



# PROGETTO DI INVARIANZA IDRAULICA ED IDROLOGICA

Redatta ai sensi del R. R. 7/2017 e s.m.i.



COMUNE DI

PREGNANA MILANESE



**Geol. Alessandro Villa**

*Iscritto all'Ordine dei Geologi  
della Lombardia n. 1726*

**Geol. PhD. Michele Pantaleo**

*Iscritto all'Ordine dei Geologi  
della Lombardia n. 1848*

Servizi:

- Geologia
- Geotecnica
- Sondaggi
- Ambientale
- Dosimetria
- Due Diligence  
Tecnica
- Indagini in situ

**Riferimento Relazione: 20250203AV0R1-IDR**

**Sito: Via Gallarate – Via Sauro, Pregnana Milanese, MI**

**Committente: Archetics s.r.l.**

| Rev. | Descrizione     | Elaborato   | Verificato | Approvato   | Data       |
|------|-----------------|-------------|------------|-------------|------------|
| 00   | Prima emissione | M. Pantaleo | A. Villa   | M. Pantaleo | 18/03/2025 |

## INDICE

|   |    |
|---|----|
| 1. PREMESSA.....  | 3  |
| 2. INQUADRAMENTO .....  | 7  |
| 2.1. INQUADRAMENTO IDROGEOLOGICO DELL'AREA .....                                  | 7  |
| 2.2. VINCOLI.....   | 8  |
| 3. INVARIANZA IDRAULICA .....   | 10 |
| 3.1 VALUTAZIONE DEGLI AFFLUSSI METEORICI - CURVA POSSIBILITA' PLUVIOMETRICA ..... | 12 |
| 3.2 COMPARTO PRIVATO .....  | 16 |
| 3.2.1 ANALISI di PROGETTO con TEMPO di RITORNO di 50 ANNI.....                    | 17 |
| 3.2.2 ANALISI di PROGETTO con TEMPO di RITORNO di 100 ANNI.....                   | 18 |
| 3.2.3 DEFINIZIONE DEL SISTEMA DI LAMINAZIONE .....                                | 19 |
| 3.3 COMPARTO PUBBLICO .....   | 21 |
| 3.3.1 ANALISI di PROGETTO con TEMPO di RITORNO di 50 ANNI.....                    | 23 |
| 3.3.2 ANALISI di PROGETTO con TEMPO di RITORNO di 100 ANNI.....                   | 24 |
| 3.3.3 DEFINIZIONE DEL SISTEMA DI LAMINAZIONE .....                                | 25 |
| 4. DIMENSIONAMENTO DELLA CONDOTTA di RACCOLTA DEI PLUVIALI .....                  | 26 |
| 5. PIANO DI MANUTENZIONE.....   | 28 |
| 6. CONCLUSIONI .....  | 30 |
| ALLEGATO 1 .....  | 34 |

## 1. PREMESSA

La presente relazione di invarianza idraulica e idrologica è redatta su incarico di Archetics per conto di Greenforlife Buildings s.r.l. nell'ambito degli interventi relativi al Piano Attuativo in Pregnana Milanese (Mi) presso via Gallarate - via Sauro. Il sito è censito al foglio 3, mappali 52 e 149 del comune di Pregnana Milanese (Figura 1).

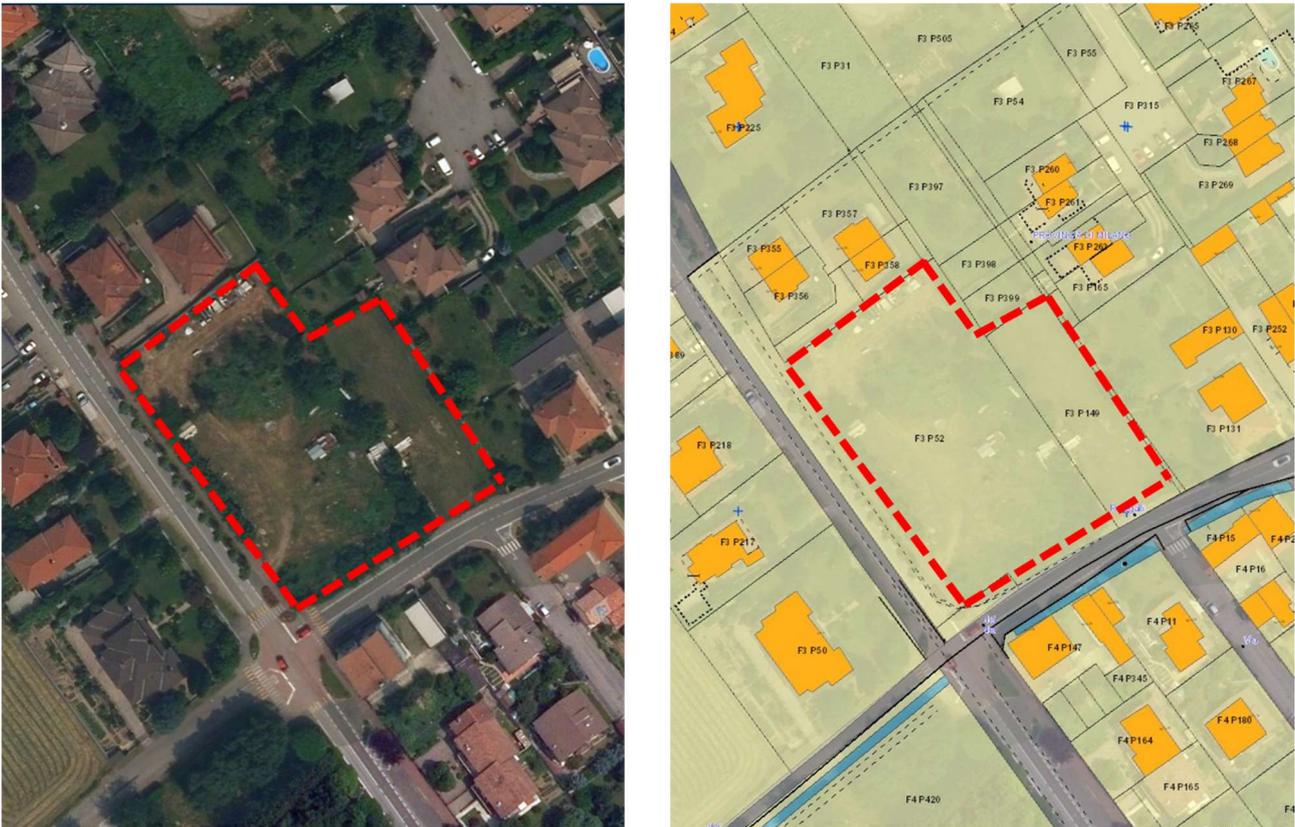
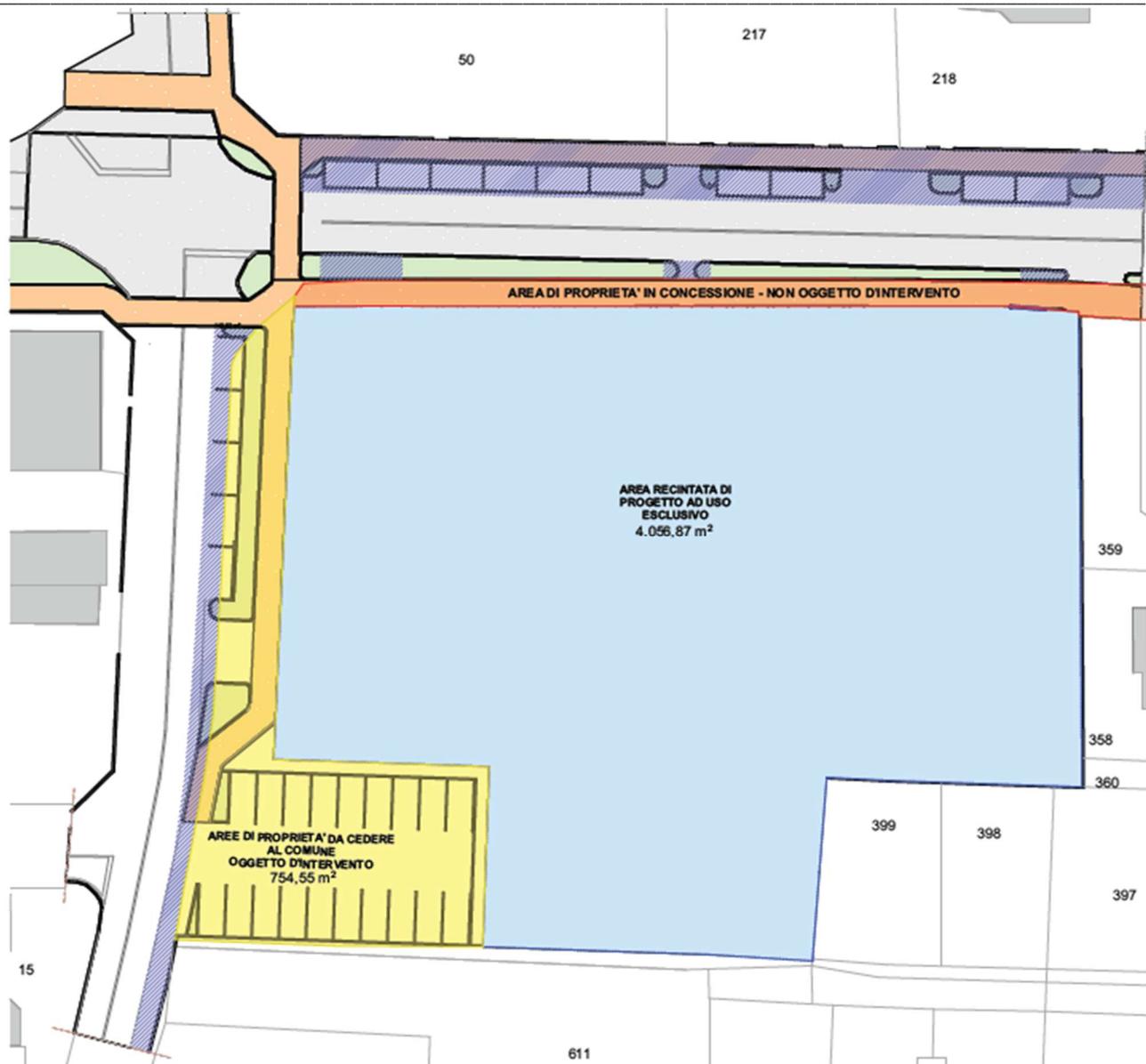


Fig. 1: identificazione dell'area oggetto degli interventi, perimetro in rosso.

Lo stato di fatto dei luoghi consiste di terreni incolti (Figura 1) mentre il progetto, sviluppato nell'ambito del Piano Attuativo, prevede che l'area sia scorporata nel seguente modo:

- Una porzione privata su cui verranno realizzate n° 2 palazzine con relativi box, aree verdi di proprietà e cortile condominiale (Figura 2 e 3);
- Una porzione che sarà ceduta al Comune di Pregnana Milanese su cui verranno realizzate una pista ciclabile, aiuole ed un parcheggio pubblico, saranno inoltre ammodernati gli stalli adiacenti alla sede stradale (Figura 2 e 3).

Nella presente relazione le analisi e le risultanze dell'analisi di invarianza idraulica ed idrologica dei due comparti, quello privato e quello pubblico, verranno presentati separatamente.



**LEGENDA**

- AREA RECINTATA DI PROGETTO AD USO ESCLUSIVO
- AREA DI PROPRIETA' DA CEDERE AL COMUNE - NON OGGETTO D'INTERVENTO
- AREE DI PROPRIETA' DA CEDERE AL COMUNE - OGGETTO DI URBANIZZAZIONE
- AREE PUBBLICHE OGGETTO DI URBANIZZAZIONE

Fig. 2: dettaglio dello scorporo dell'area oggetto di intervento

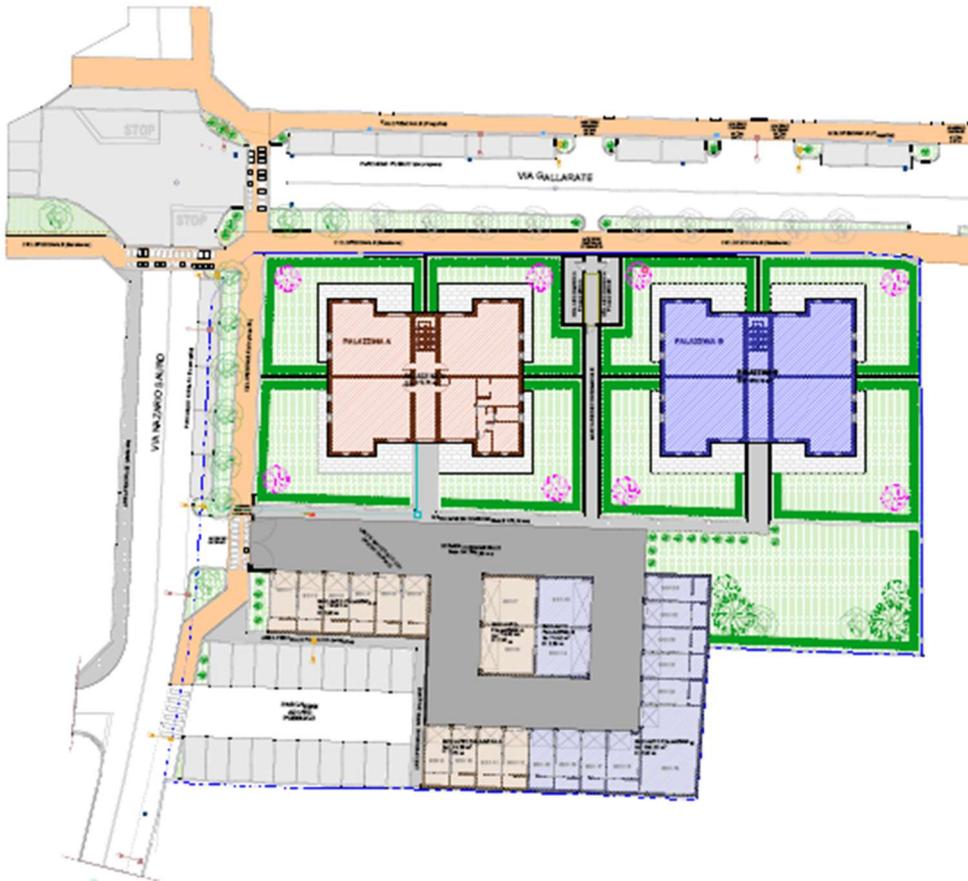


Fig. 3: confronto della planimetria tra stato di fatto (in alto) e progetto (in basso).

Si premette quanto segue:

- La presente relazione di invarianza idraulica è redatta ai sensi della R.R. del 23 novembre 2017 n. 7 e s.m.i.
- Il presente elaborato tecnico sviluppa i punti previsti alla lettera a) dell'Art. 10;
- Le misure di invarianza idraulica ed idrologica verranno applicate alla superficie che risulta pari a 4056.87 m<sup>2</sup> per il comparto privato e 754.55 m<sup>2</sup> per il comparto pubblico;
- Lo svuotamento dell'invaso di ciascun comparto avverrà secondo quanto indicato dall'art. 11 comma 2 lettere f e g della normativa;
- Il tempo di ritorno delle opere realizzate per ciascun comparto per garantire l'invarianza, come previsto dall'art. 11 comma 2 del R.R. è di 50 anni per il dimensionamento e 100 anni per la verifica dei franchi di sicurezza.

Il regolamento regionale inserisce il comune di Pregnana Milanese tra i comuni ad alta criticità idraulica (area A) ai sensi dell'Art. 7 allegato C.

In considerazione del fatto che l'area su cui insiste il progetto ricade interamente in un'area caratterizzata da vincolo idrogeologico, Figura 4, corrispondente alla zona di rispetto (raggio di 200 m identificato con criterio geometrico) di n° 2 pozzi pubblici ad uso potabile ubicati in via Gallarate n. 3 (ID 0151790003) e 4/1 – 4/2 (ID 0151790004 – 0151790005), il presente progetto di invarianza idraulica e idrologica esclude opere di infiltrazione delle acque provenienti dai tetti/coperture degli edifici e dalle superfici carrabili. Il progetto di invarianza consisterà nella raccolta di tali acque in apposita vasca e nella successiva adduzione alla rete fognaria secondo la portata opportunamente calcolata in accordo alla vigente normativa.



Fig. 4: estratto della Tavola "Caratteri Idrogeologici" – Componente geologica, idrogeologica e sismica Variante 2021 – Pregnana Milanese. Relazione spaziale tra l'area oggetto di studio (aggiunta sulla tavola come poligono con perimetro in linea tratteggiata nera) e le zone di rispetto (circoli in rosso).

Per il progetto in esame si posizionerà il sistema di laminazione, non disperdente, al di sotto del manto stradale, sia per il comparto privato che per il comparto pubblico, garantendo uno spessore di copertura che assicuri la capacità portante del pacchetto stradale, spessore che preliminarmente può essere valutato in 60 cm.

## 2. INQUADRAMENTO

### 2.1. INQUADRAMENTO IDROGEOLOGICO DELL'AREA

Il sito si trova nel Comune di Pregnana Milanese, in via Gallarate incrocio via Sauro, ed appartiene all'estremità nord-occidentale della provincia di Milano. Ai fini dello studio di invarianza idraulica è di fondamentale importanza definire le condizioni idrogeologiche del sito sia in termini di soggiacenza che di vulnerabilità.

Nel territorio comunale la struttura idrografica è stata ricostruita attraverso l'interpretazione dei dati di pozzo permettendo di riconoscere la distribuzione orizzontale e verticale dei corpi litologici. Dall'alto verso il basso sono stati riconosciuti:

- Gruppo Acquifero A: E' presente con continuità in tutto il territorio ed è costituito da depositi di ambiente continentale in facies fluvioglaciale/fluviatile di tipo braided. Secondo il PTUA2016 tale gruppo acquifero è costitutivo dell'Idrostruttura Sotterranea Superficiale (ISS). I litotipi prevalenti sono quelli ghiaioso-sabbiosi con ciottoli e subordinate intercalazioni anche plurimetriche, ma lateralmente discontinue, di limi-argillosi. Lo spessore complessivo varia da 50 a 80 m. L'unità è sede dell'acquifero superiore che si differenzia in una porzione superficiale libera idrogeologicamente in comunicazione diretta con la superficie (A1), da una più profonda semiconfinata e confinata (A2); è tradizionalmente captata dai pozzi di captazione a scopo idropotabile di vecchia realizzazione e da pozzi privati ed è caratterizzata da soggiacenze comprese tra 2 e 6 m. La differenziazione A1 A2 è distinguibile nel territorio a sud di Pregnana Milanese (Bareggio) in ambito di media pianura.
- Gruppo Acquifero B: E' presente con continuità in tutto il territorio ed è costituito da depositi di ambiente continentale in facies fluvioglaciale/fluviatile di tipo braided. Secondo il PTUA2016 tale gruppo acquifero è costitutivo dell'Idrostruttura Sotterranea Superficiale (ISS). I litotipi prevalenti sono sabbie e sabbie fini localmente ghiaiosi, subordinati sono presenti livelli plurimetrici di argille ed argille limose con torbe. Lo spessore medio è di circa 40 m. Questa unità è sede dell'acquifero superiore superiore con carattere da semiconfinato a confinato, tradizionalmente captata dai pozzi di captazione a scopo idropotabile più profondi.
- Gruppo Acquifero C: E' presente con continuità in tutto il territorio ed è costituito da depositi in facies continentale/transizionale deltizia. Litologicamente è caratterizzato da sabbie da fini a medie ed argille limose con orizzonti torbosi a cui si intercalano livelli ghiaioso-sabbiosi. Nei livelli più grossolani e permeabili sono presenti falde di tipo confinato.

La falda freatica superficiale ha un andamento radiale debolmente convergente e le linee di flusso sono prevalentemente orientate nord-sud con un gradiente idraulico di circa 0.5 – 0.6 % (Figura 5).

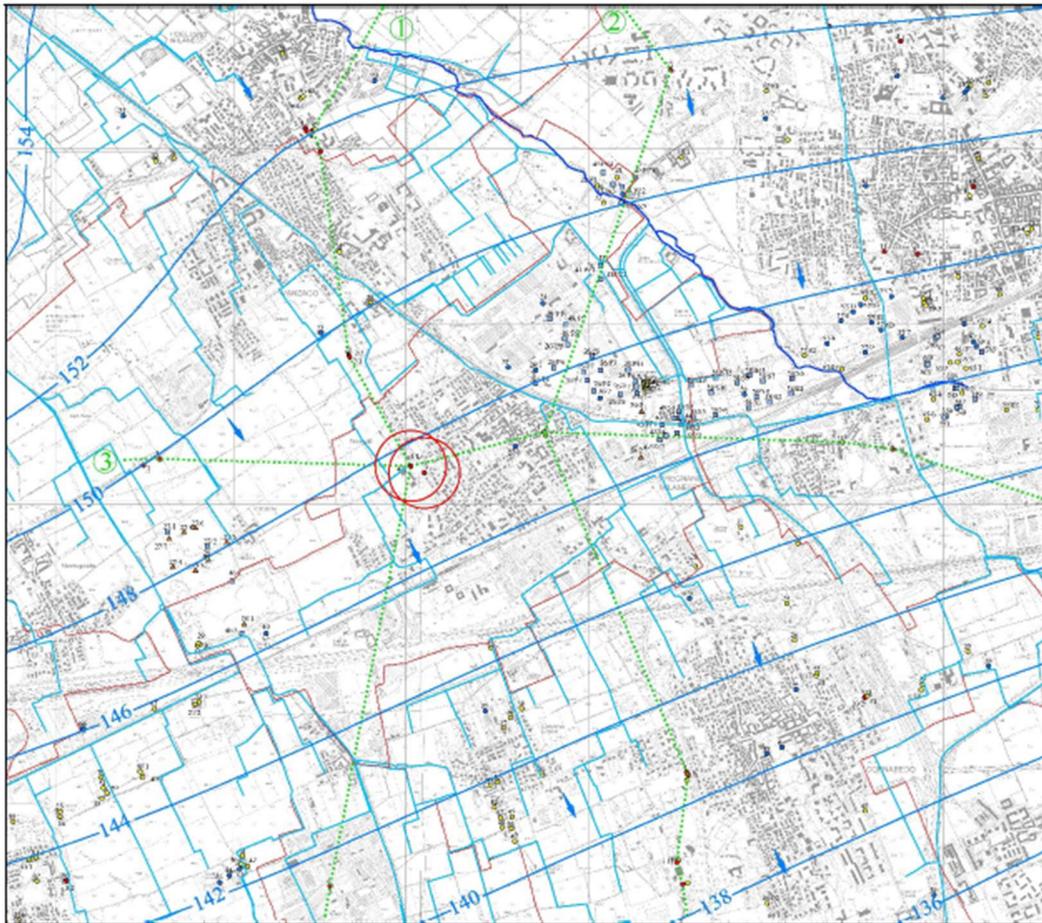
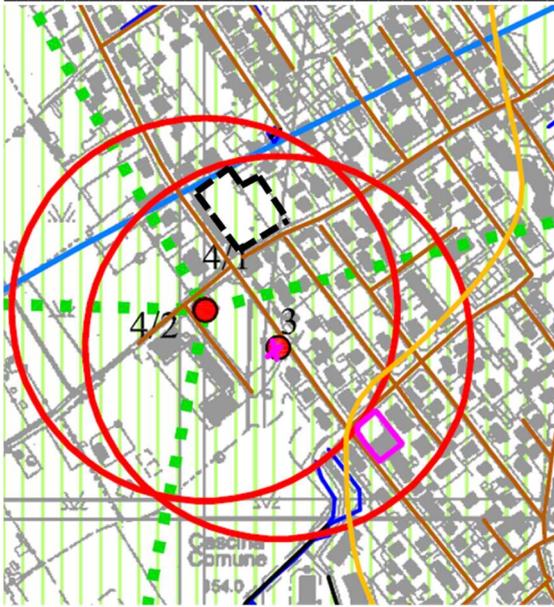


Fig. 5: Inquadramento idrogeologico –PGT Pregnana Milanese, Tav DP\_d1.3

I dati piezometrici del 2014 indicano una quota della falda pari a 148 m s.l.m. in prossimità del sito, ossia una soggiacenza di circa 7.6 m, considerando una quota di 155.6 m indicata sulla CTR B6A1 Rho.

## 2.2. VINCOLI

Come anticipato, l'area oggetto di studio si trova all'interno della zona di rispetto dei pozzi ad uso potabile identificati come 0151790003, 0151790004 e 0151790005, ubicati in via Gallarate n. 3 e 4/1 – 4/2, ed appartiene ad un ambito idrogeologico caratterizzato da elevata vulnerabilità degli acquiferi della Figura 6.



**PRINCIPALI SOGGETTI AD INQUINAMENTO**

- 2 Pozzi pubblici
- 24/4 Pozzi privati

**PREVENTORI E/O RIDUTTORI DELL'INQUINAMENTO**

- Zona di Rispetto dei pozzi ad uso potabile con criterio geometrico (raggio = 200m - D.Lgs. 152/06, D.G.R. n.6/15137/96, D.G.R. 7/12693/03)

| GRADO DI VULNERABILITA' |   |   |   |   |    | CARATTERISTICHE DEGLI ACQUIFERI   |
|-------------------------|---|---|---|---|----|---|
| Ee                      | E | A | M | B | BB |   |
|                         |   |   |   |   |    | Acquifero di tipo libero in materiale alluvionale in corrispondenza dei depositi fluviali dell'Unità Postglaciale, privi di copertura superficiale. Corso d'acqua (F. Olona) in rapporto di alimentazione/drenaggio. Soggiacenza da < 5 m a 7 m |
|                         |   |   |   |   |    | Acquifero libero in materiale alluvionale con locali sequenze sommitali limoso-sabbiose di ridotto spessore (< 1 m), in corrispondenza dei depositi fluvioglaciali poco alterati del Sintema di Cantù. Soggiacenza da < 5 m a 7/8 m da p.c.     |
|                         |   |   |   |   |    | Acquifero libero in materiali alluvionali con locali sequenze sommitali limoso-sabbiose di ridotto spessore (1-1.5 m) in corrispondenza dei depositi fluvioglaciali da poco a mediamente alterati dell'Unità di Minoprio. Soggiacenza < 10 m    |

EE:estremamente elevato E:elevato A:alto M:medio B:basso BB:molto basso

Fig. 6: estratto della Tavola "Caratteri Idrogeologici" – Componente geologica, idrogeologica e sismica Variante 2021 – Pregnana Milanese. Identificazione dei pozzi pubblici, loro zona di rispetto, caratteristica di vulnerabilità dell'acquifero e posizione dell'area di progetto (aggiunta sulla tavola con perimetro in linea tratteggiata nera).

In accordo alla normativa vigente, art. 94 del D.Lgs 152/06 lettera *d* ed *m*, nelle zone di rispetto dei pozzi ad uso idropotabile è vietata la dispersione nel sottosuolo delle acque meteoriche provenienti da piazzali e strade, oltre che la costruzione di pozzi perdenti ...".

In considerazione degli elementi sopra esposti, per il presente progetto si è optato di evitare la dispersione delle acque nel sottosuolo e quindi di procedere con il loro invaso e scarico nella

fognatura pubblica. In base alle informazioni raccolte (Carta della Pericolosità Idraulica – novembre 2021, Figura 7) la rete fognaria in via Gallarate ed in via Sauro è di tipo misto.



Fig. 7: estratto della Tavola 1A “Carta della Pericolosità Idraulica” – Studio Comunale di Gestione del rischio Idraulico, novembre 2022. Il poligono rosso indica l’area del progetto.

Allo stato delle conoscenze attuali ed in considerazione del fatto che la presente relazione è redatta in forma di progetto preliminare da allegare al piano attuativo, non si prevede di eseguire alcuna separazione delle acque di prima pioggia poiché il ricettore finale degli invasi di laminazione è la fognatura, acque miste; eventuali modifiche del progetto potranno essere apportate successivamente alla luce di nuove e diverse informazioni.

### 3. INVARIANZA IDRAULICA

Con il Regolamento Regionale n. 7/2017 la gestione delle acque pluviali si orientata verso opere che permettano una laminazione localizzata e diffusa sul territorio, un’eventuale depurazione delle acque di pioggia con sistemi naturali e il loro successivo riuso o dispersione nel suolo, nell’ottica di far confluire nei corsi d’acqua e nelle falde parte della precipitazione meteorica, opportunamente controllata nella qualità, per contribuire al mantenimento dell’equilibrio idrologico e aumentare la biodiversità anche in ambito urbano.

Tale gestione delle acque meteoriche si concretizza principalmente nell'applicazione del principio dell'invarianza idraulica e idrologica, che sancisce come la portata al colmo di piena, risultante dal drenaggio di un'area, debba essere costante prima e dopo la trasformazione d'uso del suolo in quell'area.

Di fatto l'unico modo per garantire l'invarianza idraulica e idrologica delle trasformazioni urbanistiche consiste nel prevedere volumi di stoccaggio temporaneo dei deflussi che compensino, mediante una laminazione, l'accelerazione degli apporti d'acqua e la riduzione dell'infiltrazione, che sono un effetto inevitabile di ogni trasformazione d'uso del suolo da non urbanizzato ad urbanizzato.

Trasformando l'uso del suolo si realizza infatti una diminuzione complessiva dei volumi dei piccoli invasi, ovvero di tutti i volumi che le precipitazioni devono riempire prima della formazione dei deflussi; nei terreni "naturali" i piccoli invasi sono costituiti dalle irregolarità della superficie e da tutti gli spazi delimitati da ostacoli casuali, che consentono l'accumulo dell'acqua. Sotto determinate condizioni, la presenza stessa di un battente d'acqua sulla superficie (anche dell'ordine di pochi mm) durante il deflusso costituisce un invaso che può avere effetti non trascurabili dal punto di vista idrologico. L'impermeabilizzazione delle superfici a seguito di un'urbanizzazione contribuisce in modo determinante all'incremento del coefficiente di deflusso (la percentuale di pioggia netta che giunge in deflusso superficiale) e all'aumento conseguente del coefficiente udometrico (la portata per unità di superficie drenata).

L'impermeabilizzazione del suolo, oltre a generare un rilevante aumento dei volumi di deflusso e delle relative portate al picco, complice anche la diminuzione dei tempi di corrivazione, aumenta l'aliquota del deflusso superficiale, a spese dell'evaporazione e della ricarica delle falde.

Le misure finalizzate all'applicazione del principio di invarianza idraulica e idrologica sono, in ordine decrescente di priorità:

- il riuso dei volumi stoccati, in funzione dei vincoli di qualità e delle effettive possibilità, quali innaffiamento di giardini, acque grigie e lavaggio di pavimentazioni e auto.
- l'infiltrazione nel suolo o negli strati superficiali del sottosuolo, compatibilmente con le caratteristiche pedologiche del suolo e idrogeologiche del sottosuolo, con le normative ambientali e sanitarie e con le pertinenti indicazioni contenute nella componente geologica, idrogeologica e sismica del Piano di Governo del Territorio (PGT) comunale.
- lo scarico in corpo idrico superficiale naturale o artificiale, con i limiti di portata di cui all'articolo 8 del R.R. 7/2017.
- lo scarico in fognatura, con i limiti di portata di cui all'articolo 8.
- Gli scarichi nel ricettore sono limitati mediante l'adozione di interventi atti a contenere l'entità delle portate scaricate entro valori compatibili con la capacità idraulica del ricettore stesso e comunque entro i seguenti valori massimi ammissibili (ulim):
- per le aree A di cui al comma 3 dell'articolo 7: 10 l/s per ettaro di superficie scolante impermeabile dell'intervento;
- per le aree B di cui al comma 3 dell'articolo 7: 20 l/s per ettaro di superficie scolante impermeabile dell'intervento;

- per le aree C di cui al comma 3 dell'articolo 7: 20 l/s per ettaro di superficie scolante impermeabile dell'intervento.

Il gestore del ricettore può imporre limiti più restrittivi di quelli di cui al comma 1, qualora sia limitata la capacità idraulica del ricettore stesso ovvero ai fini della funzionalità del sistema di raccolta e depurazione delle acque reflue.

### 3.1 VALUTAZIONE DEGLI AFFLUSSI METEORICI - CURVA POSSIBILITA' PLUVIOMETRICA

I parametri pluviometrici del sito in oggetto sono stati ricavati utilizzando l'interfaccia web Sistema Informativo Idrologico (SIDRO) di ARPA Lombardia (Figura 8).

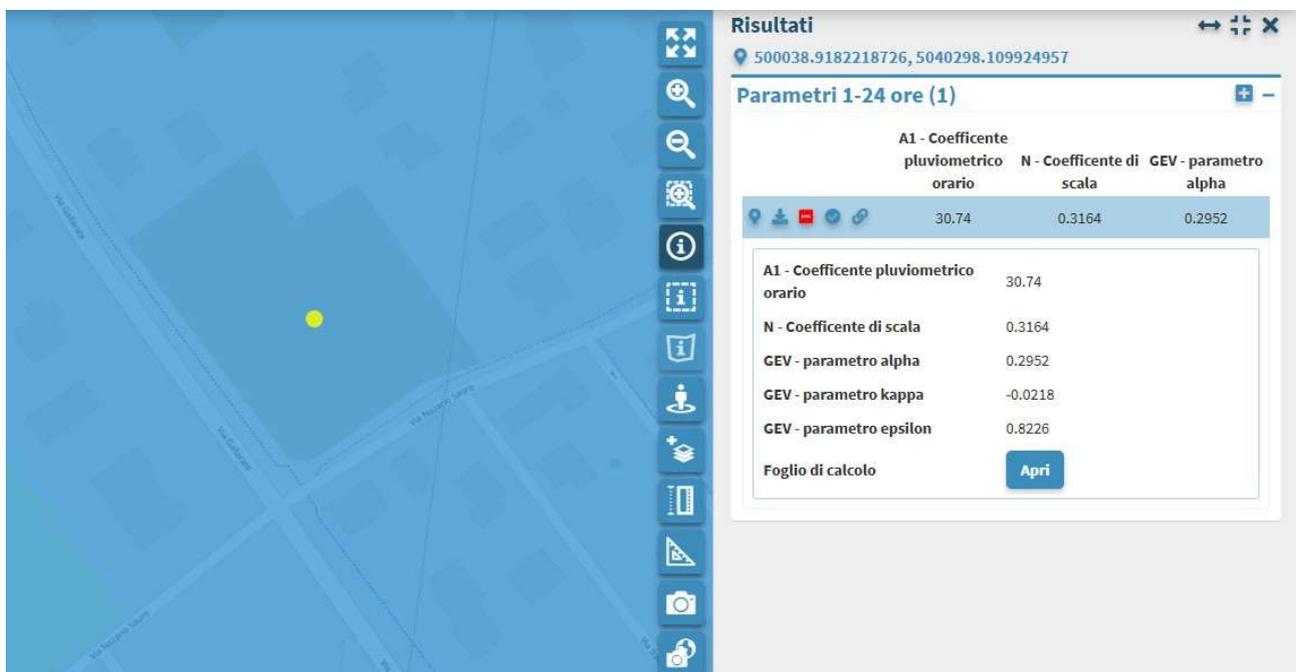


Fig. 8 parametri pluviometrici del sito (circolo giallo) estratti dal servizio SIDRO di ARPA Lombardia.

Come definito all'Art. 11 comma 2 lett. A) del punto 2, gli eventi meteorici previsti per l'area in esame assoggettata alle verifiche di invarianza idraulica, sono stati quantificati con l'ausilio della curva di possibilità pluviometrica (C.P.P.) caratteristica del sito in esame, fornita da ARPA e disponibile sul sito del Portale Idrologico Geografico della Lombardia.

Le suddette curve segnalatrici sono uno strumento che consente di determinare le altezze della pioggia per ogni durata e per diversi tempi di ritorno T (numero di anni in cui mediamente viene superata l'altezza di pioggia alla relativa durata).

Le C.P.P. sono rappresentate dalla seguente funzione:

$$hT_{(t)} = a * t^n$$



dove:

- $t$  = durata di pioggia;
- $h_T(t)$  = altezza di pioggia di durata “ $t$ ” per il tempo di ritorno  $T$  in mm;
- $a, n$ =parametri costanti della curva di possibilità pluviometrica (C.P.P.) per il tempo di ritorno  $T_r$ .

Di seguito si riportano le curve segnalatrici (Figure 9 e 10) ed i relativi parametri d’ingresso utilizzati per la costruzione della Curva di possibilità pluviometrica (C.P.P.) per l’ambito in esame.



### Calcolo della linea segnatrice 1-24 ore

Località: Via Gallarate - Via Sauro, Pregnana M.se

Coordinate: 500038,918 - 5040298,109

Linea segnatrice

Tempo di ritorno (anni) 50

Parametri ricavati da: <http://idro.arpalombardia.it>

A1 - Coefficiente pluviometrico orario 30,74

N - Coefficiente di scala 0,3164

GEV - parametro alpha 0,2953

GEV - parametro kappa -0,0218

GEV - parametro epsilon 0,8226

Evento pluviometrico

Durata dell'evento [ore]

Precipitazione cumulata [mm]

Formulazione analitica

$$h_T(D) = a_1 w_T D^n$$

$$w_T = \varepsilon + \frac{\alpha}{k} \left\{ 1 - \left[ \ln \left( \frac{T}{T-1} \right) \right]^k \right\}$$

Bibliografia ARPA Lombardia:

<http://idro.arpalombardia.it/manua/Disso.pdf>

[http://idro.arpalombardia.it/manua/STRADA\\_report.pdf](http://idro.arpalombardia.it/manua/STRADA_report.pdf)

#### Tabella delle precipitazioni previste al variare delle durate e dei tempi di ritorno

| Tr           | 2         | 5         | 10         | 20         | 50         | 100         | 200         | 50         |
|--------------|-----------|-----------|------------|------------|------------|-------------|-------------|------------|
| WT           | 0,93126   | 1,27285   | 1,50370    | 1,72872    | 2,02527    | 2,25147     | 2,48030     | 2,02526825 |
| Durata (ore) | TR 2 anni | TR 5 anni | TR 10 anni | TR 20 anni | TR 50 anni | TR 100 anni | TR 200 anni | TR 50 anni |
| 1            | 28,6      | 39,1      | 46,2       | 53,1       | 62,3       | 69,2        | 76,2        | 62,2567459 |
| 2            | 35,6      | 48,7      | 57,6       | 66,2       | 77,5       | 86,2        | 94,9        | 77,52331   |
| 3            | 40,5      | 55,4      | 65,4       | 75,2       | 88,1       | 98,0        | 107,9       | 88,1348322 |
| 4            | 44,4      | 60,7      | 71,7       | 82,4       | 96,5       | 107,3       | 118,2       | 96,5335323 |
| 5            | 47,6      | 65,1      | 76,9       | 88,4       | 103,6      | 115,2       | 126,9       | 103,595413 |
| 6            | 50,5      | 69,0      | 81,5       | 93,7       | 109,7      | 122,0       | 134,4       | 109,747206 |
| 7            | 53,0      | 72,4      | 85,6       | 98,4       | 115,2      | 128,1       | 141,1       | 115,23262  |
| 8            | 55,3      | 75,5      | 89,2       | 102,6      | 120,2      | 133,6       | 147,2       | 120,205431 |
| 9            | 57,4      | 78,4      | 92,6       | 106,5      | 124,8      | 138,7       | 152,8       | 124,76959  |
| 10           | 59,3      | 81,1      | 95,8       | 110,1      | 129,0      | 143,4       | 158,0       | 128,999022 |
| 11           | 61,1      | 83,6      | 98,7       | 113,5      | 132,9      | 147,8       | 162,8       | 132,948384 |
| 12           | 62,8      | 85,9      | 101,5      | 116,6      | 136,7      | 151,9       | 167,4       | 136,659354 |
| 13           | 64,5      | 88,1      | 104,1      | 119,6      | 140,2      | 155,8       | 171,7       | 140,16452  |
| 14           | 66,0      | 90,2      | 106,5      | 122,5      | 143,5      | 159,5       | 175,7       | 143,489898 |
| 15           | 67,4      | 92,2      | 108,9      | 125,2      | 146,7      | 163,0       | 179,6       | 146,656627 |
| 16           | 68,8      | 94,1      | 111,1      | 127,8      | 149,7      | 166,4       | 183,3       | 149,682139 |
| 17           | 70,2      | 95,9      | 113,3      | 130,2      | 152,6      | 169,6       | 186,9       | 152,581    |
| 18           | 71,4      | 97,6      | 115,4      | 132,6      | 155,4      | 172,7       | 190,3       | 155,365518 |
| 19           | 72,7      | 99,3      | 117,3      | 134,9      | 158,0      | 175,7       | 193,6       | 158,046199 |
| 20           | 73,9      | 101,0     | 119,3      | 137,1      | 160,6      | 178,6       | 196,7       | 160,632089 |
| 21           | 75,0      | 102,5     | 121,1      | 139,2      | 163,1      | 181,4       | 199,8       | 163,131039 |
| 22           | 76,1      | 104,0     | 122,9      | 141,3      | 165,5      | 184,0       | 202,7       | 165,549912 |
| 23           | 77,2      | 105,5     | 124,7      | 143,3      | 167,9      | 186,6       | 205,6       | 167,894745 |
| 24           | 78,2      | 107,0     | 126,3      | 145,3      | 170,2      | 189,2       | 208,4       | 170,170884 |

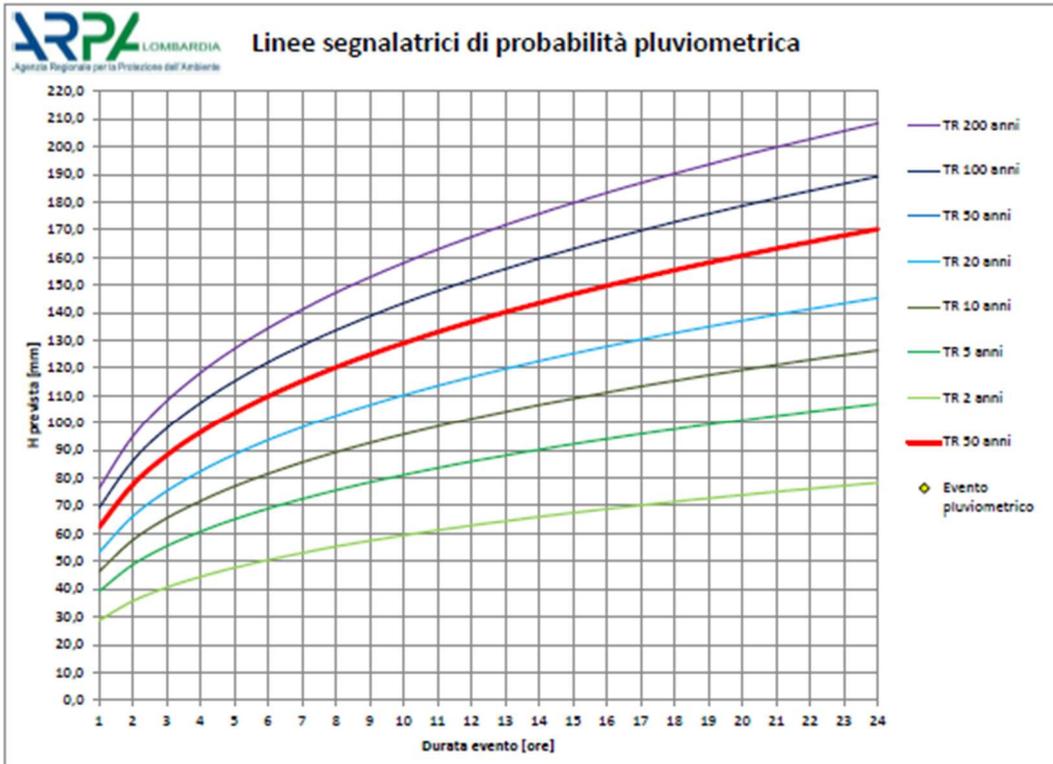


Fig. 9: Linee Segnatrici ARPA Lombardia Tr 50 anni



### Calcolo della linea segnatrice 1-24 ore

Località: Via Gallarate - Via Sauro , Pregnana M.se

Coordinate: 500038,918 - 5040298,109

Linea segnatrice

Tempo di ritorno (anni) **100**

Parametri ricavati da: <http://idro.arpalombardia.it>

A1 - Coefficiente pluviometrico orario 30,74

N - Coefficiente di scala 0,3164

GEV - parametro alpha 0,2953

GEV - parametro kappa -0,0218

GEV - parametro epsilon 0,8226

Evento pluviometrico

Durata dell'evento [ore]

Precipitazione cumulata [mm]

Formulazione analitica

$$h_T(D) = a_1 w_T D^n$$

$$w_T = \varepsilon + \frac{\alpha}{k} \left[ 1 - \left[ \ln \left( \frac{T}{T-1} \right) \right]^k \right]$$

Bibliografia ARPA Lombardia:

<http://idro.arpalombardia.it/menus/0imp.pdf>

[http://idro.arpalombardia.it/menus/5STRADA\\_resort.pdf](http://idro.arpalombardia.it/menus/5STRADA_resort.pdf)

#### Tabella delle precipitazioni previste al variare delle durate e dei tempi di ritorno

| Tr           | 2         | 5         | 10         | 20         | 50         | 100         | 200         | 100         |
|--------------|-----------|-----------|------------|------------|------------|-------------|-------------|-------------|
| wT           | 0,93126   | 1,27285   | 1,50370    | 1,72872    | 2,02527    | 2,25147     | 2,48030     | 2,25147279  |
| Durata (ore) | TR 2 anni | TR 5 anni | TR 10 anni | TR 20 anni | TR 50 anni | TR 100 anni | TR 200 anni | TR 100 anni |
| 1            | 28,6      | 39,1      | 46,2       | 53,1       | 62,3       | 69,2        | 76,2        | 69,2102736  |
| 2            | 35,6      | 48,7      | 57,6       | 66,2       | 77,5       | 86,2        | 94,9        | 86,1819778  |
| 3            | 40,5      | 55,4      | 65,4       | 75,2       | 88,1       | 98,0        | 107,9       | 97,9787131  |
| 4            | 44,4      | 60,7      | 71,7       | 82,4       | 96,5       | 107,3       | 118,2       | 107,315474  |
| 5            | 47,6      | 65,1      | 76,9       | 88,4       | 103,6      | 115,2       | 126,9       | 115,166104  |
| 6            | 50,5      | 69,0      | 81,5       | 93,7       | 109,7      | 122,0       | 134,4       | 122,004998  |
| 7            | 53,0      | 72,4      | 85,6       | 98,4       | 115,2      | 128,1       | 141,1       | 128,103084  |
| 8            | 55,3      | 75,5      | 89,2       | 102,6      | 120,2      | 133,6       | 147,2       | 133,631314  |
| 9            | 57,4      | 78,4      | 92,6       | 106,5      | 124,8      | 138,7       | 152,8       | 138,705249  |
| 10           | 59,3      | 81,1      | 95,8       | 110,1      | 129,0      | 143,4       | 158,0       | 143,407071  |
| 11           | 61,1      | 83,6      | 98,7       | 113,5      | 132,9      | 147,8       | 162,8       | 147,797542  |
| 12           | 62,8      | 85,9      | 101,5      | 116,6      | 136,7      | 151,9       | 167,4       | 151,922995  |
| 13           | 64,5      | 88,1      | 104,1      | 119,6      | 140,2      | 155,8       | 171,7       | 155,819657  |
| 14           | 66,0      | 90,2      | 106,5      | 122,5      | 143,5      | 159,5       | 175,7       | 159,51645   |
| 15           | 67,4      | 92,2      | 108,9      | 125,2      | 146,7      | 163,0       | 179,6       | 163,036874  |
| 16           | 68,8      | 94,1      | 111,1      | 127,8      | 149,7      | 166,4       | 183,3       | 166,400309  |
| 17           | 70,2      | 95,9      | 113,3      | 130,2      | 152,6      | 169,6       | 186,9       | 169,622947  |
| 18           | 71,4      | 97,6      | 115,4      | 132,6      | 155,4      | 172,7       | 190,3       | 172,718472  |
| 19           | 72,7      | 99,3      | 117,3      | 134,9      | 158,0      | 175,7       | 193,6       | 175,698561  |
| 20           | 73,9      | 101,0     | 119,3      | 137,1      | 160,6      | 178,6       | 196,7       | 178,573272  |
| 21           | 75,0      | 102,5     | 121,1      | 139,2      | 163,1      | 181,4       | 199,8       | 181,351332  |
| 22           | 76,1      | 104,0     | 122,9      | 141,3      | 165,5      | 184,0       | 202,7       | 184,040372  |
| 23           | 77,2      | 105,5     | 124,7      | 143,3      | 167,9      | 186,6       | 205,6       | 186,647103  |
| 24           | 78,2      | 107,0     | 126,3      | 145,3      | 170,2      | 189,2       | 208,4       | 189,177466  |

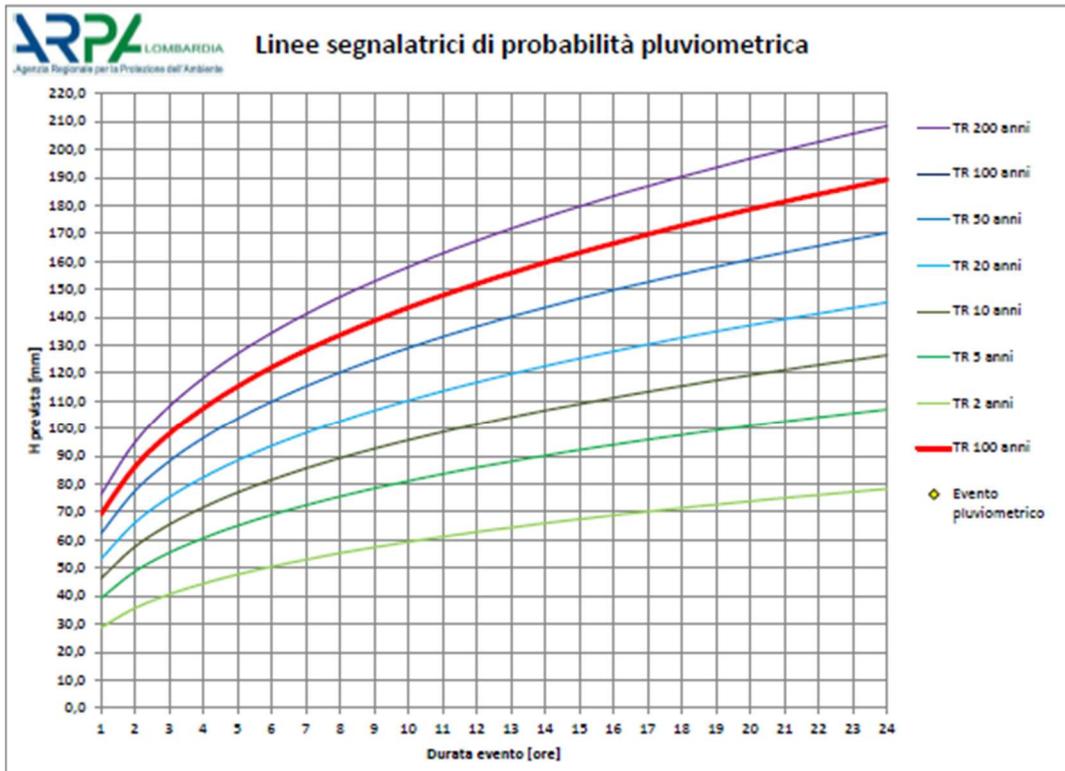


Fig. 10: Linee Segnatrici ARPA Lombardia Tr 100 anni

### 3.2 COMPARTO PRIVATO

La superficie complessiva del lotto di intervento (S) è pari a 4056.87 m<sup>2</sup>, gli interventi previsti da progetto sono rappresentati da:

- 2347.45 m<sup>2</sup> di superficie totalmente impermeabile, tetti e coperture box;
- 207.27 m<sup>2</sup> di area semipermeabili, rappresentate da pavimentazioni discontinue per marciapiedi ed isole ecologiche;
- 1502.15 m<sup>2</sup> di area verdi;

I coefficienti di deflusso standard utilizzati per il calcolo del deflusso equivalente sono quelli indicati all' art. 11 della R.R. punto d), di seguito elencati:

- $\phi = 1$  per superfici impermeabili (tetti, coperture e pavimentazioni continue di strade, vialetti, parcheggi);
- $\phi = 0,7$  per superfici semi permeabili (tetti verdi, i giardini pensili e le aree verdi sovrapposti a solette comunque costituite, per le aree destinate all'infiltrazione delle acque gestite ai sensi del presente regolamento e per le pavimentazioni discontinue drenanti o semipermeabili di strade, vialetti, parcheggi);
- $\phi = 0,3$  per le sotto-aree permeabili di qualsiasi tipo, comprese le aree verdi munite di sistemi di raccolta e collettamento delle acque ed escludendo dal computo le superfici incolte e quelle di uso agricolo.

Applicando i coefficienti alle aree in esame è possibile ricavare la superficie impermeabile equivalente (Tab. 1), la quale sarà utilizzata per tutti calcoli previsti dalla normativa:

| TIPOLOGIA DI SUPERFICIE                         | COEFF. DEFLUSSO (ART. 11 d) | AREA (m2) | AREA EQUIVALENTE (m2) |
|---|-----------------------------|-----------|-----------------------|
| IMPERMEABILI                                    | 1                           | 2347,45   | 2347,45               |
| SEMI PERMEABILI                                 | 0,7                         | 207,27    | 145,09                |
| PERMEABILI                                      | 0,3                         | 1502,15   | 450,65                |
| SUPERFICIE IMPERMEABILE EQUIVALENTE (m2)        |                             |           | 2943,18               |
| SUPERFICIE IMPERMEABILE EQUIVALENTE (ha)        |                             |           | 0,294                 |
| <b>COEFFICIENTE DI DEFLUSSO MEDIO PONDERALE</b> |                             |           | 0,725                 |

*Tabella1: Calcolo area equivalente - Art. 11 del R.R.*

Mediante il rapporto tra la superficie impermeabile equivalente e la superficie di intervento si ottiene il valore del coefficiente di deflusso medio ponderale ( $\phi$ ) di 0.725, che per sicurezza è arrotondato a 0.75.

In base all'estensione S dell'intervento (4056.87 m<sup>2</sup>) ed al valore del coefficiente di deflusso medio ponderale (0.75), l'intervento è classificato come "Impermeabilizzazione potenziale media" (Figura

11). Si procede quindi al dimensionamento ed alla verifica delle portate secondo il metodo delle sole piogge, raffrontando i risultati con i valori prescritti dai requisiti minimi indicati all'art. 12 comma 2.

| CLASSE DI INTERVENTO | SUPERFICIE INTERESSATA DALL'INTERVENTO  | COEFFICIENTE DEFLUSSO MEDIO PONDERALE | MODALITÀ DI CALCOLO                                      |                                      |
|----------------------|---|---------------------------------------|--|--------------------------------------|
|                      |   |                                       | AMBITI TERRITORIALI (articolo 7)                         |                                      |
|                      |   |                                       | Area A, B  | Area C                               |
| 0                    | Impermeabilizzazione potenziale qualsiasi<br>$\leq 0,03$ ha<br>( $\leq 300$ mq)                           | qualsiasi                             | Requisiti minimi articolo 12 comma 1                     |                                      |
| 1                    | Impermeabilizzazione potenziale bassa<br>da $> 0,03$ a $\leq 0,1$ ha<br>(da $> 300$ mq a $\leq 1.000$ mq) | $\leq 0,4$                            | Requisiti minimi articolo 12 comma 2                     |                                      |
| 2                    | Impermeabilizzazione potenziale media<br>da $> 0,03$ a $\leq 0,1$ ha<br>(da $> 300$ a $\leq 1.000$ mq)    | $> 0,4$                               | Metodo delle sole piogge (vedi articolo 11 e allegato G) | Requisiti minimi articolo 12 comma 2 |
|                      | da $> 0,1$ a $\leq 1$ ha<br>(da $> 1.000$ a $\leq 10.000$ mq)   | qualsiasi                             |  |                                      |
|                      | da $> 1$ a $\leq 10$ ha<br>(da $> 10.000$ a $\leq 100.000$ mq)  | $\leq 0,4$                            |  |                                      |
| 3                    | Impermeabilizzazione potenziale alta<br>da $> 1$ a $\leq 10$ ha<br>(da $> 10.000$ a $\leq 100.000$ mq)    | $> 0,4$                               | Procedura dettagliata (vedi articolo 11 e allegato G)    | Requisiti minimi articolo 12 comma 2 |
|                      | $> 10$ ha<br>( $> 100.000$ mq)  | qualsiasi                             |  |                                      |

Fig. 11: Classificazione degli interventi richiedenti misure di invarianza idraulica e idrologica e modalità di calcolo; Tab. 1 del R.R. n. 7 del 2017 e s.m.i.

### 3.2.1 ANALISI di PROGETTO con TEMPO di RITORNO di 50 ANNI

Per le valutazioni relative al tempo di ritorno di 50 anni, con riferimento alla LSPP corrispondente (Figura 9), risulta che:

$$wT = 2.0253$$

$$a = A_1 \cdot wT = 30.74 \cdot 2.025 = 62.26 \text{ mm/h}$$

Avendo ottenuto, dopo arrotondamento, un coefficiente di deflusso medio ponderale ( $\varphi$ ) pari a 0.75, si determina la portata limite ammissibile complessiva ( $Qu_{lim}$ ) in funzione: della infiltrabilità limite di base ( $u_{lim}$ ) relativa all'area ad alta criticità idraulica "A", della superficie di intervento (S), del coefficiente di deflusso medio ponderale ( $\varphi$ ):

$$Qu_{lim} = u_{lim} \cdot S \cdot \varphi = 10 \cdot 0.4057 \cdot 0.75 = 3.04 \text{ l/s}$$

Considerato che la portata in uscita sarà addotta alla rete fognaria per mezzo di una pompa, si considera che la portata che la pompa dovrà garantire sia pari a 3 l/s e, conseguentemente, si considera per i successivi calcoli:

$$Qu_{lim} = 3 \text{ l/s}$$

A seguire si calcolano la durata critica  $D_w$  (ore), il volume di invaso di laminazione  $w_0$  ed il tempo di svuotamento  $t_{svuot}$  (ore):

$$D_w = \left( \frac{Qu_{lim}}{2.78 \cdot S \cdot \varphi \cdot a \cdot n} \right)^{\frac{1}{n-1}} = 12.28 \text{ ore}$$

$$w_0 = 10 \cdot S \cdot \varphi \cdot a \cdot D_w^n - 3.6 \cdot Qu_{lim} \cdot D_w = 286.24 \text{ m}^3$$

$$t_{svuot} = w_0 / u_{lim} = 26.50 \text{ ore}$$

Il volume di laminazione da considerare nella progettazione è il maggiore tra quello determinato mediante calcolo idrologico ( $w_0$ ) e quello minimo previsto dall'Art. 13 della normativa determinato mediante calcolo parametrico ( $w_{par}$ ):

$$w_{par} = 800 \cdot 0.4057 \cdot 0.75 = 243.42 \text{ m}^3$$

poichè  $w_0 > w_{par}$ , per la progettazione dell'opera di invarianza si utilizza il volume  $w_0 = 286.24 \text{ m}^3$ .

Inoltre, l'art. 11 comma 2, lettera f, del R.R. n. 7 del 2017 e s.m.i. richiede che il tempo di svuotamento dei volumi di laminazione non deve essere superiore a 48 ore: tale prescrizione è verificata avendo calcolato che  $t_{svuot} = 26.50$  ore.

### 3.2.2 ANALISI di PROGETTO con TEMPO di RITORNO di 100 ANNI

Per le valutazioni relative al tempo di ritorno di 100 anni, con riferimento alla LSPP corrispondente (Fig. 10), risulta che:

$$wt = 2.251$$

$$a = A_1 \cdot wT = 30.74 \cdot 2.251 = 69.21 \text{ mm/h}$$

Avendo ottenuto un coefficiente di deflusso medio ponderale ( $\varphi$ ) pari a 0.75, si determina la portata limite ammissibile complessiva ( $Qu_{lim}$ ) in funzione: della infiltrabilità limite di base ( $u_{lim}$ ) relativa all'area e media criticità idraulica "B", della superficie di intervento ( $S$ ), del coefficiente di deflusso medio ponderale ( $\varphi$ ):

$$Qu_{lim} = u_{lim} \cdot S \cdot \varphi = 10 \cdot 0.4057 \cdot 0.75 = 3.04 \text{ l/s}$$

Considerato che la portata in uscita è addotta alla rete fognaria per mezzo di una pompa, si considera che la portata che la pompa dovrà garantire sia pari a 3 l/s e, conseguentemente, si considera per i successivi calcoli:

$$Qu_{lim} = 3 \text{ l/s}$$

A seguire si calcolano la durata critica  $D_w$  (ore), il volume di invaso di laminazione  $w_0$  ed il tempo di svuotamento  $t_{svuot}$  (ore):

$$D_w = \left( \frac{Qu_{lim}}{2.78 \cdot S \cdot \varphi \cdot a \cdot n} \right)^{\frac{1}{n-1}} = 14.34 \text{ ore}$$

$$w_0 = 10 \cdot S \cdot \varphi \cdot a \cdot D_w^n - 3.6 \cdot Qu_{lim} \cdot D_w = 334.19 \text{ m}^3$$

$$t_{svuot} = w_0 / u_{lim} = 30.94 \text{ ore}$$

Il volume di laminazione da considerare nella progettazione è il maggiore tra quello determinato mediante calcolo idrologico ( $w_0$ ) e quello minimo previsto dall'Art. 13 della normativa determinato mediante calcolo parametrico ( $w_{par}$ ):

$$w_{par} = 800 \cdot 0.4057 \cdot 0.75 = 243.42 \text{ m}^3$$

poichè  $w_0 > w_{par}$ , per la progettazione dell'opera di invarianza si utilizza il volume  $w_0 = 334.19 \text{ m}^3$ .

Inoltre, l'art. 11 comma 2, lettera f, del R.R. n. 7 del 2017 e s.m.i. richiede che il tempo di svuotamento dei volumi di laminazione non deve essere superiore a 48 ore: tale prescrizione è verificata avendo calcolato che  $t_{svuot} = 30.94$  ore.

### 3.2.3 DEFINIZIONE DEL SISTEMA DI LAMINAZIONE

Dai calcoli precedenti (par. 3.2.1 e 3.2.2) risulta che il volume di invaso necessario per il tempo di ritorno di 50 anni è pari a  $286.24 \text{ m}^3$ ; il progetto deve comunque garantire che non si determinino esondazioni che arrechino danni a persone o a cose anche per il tempo di ritorno di 100 anni e quindi è necessario un volume di invaso non inferiore a  $334.19 \text{ m}^3$ .

In considerazione della tipologia d'intervento e del contesto, la soluzione tecnica adottata consiste (Allegato 1 – Tavola 1) nella realizzazione di n° 1 vasca di accumulo a base rettangolare posizionata sotto la pavimentazione della strada condominiale a servizio dei box. La vasca avrà una capacità di accumulo pari a  $336.8 \text{ m}^3$  (Figura 12) ottenuta realizzando una lunghezza di 35 m, larghezza di 3.5 m ed altezza da 2.93 a 2.58 m, applicando una pendenza del fondo pari a 1% verso la pompa. Tale vasca garantisce l'accumulo delle precipitazioni relative all'evento con tempo di ritorno di 50 anni con un margine di sicurezza pari a  $50.5 \text{ m}^3$  e con un margine di sicurezza pari a  $2.6 \text{ m}^3$  per l'evento con tempo di ritorno di 100 anni. Dovrà eventualmente essere realizzato un pozzetto per garantire che la pompa sia sempre sommersa in accordo alle dimensioni ed alle istruzioni del fornitore prescelto.

La vasca sarà posta al di sotto del pacchetto stradale previsto dai progettisti e preliminarmente considerato pari a 60 cm (Figura12, Allegato 1 – Tavola 1).

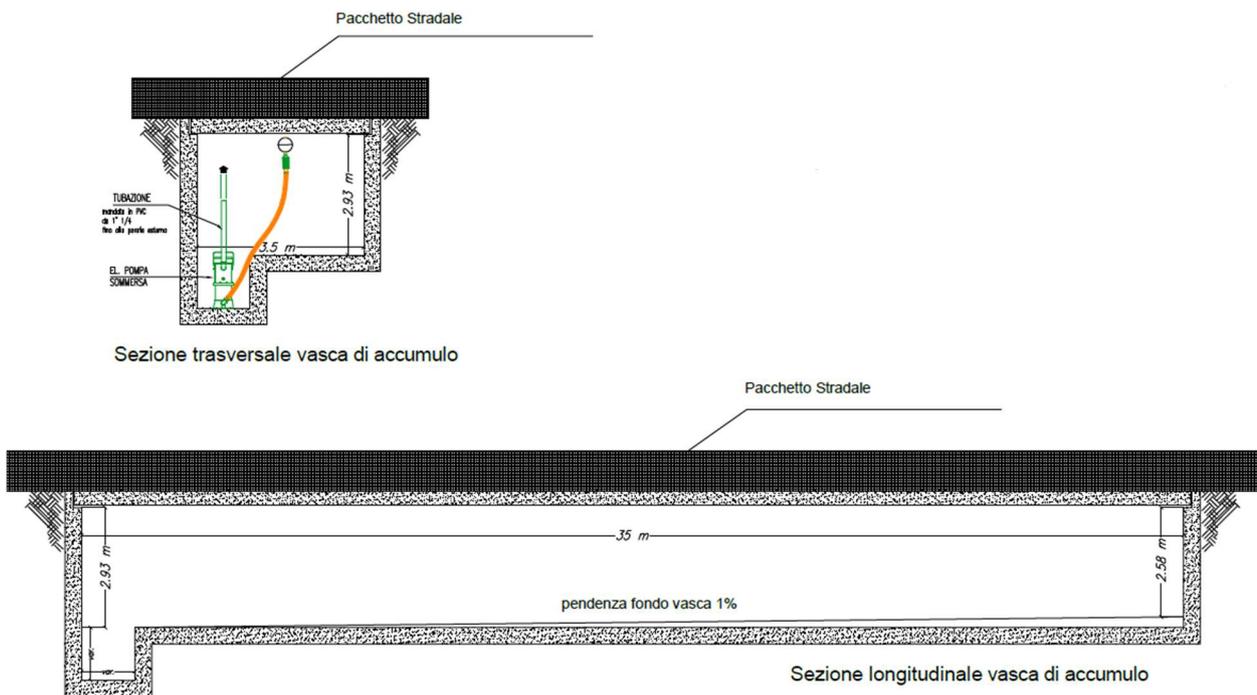


Fig. 12: Caratteristiche geometriche della vasca

Nella vasca sarà installata una pompa sommersa che dovrà rispettare i seguenti requisiti:

- portata media non inferiore a 3 l/s per congruenza con la portata limite ammissibile ed i calcoli di durata critica, volume di laminazione e tempo di svuotamento presentati nei paragrafi precedenti.

Tutte le tubazioni a valle della pompa, quindi la tubazione verso il pozzetto tipo “Milano” per il prelievo campioni, la tubazione dal pozzetto “Milano” verso il gruppo ISB, il gruppo ISB (Ispezione, Sifone tipo “Firenze”, Braga a 45°) ed infine la tubazione verso la rete pubblica avranno un diametro di 200 mm ed inclinazione di 1%. La tubazione da 200 mm di diametro con pendenza di 1% avente un coefficiente di scabrezza di Glaucker-Strickler pari a 120 ed un riempimento del 50% permette di convogliare una portata, in accordo alla formula di Chezy, pari a 25.5 l/s che è più che adeguata allo scenario studiato. Nelle stesse condizioni di pendenza e riempimento ma con tubi in gres o ghisa rivestita, diametro interno 100 mm, coefficiente di scabrezza pari a 100, la portata risulta 21.3 l/s. In entrambi i casi la portata della tubazione è superiore alla portata media della pompa, 3 l/s.

In funzione della differenza di quota tra il fondo della vasca e la rete fognaria pubblica, potrà essere considerato uno scarico a gravità con riduttore/limitatore di portata in alternativa alla soluzione basata su pompa sommersa considerata preliminarmente in questo progetto preliminare. In tal caso, eventualmente, in funzione dei rapporti di quota dei tubi e dei livelli dei liquidi in uscita dal sistema di laminazione e di quelli circolanti nella rete fognaria pubblica, si dovrà prevedere l’installazione di una tubazione con valvola di non ritorno.



Ai fini della corretta progettazione e realizzazione della vasca si ricorda che raccomanda di verificare le caratteristiche dei terreni di fondazione e la profondità della falda rispetto alla quota del piano di posa della vasca.

L' Allegato 1 – Tavola 1 presenta la soluzione progettuale prescelta con i tracciati delle condutture delle acque meteoriche e pluviali ed il dimensionamento della vasca. Per quanto concerne i dettagli costruttivi specifici delle opere civili si rimanda ai disegni che saranno prodotti nelle successive fasi di progettazione.

### 3.3 COMPARTO PUBBLICO

La superficie complessiva del lotto di intervento (S) è pari a 754.55 m<sup>2</sup>, gli interventi previsti da progetto sono rappresentati da:

- 548.64 m<sup>2</sup> di superficie totalmente impermeabile;
- 131.03 m<sup>2</sup> di area semipermeabili, rappresentate da pavimentazioni discontinue per marciapiedi o piste ciclabili; si specifica che la superficie della pista ciclabile è una pavimentazione discontinua realizzata con massetti in cls da 6 cm;
- 74.88 m<sup>2</sup> di area verde;

I coefficienti di deflusso standard utilizzati per il calcolo del deflusso equivalente sono quelli indicati all' art. 11 della R.R. punto d), di seguito elencati:

- $\phi = 1$  per superfici impermeabili (tetti, coperture e pavimentazioni continue di strade, vialetti, parcheggi);
- $\phi = 0,7$  per superfici semi permeabili (tetti verdi, i giardini pensili e le aree verdi sovrapposti a solette comunque costituite, per le aree destinate all'infiltrazione delle acque gestite ai sensi del presente regolamento e per le pavimentazioni discontinue drenanti o semipermeabili di strade, vialetti, parcheggi);
- $\phi = 0,3$  per le sotto-aree permeabili di qualsiasi tipo, comprese le aree verdi munite di sistemi di raccolta e collettamento delle acque ed escludendo dal computo le superfici incolte e quelle di uso agricolo.

Applicando i coefficienti alle aree in esame è possibile ricavare la superficie impermeabile equivalente (Tab. 2), la quale sarà utilizzata per tutti calcoli previsti dalla normativa:

| TIPOLOGIA DI SUPERFICIE                               | COEFF. DEFLUSSO (ART. 11 d) | AREA (m <sup>2</sup> ) | AREA EQUIVALENTE (m <sup>2</sup> ) |
|---|-----------------------------|------------------------|------------------------------------|
| IMPERMEABILI  | 1                           | 548,64                 | 548,64                             |
| SEMI PERMEABILI                                       | 0,7                         | 131,03                 | 91,72                              |
| PERMEABILI  | 0,3                         | 74,88                  | 22,46                              |
| SUPERFICIE IMPERMEABILE EQUIVALENTE (m <sup>2</sup> ) |                             |                        | 662,83                             |
| SUPERFICIE IMPERMEABILE EQUIVALENTE (ha)              |                             |                        | 0,066                              |
| <b>COEFFICIENTE DI DEFLUSSO MEDIO PONDERALE</b>       |                             |                        | 0,878                              |

*Tabella2: Calcolo area equivalente - Art. 11 del R.R.*

Mediante il rapporto tra la superficie impermeabile equivalente e la superficie di intervento si ottiene il valore del coefficiente di deflusso medio ponderale ( $\varphi$ ) di 0.878, che per sicurezza è arrotondato a 0.90.

In base all'estensione S dell'intervento (754.55 m<sup>2</sup>) ed al valore del coefficiente di deflusso medio ponderale (0.9), l'intervento è classificato come "Impermeabilizzazione potenziale media" (Figura 13). Si procede quindi al dimensionamento ed alla verifica delle portate secondo il metodo delle sole piogge, raffrontando i risultati con i valori prescritti dai requisiti minimi indicati all'art. 12 comma 2.

| CLASSE DI INTERVENTO | SUPERFICIE INTERESSATA DALL'INTERVENTO    | COEFFICIENTE DEFLUSSO MEDIO PONDERALE              | MODALITÀ DI CALCOLO              |   |  |
|----------------------|---|--|----------------------------------|---|--|
|                      |   |  | AMBITI TERRITORIALI (articolo 7) |   |  |
|                      |   |  | Aree A, B                        | Aree C  |  |
| 0                    | Impermeabilizzazione potenziale qualsiasi | ≤ 0,03 ha<br>(≤ 300 mq)                            | qualsiasi                        | Requisiti minimi articolo 12 comma 1                        |  |
| 1                    | Impermeabilizzazione potenziale bassa     | da > 0,03 a ≤ 0,1 ha<br>(da > 300 mq a ≤ 1.000 mq) | ≤ 0,4                            | Requisiti minimi articolo 12 comma 2                        |  |
| 2                    | Impermeabilizzazione potenziale media     | da > 0,03 a ≤ 0,1 ha<br>(da > 300 a ≤ 1.000 mq)    | > 0,4                            | Metodo delle sole piogge<br>(vedi articolo 11 e allegato G) | Requisiti minimi<br>articolo 12<br>comma 2 |
|                      |   | da > 0,1 a ≤ 1 ha<br>(da > 1.000 a ≤ 10.000 mq)    | qualsiasi                        |   |  |
|                      |   | da > 1 a ≤ 10 ha<br>(da > 10.000 a ≤ 100.000 mq)   | ≤ 0,4                            |   |  |
| 3                    | Impermeabilizzazione potenziale alta      | da > 1 a ≤ 10 ha<br>(da > 10.000 a ≤ 100.000 mq)   | > 0,4                            | Procedura dettagliata<br>(vedi articolo 11 e allegato G)    |  |
|                      |   | > 10 ha<br>(> 100.000 mq)                          | qualsiasi                        |   |  |

*Fig. 13: Classificazione degli interventi richiedenti misure di invarianza idraulica e idrologica e modalità di calcolo; Tab. 1 del R.R. n. 7 del 2017 e s.m.i.*

### 3.3.1 ANALISI di PROGETTO con TEMPO di RITORNO di 50 ANNI

Per le valutazioni relative al tempo di ritorno di 50 anni, con riferimento alla LSPP corrispondente (Figura 9), risulta che:

$$wT = 2.0253$$

$$a = A_1 \cdot wT = 30.74 \cdot 2.025 = 62.26 \text{ mm/h}$$

Avendo ottenuto, dopo arrotondamento, un coefficiente di deflusso medio ponderale ( $\varphi$ ) pari a 0.9, si determina la portata limite ammissibile complessiva ( $Qu_{lim}$ ) in funzione: della infiltrabilità limite di base ( $u_{lim}$ ) relativa all'area ad alta criticità idraulica "A", della superficie di intervento (S), del coefficiente di deflusso medio ponderale ( $\varphi$ ):

$$Qu_{lim} = u_{lim} \cdot S \cdot \varphi = 10 \cdot 0.0754 \cdot 0.9 = 0.67 \text{ l/s}$$

Considerato che la portata in uscita sarà adottata alla rete fognaria per mezzo di una pompa, o di uno scarico di fondo a gravità, si considera che la portata in uscita sia pari a 0.6 l/s e, conseguentemente, si considera per i successivi calcoli:

$$Qu_{lim} = 0.6 \text{ l/s}$$

A seguire si calcolano la durata critica  $D_w$  (ore), il volume di invaso di laminazione  $w_0$  ed il tempo di svuotamento  $t_{svuot}$  (ore):

$$D_w = \left( \frac{Qu_{lim}}{2.78 \cdot S \cdot \varphi \cdot a \cdot n} \right)^{\frac{1}{n-1}} = 14.42 \text{ ore}$$

$$w_0 = 10 \cdot S \cdot \varphi \cdot a \cdot D_w^n - 3.6 \cdot Qu_{lim} \cdot D_w = 67.21 \text{ m}^3$$

$$t_{svuot} = w_0 / u_{lim} = 31.12 \text{ ore}$$

Il volume di laminazione da considerare nella progettazione è il maggiore tra quello determinato mediante calcolo idrologico ( $w_0$ ) e quello minimo previsto dall'Art. 13 della normativa determinato mediante calcolo parametrico ( $w_{par}$ ):

$$w_{par} = 800 \cdot 0.0754 \cdot 0.9 = 54.28 \text{ m}^3$$

poichè  $w_0 > w_{par}$ , per la progettazione dell'opera di invarianza si utilizza il volume  $w_0 = 67.21 \text{ m}^3$ .

Inoltre, l'art. 11 comma 2, lettera f, del R.R. n. 7 del 2017 e s.m.i. richiede che il tempo di svuotamento dei volumi di laminazione non deve essere superiore a 48 ore: tale prescrizione è verificata avendo calcolato che  $t_{svuot} = 31.12 \text{ ore}$ .

### 3.3.2 ANALISI di PROGETTO con TEMPO di RITORNO di 100 ANNI

Per le valutazioni relative al tempo di ritorno di 100 anni, con riferimento alla LSPP corrispondente (Fig. 10), risulta che:

$$wt = 2.251$$

$$a = A_1 \cdot wT = 30.74 \cdot 2.251 = 69.21 \text{ mm/h}$$

Avendo ottenuto un coefficiente di deflusso medio ponderale ( $\varphi$ ) pari a 0.8, si determina la portata limite ammissibile complessiva ( $Qu_{lim}$ ) in funzione: della infiltrabilità limite di base ( $u_{lim}$ ) relativa all'area e media criticità idraulica "B", della superficie di intervento (S), del coefficiente di deflusso medio ponderale ( $\varphi$ ):

$$Qu_{lim} = u_{lim} \cdot S \cdot \varphi = 10 \cdot 0.0754 \cdot 0.9 = 0.67 \text{ l/s}$$

Considerato che la portata in uscita sarà adottata alla rete fognaria per mezzo di una pompa, o di uno scarico di fondo a gravità, si considera che la portata in uscita sia pari a 0.6 l/s e, conseguentemente, si considera per i successivi calcoli:

$$Qu_{lim} = 0.6 \text{ l/s}$$

A seguire si calcolano la durata critica  $D_w$  (ore), il volume di invaso di laminazione  $w_0$  ed il tempo di svuotamento  $t_{svuot}$  (ore):

$$D_w = \left( \frac{Qu_{lim}}{2.78 \cdot S \cdot \varphi \cdot a \cdot n} \right)^{\frac{1}{n-1}} = 16.83 \text{ ore}$$

$$w_0 = 10 \cdot S \cdot \varphi \cdot a \cdot D_w^n - 3.6 \cdot Qu_{lim} \cdot D_w = 78.47 \text{ m}^3$$

$$t_{svuot} = w_0 / u_{lim} = 36.33 \text{ ore}$$

Il volume di laminazione da considerare nella progettazione è il maggiore tra quello determinato mediante calcolo idrologico ( $w_0$ ) e quello minimo previsto dall'Art. 13 della normativa determinato mediante calcolo parametrico ( $w_{par}$ ):

$$w_{par} = 800 \cdot 0.0754 \cdot 0.9 = 54.28 \text{ m}^3$$

poichè  $w_0 > w_{par}$ , per la progettazione dell'opera di invarianza si utilizza il volume  $w_0 = 78.47 \text{ m}^3$ .

Inoltre, l'art. 11 comma 2, lettera f, del R.R. n. 7 del 2017 e s.m.i. richiede che il tempo di svuotamento dei volumi di laminazione non deve essere superiore a 48 ore: tale prescrizione è verificata avendo calcolato che  $t_{svuot} = 36.33 \text{ ore}$ .

### 3.3.3 DEFINIZIONE DEL SISTEMA DI LAMINAZIONE

Dai calcoli precedenti (par. 3.3.1 e 3.3.2) risulta che il volume di invaso necessario per il tempo di ritorno di 50 anni è pari a  $67.21 \text{ m}^3$ ; il progetto deve comunque garantire che non si determinino esondazioni che arrechino danni a persone o a cose anche per il tempo di ritorno di 100 anni e quindi è necessario un volume di invaso non inferiore a  $78.47 \text{ m}^3$ .

In considerazione della tipologia d'intervento e del contesto, la soluzione tecnica adottata consiste (Allegato 1 – Tavola 2) nella realizzazione di n° 1 vasca di accumulo a base rettangolare posizionata sotto la pavimentazione del parcheggio ad uso pubblico. La vasca avrà una capacità di accumulo pari a  $78.75 \text{ m}^3$  (Figura 14) ottenuta realizzando una lunghezza di 15 m, larghezza di 2.5 m ed altezza da 2.20 a 2.00 m, applicando una pendenza del fondo pari a 1% verso la pompa o scarico di fondo a gravità. Tale vasca garantisce l'accumulo delle precipitazioni relative all'evento con tempo di ritorno di 50 anni con un margine di sicurezza pari a  $11.5 \text{ m}^3$  e con un margine di sicurezza pari a  $0.3 \text{ m}^3$  per l'evento con tempo di ritorno di 100 anni. Verrà inoltre realizzato un pozzetto all'interno della vasca per garantire che la pompa o il tubo di scarico a gravità, con riduttore/limitatore di portata, sia sempre sommersa in accordo alle dimensioni ed istruzioni del fornitore prescelto. In questa fase di progettazione, considerato il valore di portata in uscita ( $0.6 \text{ l/s}$ ) si è considerato di adottare uno scarico di fondo a gravità con limitatore di portata.

La vasca sarà posta al di sotto del pacchetto stradale previsto dai progettisti e preliminarmente considerato pari a 60 cm (Figura14, Allegato 1 – Tavola 2).

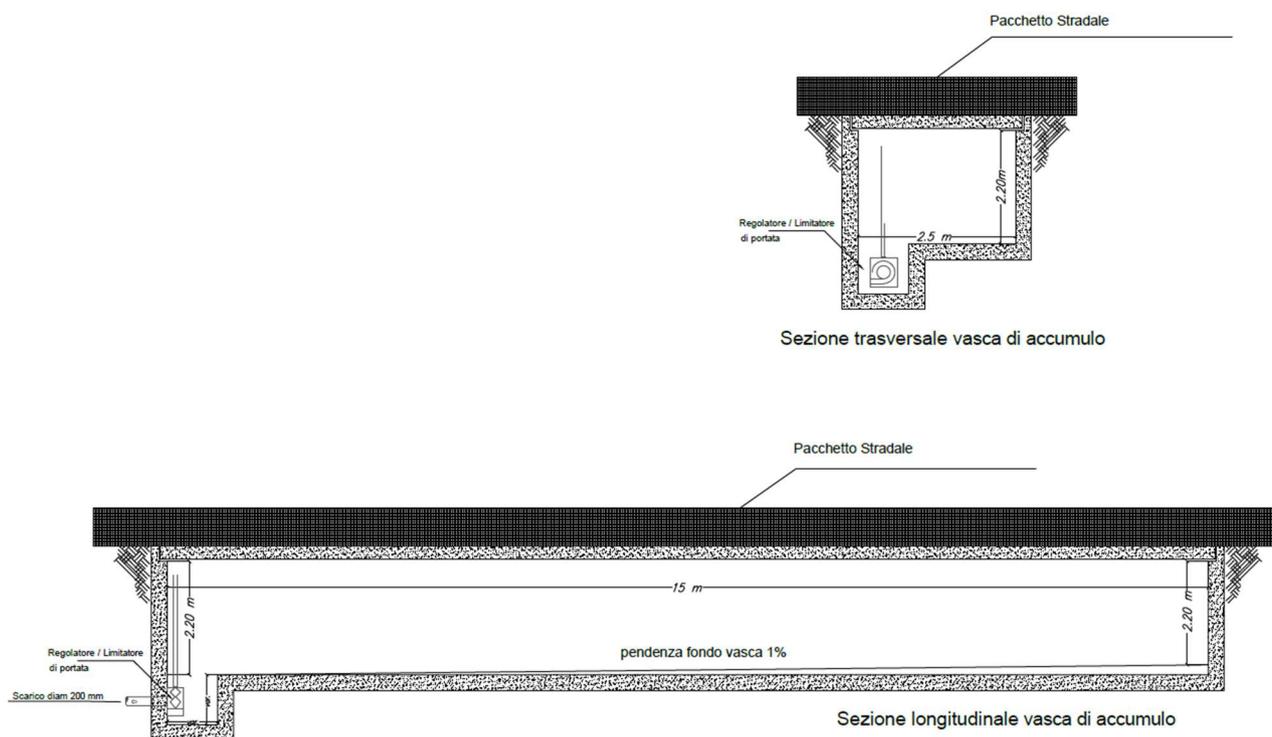


Fig. 14: Caratteristiche geometriche della vasca

Nella vasca sarà installata una pompa sommersa o uno scarico di fondo con riduttore di portata che dovrà rispettare i seguenti requisiti:

- portata di 0.6 l/s per congruenza con la portata limite ammissibile ed i calcoli di durata critica, volume di laminazione e tempo di svuotamento presentati nei paragrafi precedenti.

Tutte le tubazioni a valle della pompa o del riduttore di portata, quindi la tubazione verso il pozzetto tipo “Milano” per il prelievo campioni, la tubazione dal pozzetto “Milano” verso il gruppo ISB, il gruppo ISB (Ispezione, Sifone tipo “Firenze”, Braga a 45°) ed infine la tubazione verso la rete pubblica avranno un diametro di 200 mm ed inclinazione di 1%. La tubazione da 200 mm di diametro con pendenza di 1% avente un coefficiente di scabrezza di Glaucker-Strickler pari a 120 ed un riempimento del 50% permette di convogliare una portata, in accordo alla formula di Chezy, pari a 25.5 l/s che è più che adeguata allo scenario studiato. Nelle stesse condizioni di pendenza e riempimento ma con tubi in gres o ghisa rivestita, diametro interno 100 mm, coefficiente di scabrezza pari a 100, la portata risulta 21.3 l/s. In entrambi i casi la portata della tubazione è superiore alla portata in uscita, 0.6 l/s.

In alternativa allo scarico a gravità con riduttore/limitatore di portata potrà essere considerata l’installazione di una elettropompa sommersa.

Ai fini della corretta progettazione e realizzazione della vasca si ricorda che raccomanda di verificare le caratteristiche dei terreni di fondazione e la profondità della falda rispetto alla quota del piano di posa della vasca.

L’ Allegato 1 – Tavola 1 presenta la soluzione progettuale prescelta con i tracciati delle condutture delle acque meteoriche ed il dimensionamento della vasca. Per quanto concerne i dettagli costruttivi specifici delle opere civili si rimanda ai disegni che saranno prodotti nelle successive fasi di progettazione.

#### **4. DIMENSIONAMENTO DELLA CONDOTTA di RACCOLTA DEI PLUVIALI**

Le acque meteoriche derivanti dal tetto di ciascuna palazzina e dai corpi box (Allegato 1 – Tavola 1), vengono derivate mediante un sistema di pluviali posti ai lati della copertura. Lo scarico di acque pluviali è normalmente caratterizzato da periodi di captazione lunghi e continui. È quindi molto importante stabilire la quantità massima di acqua caduta durante periodi di piogge intense. Come unità di misura delle acque pluviali si adotta l’intensità pluviometrica, espressa in l/s al m<sup>2</sup>. Per determinare un buon valore medio dell’intensità della pioggia ci si basa solitamente su un periodo Z = 10 anni.

L’intensità pluviometrica (i.p.) consigliata è la seguente:

$$0,04 \text{ l/s.m}^2 = 2.4 \text{ l/min.m}^2$$

corrispondente ad un'altezza pluviometrica (h.p.) di **~144 mm/h su proiezione orizzontale.**

Si considera che il tetto di ciascuna palazzina, la cui superficie complessiva è di 520.5 m<sup>2</sup>, è diviso in 4 aree drenanti di superficie 130 m<sup>2</sup>, per ciascuna area è previsto un pluviale. Il volume scaricato nel singolo pluviale è:

$$Q = i.p. \cdot S_{faldada} \cdot k = 0.04 \cdot 130 \cdot 1 = 5.2 \text{ l/s}$$

essendo k il coefficiente riduttore dell'intensità pluviometrica dipendente dalla natura delle superfici esposte alla pioggia; il valore k = 1 (Figura 15).

| Genere di superficie esposta   | K   |
|--|-----|
| - Tetti inclinati, con tegole, ondulati plastici, fibrocemento, fogli di materiale plastico<br>- Tetti piani ricoperti con materiale plastico o simile | 1,0 |
| - Tetti piani con rivestimento in lastre di cemento o simile<br>- Piazzali, viali, ecc., con rivestimento duro   | 1,0 |
| - Tetti piani con rivestimento in ghiaia<br>- Piazzali, viali, ecc. con ghiaietto o simile   | 0,6 |
| - Tetti piani ricoperti di terra (tetto giardino)  | 0,3 |

Fig. 15: valori del coefficiente k di riduzione dell'intensità pluviometrica

Avendo adottato collettori in PVC con diametro interno minimo 140 mm, pendenza di 1 % ed un riempimento del 50%, dall'applicazione della formula di Chezy si ottiene una portata della condotta pari a 9.8 l/s, che è sufficiente allo scopo. I pluviali di ciascuna palazzina convergono in un pozzetto di derivazione da cui diparte un unico tubo in PVC con diametro interno minimo 160 mm diretto verso la vasca, tale tubo deve essere in grado di drenare il volume d'acqua scaricato dalla superficie totale del tetto:

$$Q = i.p. \cdot S_{faldada} \cdot k = 0.04 \cdot 520.5 \cdot 1 = 20.82 \text{ l/s}$$

Dalla formula di Chezy si ottiene che la portata del tubo con diametro interno minimo 160 mm, pendenza 1 %, riempimento del 70 % è pari a 23.6 l/s, che è sufficiente allo scopo.

Per la copertura dei box si è previsto che i pluviali relativi al gruppo box 1-6 e 9-15 convergono in un pozzetto di derivazione da cui diparte un unico tubo in PVC che scarica in vasca. Tutti i tubi hanno diametro interno minimo 140 mm. La superficie drenata è pari a 237 m<sup>2</sup>, da cui si ricava una portata:

$$Q = i.p. \cdot S_{faldada} \cdot k = 0.04 \cdot 237 \cdot 1 = 9.48 \text{ l/s}$$

Dalla formula di Chezy si ottiene che un tubo in PVC con diametro interno minimo 140 mm, pendenza 1 %, riempimento del 50 % garantisce una portata di 9.8 l/s, che è sufficiente allo scopo.

Per i box 16-24 è previsto un circuito pluviale indipendente dal precedente, con tubi dal diametro interno di minimo 140 mm, che deve garantire il deflusso della pioggia relativa ad una superficie di 263 m<sup>2</sup>, corrispondente ad una portata di:

$$Q = i.p. \cdot S_{fald\grave{a}} \cdot k = 0.04 * 263 * 1 = 10.52 \text{ l/s}$$

Dalla formula di Chezy si ottiene che un tubo in PVC con diametro interno minimo 140 mm, pendenza 1 %, riempimento del 55 % garantisce una portata di 11.5 l/s, che è sufficiente allo scopo.

Per i box 7-8-13-14 sono previsti due circuiti pluviali indipendenti, con tubi in PVC dal diametro interno minimo 140 mm, che devono garantire il deflusso della pioggia relativa ad una superficie di 74.5 m<sup>2</sup> ciascuno, corrispondente ad una portata di:

$$Q = i.p. \cdot S_{fald\grave{a}} \cdot k = 0.04 * 74.5 * 1 = 2.98 \text{ l/s}$$

Dalla formula di Chezy si ottiene che un tubo in PVC con diametro interno minimo 140 mm, pendenza 1 %, riempimento del 30 % garantisce una portata di 3.8 l/s, che è sufficiente allo scopo.

## 5. PIANO DI MANUTENZIONE

Il piano di manutenzione viene redatto secondo le direttive dell'art.13 R.R. n. 7 del 23/11/2017 e s.m.i.

La manutenzione è fondamentale per garantire il mantenimento in efficienza delle strutture e degli elementi realizzati per le funzioni di drenaggio delle acque meteoriche; serve ad assicurare alle strutture stesse un periodo di vita più lungo, permettendo di intervenire periodicamente nell'individuazione di eventuali malfunzionamenti che, se trascurati, ne potrebbero pregiudicare irrimediabilmente le funzioni.

A seconda delle tipologie di elementi di drenaggio si presentano ovviamente livelli differenti di complessità nella manutenzione.

La prima e più semplice distinzione riguarda sicuramente gli interventi ordinari, da svolgersi periodicamente seguendo un calendario prestabilito; la seconda riguarda gli interventi straordinari, necessari al ripristino delle funzioni in caso di malfunzionamento, guasto o successivamente ad eventi meteorici o di altra natura (per esempio terremoti, sversamenti abusivi, incidenti rilevanti) che interessino direttamente o indirettamente le strutture.



Gli interventi di manutenzione ordinaria a seguito anche di un semplice controllo visivo dello stato di efficienza degli elementi drenanti a seguito di ogni evento meteorico che li vede coinvolti possono essere:

- pulizia dei pozzetti di sedimentazione;
- controllo dei pozzetti desoleatori;
- pulizia dai rifiuti;
- rimozione dei detriti;
- taglio selettivo delle specie vegetali;
- controllo di eventuali specie infestanti;
- eliminazione di problemi di scorrimento e/o intasamento;

Gli interventi di manutenzione straordinaria da svolgere successivamente al riscontro di malfunzionamenti e sempre successivamente al verificarsi di eventi straordinari che abbiano danneggiato in tutto o in parte gli impianti di drenaggio possono essere:

- pulizia e smaltimento rifiuti;
- rimozione e smaltimento detriti;
- ripristino dei substrati filtranti danneggiati dal trasporto solido o da altre cause;
- reintegro e sostituzione delle essenze vegetali eventualmente danneggiate;
- risoluzione di problemi di intasamento;
- rimessa in servizio dell'infrastruttura verde.

Per quanto riguarda gli interventi che prevedono la rimozione dei sedimenti occorrerà prevedere adeguate operazioni di pulizia ad-hoc in relazione alle caratteristiche fisico-chimiche del sedimento e alla sua potenzialità inquinante.

Rispetto a quanto descritto, risulta evidente che a seconda del livello e complessità degli interventi di manutenzione, gli stessi potranno essere svolti da operai generici (rimozione detriti), da tecnici esperti (ripristino di impianti di sollevamento) o comunque formati a svolgere mansioni specifiche. Tutto ciò dovrà essere realizzato seguendo un programma di manutenzione periodico strutturato secondo un piano nel quale siano individuate le diverse attività da svolgere e i relativi soggetti incaricati.

Per tale ragione nelle schede di manutenzione dovranno essere indicati anche i nomi dei progettisti e degli esecutori delle opere che potranno, in caso di dubbio, indicare la modalità migliore di intervento nel caso non sia già indicata nel programma periodico.

## 6. CONCLUSIONI

Il presente progetto di invarianza idraulica e idrologica è preparato, al meglio delle conoscenze disponibili, in forma di progetto preliminare da allegare al piano attuativo. In particolare, l'area oggetto di intervento sita all'angolo tra via Gallarate e via Sauro in Pregnana Milanese (Mi), sarà divisa in due comparti: un comparto che rimane privato ed un comparto che viene ceduto al Comune (Figura 16). Nel comparto privato è prevista la realizzazione di n° 2 palazzine con box di pertinenza, giardini di proprietà e condominiali, nel comparto pubblico è prevista la realizzazione di una pista ciclabile, un parcheggio pubblico ed aiuole (Figura 16).

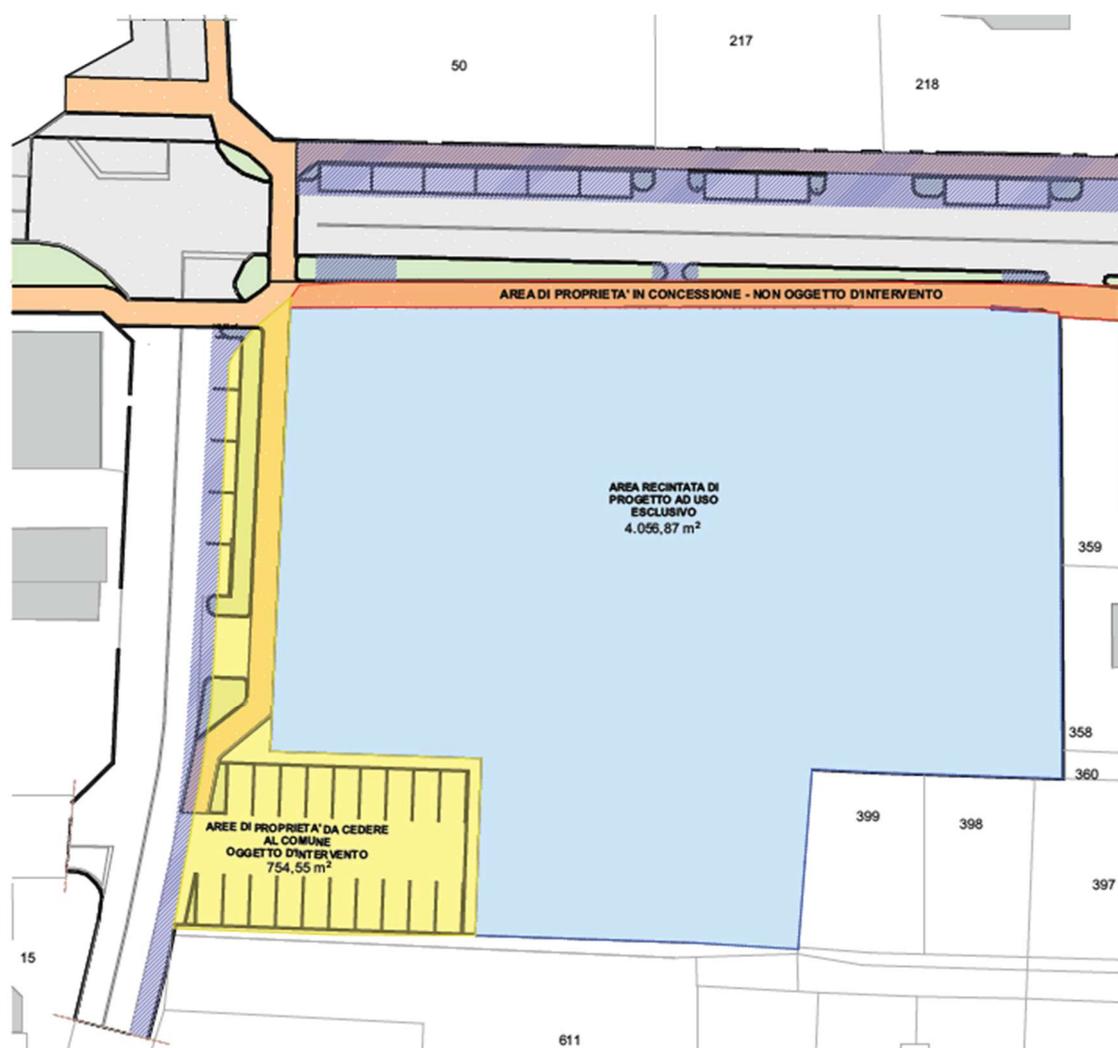


Fig. 16: divisione delle aree private e cedute al Comune

Dall'analisi della bibliografia tecnica si evince che l'area di progetto ricade interamente in un'area caratterizzata da vincolo idrogeologico corrispondente alla zona di rispetto (raggio di 200 m identificato con criterio geometrico) di pozzi pubblici ad uso potabile ubicati in via Gallarate.

Il presente progetto di invarianza idraulica e idrologica esclude quindi opere di infiltrazione delle acque provenienti dai tetti/coperture degli edifici e dalle superfici carrabili. Il progetto di invarianza consisterà nella raccolta di tali acque in apposita vasca e nella successiva adduzione alla rete fognaria secondo la portata opportunamente calcolata in accordo alla vigente normativa.

Allo stato delle conoscenze attuali, non si prevede di eseguire alcuna separazione delle acque di prima pioggia poiché il ricettore finale degli invasi di laminazione è la fognatura, acque miste; eventuali modifiche del progetto potranno essere apportate successivamente alla luce di nuove e diverse informazioni.

Per il comparto privato, sulla base delle verifiche effettuate, è stato possibile effettuare il dimensionamento del sistema di laminazione con n° 1 vasca rettangolare la cui capacità di invaso è pari a 336.8 m<sup>3</sup> (Figura 17) ottenuta realizzando una lunghezza di 35 m, larghezza di 3.5 m ed altezza da 2.93 a 2.58 m, applicando una pendenza del fondo pari a 1% verso la pompa. Tale vasca garantisce l'accumulo delle precipitazioni relative all'evento con tempo di ritorno di 50 anni con un margine di sicurezza pari a 50.5 m<sup>3</sup> e con un margine di sicurezza pari a 2.6 m<sup>3</sup> per l'evento con tempo di ritorno di 100 anni.

In base alla conoscenza attuali si è ipotizzato di realizzare lo scarico per mezzo di una pompa con portata 3 l/s: in alternativa, in funzione della differenza di quota tra il fondo della vasca e la rete fognaria pubblica, potrà essere considerato uno scarico a gravità con riduttore/limitatore di portata.

Per il comparto pubblico, sulla base delle verifiche effettuate, è stato possibile effettuare il dimensionamento del sistema di laminazione con n° 1 vasca di accumulo rettangolare la cui capacità di invaso è pari a 78.75 m<sup>3</sup> (Figura 18) ottenuta realizzando una lunghezza di 15 m, larghezza di 2.5 m ed altezza da 2.20 a 2.00 m, applicando una pendenza del fondo pari a 1% verso l'o scarico di fondo a gravità. Tale vasca garantisce l'accumulo delle precipitazioni relative all'evento con tempo di ritorno di 50 anni con un margine di sicurezza pari a 11.5 m<sup>3</sup> e con un margine di sicurezza pari a 0.3 m<sup>3</sup> per l'evento con tempo di ritorno di 100 anni.

In base alle conoscenze attuali si è ipotizzato di realizzare lo scarico per mezzo di scarico di fondo a gravità, con riduttore/limitatore di portata a 0.6 l/s.; in alternativa potrà essere considerato uno scarico per mezzo di pompa sommersa.

Per entrambe le vasche, comparto privato e comparto pubblico, si ricorda che ai fini della corretta progettazione e realizzazione della vasca è necessario verificare le caratteristiche dei terreni di fondazione e la profondità della falda rispetto alla quota del piano di posa della vasca. Inoltre, in considerazione che la vasca è posta al di sotto di una pavimentazione stradale, sarà necessario garantire una copertura della vasca, preliminarmente considerato pari a 60 cm e soggetto a verifica dei progettisti (Figura17, Allegato 1 – Tavola 1), atta ad assicurare la capacità portante del pacchetto stradale.

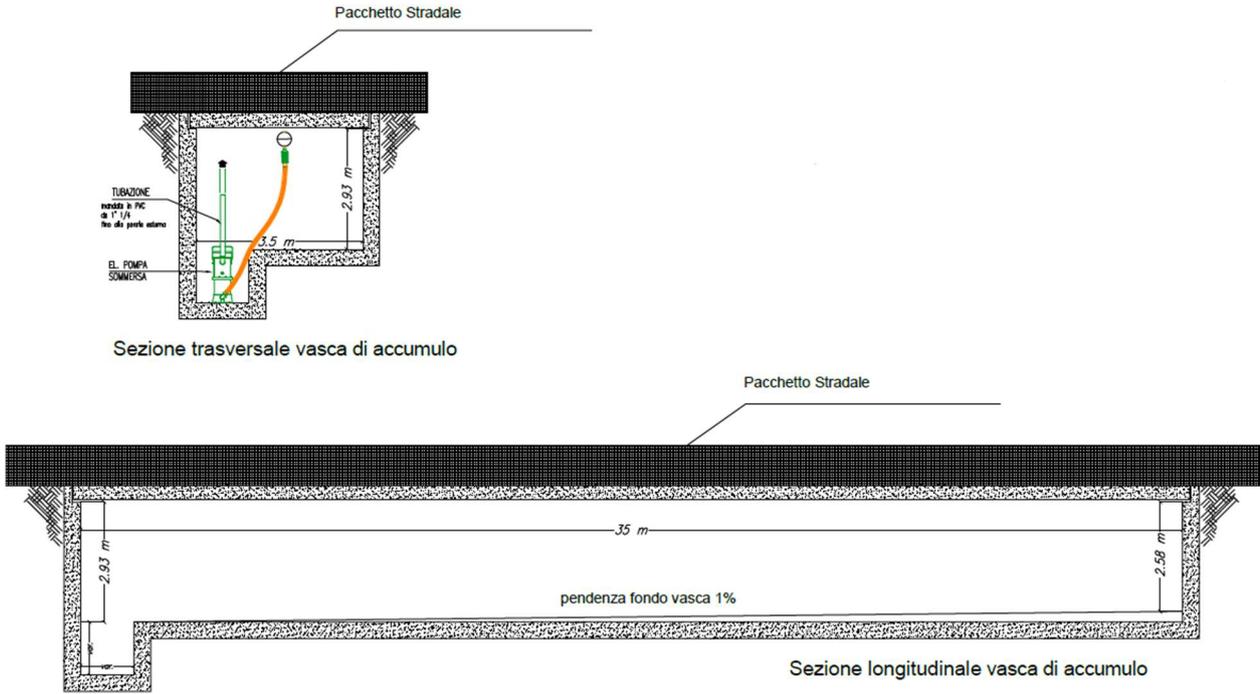


Fig. 17: Caratteristiche geometriche della vasca del comparto privato

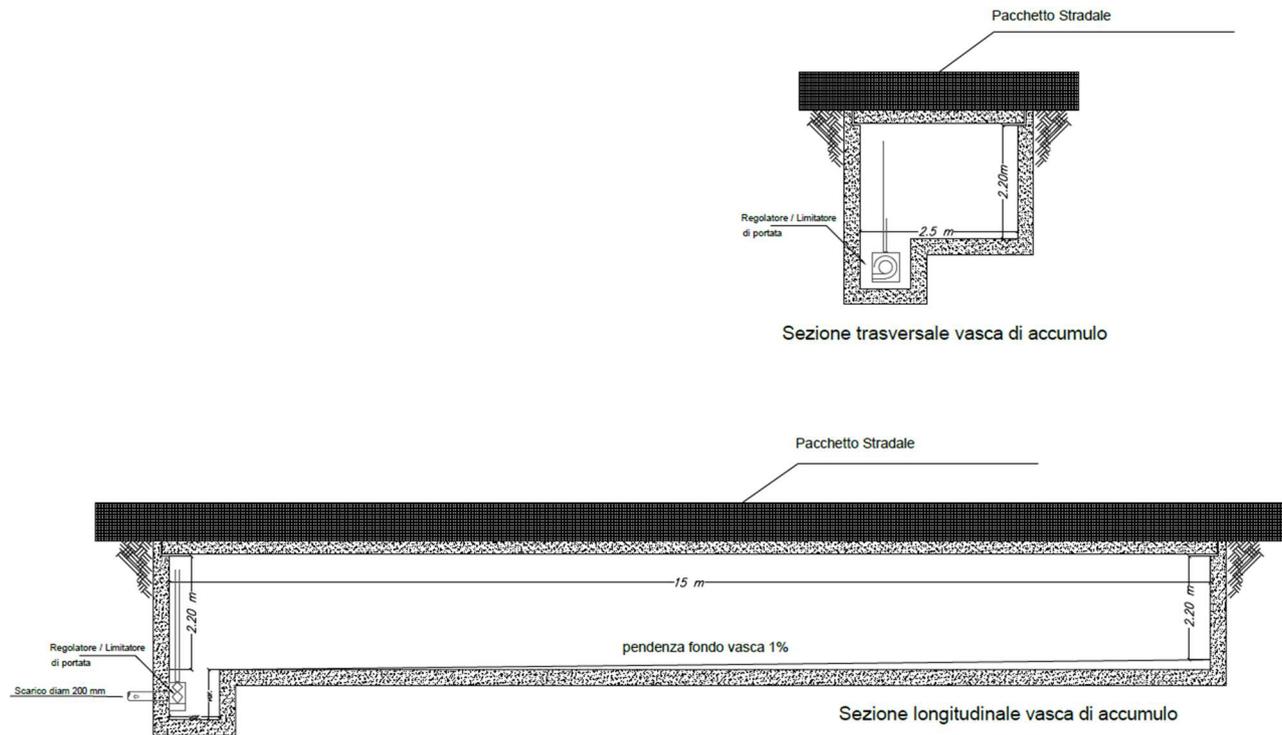


Fig. 18: Caratteristiche geometriche della vasca, comparto pubblico



---

L' Allegato 1 presenta la soluzione progettuale prescelta con i tracciati delle condutture delle acque meteoriche e pluviali ed il dimensionamento delle vasche. Per quanto concerne i dettagli costruttivi specifici delle opere civili si rimanda ai disegni che saranno prodotti nelle successive fasi di progettazione.

Per quanto riguarda il drenaggio delle acque meteoriche provenienti dalla copertura, dalle verifiche effettuate, i pluviali ed i loro collettori sono risultati adeguati.

## **ALLEGATO 1**

N° 2 TAVOLE