autorità di Bacino Distrettuale dell'Appennino Settentrionale come previsto dall'art. 14 della disciplina del P.G.R.A..

Le verifiche idrauliche sono condotte in riferimento ai seguenti corsi d'acqua per l'area ricompresa tra il fiume Arno e i torrenti Greve e Vingone:

- fiume Greve (solo contributi sfiorati dalle opere di contenimento poste in sinistra idraulica);
- fosso Dogaione;
- fosso Rigone e affluenti (i.e. fosso Dogaia e scolmatori della pubblica fognatura);
- fosso Stagnolo;
- torrente Vingone (solo contributi sfiorati dalle opere di contenimento ubicate in destra idraulica).



Figura 1-1 – Planimetria Generale del Piano Particolareggiato su CTR.



Figura 1-2 – Planimetria Generale del Piano Particolareggiato su foto aerea.

Le verifiche idrauliche sono condotte nella configurazione di progetto individuata nello studio a supporto del PO e della variante al PS dal Comune di Scandicci che prevedono:

- realizzazione delle opere in corso di progettazione da parte dell'amministrazione comunale relative al sopralzo dei contenimenti del torrente Vingone lato piazza Kennedy;
- demolizione del diaframma in corrispondenza dello scarico nel fosso Rigone che oggi separa le fognature provenienti dal capoluogo da quelle del ramo Est dei collettori di valle.

Le verifiche idrauliche condotte nello studio a supporto del PO e della variante al PS dal Comune di Scandicci mettono in luce che l'Area di Trasformazione TR 04c è inondata con riferimento agli eventi di piena associati al tempo di ritorno di 200 anni e le durate pari a 1.5, 3 e 6 ore.

Pertanto, le soluzioni di messa in sicurezza dell'Area di Trasformazione TR 04c sono verificate solamente per il tempo di 200 anni e le durate pari a 1.5, 3 e 6 ore.

Sulla base dei risultati delle suddette verifiche sono aggiornate le mappe di pericolosità da alluvione ai sensi del D.P.G.R. n.53/R/2011 e del P.G.R.A., nonché la mappa della magnitudo idraulica definita ai sensi della L.R. 41/2018 in modo da valutare gli effetti sulla dinamica delle esondazioni causati dalla realizzazione dell'Area di Trasformazione TR 04c.

Lo studio ha fornito in formato *shapfile*:

- perimetro delle aree allagate per i vari tempi di ritorno;
- perimetro della pericolosità idraulica ai sensi del D.P.G.R. n.53/R/2011;
- perimetro della pericolosità idraulica ai sensi del P.G.R.A.;

e in formato *raster* i risultati delle elaborazioni idrauliche nell'intorno dell'area di trasformazione:

- mappa dei battenti idrometrici delle esondazioni;
- mappa delle quote della superficie libera delle esondazioni in m s.l.m.;
- mappa delle velocità di propagazione delle esondazioni.

### **1.1 Articolazione dello studio**

Nella presente relazione idrologica e idraulica si riportano la metodologia ed i risultati ottenuti, secondo la seguente articolazione:

**FASE 1 - definizione del quadro conoscitivo:** in tale fase sono acquisiti ed esaminati gli studi, la documentazione e i dati disponibili riguardanti sia il reticolo idrografico di studio sia l'Area di Trasformazione TR 04c;

**FASE 2 – analisi idrologica:** per il sistema idrografico considerato sono acquisiti gli idrogrammi di piena da utilizzare come *input* al modello idraulico relativamente al tempo di ritorno di 200 anni e le durate di 1.5, 3 e 6 ore;

**FASE 3 – analisi idraulica:** la modellazione degli eventi di piena è eseguita attraverso un modello unidimensionale di moto vario accoppiato ad un modello bidimensionale. In corrispondenza dell'area di Trasformazione TR 04c il modello numerico, messo a punto nell'ambito del PO e della variante al PS, è modificato per consentire una corretta schematizzazione degli interventi di trasformazione urbanistica. Le verifiche idrauliche sono condotte per il tempo di ritorno di 200 anni e per le durate di 1.5, 3 e 6 ore;

**FASE 4 – valutazione delle aree inondabili e della pericolosità idraulica:** sulla base dei battenti idrici ottenuti dal modello bidimensionale sono individuate le aree inondabili e le aree a diversa pericolosità ai sensi del D.P.G.R. n.53/R/2011 e del P.G.R.A. in seguito all'attuazione degli interventi previsti dal Piano Particolareggiato dell'Area di Trasformazione TR 04c.

Di seguito si illustrano i criteri e le attività svolte per le singole fasi sopra descritte.

## 2 IL QUADRO CONOSCITIVO

### 2.1 Gli studi esistenti

Per la redazione del presente studio è stato acquisito il seguente materiale:

- [1] *Studio idrologico-idraulico di supporto al Piano Operativo e alla variante al Piano Strutturale del Comune di Scandicci*, marzo 2019.

Si ricorda che lo studio idrologico-idraulico di supporto al PO e alla variante al PS ha fatto riferimento ai seguenti studi:

- [2] *Analisi di frequenza regionale delle precipitazioni estreme. Macroattività B - Modellazione idrologica. Attività B1 - Regionalizzazione precipitazioni*, studio redatto nell'ambito dell'accordo di collaborazione scientifica tra Regione Toscana e Dipartimento di Ingegneria Civile e Ambientale dell'Università degli Studi di Firenze per lo sviluppo di attività di ricerca sulla mitigazione del rischio idraulico nella Regione Toscana, finalizzata all'approfondimento dell'attuale quadro conoscitivo e alla definizione delle azioni di riduzione del rischio idraulico e idrogeologico (Caporali E., Chiarello V. e Rossi G., marzo 2014);<sup>1</sup>
- [3] *Implementazione modello distribuito per la Toscana MOBIDIC. Addendum: Parametrizzazione HMS. Macroattività B - Modellazione idrologica. Attività B2 – Modellazione idrologica caso pilota*, redatto nell'ambito dell'accordo di collaborazione scientifica tra Regione Toscana e Dipartimento di Ingegneria Civile e Ambientale dell'Università degli Studi di Firenze per lo sviluppo di attività di ricerca sulla mitigazione del rischio idraulico nella Regione Toscana, finalizzata all'approfondimento dell'attuale quadro conoscitivo e alla definizione delle azioni di riduzione del rischio idraulico e idrogeologico (Castelli F., novembre 2014)<sup>2</sup>.

e ai seguenti progetti:

- Consorzio di Bonifica n.3 Medio Valdarno "*Progetto n.519A – Casse di espansione in linea nell'alto bacino del torrente Vingone nel Comune di Scandicci – Cassa Vingone*", maggio 2015;
- Consorzio di Bonifica n.3 Medio Valdarno "*Progetto n.519B – Casse di espansione in linea nell'alto bacino del torrente Vingone nel Comune di Scandicci – Cassa Soglia*", aprile 2016.

### 2.2 I dati territoriali

Per la redazione dello studio sono stati acquisiti i seguenti dati:

- [1] cartografia C.T.R. 1:2.000 in formato vettoriale;
- [2] CTR in formato vettoriale redatta dal Comune di Scandicci per la progettazione delle casse di espansione in linea nell'alto bacino del torrente Vingone;
- [3] ortofoto OFC2K fornite dalla Regione Toscana;
- [4] rilievi Lidar (dtm) con passo 1 × 1 m fornito dalla Regione Toscana;
- [5] modello digitale del terreno fornito dal Comune di Scandicci messo a punto sulla base della CTR a supporto della progettazione delle casse di espansione in linea nell'alto bacino del torrente Vingone.

---

<sup>1</sup> I risultati dell'Analisi di Frequenza Regionale sono archiviati nello spazio ServiziOnline della Regione Toscana:

[http://www.regione.toscana.it/cittadini/ambiente/difesa-del-suolo/-/asset\\_publisher/eonjZadAbVH6/content/nuovi-dati-sulla-regionalizzazione-delle-precipitazioni](http://www.regione.toscana.it/cittadini/ambiente/difesa-del-suolo/-/asset_publisher/eonjZadAbVH6/content/nuovi-dati-sulla-regionalizzazione-delle-precipitazioni)

<sup>2</sup> I parametri e i risultati derivanti dall'implementazione del modello idrologico distribuito per il territorio toscano sono archiviati nello spazio ServiziOnline della Regione Toscana:

<http://www.regione.toscana.it/-/implementazione-di-modello-idrologico-distribuito-per-il-territorio-toscano>

### **2.3 I rilievi topografici**

Le sezioni fluviali sono state ricavate dalle seguenti fonti:

- [1] rilievi eseguiti dal Comune di Scandicci per i fossi Dogaione, Dogaia e Rigone;
- [2] rilievi eseguiti nell'ambito degli studi condotti per il Comune di Lastra a Signa per i corsi d'acqua Stagno, Stagnolo e Ritortolo.

### **2.4 Dati Autorità di Bacino Distrettuale dell'Appennino Settentrionale**

Nello studio idrologico-idraulico di supporto al PO e alla variante al PS sono stati acquisiti, presso l'Autorità di Bacino Distrettuale dell'Appennino Settentrionale, gli idrogrammi dei livelli idrometrici calcolati nelle sezioni trasversali del fiume Arno nel tratto compreso tra il Ponte alla Vittoria a Firenze e il Ponte Nuovo a Lastra a Signa, nonché gli idrogrammi delle portate sfiorate dalle connessioni idrauliche nell'area di esondazione in sinistra idraulica per i tempi di ritorno di 30 e 200 anni e le durate di 3, 6, 12, 18, 24 e 36 ore con passo di aggregazione di 15 minuti.

I livelli idrici calcolati nelle sezioni del fiume Arno<sup>3</sup> sono utilizzati come condizioni al contorno dei corsi d'acqua studiati:

- al torrente Greve sono applicati i livelli idrici della sezione 534.;
- al fosso Dogaione sono applicati i livelli idrici della sezione 521;
- al fosso Rigone sono applicati i livelli idrici della sezione 520;
- al fosso Stagnolo sono applicati i livelli idrici della sezione 517;
- al torrente Vingone sono applicati i livelli idrici della sezione 513.7;
- al borro di Rimaggio sono applicati i livelli idrici della sezione 513.

Le condizioni al contorno in termini di portata che interessano il perimetro del dominio di studio riguardano sia gli sfioratori in sponda sinistra del fiume Arno (codici: 547.098; 544.098; 543.098; 533.998; 528.098; 518.998; 513.598; 512.998; 510.998; 506.998; 501.998) sia le connessioni tra le aree di accumulo (codici: FI-008a\_FI-006c; FI-008b\_FI-006c; FI-008b\_FI-006d; FI-008c\_FI-006d; FI-008e\_FI-006e). Di questi elementi solamente le seguenti connessioni hanno valori non nulli di portata:

- sfioratore 528.098;
- sfioratore 518.998;
- sfioratore 513.598.

---

<sup>3</sup> Il primo valore dell'idrogramma dei livelli è mantenuto costante per ciascuna sezione in modo da poter utilizzare nelle verifiche idrauliche un unico file *restart* per ogni combinazione di tempo di ritorno e di durata.

### 3 ANALISI IDROLOGICA

Gli idrogrammi di piena per il tempo di ritorno di 200 anni e le durate pari a 1,5, 3 e 6 ore del reticolo idrografico di studio sono acquisiti dallo “*Studio idrologico-idraulico di supporto al Piano Operativo e alla variante al Piano Strutturale*” del Comune di (marzo 2019).

Il modello idrologico messo a punto nello studio è costituito da un modello a parametri distribuiti (*software* PIENE 4.13), che prevede la schematizzazione a celle del bacino, per ciascuna delle quali viene definito un *set* di parametri che ne caratterizzano la risposta idrologica.

Il suddetto modello a parametri distribuiti è in grado di simulare sia il fenomeno della formazione dell'onda di piena che quello del suo trasferimento a scala di bacino e consente la ricostruzione dei deflussi di piena da utilizzare come *input* per le verifiche idrauliche.

In particolare, si ricorda quanto segue:

- le curve di possibilità pluviometrica sono quelle elaborate dalla Università di Firenze per conto della Regione Toscana aggiornate fino al 2012;
- gli ietogrammi sono assunti a intensità costante valutata in funzione della durata e della curva di possibilità pluviometrica;
- la capacità di ritenuta e la velocità di filtrazione a saturazione sono ricavate dal DB idrologico realizzato nell'ambito dello studio condotto dalla Regione Toscana *Macroattività B – Modellazione idrologica – Attività B2 – Modellazione idrologica caso pilota e Implementazione modello distribuito Mobidic*;
- i valori della velocità di trasferimento sono ricavati con il seguente legame funzionale  $v = 0.85 \times A^{0.15} \times S^{0.2}$ ;
- la variabilità spazio-temporale della precipitazione è messa in conto attraverso un coefficiente di riduzione,  $Kr$ , calcolato secondo la formula dell'USWB modificata per tenere in conto le caratteristiche peculiari della Regione Toscana:  $Kr = 1 - \exp(-\alpha t^\beta) + \exp(-\alpha t^\beta - \gamma A)$ ;
- il modello idrologico riproduce il funzionamento delle aree di laminazione in linea sui torrenti Vingone e Soglia realizzate dal Consorzio di Bonifica n.3 Medio Valdarno;
- i parametri del modello idrologico sono tarati su num. 4 eventi significativi registrati dalla stazione idrometrica del torrente Pesa al Turbone (TOS01004921) e dalle stazioni pluviometriche di Ferrone (TOS01001129), Radda in Chianti (TOS01001284), Turbone (TOS01004921) e Montespertoli (TOS01004915). Le portate in transito nella stazione idrometrica sono calcolate con la scala di deflusso del SIR (Servizio Idrologico Regionale).

Il modello idrologico a parametri distribuiti prevede l'uso dei seguenti dati:

- curve di possibilità pluviometrica espresse nella forma  $h = a \times t^n \times T^m$ ;
- modello digitale del terreno con maglia 10×10 m adeguata per l'individuazione delle linee di impluvio e dei bacini imbriferi;
- mappa della capacità di ritenuta (Figura 3-1);
- mappa della velocità di filtrazione a saturazione (Figura 3-2).

Per maggiori dettagli sulla descrizione del modello idrologico si rimanda allo studio [1] condotto a supporto del PO e della variante al PS dal Comune di Scandicci.

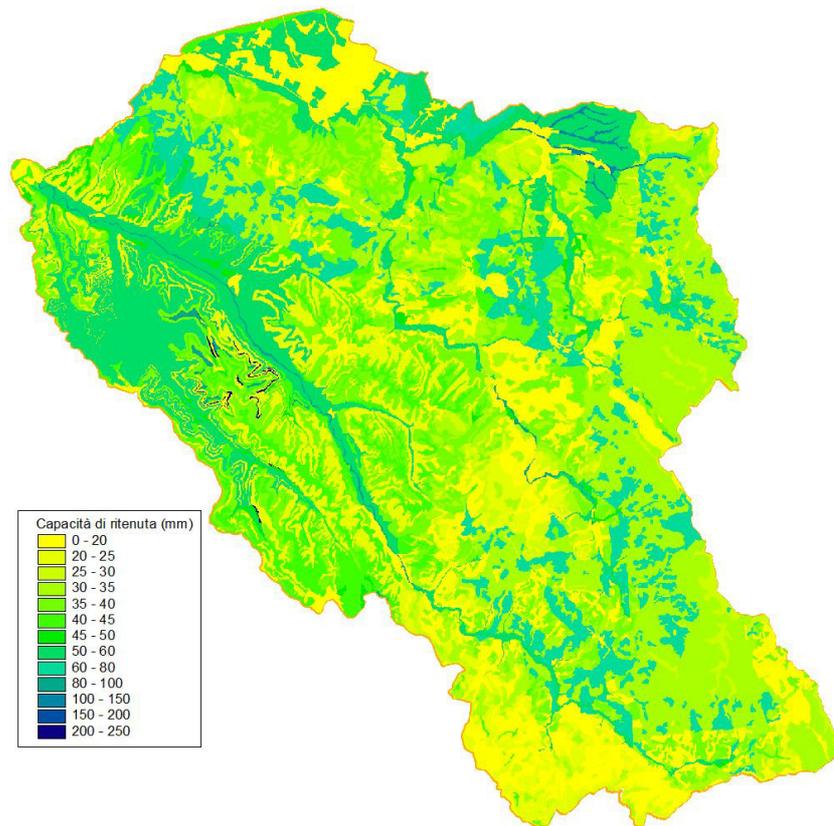


Figura 3-1 – Capacità di ritenuta.

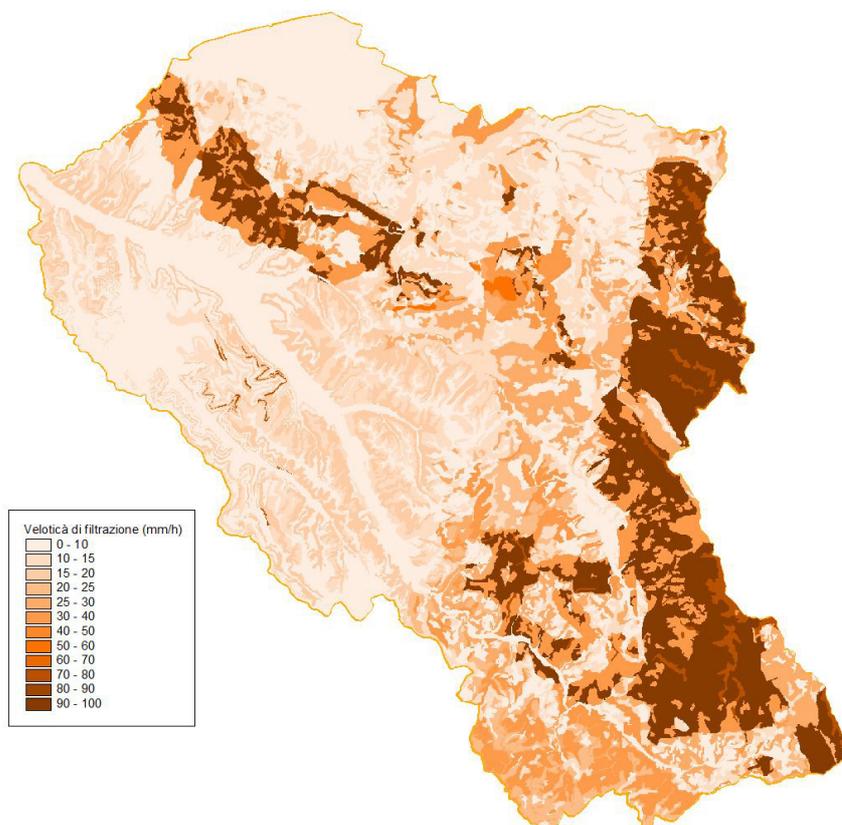


Figura 3-2 – Velocità filtrazione.

## 4 ANALISI IDRAULICA

Le verifiche idrauliche sono condotte con un modello idraulico di moto vario con modellazione bidimensionale delle aree di esondazione (*software* HEC-RAS 5.0.3).

Il modello di moto vario monodimensionale consente la simulazione del fenomeno di propagazione dell'onda di piena lungo i corsi d'acqua, mentre il modello bidimensionale permette la simulazione dei fenomeni propagazione delle esondazione nelle aree circostanti.

Le verifiche idrauliche sono condotte per lo scenario di progetto individuato nello studio condotto a supporto del PO e della variante al PS, che prevede la realizzazione degli interventi di mitigazione del rischio idraulico in piazza Kennedy e una diversa configurazione del sistema fognario afferente al fosso Rigone.

### 4.1 Definizione dei corsi d'acqua oggetto di studio

Il modello numerico è implementato su di un sistema composto dai corsi d'acqua riportati nella Tabella 4-1 in cui sono indicati per ciascun del corso d'acqua il nome, il numero di sezioni e la lunghezza complessiva.

Il modello idraulico rappresentativo del torrente Vingone è comprensivo della presenza delle due casse di laminazione in linea in corso di realizzazione sul torrente Soglia e sul torrente Vingone.

Il modello idraulico tiene in considerazione gli effetti della cassa di espansione in sponda sinistra del torrente Vingone denominata "Antinori".

Nome corso d'acqua	Sezioni [#]	Lunghezza [m]
Fosso Dogaione	65	2618.78
Fosso Dogaia	48	2252.71
Fosso Botteghino	20	370.61
Fosso Rigone	63	3447.50
Fosso Stagnacci	9	131.08
Fosso Stagnolo	107	1611.55
Fosso Stagno	97	1479.92

Tabella 4-1 – Elenco dei corsi d'acqua di studio.

### 4.2 Gli elementi del modello idraulico

Si ricorda che al fine di pervenire alla perimetrazione delle aree a diversa pericolosità da alluvione nella porzione di territorio ricompresa tra i torrenti Greve e Vingone ed il fiume Arno, nello studio condotto a supporto del PO e della variante al PS è stato necessario implementare n. 4 differenti sotto-sistemi idraulici:

- 1) "modello destra Greve" per la rappresentazione delle esondazioni in sponda destra del torrente Greve;
- 2) "modello sinistra Vingone" per la rappresentazione delle esondazioni in sponda sinistra del torrente Vingone;
- 3) "modello acque basse" per la rappresentazione delle esondazioni dell'area compresa tra i torrenti Greve e Vingone;
- 4) "modello Arno" modello per la rappresentazione delle esondazioni dal fiume Arno.

Gli idrogrammi delle portate sfiorate dalle connessioni in sinistra del torrente Greve e dalle connessioni in destra del torrente Vingone, nonché gli idrogrammi delle portate sfiorate dalle connessioni tra le aree di potenziale esondazione sul bordo del dominio di calcolo, sono stati utilizzati come condizioni al contorno sia del "modello acque basse" per lo studio della propagazione sul territorio comunale delle suddette esondazioni.

Nel presente studio viene modificato e verificato solamente il sistema idraulico denominato "modello acque basse", costituito dai seguenti elementi:

- n. 10 tronchi fluviali;
- n. 409 sezioni fluviali (sono escluse dal conteggio le sezioni interpolate o duplicate);
- n. 8 aree di potenziale esondazione a celle di accumulo;
- n. 7 aree bidimensionali;
- n. 133 connessioni idrauliche rappresentative dei collegamenti tra i corsi d'acqua e le aree di potenziale esondazione;
- n. 39 connessioni idrauliche rappresentative dei collegamenti tra le aree di potenziale esondazione;
- n. 1 impianto di sollevamento ubicato in corrispondenza dell'impianto di San Colombano;
- n. 23 immissioni di portata liquida in altrettante sezioni di corsi d'acqua;
- n. 51 immissioni di portata liquida all'interno delle aree di potenziale esondazione.

Il sistema fognario afferente al fosso Rigone è schematizzato con i seguenti elementi:

- n. 6 aree a celle di accumulo rappresentative dei pozzetti e dello scolmatore;
- n. 7 connessioni idrauliche rappresentative della rete fognaria.

Si ricorda, infine, che a corredo degli interventi finalizzati a risolvere la problematica di esondazione per il tempo di ritorno di 30 anni nel tratto in corrispondenza di piazza Kennedy, sono inseriti i seguenti interventi complementari:

- risagomatura della sponda sinistra del torrente Vingone subito a valle dell'opera di presa della cassa di espansione di Santa Maria (sezione VI0115\_\_);
- manutenzione straordinaria del muretto esistente lungo la viabilità comunale tra il ponte di via di Casignano e di via di Mosciano (sezioni VI0100\_\_; VI0090\_\_; VI0085\_\_; VI0080\_\_; VI0070\_\_).

### **4.3 Aree bidimensionali**

Il modello digitale del terreno, utilizzato come base per la modellazione bidimensionale e per la costruzione delle leggi di invaso delle aree a celle di accumulo, è ottenuto a partire dal modello digitale con passo 1×1 m (messo a punto nell'ambito del progetto Lidar) fornito dalla Regione Toscana.

Per la predisposizione del modello digitale del terreno dell'area tra i torrenti Greve e Vingone, il modello digitale con passo 1×1 m della Regione Toscana è stato aggregato con quello con passo 2×2 m fornito dal Comune di Scandicci.

**I modello digitale messo a punto nel corso dello studio condotto a supporto del PO e della variante al PS è modificato al fine di schematizzare gli interventi previsti nell'Area di Trasformazione TR 04c:**

- **il terreno all'interno delle sagome degli edifici dell'area di trasformazione è posto alla quota di sommità degli edifici stessi in modo da evitarne l'inondazione;**
- **lungo il perimetro di via Formicola, in corrispondenza della futura rotonda della nuova viabilità con via San Bartolo, è prevista la realizzazione di un muro di confine col fine di contenere le acque esondate e impedirne la propagazione verso i piani interrati dell'edificio circoscritto tra via Formicola, via Pantin e la villa L'Acciaio.**

Le quote di progetto modificate rispetto a quelle del rilievo Lidar nell'Area di Trasformazione TR 04c sono rappresentate nella Figura 4-1.

Nell'elaborato T.01 è riportato il confronto tra il DTM utilizzato nelle verifiche dello stato attuale e quello messo a punto per lo stato di progetto.

Le maglie di calcolo per la modellazione bidimensionale sono costituite da maglie non strutturate realizzate tramite il *software* Hec-Ras 5.0.3.

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

In particolare, sono definiti 2 differenti valori limite delle superfici che gli elementi della maglia possono avere per il dominio di calcolo:

- 25 m<sup>2</sup> per la schematizzazione delle zone in prossimità di manufatti, rilevati, viabilità e in adiacenza ai corsi d'acqua;
- 100 m<sup>2</sup> per la rappresentazioni delle zone di esondazione nel resto del dominio.

Le dimensioni ridotte delle celle sono introdotte nelle aree bidimensionali tramite opportune *break-lines* tracciate lungo le principali discontinuità.

Il dominio di calcolo bidimensionale del "modello acque basse" è schematizzato con n. 7 aree bidimensionali per un totale di 148'367 celle disposte su un'area di 1'343 ha (Tabella 4-2).

**La risoluzione spaziale delle maglie di calcolo dell'area "Greve\_Vingone" è modificata nell'Area di Trasformazione TR 04c rispetto a quella elaborata nello studio condotto a supporto del PO e della variante al PS in modo da rappresentare compiutamente gli ostacoli rappresentati dai nuovi edifici e le vie preferenziali della corrente lungo le nuove arterie viarie e le piazze.**

Il numero delle celle dell'area "Greve\_Vingone" è aumentata di circa 290 unità.

Per ciascuna maglia di calcolo il *software* Hec-Ras 5.0.3 calcola la legge di invaso e le scale di deflusso su ciascuna faccia di bordo della cella a partire dal modello digitale del terreno.

Nella Figura 4-2 sono riportate in dettaglio le maglie di calcolo utilizzate per schematizzare lo stato di progetto dell'Area di Trasformazione TR 04c.

Nell'elaborato T.01 è riportato il confronto tra le maglie di calcolo utilizzate nelle verifiche dello stato attuale e quelle adottate per lo stato di progetto.

Area bidimensionale	Celle [#]	Area [m <sup>2</sup> ]
Dogaione_Dogaia	12'417	1'085'062.63
Dx_Dogaione	7'296	646'981.41
Dx_Rigone	6'598	576'091.45
Dx_Vingone	39'438	3'672'768.23
<b>Greve_Vingone</b>	<b>52'900</b>	4'796'459.68
Rigone_Stagnolo	17'999	1'608'404.10
Sx_Stagnolo	11'769	1'045'104.23

Tabella 4-2 – Maglie di calcolo bidimensionale dei corsi area d'acqua torrenti Greve e Vingone.

Il coefficiente di scabrezza di *Manning* per le aree a deflusso bidimensionale è attribuito in funzione della copertura del suolo ricostruita a partire dalla cartografia tecnica regionale 2k.

**La scabrezza dell'area "Greve\_Vingone" è modificata in corrispondenza dell'Area di Trasformazione TR 04c rispetto a quella messa a punto nello studio condotto a supporto del PO e della variante al PS in modo da riprodurre il nuovo uso del suolo conseguente all'attuazione del Piano Particolareggiato (Figura 4-3). Nell'elaborato T.01 è riportato il confronto tra l'uso del suolo dello stato attuale e quello risultante dallo stato di progetto.**

Le classi con cui è stato diviso il territorio con il relativo valore di scabrezza sono riportate nella Tabella 4-3.

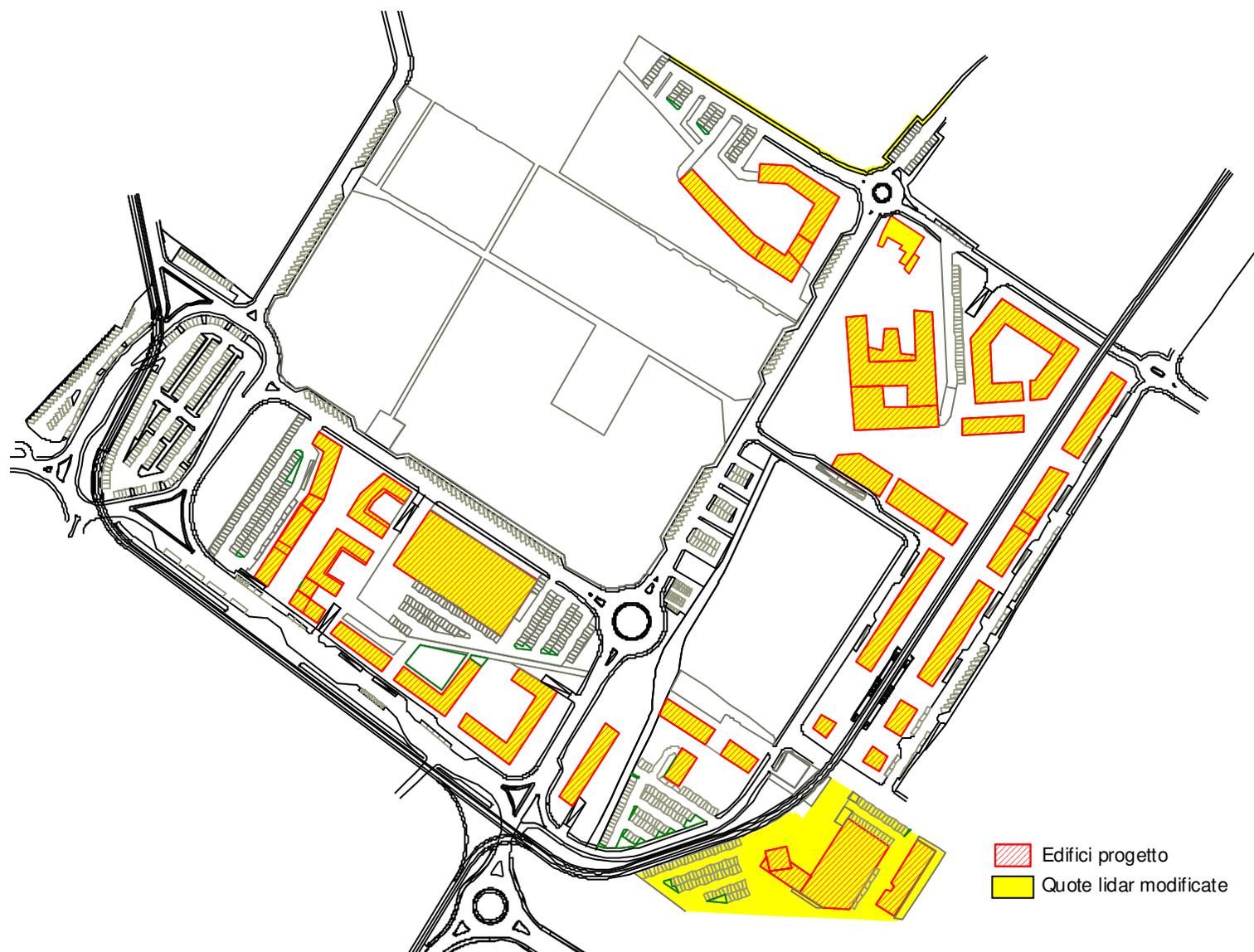


Figura 4-1 – Planimetria della quote modificate per lo stato di progetto dell'Area di Trasformazione TR 04c.

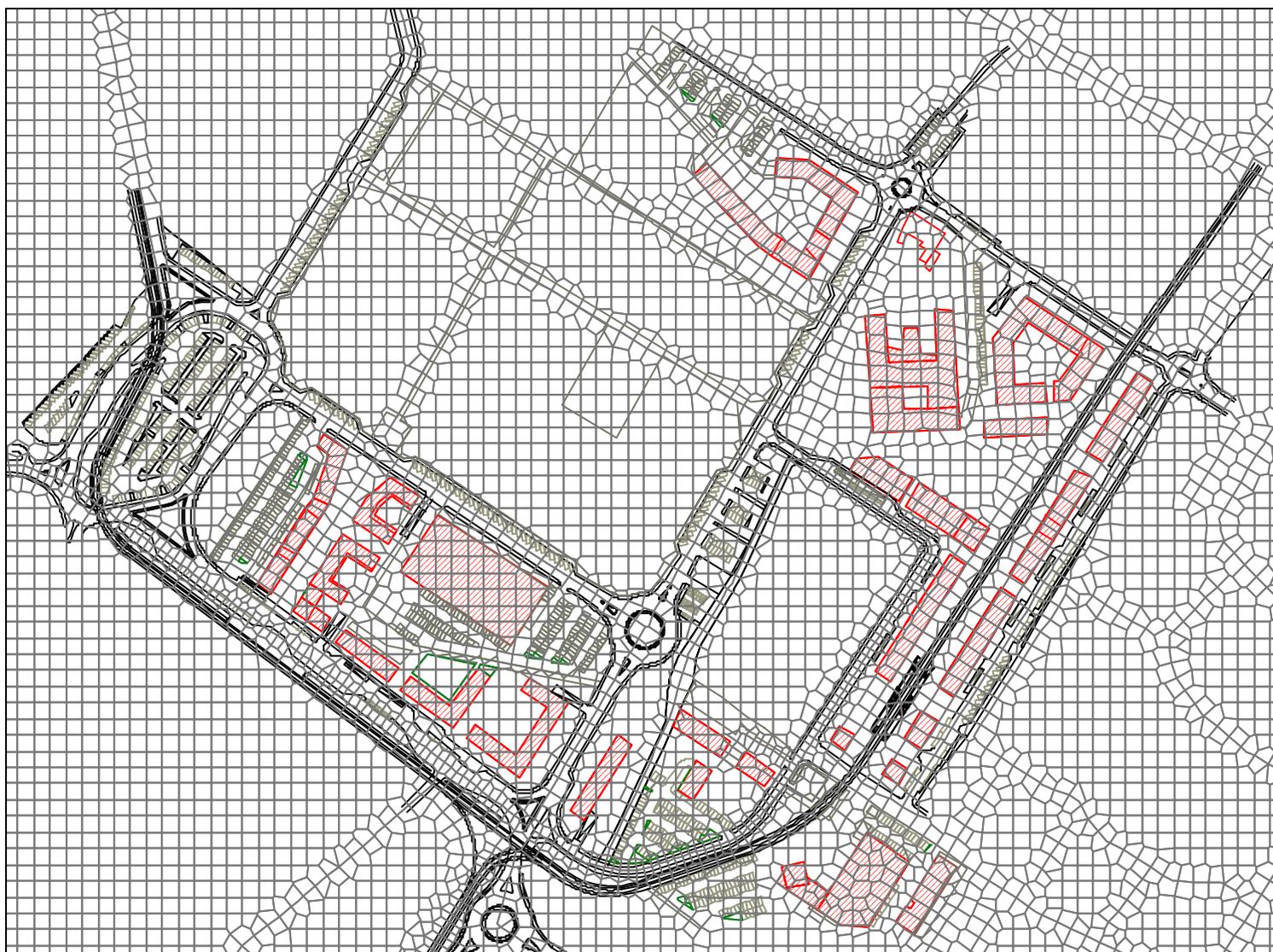


Figura 4-2 – Planimetria delle maglie di calcolo nell'Area di Trasformazione TR 04c.

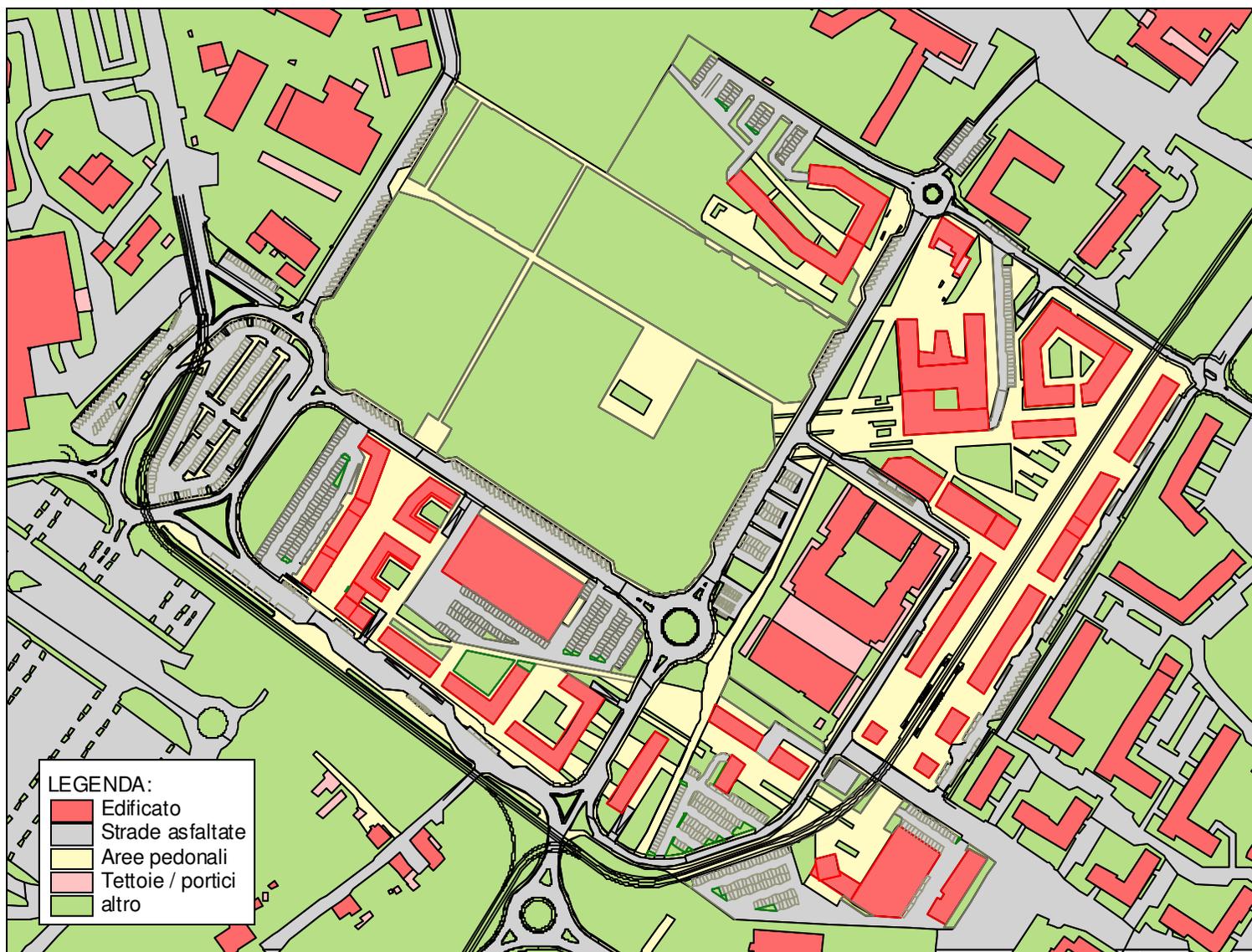


Figura 4-3 – Scabrezze di progetto adottate per l'Area di Trasformazione TR 04c.

Classe	Manning [s/m <sup>1/3</sup> ]
Verde	0.050
Strada asfaltata	0.025
Strada campestre	0.030
Unità civile	0.500
Unità industriale	0.500
Unità di culto	0.500
Baracca	0.500
Tettoia	0.500
Centrale elettrica	0.500
Stalla	0.500
Stagno	0.033
Manufatti acquedotto	0.500
Serre	0.100

Tabella 4-3 – Scabrezze aree bidimensionali.

#### 4.4 Sistema fognario afferente al fosso Rigone

Il fosso Rigone è alimentato da uno scolmatore fognario posto in corrispondenza di via Pisana in prossimità di via Charta.

Allo scolmatore giungono due reti fognarie provenienti dal capoluogo, la prima costituita da un vigentino largo 1.8 m ed alto 1.44 m e la seconda formata da uno scatolare rettangolare largo 2.0 m ed alto 1.60 m, entrambe con quota di scorrimento a 35.90 m s.l.m.

La rete fognaria in uscita dal pozzetto scolmatore è costituita da un vigentino largo 2.0 m ed alto 1.6 m con quota di scorrimento a 35.55 m s.l.m., il cui deflusso è regolato da una bocca tarata larga 2.0 m ed alta 0.7 m. A monte della bocca tarata sono presenti due guide laterali per l'inserimento di una paratoia piana ad oggi non presente.

Il ramo dello scolmatore che affluisce al fosso Rigone è composto da uno scatolare rettangolare largo 2.0 m ed alto 1.6 m. La quota di stramazzone in testa al pozzetto è pari a 36.15 m s.l.m..

Il vigentino in uscita dal pozzetto scolmatore, all'altezza di via del Parlamento Europeo, si immette con un salto 1.12 m in un pozzetto dove recapita un nuovo ramo di fognatura lungo via del Parlamento Europeo costituito da uno scatolare 2.0×2.0 m con quota di scorrimento a 34.20 m s.l.m. analoga a quella di fondo del pozzetto.

Il ramo in uscita, diretto all'impianto di depurazione di San Colombano, è anch'esso formato da uno scatolare 2.0×2.0 m.

In tale pozzetto è stato previsto un ramo di collegamento che consente di mettere in comunicazione le fognature provenienti dal capoluogo con quelle del ramo Est dei collettori di valle. Tale collegamento, costituito da una varice larga 2.4 m ed alta 1.15 m con quota di scorrimento di 34.20 m s.l.m., è ad oggi chiuso da un diaframma.

La rete fognaria a valle della varice è costituita da uno scatolare 1.6×1.6 m.

Lo schema del sistema fognario afferente al fosso Rigone è quello relativo allo stato di progetto in cui è prevista la demolizione del diaframma..

#### 4.5 Impianto di sollevamento di San Colombano

Il fosso Rigone assieme ai collettori fognari Nord e Sud confluiscono all'impianto di depurazione di San Colombano.

All'impianto afferiscono, inoltre, il collettore in riva destra e sinistra del fiume Arno e il collettore proveniente da Lastra a Signa.

Presso l'impianto di depurazione è installato un impianto di sollevamento dotato complessivamente di n. 9 pompe:

- n. 3 pompe da 1.1 m<sup>3</sup>/s;
- n. 6 pompe da 3.6 m<sup>3</sup>/s.

Le prime sollevano le acque provenienti dal depuratore, le seconde sollevano le acque in occasione degli eventi meteorici.

Nel presente studio è stato previsto che le pompe impegnate al sollevamento delle acque del fosso Rigone e dei collettori nord e sud siano pari a 4 per un totale di 14.4 m<sup>3</sup>/s.

Il protocollo di funzionamento di caso di piena concordato con il Provveditorato alle Opere Pubbliche della Toscana prevede che il sollevamento si debba interrompere al raggiungimento del livello di 8.0 m all'idrometro di Ponte a Signa.

Lo zero idrometrico dell'idrometro dei ponte a Signa è posto a 28.06 m s.l.m. a cui corrisponde una quota a cui si deve interrompere il pompaggio di 36.06 m s.l.m.. Tale quota riportata allo scarico dell'impianto di sollevamento diventa 37.47 m s.l.m..

Per la schematizzazione del sollevamento è stato necessario recuperare la curva caratteristica delle pompe installate gentilmente fornita dai tecnici della FLYGT.

## **4.6 Parametri del modello idraulico**

### **4.6.1 Condizioni al contorno di monte e contributi idrologici**

La condizione al contorno di monte, in termini di idrogrammi di portate, è assegnata nella prima sezione di monte di ciascun corso d'acqua.

Gli idrogrammi di piena sono ricavati dai risultati dell'analisi idrologica per ogni tempo di ritorno e per ogni durata dell'evento di pioggia (vedere §3).

Le immissioni idrologiche dei sottobacini sono applicate senza tenere conto delle possibili esondazioni a monte delle immissioni stesse.

### **4.6.2 Condizioni al contorno di valle**

Le condizioni al contorno di valle per il fosso Dogaione, il fosso Rigone e il fosso Stagolo sono espresse in termini di altezza d'acqua.

I relativi idrogrammi dei livelli idrometrici, assegnati all'ultima sezione del tratto verificato, sono stati forniti per i tempi di ritorno di 30 e 200 anni e le durate di 3, 6, 12, 18, 24 e 36 ore dall'Autorità di Bacino del Fiume Arno.

Si ricorda che le immissioni del fosso Dogaione, del fosso Rigone e del fosso Stagolo nel Fiume Arno sono presidiate da valvole di non ritorno atte a sconnettere, in determinate condizioni idrauliche, il sistema delle acque di bonifica dal Fiume Arno.

Analogamente l'immissione del fosso Stagno nel torrente Vingone è presidiata da una valvola di non ritorno.

Il funzionamento delle paratoie è automatico.

### **4.6.3 Perdite per espansione e contrazione**

I coefficienti delle perdite per espansione e contrazione per le verifiche in moto vario sono stati assunti in generale pari a 0.1 (contrazione) e 0.2 (espansione), in corrispondenza dei ponti sono stati utilizzati i coefficienti 0.2 (contrazione) e 0.3 (espansione).

In taluni casi è stato necessario, al fine di risolvere problemi di convergenza numerica del modello idraulico, ridurre i valori dei coefficienti delle perdite per espansione e contrazione.

#### 4.6.4 Connessioni idrauliche

Le quote degli sfioratori d'alveo sono state ricavate dalle sezioni, la larghezza del fronte di sfioro è stata posta pari alla distanza tra le sezioni.

In taluni casi è stato necessario sopraelevare localmente le quote degli sfioratori collegati ad aree bidimensionali al fine di rispettare la congruità con la quota della cella di arrivo.

Il coefficiente di stramazzo degli sfioratori laterali sono stati assunti pari a 1 nel caso di rilevati arginali e 0.5 nel caso di strutture non sopraelevate rispetto al terreno.

#### 4.6.5 Scabrezze dei corsi d'acqua

I valori dei parametri di scabrezza (espressa come coefficiente di *Manning*) sono riportati nella Tabella 4-4.

#### 4.6.6 Passo temporale e durata della modellazione

La durata complessiva degli eventi simulati varia al variare della durata analizzata.

Per le durate di 1.5 e 3.0 ore la durata delle simulazioni è pari a 24 ore, mentre per quella di 6 ore la durata della simulazione è di 48 ore.

Il passo temporale adottato nelle simulazioni degli eventi di piena è di 1 secondo.

Nome corso d'acqua	Manning [s/m <sup>1/3</sup> ]
Fosso Dogaione	0.028
Fosso Dogaia	0.028
Fosso Botteghino	0.028
Fosso Rigone	0.028
Fosso Stagnacci	0.028
Fosso Stagnolo	0.028
Fosso Stagno	0.028

Tabella 4-4 – Scabrezze dei corsi d'acqua torrenti Greve e Vingone.

#### 4.6.7 Condizioni al contorno per il Fiume Arno

Il dominio di calcolo dei torrenti Greve e Vingone interferisce con alcune connessioni idrauliche del modello messo a punto per la redazione del P.G.R.A. dall'Autorità di Bacino Distrettuale dell'Appennino Settentrionale.

Le connessioni in sponda sinistra del fiume Arno che interferiscono con l'area di studio hanno i seguenti codici: 547.098; 544.098; 543.098; 533.998; 528.098; 518.998; 513.598; 512.998; 510.998; 506.998; 501.998: FI-008a\_FI-006c; FI-008b\_FI-006c; FI-008b\_FI-006d; FI-008c\_FI-006d; FI-008e\_FI-006e.

Come indicato nel §2.4, all'interno del "modello Arno" sono state inserite solamente le seguenti connessioni che hanno valori non nulli di portata:

- sfioratore 528.098;
- sfioratore 518.998;
- sfioratore 513.598.

## **5 VERIFICA DELL'AREA DI TRASFORMAZIONE TR 04c**

Le verifiche idrauliche dello stato attuale a supporto del PO e della variante al PS del Comune di Scandicci sono state condotte utilizzando la modellistica descritta nei paragrafi precedenti ed applicata ai tempi di ritorno di 30 e 200 anni e per le durate pari a 30 minuti e 1, 1.5, 3, 6, 9, 12, 18, 24 e 36 ore.

Da tali verifiche emerge che l'Area di Trasformazione TR 04c è inondata per il tempo di ritorno di 200 anni e le durate di 1.5, 3.0 e 6.0 ore.

Pertanto, lo stato di progetto relativo all'area di trasformazione è verificato nel presente studio idraulico solamente in riferimento al tempo di ritorno di 200 anni e le durate di 1.5, 3 e 6 ore.

Obiettivo delle suddette verifiche è quello di valutare i battenti massimi di piena raggiunti nel territorio comunale in occasione dei suddetti eventi di piena in modo da poter quantificare gli effetti sulla dinamica delle esondazioni conseguenti alla realizzazione degli interventi previsti per l'Area di Trasformazione TR 04c.

Le verifiche idrauliche hanno fornito, per ogni tempo di ritorno e durata considerati, i valori temporali e quelli massimi (iniluppi) di:

- portate e livelli idrometrici per ogni sezione del reticolo idrografico (modello mono-dimensionale);
- volumi e livelli idrometrici nelle aree di potenziale esondazione (modello quasi-bidimensionale);
- battenti di esondazione e velocità di propagazione nelle maglie di calcolo (modello bidimensionale);
- portate transitate attraverso gli elementi di connessione tra l'alveo e le aree e tra le aree stesse.

Negli elaborati A.01 sono riportati i tabulati delle verifiche idrauliche per lo stato di progetto dei corsi d'acqua studiati afferenti al sistema idraulico dei torrenti Greve e Vingone per i tempi di ritorno di 30 e 200 anni e le varie durate.

Negli elaborati A.02 sono riportate le sezioni fluviali dei corsi d'acqua studiati con i massimi livelli idrici valutati per lo stato di progetto per i tempi di ritorno di 30 e 200 anni e le varie durate per il sistema idraulico dei torrenti Greve e Vingone.

Negli elaborati A.03 sono rappresentati i profili longitudinali dell'alveo, delle quote arginali e delle altezze idrometriche dei vari corsi d'acqua del sistema idraulico dei torrenti Greve e Vingone per i vari tempi di ritorno e le diverse durate nello stato di progetto.

Nell'elaborato T.02 sono riprodotti i battenti di esondazione massimi calcolati per il tempo di ritorno di 200 anni rispettivamente per lo stato attuale e per lo stato di progetto del sistema idraulico dei torrenti Greve e Vingone, assieme alla rappresentazione del beneficio/ aggravio definito come differenza tra i battenti massimi (iniluppo) dello stato di progetto e quelli dello stato attuale.

Nell'elaborato T.03 sono rappresentate le velocità massime di propagazione delle esondazioni stimate per il tempo di ritorno di 200 anni rispettivamente per lo stato attuale e per lo stato di progetto del sistema idraulico dei torrenti Greve e Vingone, assieme alla rappresentazione del beneficio/ aggravio definito come differenza tra le velocità massime (iniluppo) dello stato di progetto e quelle dello stato attuale.

### **5.1 Individuazione dei tratti critici e delle aree inondabili**

Sulla base dei risultati ottenuti dalle verifiche idrauliche emerge che il Piano Particolareggiato è interessato dalle inondazioni del torrente Vingone che avvengono in piazza Kennedy e che raggiungono tale area principalmente dall'asse stradale costituito da via dei Ciliegi / via Sassetti e in modo minore da via San Bartolo.

Allo stato attuale le inondazioni interessano l'area prospiciente via San Bartolo fino ai giardini circostanti il Castello dell'Acciaiolo, ma la maggior parte delle esondazioni proseguono lungo via

Francoforte propagandosi in parte verso Casellina, lungo via Pantin e via Donizetti, e in parte verso Poderacci, lungo il viale Aldo Moro, dove si congiungono alle esondazioni del torrente Greve.

Il Piano Particolareggiato dell'Area di Trasformazione TR 04c prevede di realizzare una nuova viabilità di collegamento tra via Sassetti (piano strada 44.5 m s.l.m.) e via Francoforte (piano strada 43.2 m s.l.m.) in corrispondenza dell'isolato Boccaccio. Nello stato di progetto tale viabilità intercetta la quasi totalità delle esondazioni provenienti dal torrente Vingone con battenti massimi di circa 60 cm. Lungo tale viabilità si registrano i principali incrementi di battente dell'ordine di 15 cm.

Oltrepassata la succitata viabilità, le esondazioni si propagano in parte lungo il tracciato della tramvia e in parte lungo via De André dirigendosi verso via San Bartolo. Nei tratti compresi tra via Sassetti e la futura piazza ove è presente la sede del Polimoda gli incrementi di battente sono dell'ordine di 15 cm.

La piazza di progetto (ove è presente la sede del Polimoda) è interessata dalla corrente con battenti medi di circa 40 cm con punte di circa 55 cm.

Come nello stato attuale, dopo essere pervenute in via San Bartolo, le esondazioni procedono sia lungo via Francoforte sia lungo via San Bartolo.

Alla rotonda tra via San Bartolo e via Formicola le acque esondate si dividono ulteriormente propagandosi in parte verso i giardini circostanti il Castello dell'Acciaiuolo, aggirando l'isolato di progetto della zona 8, e in parte lungo via Formicola verso via Pantin confinate dal muro perimetrale di progetto. In tali aree i battenti massimi sono di circa 25 cm.

In corrispondenza dell'isolato di progetto della zona 8 si registrano incrementi di battente dell'ordine di 10 cm per l'effetto di ostacolo al deflusso rappresentato dalla sagoma dell'edificio.

Gli interventi di progetto consentono di ottenere dei benefici in termini di riduzione delle estensioni delle aree inondate nella porzione di territorio compresa tra via Scarlatti e via Don Perosi, posta a valle del parco, senza determinare alcun aggravio nelle aree contermini a quelle dell'intervento se non in alcune aree interne al perimetro dell'Area di Trasformazione TR 04c.

## **5.2 Perimetrazione della pericolosità idraulica**

Le aree inondabili sono tracciate a partire dalle mappe dei battenti per tempi di ritorno 30 e 200 anni, mentre le aree relative al tempo di ritorno 500 anni sono ottenute su base del P.G.R.A..

A partire dalla mappa delle aree allagabili sono predisposte le mappe della pericolosità idraulica come definita dal D.P.G.R. n.53/R/2011:

- I.4 eventi con tempo di ritorno inferiore a 30 anni;
- I.3 eventi con tempo di ritorno compreso tra 30 e 200 anni;
- I.2 eventi con tempo di ritorno compreso tra 200 e 500 anni.

Analogamente sono create le mappe della pericolosità idraulica come definita dall'Autorità di Bacino Distrettuale dell'Appennino Settentrionale ai sensi del P.G.R.A.:

- PI.3 aree con elevata probabilità di accadimento;
- PI.2 aree con media probabilità di accadimento;
- PI.1 aree con bassa probabilità di accadimento.

Nell'elaborato T.04 è riportato il confronto tra la pericolosità da alluvione stimata per lo stato attuale e quella determinata per lo stato di progetto conseguente alla realizzazione degli interventi previsti per l'Area di Trasformazione TR 04c.

Le piazze, i percorsi pedonali, le piste ciclabili, le strade e i parcheggi pubblici delle zone 3, 4, 5 e 8 sono interessati da alluvioni poco frequenti classificati in pericolosità I.3 (PI.2), mentre la parte rimanente del Piano Particolareggiato dell'Area di Trasformazione TR 04c è classificata in pericolosità I.2 (PI.1) ad esclusione di alcune aree più depresse del futuro parco pubblico (zona 9).

### **5.3 Perimetrazione della magnitudo idraulica**

Nell'elaborato T.04 è rappresentata la magnitudo idraulica dello stato attuale e dello stato di progetto definita ai sensi della L.R. 41/2018 come il risultato della combinazione tra i valori dei battenti idrometrici e delle velocità di propagazione delle alluvioni poco frequenti. Le aree inondate sono suddivise in tre classi di magnitudo:

- *moderata*: in cui i battenti idrici sono inferiori o uguali a 0.5 m e le velocità sono inferiori o uguali a 1.0 m/s. Nel caso in cui la velocità non sia determinata, area inondata in cui i battenti sono uguali o inferiori a 0.3 m;
- *severa*: area con battenti inferiori o uguali a 0.5 m e velocità superiori a 1.0 m/s, oppure area con battenti compresi tra 0.5 m e 1.0 m e velocità inferiori o uguali a 1.0 m/s. Nel caso in cui la velocità non sia determinata, area inondata in cui i battenti sono compresi tra 0.3 m e 0.5 m;
- *molto severa*: dove i battenti sono compresi tra 0.5 m e 1.0 m e velocità superiori a 1.0 m/s, oppure area con battenti superiori a 1.0 m. Nel caso in cui la velocità non sia determinata, area inondata in cui i battenti superiori a 0.5 m;

Tutto il Piano Particolareggiato dell'Area di Trasformazione TR 04c è classificato in magnitudo moderata, ad esclusione di due piccole aree delle piazze delle zone 3 e 4 che ricadono in magnitudo severa per la presenza di battenti superiori a 50 cm con velocità inferiori a 1.0 m/s.

## 6 CONCLUSIONI

L'obiettivo del presente studio idrologico e idraulico è quello di definire le soluzioni di messa in sicurezza per l'Area di Trasformazione TR 04c e valutarne gli effetti sulla dinamica delle esondazioni sia calcolando i battenti e le velocità di propagazione della corrente, sia aggiornando le mappe di pericolosità da alluvione ai sensi del D.P.G.R. n.53/R/2011 e del P.G.R.A., nonché la mappa della magnitudo idraulica definita ai sensi della L.R. 41/2018.

Lo studio ha fornito le quote della superficie libera delle esondazioni in m s.l.m. su tutta l'area del Piano Particolareggiato, in modo da poter definire la quota di sicurezza del piano di calpestio di ogni singolo edificio rispetto al piano campagna.

La quota di sicurezza del piano di calpestio è riportata nella Figura 6-1. La quota di sopraelevazione è calcolata come la somma tra la quota massima della superficie libera delle esondazioni e un franco di sicurezza di 30 cm dimensionato secondo l'art. 39, comma 3, punto 3.5 delle Norme per l'Attuazione del PO (i.e. cm 30 per battenti non superiori a 60 cm).

La quota di sicurezza per l'accesso ai locali interrati o seminterrati, data la vulnerabilità delle opere in oggetto, dovrà prevedere un franco di 50 cm rispetto alla quota massima delle esondazioni da realizzarsi con soglie preferibilmente fisse.

Lo studio ha potuto verificare che soluzioni progettuali non determinano alcun aggravio nelle aree contermini a quella di intervento, ma consentono di raggiungere benefici in termini sia di riduzione delle estensioni delle aree inondate nella porzione di territorio compresa tra via Scarlatti e via Don Perosi, posta a valle del parco.

Una parte dei parcheggi in superficie sono realizzati in aree interessate da alluvioni poco frequenti classificate con pericolosità I.3 (Pl.2) e magnitudo idraulica moderata (i.e. via San Bartolo, nuova via Formicola nel tratto prossimo al parco e nuova viabilità tra via Sassetti e via Francoforte).

Per tali aree deve essere assicurato il rischio medio R2 di cui al D.P.C.M. 29/09/1998 (i.e. sono possibili danni minori agli edifici, alle infrastrutture e al patrimonio ambientale che non pregiudicano l'incolumità delle persone, l'agibilità degli edifici e la funzionalità delle attività economiche) disponendo misure preventive atte a regolarne l'utilizzo in caso di eventi alluvionali come previsto dall'art. 86 punto 9 delle Norme per l'Attuazione del PO.

Tra le possibili soluzioni costruttive e misure preventive si propone:

- apposizione di apposita cartellonistica recante:
  - indicazione del luogo sicuro più vicino atto a garantire l'incolumità delle persone in caso di allagamenti improvvisi;
  - indicazione della quota del battente di sicurezza per eventi alluvionali con tempo di ritorno duecentennale ( $Tr=200$ );
- dispositivi atti ad inibire l'accesso al parcheggio in caso di previsione di eventi meteorologici pericolosi segnalati dal Sistema Regionale di Protezione Civile;
- ubicazione degli stalli e adozione di soluzioni architettoniche e strutturali idonee a ridurre l'esposizione diretta delle auto al flusso di piena ed i conseguenti rischi di flottazione dei veicoli in sosta;
- modalità costruttive e dotazioni idonee a limitare i danni all'infrastruttura in caso di evento alluvionale, al fine di non pregiudicarne l'agibilità.

Infine, si consiglia di dislocare in una nuova area gli stalli a lisca di pesce lungo la nuova via Formicola posti tra il Polimoda e il parco pubblico, in quanto in tale tratto ha luogo la principale immissione della corrente all'interno del parco.



Figura 6-1 – Quota di sicurezza del piano di calpestio degli edifici dell'Area di Trasformazione TR 04c interessati dalle esondazioni.