



**COMUNE**  
DI  
**PISTOIA**



U.O.C. Viabilità, Progetti Speciali ed Espropri | Via XXVII Aprile, 17 - 51100 Pistoia | infrastrutture@comune.pistoia.it

*Lavori*

PROGRAMMA STRAORDINARIO DI INTERVENTO PER LA RIQUALIFICAZIONE URBANA E LA SICUREZZA DELLE PERIFERIE DELLE CITTÀ METROPOLITANE E DEI COMUNI CAPOLUOGO DI PROVINCIA IN ATTUAZIONE DELLA LEGGE 28/12/2018 N.208, ART.1, COMMI 974, 975, 976, 977, 978.

BOTTEGONE: DALLA CITTÀ LINEARE ALLA SMART SOCIAL CITY.  
INTERVENTO 2A. LOTTO 1.1: CAPOLINEA BUS, SCUOLABUS, BIKE PARK DELLA SCUOLA M.L.K.

*Progetto numero*

**19100/2025**

*Ubicazione dell'intervento*

**Via F. Santi, loc. Bottegone**

*Responsabile unico del progetto*  
Ing. Carlo Alberto Masi

*Progettista e CSP*  
A.T.P.  
Studio Tecnico Ingegneri Mannelli  
Associati  
Studio Tecnico Associato R.  
Breschi, S. Fedi, A. Santiloni  
Architetti

*Progettista delle opere impiantistiche*

*Progettista delle opere irrigue*

**PROGETTO DI FATTIBILITA'  
TECNICA ED ECONOMICA**

*Oggetto elaborato*

**PROGETTO  
RELAZIONE IDRAULICA**

Scala -

*Codice CUP*

**C57H18000480001**

*Pistoia li*

**Ottobre 2025**

*Elaborato*

**RELAZIONE 02**



**COMUNE DI PISTOIA**

Servizio Infrastrutture, Progetti Speciali e Mobilità – U.O.C. Progetti Speciali, Grandi Opere e Espropri  
Via XXVII aprile, 17 – 51100 Pistoia Tel. 0573/3711

---



## Sommario

1	Premessa.....	3
2	Normativa di riferimento .....	3
3	Stato di fatto dell'area .....	4
1	Analisi dei vincoli sull'area .....	9
1.1	Autorità di Bacino Appennino Settentrionale .....	9
1.1.1	Il Piano di Gestione del Rischio Alluvioni (P.G.R.A.) .....	9
1.2	Il Piano Strutturale del Comune di Pistoia .....	11
2	Criteri e misure per la compatibilità idraulica e per la gestione del rischio idraulico .....	14
2.1	Condizioni di fattibilità idraulica .....	14
2.2	Criterio di compatibilità idraulica ai sensi della L.R. 41/2018 e del PGRA.....	14
2.3	Criteri di invarianza idraulica da disciplina del RU (invarianza idraulica) .....	14
4	Sviluppo del progetto .....	15
5	Descrizione del reticolo idraulico esistente .....	17
6	Calcolo dei volumi da impermeabilizzazione.....	18
6.1	Materiali .....	18
7	Analisi Idrologica .....	19
7.1	Curva di possibilità climatica .....	19
7.2	Coefficiente di deflusso .....	21
8	Analisi dei volumi di invaso .....	22
8.1	Superfici scolanti .....	22
8.2	Invarianza idraulica: calcolo del volume di laminazione e limite allo scarico.....	24
8.3	Stato di progetto: descrizione dell'opera e dimensionamento delle tubazioni di progetto .....	28
9	Descrizione dei recettori .....	32
10	Dimensionamento delle bocche tarate .....	32



## 1 Premessa

Il presente documento si inserisce nella fase di Fattibilità Tecnica Economica relativa al progetto 19100/2025 *“Programma straordinario di intervento per la riqualificazione urbana e la sicurezza delle periferie delle città metropolitane e dei comuni capoluogo di provincia in attuazione della legge 28/12/2018 n.208, art.1, commi 974, 975, 976, 977, 978. bottegone: dalla città lineare alla smart social city. Intervento 2a. Lotto 1.1: capolinea bus, scuolabus, bike park della scuola M.L.K”* e raccoglie i contenuti della relazione tecnica idrologico e idraulica.

Come già descritto ampiamente nella relazione generale del progetto, è prevista la realizzazione di un parcheggio da 63 nuovi posti auto, a supporto del polo scolastico esistente e del nuovo centro polifunzionale in costruzione lungo via F. Santi in località Bottegone nel comune di Pistoia.

In particolare, questa relazione descrive le tematiche di carattere idraulico connesse all'intervento, le opere di compensazione dovute alla nuova impermeabilizzazione, e il progetto della rete di fognatura per la raccolta delle acque meteoriche.

## 2 Normativa di riferimento

- D.P.C.M. 5 novembre 1999 *“Piano di Bacino del Fiume Arno – Norma 13”*
- Regolamento edilizio Comune di Pistoia n. 32 del 17/04/2023;
- **Decreto 17 gennaio 2018** *“Aggiornamento delle Norme tecniche per le costruzioni”*
- **Circolare 21 gennaio 2019**, n. 7 C.S.LL.PP. *“Istruzioni per l’applicazione dell’«Aggiornamento delle “Norme tecniche per le costruzioni”» di cui al decreto ministeriale 17 gennaio 2018”*
- **R.D. 25-7-1904 n. 523** *“Testo unico delle disposizioni di legge intorno alle opere idrauliche delle diverse categorie”*
- **D. Lgs. 152/2006** *“Codice dell’Ambiente”*
- **Legge regionale 31 maggio 2006, n. 20** *“Norme per la tutela delle acque dall’inquinamento”*
- **Decreto del Presidente della Giunta Regionale 8 settembre 2008, n. 46/R** *“Regolamento di attuazione della legge regionale 31 maggio 2006, n. 20 (Norme per la tutela delle acque dall’inquinamento)”*
- **Legge regionale 27 dicembre 2012, n. 79** *“Nuova disciplina in materia di consorzi di bonifica. Modifiche alla L.R. 69/2008 e alla l.r.91/1998. Abrogazione della L.R. 34/1994”*
- **Legge regionale 10 novembre 2014, n. 65** *“Norme per il governo del territorio”*
- **Legge regionale 28 dicembre 2015, n. 80** *“Norme in materia di difesa del suolo, tutela delle risorse idriche e tutela della costa e degli abitati costieri”*
- **Legge regionale 24 luglio 2018, n. 41** *“Disposizioni in materia di rischio di alluvioni e di tutela dei corsi d’acqua in attuazione Sito esterno del decreto legislativo 23 febbraio 2010, n. 49 (Attuazione della direttiva 2007/60/CE relativa alla valutazione e alla gestione dei rischi di alluvioni). Modifiche alla L.R. 80/2015 e alla L.R. 65/2014 “*
- **Decreto del Presidente della Giunta Regionale 30 gennaio 2020, N. 5/R** *“Regolamento di attuazione dell’articolo 104 della legge regionale 10 novembre 2014, n. 65 (Norme per il governo del territorio) contenente disposizioni in materia di indagini geologiche, idrauliche e sismiche”*
- **Piano di Gestione del Rischio di Alluvioni (PGRA) – U.o.M. Arno - Disciplina di Piano**
- **Norme UNI in materia di collettori di fognatura e sistemi di raccolta e smaltimento acque meteoriche**



### 3 Stato di fatto dell'area

Allo stato attuale, l'area oggetto di intervento indicata dallo strumento urbanistico è ricompresa tra i confini di proprietà della scuola primaria S. Sebastiano indicata nello strumento urbanistico del comune di Pistoia con codice Sa e Via Santi. Si sviluppa per un'estensione areale di 3198 mq inquadrata nel Regolamento Urbanistico vigente come area destinata a parcheggi pubblici secondo art. 94. Di seguito si riportano delle immagini di inquadramento del lotto di intervento.



ESTRATTO RU - TAVOLA P.a.87 - art.94 parcheggi pubblici con estrapolazione superficie Pp art. 94 (mq 414+ mq 2784)

Figura 1 – Estratto Regolamento Urbanistico area Pa.



Figura 2 – Ubicazione dell'intervento su base satellitare (Google Earth)



## COMUNE DI PISTOIA

Servizio Infrastrutture, Progetti Speciali e Mobilità – U.O.C. Progetti Speciali, Grandi Opere e Espropri  
Via XXVII aprile, 17 – 51100 Pistoia Tel. 0573/3711



Figura 3 – Perimetro dell'area di intervento su base CTR.

Nelle immagini seguenti alcune fotografie che riportano lo stato attuale dell'area.



Figura 4 – Vista da Via Santi



## COMUNE DI PISTOIA

Servizio Infrastrutture, Progetti Speciali e Mobilità – U.O.C. Progetti Speciali, Grandi Opere e Espropri  
Via XXVII aprile, 17 – 51100 Pistoia Tel. 0573/3711



*Figura 5 – Vista da Sud su accesso area*



*Figura 6 – Vista confine area scuola S. Sebastiano scuola primaria*



L'area risulta ad oggi senza destinazione d'uso, e si presenta come una area verde ricca di vegetazione erbacea con un porzione centrale caratterizzata da alberi di alto fusto (vedi foto 3 e 4). Lungo il confine nord, aldilà del confine di proprietà della Scuola Primaria S. Sebastiano, corre un fosso campestre di drenaggio di dimensioni circa 100 cm in testa e profondità 50 cm proveniente da Nord e che, attraverso una tubazione di circa 200 mm di diametro (in sito misurata) si connette idraulicamente a un fosso di dimensioni ben più importanti che taglia l'area di studio in direzione Nord-Est Sud-Ovest. Quest'ultimo fosso ha funzione di gronda, capace di intercettare allo stato dei luoghi le acque di ruscellamento provenienti da Ovest, e dall'area verde interclusa tra Via Santi e il fosso stesso. Le sue dimensioni risultano di 150 cm in testa e circa 100 cm di profondità.



*Figura 7 – Fosso interno al lotto.*



*Figura 8 – Vista della viabilità interna al vivaio*

Allo stato dei luoghi si osserva una superficie totale di  $3107 \text{ m}^2$ , area effettiva ove sorgerà il parcheggio in progetto, caratterizzata interamente da area verde.

## 1 Analisi dei vincoli sull'area

### 1.1 Autorità di Bacino Appennino Settentrionale

#### 1.1.1 Il Piano di Gestione del Rischio Alluvioni (P.G.R.A.)

Il P.G.R.A. (Piano di Gestione del Rischio Alluvioni) è stato approvato con delibera del Comitato Istituzionale n. 235 del 3 marzo 2016 e sostituisce integralmente i contenuti del P.A.I. (Piano di Assetto Idrogeologico) e del P.R.I. (Piano Stralcio Riduzione del Rischio Idraulico).

Attualmente è in corso il secondo ciclo di pianificazione.

Con delibera n. 26 del 20 dicembre 2021, la Conferenza Istituzionale Permanente, ai sensi degli articoli 65 e 66 del d.lgs. 152/2006, ha adottato il primo aggiornamento del Piano di gestione del rischio di alluvioni 2021-2027 – secondo ciclo di gestione – del distretto idrografico dell'Appennino Settentrionale, che è stato successivamente approvato, ai sensi degli articoli 57, 65 e 66 del decreto legislativo 3 aprile 2006, n. 152, con d.p.c.m. 1 dicembre 2022, pubblicato sulla Gazzetta Ufficiale n. 31 del 7.02.2023 .

Nella mappa della pericolosità idraulica del PGRA vigente, l'area prevista per la realizzazione dell'intervento, ricade interamente all'interno di P3 (pericolosità idraulica alta), come indicato nella seguente figura.

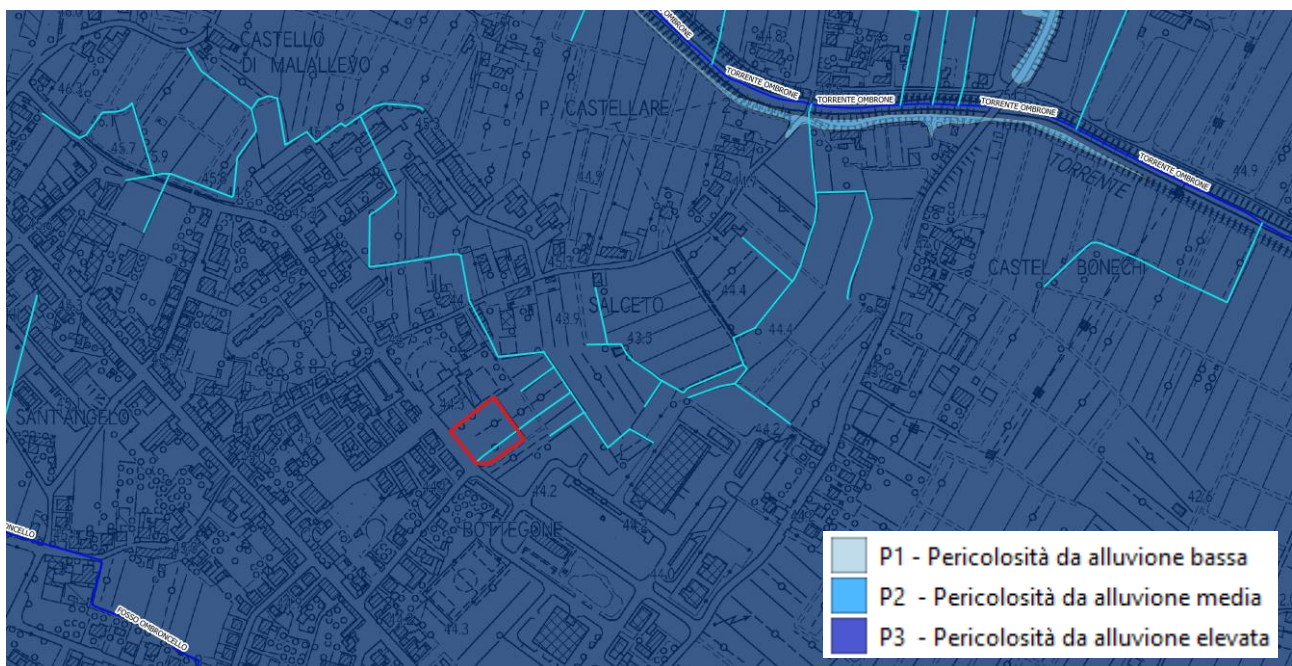


Figura 9 - PGRA vigente - Mappa della pericolosità da alluvione fluviale e costiera



Nelle aree a pericolosità idraulica P3, l’Autorità di Bacino Distrettuale dell’Appennino Settentrionale si esprime attraverso gli articoli 7 e 8 della Disciplina di Piano, in merito alla compatibilità idraulica per il raggiungimento degli obiettivi di PGRA.

**Il Piano di Gestione Rischio alluvioni è lo strumento di pianificazione sovordinato e recepisce nei suoi aggiornamenti quanto espressamente analizzato a scala comunale dai Piani Operativi e Strutturali. Come meglio descritto al paragrafo successivo, il piano strutturale del Comune di Pistoia risulta più recente con aggiornamento al 2024 ancora non recepito all’interno del PGRA vigente.**

Nelle aree a pericolosità idraulica P3, l’Autorità di Bacino Distrettuale dell’Appennino Settentrionale si esprime attraverso i seguenti articoli, in merito alla compatibilità idraulica per il raggiungimento degli obiettivi di PGRA.

*Art. 7 – Aree a pericolosità da alluvione bassa (P3) – Norme e indirizzi per gli strumenti di governo del territorio*

1. *Nelle aree P3, per le finalità di cui all’art. 1, sono da consentire gli interventi che possano essere realizzati in condizioni di gestione del rischio, fatto salvo quanto previsto al seguente comma 2 e al successivo art. 8.*
2. *Nelle aree P3 da alluvioni fluviali l’Autorità di bacino distrettuale si esprime sulle opere idrauliche in merito all’aggiornamento del quadro conoscitivo con conseguente riesame delle mappe di pericolosità.*
3. *Le Regioni disciplinano le condizioni di gestione del rischio per la realizzazione degli interventi nelle aree P3.*

*Di fatto demandando alla L.R 41/2018 per la Regione Toscana*

*Art. 8 – Aree a pericolosità da alluvione elevata (P3) – Indirizzi per gli strumenti di governo del territorio*

1. *Fermo quanto previsto all’art. 7 e all’art. 14 comma 9, nelle aree P3 per le finalità di cui all’art. 1 le Regioni, le Province, le Città Metropolitane e i Comuni, nell’ambito dei propri strumenti di governo del territorio, si attengono ai seguenti indirizzi:*
  - b. *sono da subordinare al rispetto delle condizioni di gestione del rischio le previsioni di:*
    - *nuove infrastrutture e opere pubbliche o di interesse pubblico;*
    - *interventi di ampliamento della rete infrastrutturale primaria, delle opere pubbliche e di interesse pubblico riferite a servizi essenziali e degli impianti di cui all’allegato VIII alla parte seconda del decreto legislativo 152/2006;*
    - *nuovi impianti di potabilizzazione e depurazione;*
    - *nuove edificazioni*



## **1.2 Il Piano Strutturale del Comune di Pistoia**

Il Piano Strutturale Intercomunale dei Comuni di Pistoia, ha prodotto un aggiornamento delle mappe di pericolosità idraulica sul territorio dei cinque Comuni Associati.

Con Delibera di Giunta n. 76 del 11 Novembre 2024 il Piano Strutturale è stato approvato dal Comune di Pistoia.

All'interno del PSI, sono stati considerati gli elementi idrologico-idraulici necessari a caratterizzare la probabilità di esondazione dei corsi d'acqua in riferimento al reticolo di interesse, definendo le pericolosità da alluvione secondo la classificazione di cui al Regolamento 30 gennaio 2020, n. 5/R, di attuazione dell'art. 104 della L.R. 10 novembre 2014, n. 65 (Norme per il Governo del Territorio) contenente disposizioni in materia di indagini geologiche, idrauliche e sismiche, ovvero:

- aree a pericolosità per alluvioni frequenti (P3), che risultano allagabili per eventi con tempo di ritorno 30 anni;
- aree a pericolosità per alluvioni poco frequenti (P2), con aree allagabili per eventi con tempo di ritorno 200 anni.
- aree a pericolosità per alluvioni rare (P3), con aree allagabili per eventi con tempo di ritorno superiori a 200 anni.

Tale classificazione, indicata al paragrafo C.2 dell'Allegato A del Regolamento 5R/2020 – Direttive tecniche per lo svolgimento delle indagini geologiche, idrauliche e sismiche – fa infatti riferimento alle definizioni di cui alla L.R. 41//2018 - Disposizioni in materia di rischio di alluvioni e di tutela dei corsi d'acqua in attuazione del Decreto Legislativo 23 febbraio 2010, n. 49 (Attuazione della direttiva 2007/60/CE relativa alla valutazione e alla gestione dei rischi di alluvioni). Modifiche alla L.R. 80/2015 e alla L.R. 65/2014 – per la definizione dei criteri generali di fattibilità idraulica degli interventi, che introduce la seguente classificazione:

- scenario per alluvioni frequenti: lo scenario di cui all'articolo 6, comma 2, lettera c), del d.lgs. 49/2010, individuato negli atti di pianificazione di bacino e definito dai medesimi atti con riferimento al tempo di ritorno non inferiore a trenta anni;
- scenario per alluvioni poco frequenti: lo scenario di cui all'articolo 6, comma 2, lettera b) del d.lgs. 49/2010, individuato negli atti di pianificazione di bacino e definito dai medesimi atti con riferimento al tempo di ritorno non inferiore a duecento anni.

**Il lotto di intervento è soggetto, prevalentemente, a pericolosità per alluvioni frequenti (P2) e solo una piccola parte in zona di pericolosità P1.**



## COMUNE DI PISTOIA

Servizio Infrastrutture, Progetti Speciali e Mobilità – U.O.C. Progetti Speciali, Grandi Opere e Espropri  
Via XXVII aprile, 17 – 51100 Pistoia Tel. 0573/3711

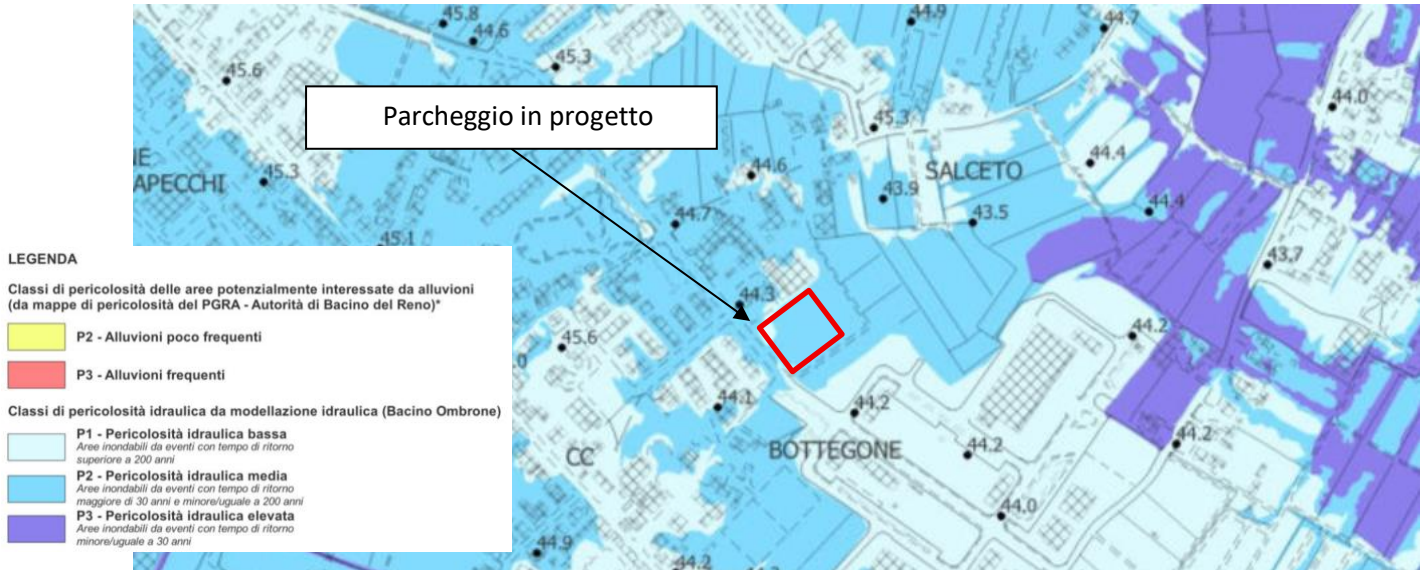


Figura 10 – Mappa della Pericolosità idraulica - PSI.

Nelle immagini a seguire si riportano le planimetrie dei battenti (TR200), delle velocità (TR200) e della magnitudo (TR200) sull'area.

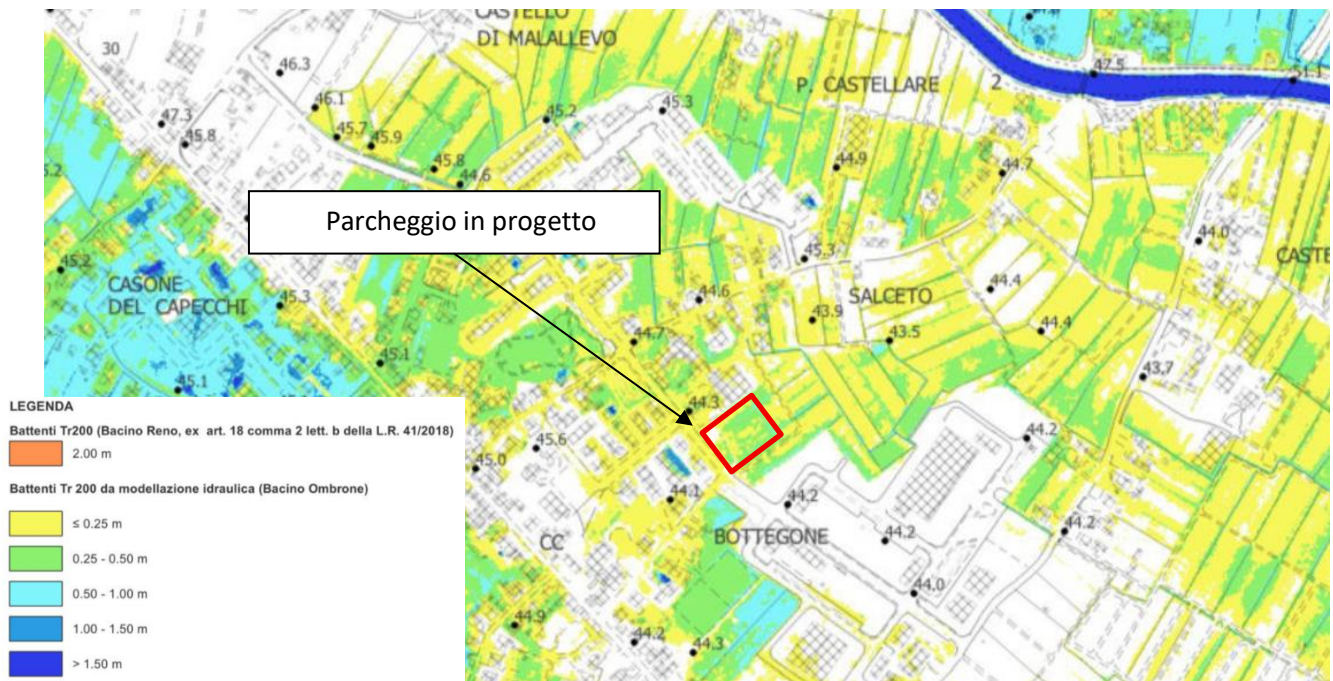


Figura 11 - Mappa dei battenti - PSI.

Come si osserva dall'immagine, l'entità dei battenti che insistono in occasione di un evento duecentennale sono per lo più compresi tra 0.25 e 0.50 m (in verde), mentre le restanti aree interessate da battenti inferiori ai 0.25 m. Nell'immagine a seguire invece si mostra l'entità delle velocità, sempre in corrispondenza di un evento estremo con tempo di ritorno duecento anni. Si osserva che le velocità sono moderatamente basse, inferiori a 0.5 m/s. Ciò significa che l'area non è coinvolta da acque di transito in ruscellamento ma da acque di ristagno.



## COMUNE DI PISTOIA

Servizio Infrastrutture, Progetti Speciali e Mobilità – U.O.C. Progetti Speciali, Grandi Opere e Espropri  
Via XXVII aprile, 17 – 51100 Pistoia Tel. 0573/3711

Accoppiando l'entità dei battenti inferiori a 0.50 m e le velocità inferiori a 0.5 m/s, si può affermare che la vulnerabilità dell'area è bassa. La magnitudo idraulica infatti si presenta moderata su tutta l'area (Figura 13).

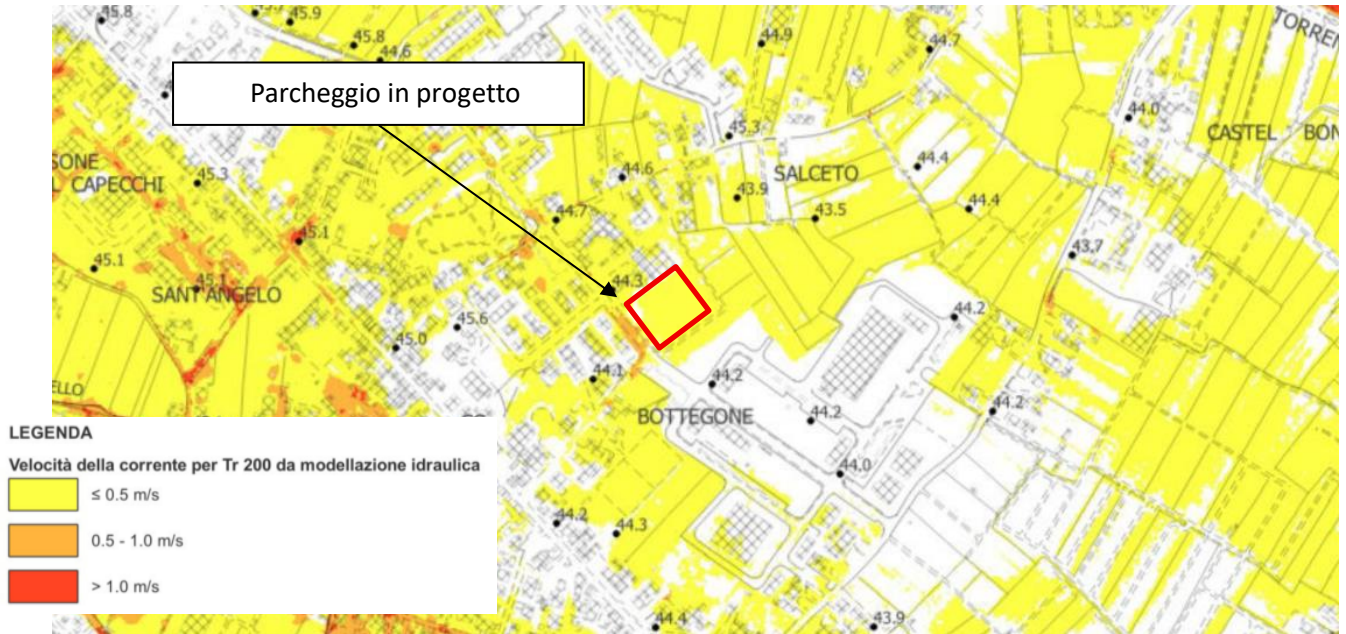


Figura 12 - Mappa delle velocità (TR200) - PSI.

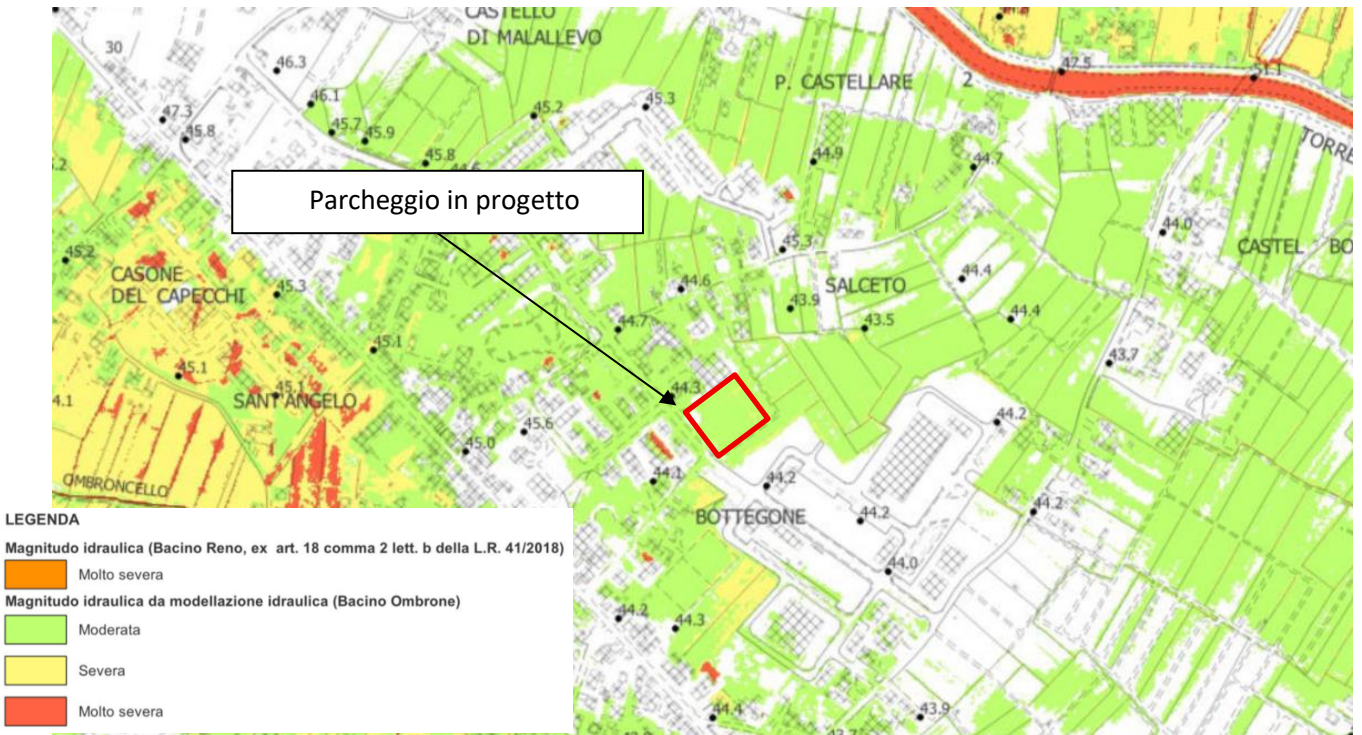


Figura 13 - - Mappa delle magnitudo (TR200) - PSI.



## **2 Criteri e misure per la compatibilità idraulica e per la gestione del rischio idraulico**

Il presente capitolo espone i criteri volti a garantire il rispetto della compatibilità idraulica dell'intervento ai sensi della L.R. 41/2018 ed alla gestione del rischio idraulico ai sensi del P.G.R.A.

Come si evince dai paragrafi precedenti, l'area di intervento ricade in area P2 (in prevalenza) secondo il Piano strutturale 2024 del Comune di Pistoia.

### **2.1 Condizioni di fattibilità idraulica**

Gli interventi ricadenti all'interno delle aree a pericolosità idraulica sono subordinati al rispetto delle indicazioni contenute nella LR.41/2018 e nella Disciplina del Piano di Gestione del Rischio da Alluvioni (PGRA). Nello specifico per la realizzazione dei parcheggi ricadenti in P2 e P3 dovranno essere seguite le indicazioni dell'art.13 comma 4 lett.b.

4. Nelle aree a pericolosità per alluvioni frequenti o poco frequenti, indipendentemente dalla magnitudo idraulica, gli interventi di seguito indicati possono essere realizzati alle condizioni stabilite: preventive atte a regolarne l'utilizzo in caso di eventi alluvionali;
  - b) parcheggi in superficie, a condizione che sia assicurato il non aggravio delle condizioni di rischio in altre aree, che non sia superato il rischio medio R2 e che siano previste le misure preventive atte a regolarne l'utilizzo in caso di eventi alluvionali;

Come si evince anche dalle mappe di pericolosità idraulica del PS, l'intervento in parola ricade interamente in area a pericolosità idraulica P2.

### **2.2 Criterio di compatibilità idraulica ai sensi della L.R. 41/2018 e del PGRA**

Al fine di garantire la sicurezza idraulica dell'intervento, ovvero la gestione del rischio idraulico ai sensi del P.G.R.A., si prevede di realizzare le opere in progetto all'esterno delle porzioni allagabili, individuate dal PS 2024 e, dove non è possibile, di realizzare le opere ad una quota di sicurezza idraulica per uno scenario alluvionale con tempo di ritorno pari a 200 anni.

Il piano finito si collocherà ad una quota di circa +75 cm rispetto al piano attuale, di fatto sopra al battente medio atteso di circa +0.35 cm con garanzia di franco.

Dovranno inoltre essere previste misure di intervento di tipo NON STRUTTURALE ponendo apposite cartellonistica informativa con l'obiettivo di interdire l'area in condizioni di diramazione di allerta da parte della Protezione Civile territoriale.

### **2.3 Criteri di invarianza idraulica da disciplina del RU (invarianza idraulica)**

In accordo ed in diretta conseguenza con le valutazioni dell'indice di riduzione dell'impatto edilizio (RIE), così come definito nella Disciplina del RU (verranno recepite nel POC che risulta essere in fase di redazione), nelle tavole progettuali verrà dettagliata, relativamente all'intera superficie territoriale, la regimazione delle

acque meteoriche affluenti e dovranno essere adottati accorgimenti in grado di mantenere la funzionalità del recapito finale nel rispetto dell'invarianza idraulica, eliminando eventuali situazioni di fragilità.

Il ricettore finale del sistema di drenaggio del nuovo parcheggio è la linea di fognatura bianca esistente in Via Fernando Santi.

## 4 Sviluppo del progetto

Il progetto prevede la realizzazione di un parcheggio a servizio del polo scolastico S. Sebastiano e del nuovo Polo Multifunzionale in realizzazione in adiacenza alla scuola. L'area di Interesse si trova in località Bottegone (PT), nel cuore della frazione. Pertanto, il nuovo parcheggio garantirà nuovi posti auto nell'area e la realizzazione di una nuova pensilina di attesa del bus pubblico su Via Santi.

Di seguito un estratto planimetrico del progetto del nuovo parcheggio, ove vengono evidenziati i posti auto, realizzati con fondo in autobloccanti, i nuovi marciapiedi per il raggiungimento dei veicoli e di tutti i servizi connessi, da parte dei pedoni.

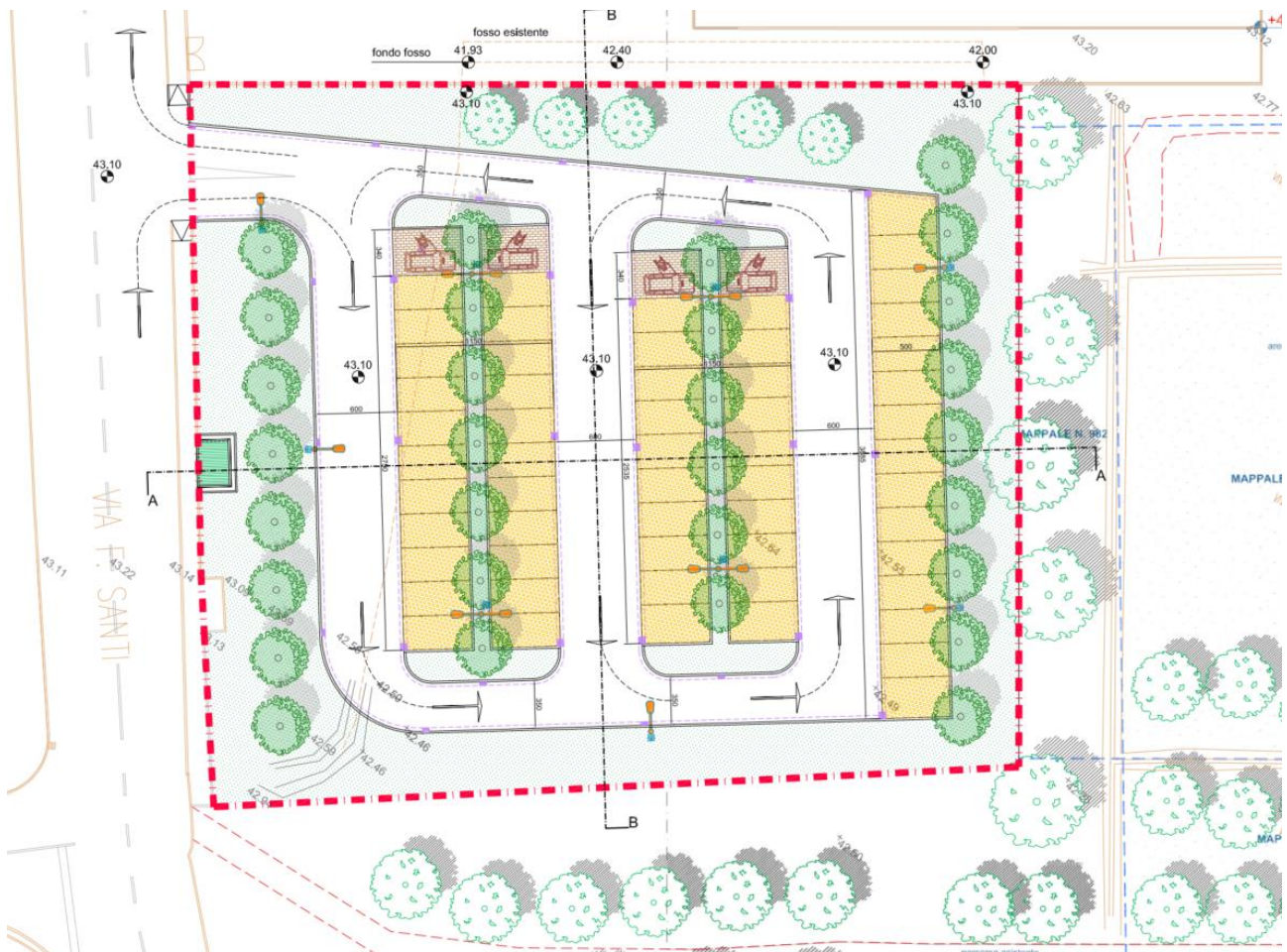


Figura 14 – Planimetria generale

Ulteriore elemento di progetto sarà la parziale modifica del reticolo idraulico esistente ed in particolar modo dei fossi campestri. Il fosso ad oggi perimetrale lungo il lato nord dell'area, verrà deviato all'interno del lotto oggetto di studio, attraverso un tombamento sino in prossimità del marciapiede di via Santi e successivamente deviato sino all'attuale scarico in fognatura, a sud del parcheggio.



## COMUNE DI PISTOIA

Servizio Infrastrutture, Progetti Speciali e Mobilità – U.O.C. Progetti Speciali, Grandi Opere e Espropri  
Via XXVII aprile, 17 – 51100 Pistoia Tel. 0573/3711

Come evidenziato nelle tavole grafiche e negli estratti planimetrici, il parcheggio si sviluppa principalmente su tre corselli e un unico accesso posto su Via Santi.

Nelle immagini seguenti alcuni estratti di dettaglio del progetto, con evidenziati i posti auto, le piste ciclabili, la disposizione degli stalli in relazione alla viabilità ed ai marciapiedi per i pedoni.

Particolare 1: corsia parcheggio

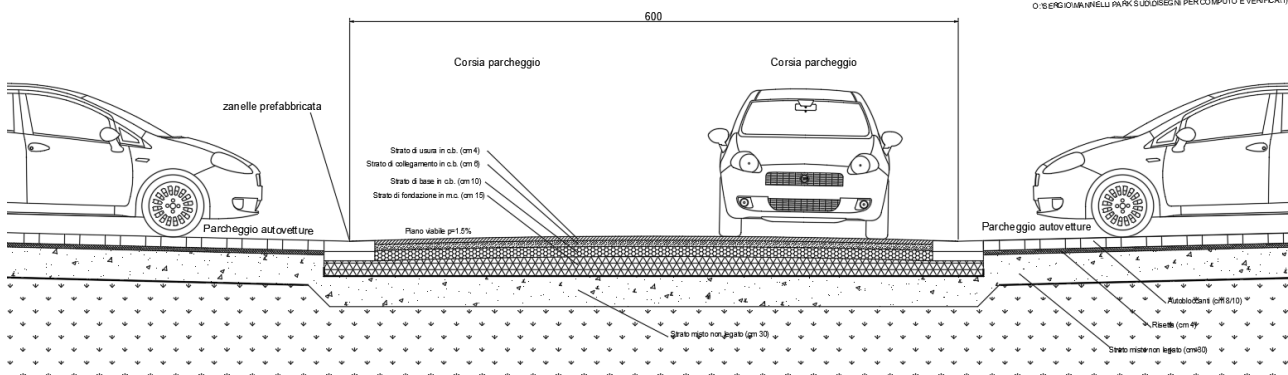


Figura 15 – Corsia di parcheggio

Particolare 4: pavimentazione stalli autovetture

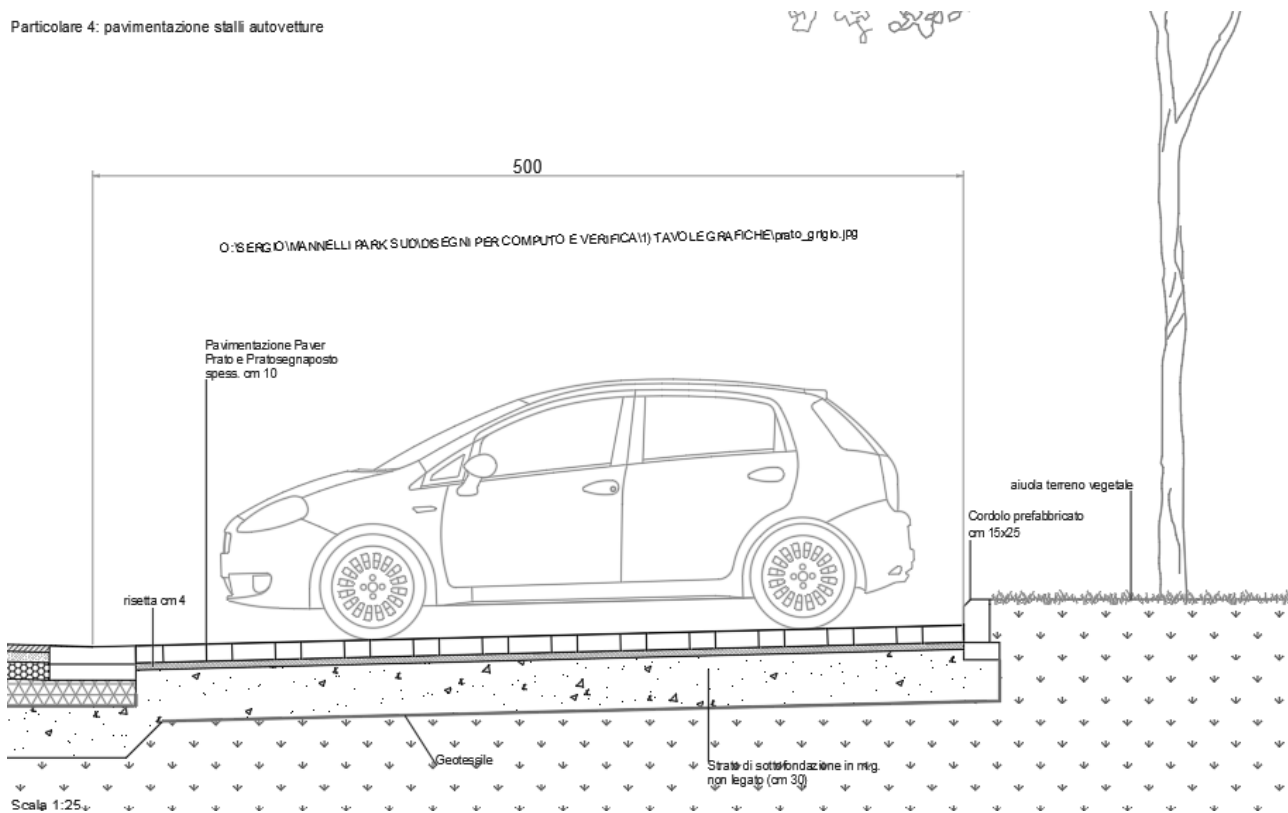


Figura 16 – Posti auto in relazione alle aiuole a verde

## 5 Descrizione del reticolo idraulico esistente

Il reticolo idraulico esistente è stato attentamente rilevato mediante ripetuti sopralluoghi nell'area oggetto del presente intervento.

In linea generale, lo smaltimento delle acque meteoriche avviene mediante un sistema di fosse di scolo collegate fra loro ed alla rete esistente posto sotto Via santi.

I due fossi che si rilevano sono:

- quello lungo il lato Nord del lotto, all'interno dell'area scolastica S. Sebastiano di dimensioni 100 cm per circa 50 cm in profondità che scola verso Su – Ovest e mediante una tubazione rilevata in sito di diametro circa 200 mm lo connette idraulicamente con il fosso interno al lotto. Questo fosso risulta parzialmente interrato.
- Il fosso interno al lotto esistente che taglia l'area in direzione circa Nord-Sud andando a recapitare in fognatura pubblica in corrispondenza del corner Sud dell'area di studio. Il fosso ha dimensioni circa 150 cm di larghezza e 100 cm di profondità, con funzione di gronda delle acque provenienti dai campi posti ad est e dall'area verde interclusa tra Via santi ed il fosso stesso. Lo scarico in fognatura avviene mediante una tubazione DN500.

I recapiti principali idraulici dell'area sono i seguenti:

- **Fognatura bianca Via Santi:** corre in direzione Nord Sud ed è caratterizzata da un diametro di 500 mm;

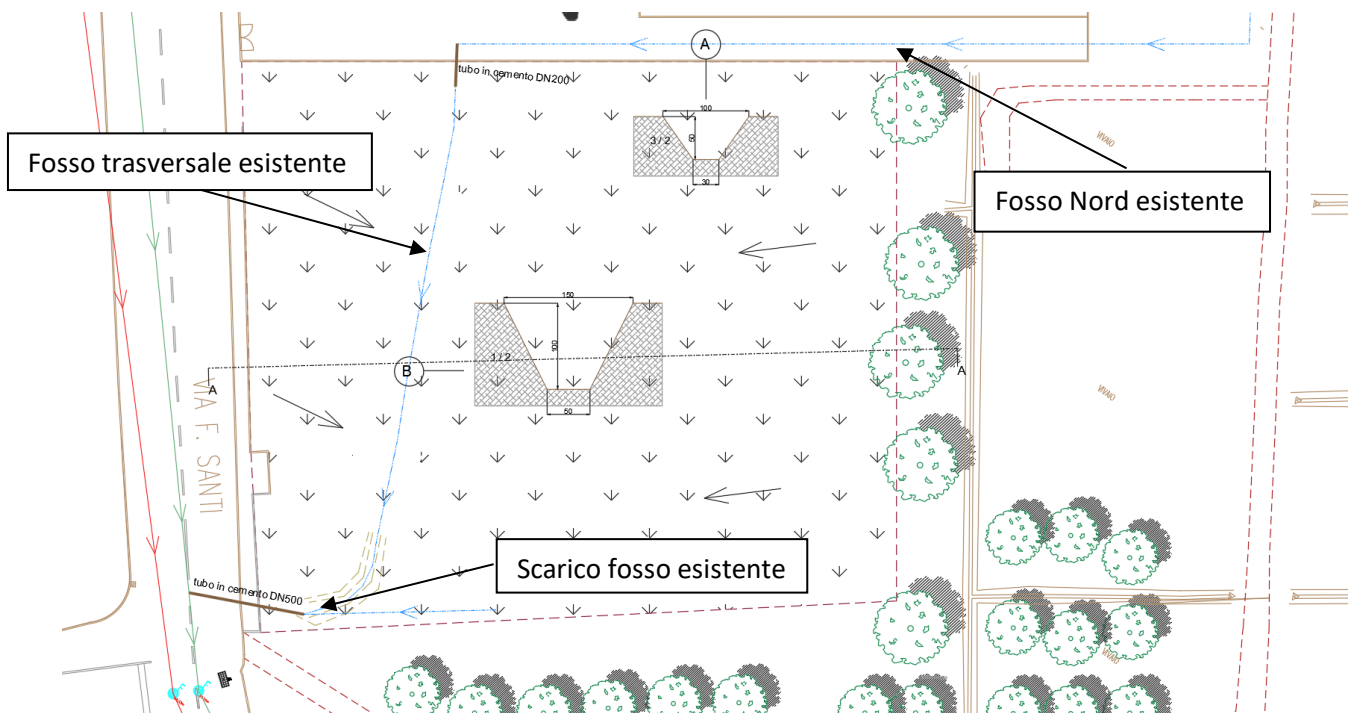


Figura 17 – Estratto della Tav. "Reticolo idraulico esistente"

## 6 Calcolo dei volumi da impermeabilizzazione

### 6.1 Materiali

L'intervento prevede, ovviamente, una alterazione del suolo dell'area. La nuova ripartizione delle aree è la seguente:

- 789 m<sup>2</sup> di aree semipermeabili (stalli di sosta);
- 1294 m<sup>2</sup> di aree a verde;
- 1023 m<sup>2</sup> di strade asfaltate, marciapiedi.

I materiali con i quali si prevede di eseguire le pavimentazioni sono:

- Conglomerato bituminoso per la viabilità principale, i corselli dei parcheggi
- Autobloccante drenante (con percentuale di foratura superiore al 40%) per gli stalli di sosta dei parcheggi;
- Masselli autobloccanti per marciapiedi e piattaforme;



Figura 18 – Esempi di pavimentazioni in conglomerato bituminoso (a sinistra) e in autobloccante drenante (a destra)



## 7 Analisi Idrologica

Nei paragrafi a seguire si riporta l'analisi idrologica dell'area con l'obiettivo di individuare il regime pluviometrico di progetto.

**In accordo con la Stazione Appaltante, la pioggia di progetto considerata per l'invarianza idraulica e dunque per il dimensionamento dei volumi di laminazione, sarà relativa ad un evento di tempo di ritorno di 200 anni. Al fine però di non aggravare il carico in fognatura il limite allo scarico verrà dimensionato sulla base di un evento con un tempo di ritorno 30 anni.**

### 7.1 Curva di possibilità climatica

Il regime pluviometrico della zona in esame è stato determinato con riferimento allo studio a carattere regionale "Analisi di frequenza regionale delle precipitazioni estreme" del 2012 che indica, per ogni punto appartenente al territorio della Regione Toscana, i parametri  $a$  e  $n$  della curva di possibilità climatica avente un determinato tempo di ritorno e che ha la forma:

$$h = at^n$$

Il tempo di ritorno considerato è pari a 200 anni.

I parametri  $a$  ed  $n$  sono stati estratti dal sito <http://www.sir.toscana.it/Ispp-2012> del Settore Idrologico Regionale per la stazione di **La ferruccia (cod. TOS01004839)** e risultano:

- Per TR30 anni:

$$a = 51.70$$
$$n = 0.281$$

- Per TR200 anni:

$$a = 76,263$$
$$n = 0,30085$$

Tali valori sono valutati per inferenza statistica, su durate di precipitazioni superiori ad 1 ora, ed in particolare è facile dedurre il valore di altezza di precipitazione per un evento orario, pari a  $h = 76,26 \text{ mm}$  su un tempo di ritorno duecentennale e  $h = 51.70 \text{ mm}$  su un tempo di ritorno trentennale.

Ai fini di una corretta e consistente analisi, occorre indagare le piogge brevi ed intense, essendo la superficie del bacino drenante (parcheggio) non particolarmente estesa. In particolare si ricerca il tempo di corrivazione del bacino in essere, ricercando quindi la durata che massimizza la risposta idraulica di questo.

Si ricorre quindi alla formulazione del Civil Engine Department per il calcolo del tempo di rete (svilupata per bacini molto piccoli), che riportiamo successivamente.



Ricordando che  $\tau$  (ore) =  $\tau$  (secondi)/3.600, l'espressione (2.1) diventa:

$$\tau_c = \left[ 26,3 \frac{(L/K_s)^{0,6}}{3600^{(1-n)0,4} \cdot a^{0,4} \cdot i^{0,3}} \right]^{1/(0,6+0,4n)} \quad (2.3)$$

con i parametri espressi mediante le seguenti dimensioni:

$\tau_c$  in s  
 $L$  in m  
 $K_s$  in  $m^{1/3}/s$   
 $a$  in  $m \cdot ore^{-n}$   
 $n$  adimensionale  
 $i$  adimensionale.

Si assume  $K_s$  pari a 35  $m^{1/3}/s$  considerando lo stato ante-operam e  $L$  pari a 100 m corrispondente alla lunghezza del fosso aumentata dalla distanza dal punto idraulicamente più lontano al fosso stesso.

Si osserva un **tempo di corrvazione di 5 minuti.**

Si stima quindi che l'acqua in ruscellamento sulla superficie dell'area destinata a nuova realizzazione di parcheggio, impiega un tempo dell'ordine di 5 minuti per raggiungere la sezione di chiusura del bacino, identificata nella sezione di scarico. Questo significa che per il metodo cinematico, un evento con durata sub-oraria dell'ordine di 5 minuti porta a una massima risposta idraulica del bacino, in termini di portate generate. Si è proceduto quindi alla valutazione dei parametri indice delle linee segnalatrici di possibilità pluviometrica anche per durate inferiori all'ora. L'approccio seguito è quello di Bell et al.

La formula empirica di Bell (Generalized Rainfall Duration Frequency Relationship" – Journal of the Hydraulics Division – Proceedings of American Society of Civil Engineers – volume 95, issue 1 – gennaio 1969) permette di individuare l'altezza di pioggia per durate inferiori ai 60 minuti utilizzando come input l'altezza di pioggia oraria. Bell ha osservato che i rapporti tra le altezze di durata  $\tau$  molto breve ed inferiori all'ora e l'altezza oraria sono relativamente poco dipendenti dalla località in cui si verificano, difatti tale formula viene utilizzata a livello globale.

La formula risulta essere:

$$\frac{h_{\tau,TR}}{h_{60,TR}} = 0.54 \tau^{0.25} - 0.50$$

Valutate le altezze su diverse durate inferiori all'ora, si è ricavato per regressione lineare (costruzione di un grafico bilogaritmico) il valor' indice delle LSPP per durate inferiori all'ora. Si riportano di seguito i valori:

- Per TR30 anni:

$$a = 53.70$$
$$n = 0,471$$

- Per TR200 anni:

$$a = 76,263$$
$$n = 0,471$$



## 7.2 Coefficiente di deflusso

Il coefficiente di deflusso medio è stato valutato sulla base della destinazione d'uso del suolo delle diverse aree, sia in stato di fatto che in stato di progetto.

### Stato attuale

Tipologia superficie	Superficie [ $m^2$ ]	Coefficiente di deflusso $\phi$
Terreni coltivati	3107	0,2
<b>Superficie totale</b>	<b>3107</b>	
<b>Coefficiente di deflusso medio</b>		<b>0,2</b>

---

### Stato di progetto

Tipologia superficie	Superficie [ $m^2$ ]	Coefficiente di deflusso $\phi$
Aree a verde	1294	0,25
Strade asfaltate, marciapiedi e tettoie	1029	0,90
Pavimentazioni drenanti	789	0,60
<b>Superficie totale</b>	<b>3107</b>	
<b>Coefficiente di deflusso medio</b>		<b>0,55</b>

Si osserva come l'intervento porti ad un incremento dell'impermeabilizzazione passando da un coefficiente di deflusso di 0.2 a un coefficiente di 0.55.

## 8 Analisi dei volumi di invaso

L'aumento dell'impermeabilizzazione dell'area porta a generare portate e volumi di ruscellamento necessariamente maggiori rispetto all'ante-operam, infatti come si osserva nelle tabelle al Paragrafo 7.2 il coefficiente di deflusso aumenta da 0.2 a 0.55.

Al fine però di garantire una sicurezza idraulica dell'area limitrofa, dell'opera stessa, si opera secondo il principio dell'invarianza idraulica al fine di contenere i volumi di acqua generati durante un evento estremo. Il Regolamento Urbanistico del Comune di Pistoia non prevede particolari disposizioni o prescrizioni sul tema dell'invarianza idraulica, applicandola secondo il principio per il quale lo stato post-operam non deve generare una risposta idraulica in uscita dal "bacino" maggiore di quanto si generasse prima dell'intervento.

**Come anticipato nei capitoli precedenti, il dimensionamento dei volumi di laminazione verrà svolta relativamente ad un evento di tempo di ritorno di 200 anni. Al fine però di non aggravare il carico in fognatura il limite allo scarico verrà dimensionato sulla base di un evento con un tempo di ritorno 30 anni, nelle condizioni ante-operam.**

### 8.1 Superfici scolanti

L'area oggetto di intervento è stata suddivisa in aree, ciascuna delle quali convoglierà le acque meteoriche raccolte sulla stessa verso rami di fognature opportunamente dimensionate allo scopo. L'immagine seguente mostra la suddivisione dell'area di progetto.

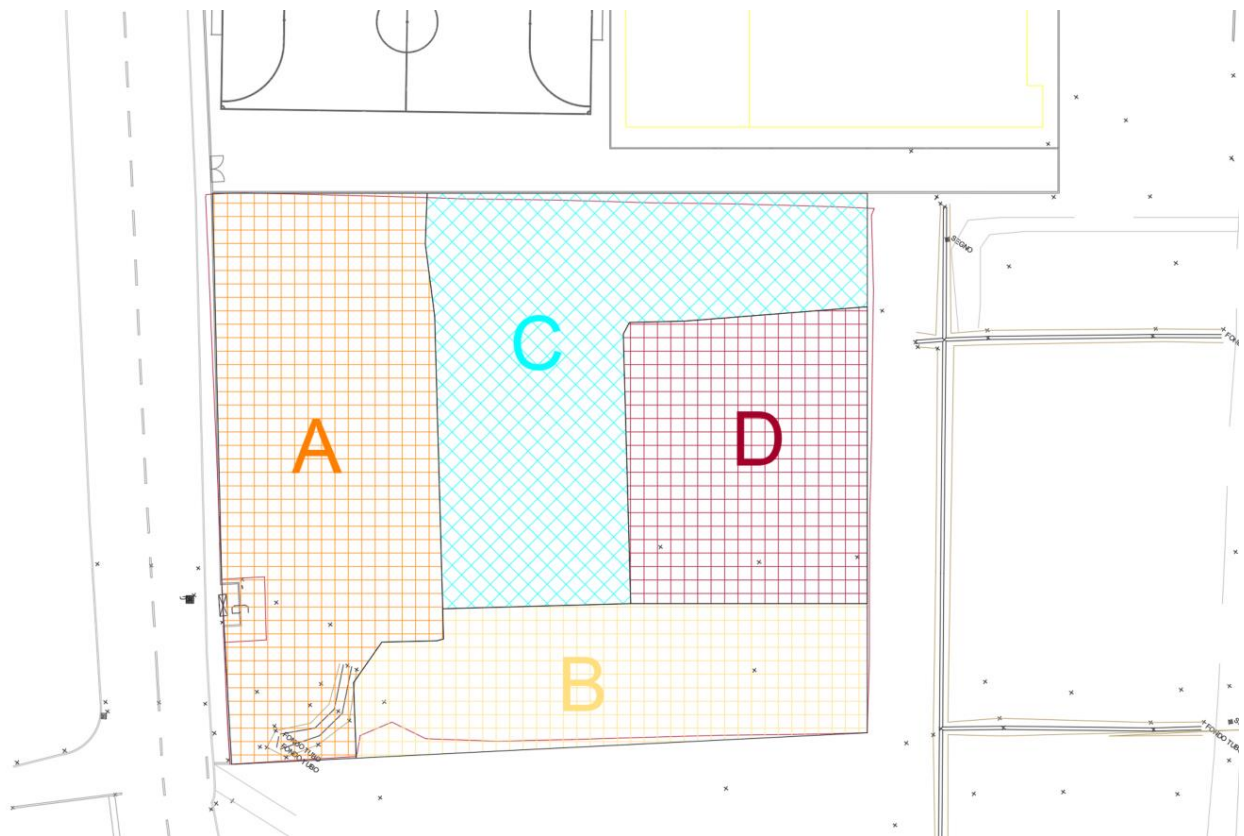


Figura 19 – Suddivisione dell'area di progetto



## COMUNE DI PISTOIA

Servizio Infrastrutture, Progetti Speciali e Mobilità – U.O.C. Progetti Speciali, Grandi Opere e Espropri  
Via XXVII aprile, 17 – 51100 Pistoia Tel. 0573/3711

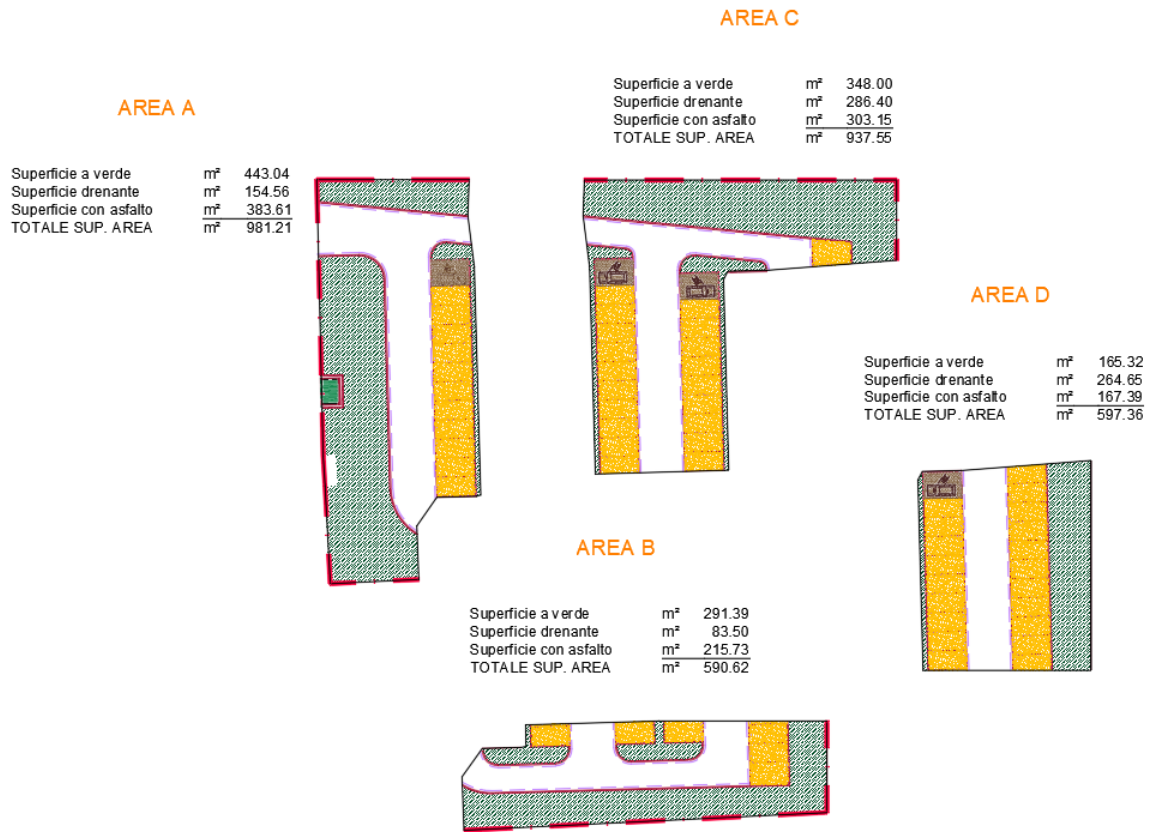


Figura 20 – Superfici di progetto - suddivisione delle aree.

Nella tabella a seguire si riportano le estensioni delle aree diversa destinazione d'uso, per ogni sotto area.

**Area A:**

Tipologia superficie	Superficie [ $m^2$ ]	Coefficiente di deflusso $\varphi$
Aree a verde	443.04	0,25
Strade asfaltate e marciapiedi	383.61	0,90
Pavimentazioni drenanti	154.56	0,60
<b>Superficie totale</b>	<b>981.21</b>	
<b>Coefficiente di deflusso medio</b>		<b>0,56</b>

**Area B:**

Tipologia superficie	Superficie [ $m^2$ ]	Coefficiente di deflusso $\varphi$
Aree a verde	291.39	0,25
Strade asfaltate e marciapiedi	215.73	0,90
Pavimentazioni drenanti	83.50	0,60
<b>Superficie totale</b>	<b>590.62</b>	
<b>Coefficiente di deflusso medio</b>		<b>0.53</b>

**Area C:**

Tipologia superficie	Superficie [ $m^2$ ]	Coefficiente di deflusso $\varphi$
Aree a verde	348.00	0,25
Strade asfaltate e marciapiedi	303.15	0,90
Pavimentazioni drenanti	286.40	0,60
<b>Superficie totale</b>	<b>937.55</b>	
<b>Coefficiente di deflusso medio</b>		<b>0,57</b>

**Area D:**

Tipologia superficie	Superficie [ $m^2$ ]	Coefficiente di deflusso $\varphi$
Aree a verde	165.32	0,25
Strade asfaltate e marciapiedi	167.39	0,90
Pavimentazioni drenanti	264.65	0,60
<b>Superficie totale</b>	<b>597.36</b>	
<b>Coefficiente di deflusso medio</b>		<b>0.59</b>

## 8.2 Invarianza idraulica: calcolo del volume di laminazione e limite allo scarico

Al fine di garantire l'invarianza idraulica dell'intervento, dunque far sì che questo non alteri irrimediabilmente la risposta idraulica del territorio in cui si inserisce, è stata perseguita un'analisi idrologico-idraulica con successiva progettazione di accorgimenti volti a garantire un'adeguata portata allo scarico in fognatura, uguale allo stato ante-operam, e dispositivi di laminazione dei volumi generati da un evento pluviometrico intenso di progetto.

A tal proposito, il progetto di un bacino di laminazione che sia in vasca o in linea con tubazioni, è legato alla determinazione della capacità d'invaso  $W_m$ , in funzione della portata massima accettabile all'uscita  $Q_{u,max}$ , atta a contenere il più critico evento meteorico di assegnato tempo di ritorno.

Le equazioni che permettono di descrivere il fenomeno della laminazione e quindi il funzionamento idraulico dei bacini di auto-contenimento sono le seguenti:

equazione differenziale di continuità del dispositivo di invaso:

$$Q_e(t) - Q_u(t) = dW(t) / dt$$

in cui:

- $Q_e(t)$  è la portata, nota o predeterminata, in ingresso al sistema all'istante generico (t); essa dipende sia dall'evento meteorico considerato che dalle caratteristiche del bacino e della rete di drenaggio a monte del dispositivo di invaso (tubazioni di linea); nel caso specifico si è fatto riferimento ad un evento con tempo di ritorno pari a 200 anni, mentre la portata non è stata calcolata per una durata di pioggia finita, ma è stata calcolata ad ogni step temporale di 1 minuto, dall'istante zero fino alla durata che massimizza il volume.



- $Q_u(t)$  è la portata in uscita dal bacino; essa è, in generale, variabile nel tempo e dipende dal tipo di scarico che regola l'uscita dalla vasca (bocche a battente fisse o regolabili, sfioratori a stramazzo fissi o regolabili, sollevamento meccanico);
- $W(t)$  è il volume invasato nella vasca all'istante  $t$ ;

La relazione funzionale tra il volume invasato e il livello idrico  $h$  nell'invaso;

$$W(t) = W(h(t))$$

dipende esclusivamente dalla geometria del bacino.

La legge d'efflusso che governa l'uscita dal sistema:

$$Q_u(t) = Q_u(t, h(t))$$

dipende dal dispositivo idraulico che si utilizza per regolare la portata in uscita.

Nel caso in esame il volume di acqua entrante nei bacini per effetto di una pioggia di durata  $t$  risulta:

$$W_e = S \cdot \phi \cdot a \cdot t_n$$

dove  $\phi$  è il coefficiente di afflusso della piattaforma drenata, variabile per ciascun sotto bacino come riportato nelle tabelle sopra esposte.

Nello stesso tempo il volume in uscita sarà:

$$W_u = Q_u \cdot t$$

Il volume invasato sarà dunque:

$$W_u = W_e - W_u = S \cdot \phi \cdot a \cdot t_n - Q_u \cdot t$$

Il volume da assegnare all'invaso è il valore massimo  $W_m$  di questo volume che si ottiene per una precipitazione di durata  $t_{cr}$  critica per la vasca.

Per la determinazione della durata  $t_{cr}$ , è stato calcolato il valore del volume  $W$ , per varie durate di pioggia affinché sia massimizzato tale volume.

Come accennato in precedenza, ai fini di mantenere inalterate le portate di scarico in fognatura stati adottati i medesimi valori di portata, calcolati sulla base di un evento pluviometrico estremo con tempo di ritorno **30 anni e portata 5 min nelle condizioni ante-operam** al fine di non aggravare la fognatura esistente.

Nella tabella a seguire si riporta il valore di portata limite allo scarico.

Tabella 1 – Portate limite allo scarico in pubblica fognatura.

Area	Q lim scarico def. [l/s]
LOTTO	35

Si riporta inoltre di seguito, a livello esplicativo la scheda di calcolo.



## COMUNE DI PISTOIA

Servizio Infrastrutture, Progetti Speciali e Mobilità – U.O.C. Progetti Speciali, Grandi Opere e Espropri  
Via XXVII aprile, 17 – 51100 Pistoia Tel. 0573/3711

### CALCOLO VOLUME DI LAMINAZIONE

PARAMETRI IDROLOGICI		
Tr 200 anni (h<1ora)		
a	79.260	[mm/h]
n	0.471	[-]
Tr 200 anni (h≥1ora)		
a	76.260	[mm/h]
n	0.300	[-]

CARATTERISTICHE AREA SOGGETTA A TRASFORMAZIONE		
Area drenata impermeabile	1023	[mq]
Coefficiente di deflusso	0.9	[-]
Area drenata semi-permeabile	789	[mq]
Coefficiente di deflusso	0.6	[-]
Area permeabile	1294	[mq]
Coefficiente di deflusso	0.25	[-]
Area drenata	0.311	[ha]
Area drenata ragguagliata	0.172	[ha]
Area drenata ragguagliata	0.553	[-]

PORTATA AMMISSIBILE (coefficiente udometrico)		
U [l/(s*ha)]	111	
Qscarico [l/s]	34.48	portata ammissibile
Qscarico [l/s]	34.48	portata limite 1

VOLUME DA LAMINARE		
V	40	[mc]

t <sub>pioggia</sub>	t <sub>pioggia</sub>	h <sub>pioggia</sub>	W <sub>e</sub> (efficace)	Q <sub>e</sub> (efficace)	Q <sub>e</sub> ' (efficace)	W <sub>e</sub> ' (efficace)	Q <sub>u</sub>	W <sub>u</sub>	Q <sub>f</sub>	W <sub>f</sub>	W <sub>u</sub> + W <sub>f</sub>	W <sub>laminare</sub>	W <sub>laminare</sub>
[min]	[h]	[mm]	[mc]	[mc/s]	[mc/s]	[mc]	[mc/s]	[mc]	[mc/s]	[mc]	[mc]	[mc]	[mc]
17	0.28	43.76	75.18	0.07	0.07	75.18	0.03	35.17	0.00	0.00	35.17	40.00	40.00

t <sub>pioggia</sub>	t <sub>pioggia</sub>	h <sub>pioggia</sub>	W <sub>e</sub> (efficace)	Q <sub>e</sub> (efficace)	Q <sub>e</sub> ' (efficace)	W <sub>e</sub> ' (efficace)	Q <sub>u</sub>	W <sub>u</sub>	Q <sub>f</sub>	W <sub>f</sub>	W <sub>u</sub> + W <sub>f</sub>	W <sub>out</sub>	W <sub>out</sub>
[min]	[h]	[mm]	[mc]	[mc/s]	[mc/s]	[mc]	[mc/s]	[mc]	[mc/s]	[mc]	[mc]	[mc]	[mc]
1	0.02	11.52	19.79	0.33	0.33	19.79	0.03	2.07	0.00	0.00	2.07	17.73	17.73
2	0.03	15.97	27.44	0.23	0.23	27.44	0.03	4.14	0.00	0.00	4.14	23.30	23.30
3	0.05	19.33	33.21	0.18	0.18	33.21	0.03	6.21	0.00	0.00	6.21	27.00	27.00
4	0.07	22.14	38.03	0.16	0.16	38.03	0.03	8.28	0.00	0.00	8.28	29.75	29.75
5	0.08	24.59	42.24	0.14	0.14	42.24	0.03	10.35	0.00	0.00	10.35	31.90	31.90
6	0.10	26.80	46.03	0.13	0.13	46.03	0.03	12.41	0.00	0.00	12.41	33.62	33.62
7	0.12	28.81	49.50	0.12	0.12	49.50	0.03	14.48	0.00	0.00	14.48	35.02	35.02
8	0.13	30.68	52.71	0.11	0.11	52.71	0.03	16.55	0.00	0.00	16.55	36.16	36.16
9	0.15	32.43	55.72	0.10	0.10	55.72	0.03	18.62	0.00	0.00	18.62	37.10	37.10
10	0.17	34.08	58.55	0.10	0.10	58.55	0.03	20.69	0.00	0.00	20.69	37.86	37.86
11	0.18	35.65	61.24	0.09	0.09	61.24	0.03	22.76	0.00	0.00	22.76	38.48	38.48
12	0.20	37.14	63.80	0.09	0.09	63.80	0.03	24.83	0.00	0.00	24.83	38.98	38.98
13	0.22	38.57	66.26	0.08	0.08	66.26	0.03	26.90	0.00	0.00	26.90	39.36	39.36
14	0.23	39.94	68.61	0.08	0.08	68.61	0.03	28.97	0.00	0.00	28.97	39.64	39.64
15	0.25	41.26	70.88	0.08	0.08	70.88	0.03	31.04	0.00	0.00	31.04	39.84	39.84
16	0.27	42.53	73.06	0.08	0.08	73.06	0.03	33.11	0.00	0.00	33.11	39.96	39.96
17	0.28	43.76	75.18	0.07	0.07	75.18	0.03	35.17	0.00	0.00	35.17	40.00	40.00
18	0.30	44.96	77.23	0.07	0.07	77.23	0.03	37.24	0.00	0.00	37.24	39.99	39.99
19	0.32	46.11	79.22	0.07	0.07	79.22	0.03	39.31	0.00	0.00	39.31	39.91	39.91
20	0.33	47.24	81.16	0.07	0.07	81.16	0.03	41.38	0.00	0.00	41.38	39.78	39.78
21	0.35	48.34	83.05	0.07	0.07	83.05	0.03	43.45	0.00	0.00	43.45	39.60	39.60
22	0.37	49.41	84.89	0.06	0.06	84.89	0.03	45.52	0.00	0.00	45.52	39.37	39.37
23	0.38	50.46	86.68	0.06	0.06	86.68	0.03	47.59	0.00	0.00	47.59	39.09	39.09
24	0.40	51.48	88.44	0.06	0.06	88.44	0.03	49.66	0.00	0.00	49.66	38.78	38.78
25	0.42	52.48	90.15	0.06	0.06	90.15	0.03	51.73	0.00	0.00	51.73	38.43	38.43
26	0.43	53.46	91.83	0.06	0.06	91.83	0.03	53.80	0.00	0.00	53.80	38.04	38.04

Prog. 19100/2025. Bottegone: dalla città lineare smart social city. Intervento 2°. Lotto 1.1: Capolinea Bus, Scuolabus, Bike Park della scuola M.L.K., Via F. Santi



## COMUNE DI PISTOIA

Servizio Infrastrutture, Progetti Speciali e Mobilità – U.O.C. Progetti Speciali, Grandi Opere e Espropri  
Via XXVII aprile, 17 – 51100 Pistoia Tel. 0573/3711

27	0.45	54.41	93.48	0.06	0.06	93.48	0.03	55.87	0.00	0.00	55.87	37.62	37.62
28	0.47	55.35	95.10	0.06	0.06	95.10	0.03	57.93	0.00	0.00	57.93	37.16	37.16
29	0.48	56.28	96.68	0.06	0.06	96.68	0.03	60.00	0.00	0.00	60.00	36.68	36.68
30	0.50	57.18	98.24	0.05	0.05	98.24	0.03	62.07	0.00	0.00	62.07	36.17	36.17
31	0.52	58.07	99.77	0.05	0.05	99.77	0.03	64.14	0.00	0.00	64.14	35.63	35.63
32	0.53	58.95	101.27	0.05	0.05	101.27	0.03	66.21	0.00	0.00	66.21	35.06	35.06
33	0.55	59.81	102.75	0.05	0.05	102.75	0.03	68.28	0.00	0.00	68.28	34.47	34.47
34	0.57	60.66	104.20	0.05	0.05	104.20	0.03	70.35	0.00	0.00	70.35	33.85	33.85
35	0.58	61.49	105.64	0.05	0.05	105.64	0.03	72.42	0.00	0.00	72.42	33.22	33.22
36	0.60	62.31	107.05	0.05	0.05	107.05	0.03	74.49	0.00	0.00	74.49	32.56	32.56
37	0.62	63.12	108.44	0.05	0.05	108.44	0.03	76.56	0.00	0.00	76.56	31.88	31.88
38	0.63	63.92	109.81	0.05	0.05	109.81	0.03	78.63	0.00	0.00	78.63	31.18	31.18
39	0.65	64.70	111.16	0.05	0.05	111.16	0.03	80.69	0.00	0.00	80.69	30.47	30.47
40	0.67	65.48	112.49	0.05	0.05	112.49	0.03	82.76	0.00	0.00	82.76	29.73	29.73
41	0.68	66.25	113.81	0.05	0.05	113.81	0.03	84.83	0.00	0.00	84.83	28.98	28.98
42	0.70	67.00	115.11	0.05	0.05	115.11	0.03	86.90	0.00	0.00	86.90	28.21	28.21
43	0.72	67.75	116.39	0.05	0.05	116.39	0.03	88.97	0.00	0.00	88.97	27.42	27.42
44	0.73	68.49	117.66	0.04	0.04	117.66	0.03	91.04	0.00	0.00	91.04	26.62	26.62
45	0.75	69.22	118.91	0.04	0.04	118.91	0.03	93.11	0.00	0.00	93.11	25.80	25.80
46	0.77	69.94	120.15	0.04	0.04	120.15	0.03	95.18	0.00	0.00	95.18	24.97	24.97
47	0.78	70.65	121.37	0.04	0.04	121.37	0.03	97.25	0.00	0.00	97.25	24.12	24.12
48	0.80	71.35	122.58	0.04	0.04	122.58	0.03	99.32	0.00	0.00	99.32	23.26	23.26
49	0.82	72.05	123.78	0.04	0.04	123.78	0.03	101.39	0.00	0.00	101.39	22.39	22.39
50	0.83	72.74	124.96	0.04	0.04	124.96	0.03	103.45	0.00	0.00	103.45	21.51	21.51
51	0.85	73.42	126.13	0.04	0.04	126.13	0.03	105.52	0.00	0.00	105.52	20.61	20.61
52	0.87	74.09	127.29	0.04	0.04	127.29	0.03	107.59	0.00	0.00	107.59	19.70	19.70
53	0.88	74.76	128.44	0.04	0.04	128.44	0.03	109.66	0.00	0.00	109.66	18.78	18.78
54	0.90	75.42	129.57	0.04	0.04	129.57	0.03	111.73	0.00	0.00	111.73	17.84	17.84
55	0.92	76.08	130.70	0.04	0.04	130.70	0.03	113.80	0.00	0.00	113.80	16.90	16.90
56	0.93	76.73	131.81	0.04	0.04	131.81	0.03	115.87	0.00	0.00	115.87	15.94	15.94
57	0.95	77.37	132.91	0.04	0.04	132.91	0.03	117.94	0.00	0.00	117.94	14.98	14.98
58	0.97	78.00	134.01	0.04	0.04	134.01	0.03	120.01	0.00	0.00	120.01	14.00	14.00
59	0.98	78.64	135.09	0.04	0.04	135.09	0.03	122.08	0.00	0.00	122.08	13.02	13.02
60	1.00	76.26	131.01	0.04	0.04	131.01	0.03	124.14	0.00	0.00	124.14	6.87	6.87
61	1.02	76.64	131.66	0.04	0.04	131.66	0.03	126.21	0.00	0.00	126.21	5.45	5.45
62	1.03	77.01	132.31	0.04	0.04	132.31	0.03	128.28	0.00	0.00	128.28	4.02	4.02
63	1.05	77.38	132.94	0.04	0.04	132.94	0.03	130.35	0.00	0.00	130.35	2.59	2.59
64	1.07	77.75	133.57	0.03	0.03	133.57	0.03	132.42	0.00	0.00	132.42	1.15	1.15

Come si può osservare dai risultati tabellati, il massimo volume di invaso si ha con un evento pluviometrico di progetto di durata 17 minuti. Tale valore assume valore di progetto per il dispositivo di accumulo e laminazione.

Considerando quindi una portata allo scarico di 35 l/s, si dovrà garantire un volume d'invaso di almeno 40 mc. Tale volume verrà garantito da tubazioni di tipo scatolare in cls disposte lungo il rampo 1 ed il ramo 5 posizionate al di sotto dei corselli afferenti alla camera C1.1.

I dispositivi inseriti saranno capaci di invasare a sezione piena un **volume massimo di 51 mc**, volume di progetto maggiorato di circa il 30% come franco di sicurezza.



### ***8.3 Stato di progetto: descrizione dell'opera e dimensionamento delle tubazioni di progetto***

La rete si sviluppa considerando come punto di recapito, la fognatura di Via Filippo Santi andando a sfruttare il già esistente punto di scarico posto all'angolo sud . ovest del lotto di intervento. Il punto di scarico si presenta con una tubazione in calcestruzzo DN500 che oggi garantisce lo scarico delle acque del fosso campestre esistente.

La cameretta di scarico C2.1 oltre che a ricevere le acque del parcheggio in progetto, accoglierà anche le acque del nuovo fosso Nord, soggetto ad un adeguamento e sistemazione idraulica che andremo a trattare nel paragrafo successivo.

La rete del parcheggio si struttura secondo 4 macro aree:

- Area A – Si colloca sul lato Ovest del parcheggio; le acque vengono raccolte mediante caditoie poste all'interfaccia tra stalli e corsello ad una distanza di circa 10 m l'una dall'altra. Le acque raccolte vengono convogliate nel collettore che corre in direzione Nord-Sud costituito da uno scatolare in calcestruzzo di dimensioni interne 1200x800(h) mm. Il collettore in questione si sviluppa per circa 38 m ed avrà anche funzione di volume di invaso. Le acque confluiscono nel pozzetto C2.1;
- Area C – si tratta della superficie posta al centro, anche in questo caso ; le acque vengono raccolte mediante caditoie poste all'interfaccia tra stalli e corsello ad una distanza di circa 10 m l'una dall'altra. Le acque vengono poi drenate da una tubazione in PEAD SN8 DE315 in direzione Nord-Sud.
- Area D – si colloca più ad est. Le acque vengono drenate per mezzo di una tubazione PEAD SN8 DE315 per poi confluire nel pozzetto 4.1;
- Area B – si tratta dell'area più bassa: si collocano una tubazione PEAD DN500 SN8 che riceve le acque del ramo 3 (Area D) e un tratto di scatolare in cls 1200x800 che raccoglie anche le acque del Area C. tale tratto di collettore di scatolare a duplice funzione, di drenaggio e stoccaggio dei volumi necessari alla laminazione.

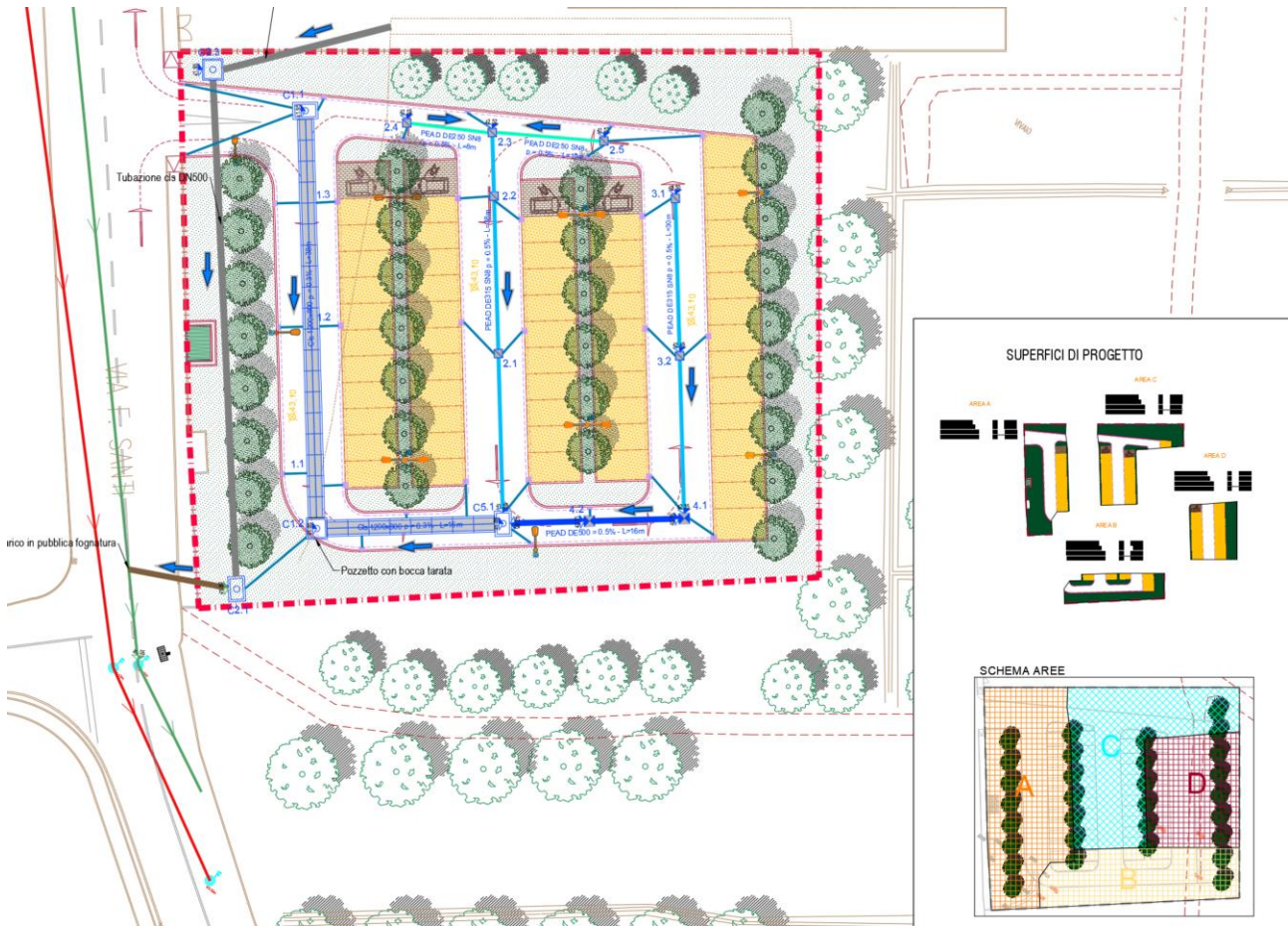


Figura 21 – Planimetria idraulica di progetto.

Tali tubazioni sono inoltre ampiamente sufficienti a drenare le portate di progetto, garantendo una pendenza dello 0.3-0.5% necessaria a generare le tensioni tangenziali sul fondo idonee all'autopulizia.

Date le basse pendenze con cui si sviluppano i collettori, si è verificato la loro capacità di deflusso mediante l'assunzione di un regime di moto uniforme in condizioni di progetto.

Tale regime è governato dalla formula di Chezy che di seguito riportiamo con chiusura di Manning :

$$Q = A \cdot \frac{1}{n} \cdot R^{2/3} \sqrt{i}$$

Dove,  $A$  è l'area bagnata ( $m^2$ ),  $n$  è il coefficiente di Manning (-),  $R$  è il raggio idraulico e  $i$  è la pendenza motrice (-).

Si riporta di seguito la tabella riepilogativa delle verifiche condotte su ciascun collettore.



## COMUNE DI PISTOIA

Servizio Infrastrutture, Progetti Speciali e Mobilità – U.O.C. Progetti Speciali, Grandi Opere e Espropri  
Via XXVII aprile, 17 – 51100 Pistoia Tel. 0573/3711

Tabella 2 - Tabella riepilogativa di verifica delle tubazioni.

TABELLA VERIFICA RETE FOGNARIA ACQUE METEORICHE																					
Descrizione superficie	SUPERFICI									PORTATA			TUBAZIONE								
	Superficie tipo 1	Superficie tipo 2	Superficie tipo 3	Superficie tipo 4	Superficie tipo 5	Superficie tipo 6	Superficie tipo 7	Superficie tipo 8	Superficie TOTALE direttamente afferente alla tubazione	Coefficiente di deflusso medio ponderato	Superficie TOTALE EFFICACE direttamente afferente alla tubazione	Portata del sottobacino afferente direttamente alla tubazione	Contributi di portata da monte	Portata di verifica totale nella tubazione	Tipologia materiale	Pendenza	Diametro esterno adottato	Diametro interno adottato	Battente massimo nella tubazione	Velocità nella tubazione	Gradi di riempimento tubazione
Coefficiente di deflusso	1	0.9	0.6	0.2	0.25	0.2	0.2	0.2				Q <sub>SOTTOBACINO</sub>	Q <sub>TOTALE DA MONTE</sub>	Q <sub>VERIFICA</sub>	A / B	i	Dest adottato	Ø <sub>INT</sub> ADOTTATO	h	v	G.R.
# Tratto di tubazione	[mq]	[mq]	[mq]	[mq]	[mq]	[mq]	[mq]	[mq]	[mq]	[mq]	[mq]	[l/s]	[l/s]	[l/s]		[%]	[mm]	[mm]	[mm]	[m/s]	[%]
T01	0	383.61	154.56	0	443.04	0	0	0	981.21	0.56	548.745	44.98	0.00	44.98	A	0.30%	1200x800	-	64	0.57	8%
T02	0	303.15	286.4	0	348	0	0	0	937.55	0.57	531.675	43.58	0.00	43.58	A	0.50%	315	296.6	149	1.25	50%
T03	0	167.39	264.65	0	165.32	0	0	0	597.36	0.59	350.771	28.75	0.00	28.75	A	0.50%	315	296.6	147	0.84	50%
T04	0	215.73	83.5	0	291.39	0	0	0	590.62	0.54	317.1045	25.99	28.75	54.75	A	0.50%	500	470.8	137	1.29	29%
T05	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00	0	0.00	127.08	127.08	A	0.30%	1200x800	-	128	0.84	16%



## COMUNE DI PISTOIA

Servizio Infrastrutture, Progetti Speciali e Mobilità – U.O.C. Progetti Speciali, Grandi Opere e Espropri  
Via XXVII aprile, 17 – 51100 Pistoia Tel. 0573/3711

A seguire invece la tabella riepilogativa del dimensionamento dei collettori e del volume potenzialmente invasabile.

*Tabella 3 – Tabella riepilogativa dimensionamento collettori.*

Area-Ramo	Dimensioni condotta	Lunghezza	Volume invasabile
[-]	[mm]	[m]	[m <sup>3</sup> ]
A-1	1200x800	38	36
C-2	DE250 - DE315	16 - 35	-
D-3	DE315	30	-
B-4	DE500	15	-
B-5	1200x800	16	15

Come si può osservare, la capacità di invaso dei collettori è maggiore del volume richiesto per la laminazione.

La verifica risulta pertanto soddisfatta.

La posa dei collettori avviene sotto la sede dei corselli stradali del parcheggio.

Lo scatolare lungo la linea 1 e 5, date le dimensioni, viene posato in trincee con scavo a scarpa, a sezione obbligata, tali da consentire la posa e l'intervento di operai specializzati per il montaggio delle guarnizioni di giunzione. I conci vengono posati su una soletta debolmente armata di spessore maggiore o uguale a 10 cm, con rete elettrosaldata almeno diam. 8 mm passo 20cm. I diversi conci dovranno poi essere assemblati mediante idonei mezzi tiratubi.



## 9 Descrizione dei recettori

Come è possibile evincere dalla Tav. “Fognatura di progetto”, il recettore principale della nuova fognatura risulta essere:

- La fognatura meteorica sotto Via Filippo Santi caratterizzata da un diametro di DN500;

In particolare viene conservato l’attuale scarico costituito dalla tubazione rilevata in sito che consente al fosso oggi esistente di recapitare in fognatura al fine di non intervenire direttamente sulla tubazione di scarico e quindi sulla viabilità esistente.

Lo scarico in fognatura quindi dovrà rispettare l’invarianza idraulica come descritta nei paragrafi precedenti. La quota di scorrimento della tubazione di scarico esistente è a 41.80 m slm. Immediatamente a monte verrà realizzata una cameretta di raccordo così da garantire un unico punto di scarico alle acque provenienti dal parcheggio e quelle provenienti dal fosso Nord regimentato e tombato.

## 10 Dimensionamento delle bocche tarate

La bocca tarata del pozzetto deve essere dimensionata in modo tale da rilasciare una portata compatibile con quella determinata da progetto. Come descritto nei capitoli precedenti, le portate allo scarico sono state individuate per un evento con TR30 e durata 5 minuti sulle condizioni dello stato ante-operam, al fine di non alterare le condizioni idrauliche e garantire allo scarico una portata moderata. Per il calcolo delle bocche tarate, in generale si ricorre alla seguente formulazione:

$$Q = \mu \cdot S \cdot \sqrt{2 \cdot g \cdot h}$$

dove:

- $\mu$  coeff. del tipo di sbocco (= 0,82 per tubo esterno; come nel caso in esame)
- $S$  sezione del tubo utilizzato, impiegandone una a sezione circolare
- $g$  accelerazione di gravità (9,80665 m/s<sup>2</sup>)
- $\Delta h$  distanza dal centro del tubo al pelo libero dell’acqua

Nella seguente tabella si riportano i calcoli effettuati, con il controllo che la portata effluente di progetto sia compatibile (i.e.: non maggiore) della portata dello stato attuale. Si ipotizza che il tubo della bocca tarata sia posto a circa 20 cm fondo della cameretta di recapito.

Tabella 4 – Bocche tarate.

Bacino	$\Delta H$ [m]	$\alpha$	Q [l/s]	Q [mc/s]	D calc [m]	D prog
LOTTO	0,7	0,82	35,0	0,035	0,121	<b>130 mm</b>

La bocca tarata è collocata nella cameretta C1.2 caratterizzate da una dimensione interna 2.50x2.50 m. All’interno è presente un setto in cui si colloca il foro con dimensioni di progetto. Quando il livello aumenta, quindi per eventi più intensi di quello di progetto, l’acqua sfiora alla sommità del setto e viene allontanata da una tubazione DE250 PEAD, con dimensioni maggiori della bocca tarata, con funzione di troppo pieno.