

PROGETTO	PIANO URBANISTICO ATTUATIVO "DOMENICO PIVA" IN VARIANTE AL PIANO DEGLI INTERVENTI ZONA URBANISTICA B 3.188 con applicazione dell'art. 7 della L.R. n. 14 del 04/04/2019, e dell'art. 23, c1, lettera b del D.P.R. 380/2001, con precise disposizioni planivolumetriche inerenti alle opere di urbanizzazione e agli edifici, SITO IN VIALE GENERALE DOMENICO PIVA. COMUNE DI ROVIGO (RO) RIFERIMENTI CATASTALI: SEZ. RO – FOGLIO 17 – PARTICELLE 225, 265, 490 e 491																		
ELABORATO	VALUTAZIONE DI COMPATIBILITA' IDRAULICA <i>Ai sensi delle direttive della Delibera di Giunta Regionale del Veneto n. 3637 del 13 Dicembre 2002, successiva Delibera di Giunta Regionale del Veneto n. 1322 del 10 Maggio 2006, successiva Delibera di Giunta Regionale del Veneto n. 1841 del 19 Giugno 2007 e successiva Delibera di Giunta Regionale del Veneto n. 2948 del 6 Ottobre 2009</i>																		
COMMITTENZA	ADIGE S.r.l. Via Marchi, 12 45100 Rovigo (RO) P.Iva 00937390292	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="width: 10%;">Rev.</th><th style="width: 20%;">Data</th><th style="width: 70%;">Descrizione</th></tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="text-align: center;">00</td><td style="text-align: center;">28.06.2025</td><td>Prima emissione</td></tr> <tr> <td style="text-align: center;">01</td><td style="text-align: center;">18.11.2025</td><td>Revisione</td></tr> <tr> <td style="text-align: center;"> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr> <td style="text-align: center;"> </td><td> </td><td> </td></tr> </tbody> </table>	Rev.	Data	Descrizione	00	28.06.2025	Prima emissione	01	18.11.2025	Revisione								
Rev.	Data	Descrizione																	
00	28.06.2025	Prima emissione																	
01	18.11.2025	Revisione																	
STUDIO IDRAULICO	Dr. Ing. Daniele CECCHETTIN Ingegnere Civile Idraulico Ordine degli Ingegneri della Provincia di Rovigo - Iscritto al n. 995 Via Cavour, 923 45030 San Martino di Venezze (RO) mobile 347 5603778 e-mail: info@cecchettiningegneria.it Timbro e firma: 																		
Comune	ROVIGO	Elaborato:	Ns. Rif.	Approvato:															
Provincia	ROVIGO	VCI	IDRA 202514	Dr. Ing. Daniele Cecchettin															

1. SOMMARIO

1. SOMMARIO.....	1
2. CONCLUSIONI.	2
3. PREMESSA.	5
4. OBIETTIVI DELLA VALUTAZIONE DI COMPATIBILITA' IDRAULICA.	5
5. DESCRIZIONE DELL'INTERVENTO E IDENTIFICAZIONE DELLE AREE.	9
6. METODO DI CALCOLO ED INDICAZIONI OPERATIVE.....	10
6.1 Stima del coefficiente di deflusso ϕ	10
6.2 Equazione di possibilità pluviometrica a tre parametri.	11
6.3 Calcolo della portata massima e del volume di invaso.	15
7. CARATTERIZZAZIONE LITOLOGICA DEL TERRENO.....	20
8. INDIVIDUAZIONE E REALIZZAZIONE DEL BACINO DI INVASO E LAMINAZIONE.	20
9. CALCOLO DELLA BOCCA TASSATA DI SCARICO.	22
10. LETTERATURA DI RIFERIMENTO	23

2. CONCLUSIONI.

Si può concludere il presente studio con alcune considerazioni.

In relazione al previsto progetto **“PIANO URBANISTICO ATTUATIVO "DOMENICO PIVA" IN VARIANTE AL PIANO DEGLI INTERVENTI ZONA URBANISTICA B 3.188”** in un lotto che attualmente vede la presenza di un edificio da demolire che si raggiunge da Via Domenico Piva in Comune di Rovigo (RO), è possibile garantire una adeguata capacità di invaso e laminazione delle acque meteoriche per eventi meteorici con tempo di ritorno $T_r = 50$ anni garantendo il rispetto del principio di **invarianza idraulica**.

La superficie complessiva di progetto (Figura 3) è di **1.449,00 m²** di estensione e pertanto deve essere sottoposta a valutazione di compatibilità idraulica. Essa è suddivisa in due porzioni:

- ⇒ una con superficie catastale pari a **$S_1 = 1.187,03 \text{ m}^2$** che è l'area che rimarrà di competenza dei privati;
- ⇒ una che sarà destinata ad uso pubblico con parcheggio ed area verde di superficie catastale pari a **$S_2 = 261,97 \text{ m}^2$** .

L'area è identificata all'Agenzia delle Entrate – Ufficio per il Territorio di Rovigo – Comune di Rovigo (RO) al Foglio **17** – Particelle **225, 265, 490 e 491** (Figura 4).

I calcoli idraulici sono stati effettuati *“ai sensi delle direttive della Delibera di Giunta Regionale del Veneto n. 3637 del 13 Dicembre 2002, successiva Delibera di Giunta Regionale del Veneto n. 1322 del 10 Maggio 2006, successiva Delibera di Giunta Regionale del Veneto n. 1841 del 19 Giugno 2007 e successiva Delibera di Giunta Regionale del Veneto n. 2948 del 6 Ottobre 2009*. I calcoli sono riferiti ad eventi meteorici particolarmente intensi (**$T_r = 50$ anni**).

Si è determinato il valore medio del **Coefficiente di Deflusso Φ** effettuando una media pesata dei valori relativi alle singole superfici delle aree con le diverse destinazioni d'uso previste per il lotto di progetto (strade, parcheggi, superficie coperta, percorsi carrai e pedonali interni, verde di progetto, verde interno ai lotti) attraverso la formula: $\bar{\Phi} = \sum \phi_i \cdot S_i / \sum S_i$. Il valore ottenuto per l'area **S_1** (Tabella 3) è **$\Phi_{\text{medio}} = 0,68$** .

Per l'area **S_2** invece, essendo più contenuta e riferita ad un solo lotto con un'area verde ed una superficie drenante, si ottiene un valore più contenuto: **$\Phi_{\text{medio}} = 0,42$** (Tabella 4).

Si è effettuata la verifica dei volumi di invaso utilizzando le equazioni contenute nella *“Analisi regionalizzata delle precipitazioni per l'individuazione di curve segnalatrici di possibilità pluviometrica di riferimento”* che può essere consultato e scaricato dal sito del Consorzio di Bonifica Adige Po ed è stato elaborato da **Nord Est Ingegneria Srl** di Rubano.

Si è fatto riferimento ad una equazione a tre parametri relativa alla Zona Territoriale Omogenea Polesine Centrale utilizzando un opportuno foglio di calcolo.

L'equazione usata è la seguente (Figura 8):

$$h = \frac{41,7}{(t + 18,6)^{0,829}} \cdot t$$

Dal bacino di invaso, una volta dimensionato e realizzato, lo scarico dovrà avvenire attraverso una bocca tassata verso la rete finale di raccolta garantendo il rispetto del principio di invarianza idraulica mantenendo il coefficiente udometrico previsto dalla bonifica idraulica in uscita dal lotto di progetto.

Si sono svolti i calcoli della portata in uscita per un **coefficiente udometrico $u = 5,00 \text{ l/s}\cdot\text{hm}^2$** che rappresenta un valore tipico per il Polesine.

Dopo il calcolo del coefficiente di deflusso si è effettuata la stima del volume di invaso e del volume di invaso specifico. Si sono effettuati i calcoli per la determinazione della portata massima di progetto facendo riferimento ad uno dei metodi più usati: il “Metodo delle precipitazioni”.

Tale metodo procede alla stima del volume di invaso necessario per garantire l’invarianza idraulica ed il volume specifico di invaso. La procedura si basa sulla sola curva di possibilità pluviometrica, sulle caratteristiche di permeabilità della superficie tributaria (coefficiente di deflusso) e sulla portata massima in uscita che viene considerata costante sulla base del coefficiente udometrico in uscita previsto dalla bonifica idraulica. Il metodo determina il volume massimo da invasare sulla base della durata della precipitazione.

Dal calcolo effettuato (Tabella 5) si è ottenuto per l’area **S₁** un minimo di invaso **V = 76,74 m³** che corrisponde ad un volume specifico di invaso **v ≈ 647 m³/hm²**. Si ritiene esso sia adeguato per la tipologia di intervento.

Per l’area **S₂** dal calcolo effettuato (Tabella 6) si è ottenuto un volume minimo di invaso **V = 9,19 m³** che corrisponde ad un volume specifico di invaso **v ≈ 352 m³/hm²**. Si ritiene anch’esso essere adeguato per la tipologia di superficie considerata l’area verde e la superficie drenante del parcheggio.

Per l’Area **S₁** come bacino di laminazione si ritiene opportuno realizzare con un sistema di “casseri modulari” (Figura 11) una vasca interrata al di sotto del fabbricato di progetto che ha una superficie utile **S = (8,00 x 23,00) m²** ed una altezza **h = 0,50 m** per un volume di invaso complessivo pari a **V = 92,00 m³** (> 76,74 m³ richiesti).

Per l’Area **S₂** come bacino di laminazione si ritiene opportuno realizzare un semplice abbassamento dell’area verde pubblica (Figura 12) che ha una superficie utile **S = 116,77 m²**. È sufficiente una altezza **h = 0,08 m** per assicurare il volume di invaso previsto pari a **V = 9,19 m³**. Per ovvi motivi costruttivi si assicura una profondità di 15 cm che pertanto permette di invasare un volume superiore al previsto (**V = 15,50 m³**).

Pertanto si riesce ad assicurare complessivamente per l’intervento di progetto un volume di invaso superiore a quello minimo richiesto:

$$V = 92,00 \text{ m}^3 + 15,50 \text{ m}^3 = 107,50 \text{ m}^3 > 85,93 \text{ m}^3$$

Dai bacini di laminazione realizzati, lo scarico deve avvenire verso la rete esterna con una “bocca tassata”. Vale a dire una condotta che rispetti il coefficiente udometrico in uscita previsto dalla bonifica idraulica: **$u = 5,00 \text{ l/s}\cdot\text{hm}^2$** .

Dai calcoli effettuati per la determinazione della bocca tassata, risulterebbe una condotta di scarico in uscita verso la rete con un diametro teorico molto piccolo variabile da **DN ≈ 30 mm** a **DN ≈ 20 mm**.

Secondo le indicazioni fornite dai tecnici di Acquevenete Spa, è opportuno utilizzare un diametro minimo **DN = 50 mm**. Tale pertanto sarà il diametro previsto della bocca tassata per ambedue gli scarichi dai due bacini di laminazione previsti.

Essa dovrà essere dotata di una valvola a clapet o valvola di non ritorno in modo da evitare fenomeni di rigurgito dell'acqua dal corpo ricettore alla rete di consegna interna.

Il bacino di invaso e laminazione realizzato dovrà essere tenuto sempre in perfetta efficienza e con manutenzione costante.

Si rimanda per i dettagli esecutivi agli elaborati grafici redatti dal progettista.

San Martino di Venezze (Ro), 18 Novembre 2025

Dott. Ing. Daniele CECCHETTIN

Ingegnere Civile Idraulico

Ordine degli Ingegneri della Provincia di Rovigo

Iscritto al n. 995



3. PREMESSA.

Agli strumenti urbanistici generali, alle varianti generali o alle varianti che comportino una trasformazione territoriale che possa modificare il regime idraulico di un territorio, la Giunta Regionale del Veneto, con Delibera n. 3637 del 13 Dicembre 2002 ha previsto di applicare una particolare disposizione che prevede la definizione di una specifica relazione.

Essa si definisce VALUTAZIONE DI COMPATIBILITA' IDRAULICA dalla quale si deve desumere, in relazione alle nuove previsioni urbanistiche, che non venga aggravato l'esistente livello di rischio idraulico e neppure venga pregiudicata la possibilità di ridurre ulteriormente in futuro tale livello di rischio.

Nello studio per la compatibilità idraulica si deve partire dalla valutazione dell'esistente, vale a dire la rete idrografica ricettrice delle acque di pioggia, le caratteristiche sia morfologiche che idrauliche e le caratteristiche di criticità insite nella stessa. Importante anche la conoscenza delle carte di rischio idraulico del territorio comunale o sovra comunale interessato dall'intervento in oggetto.

Valutati tutti i possibili dati e le conoscenze anche della storia idraulica del luogo, si procede a valutare la compatibilità delle nuove espansioni nei confronti del sistema idrografico locale.

Con la successiva Delibera n. 1322 del 10 Maggio 2006 la Giunta Regionale del Veneto ha meglio definito le "Modalità operative e indicazioni tecniche" relative alla "Valutazione di Compatibilità Idraulica per la redazione degli strumenti urbanistici" riportate in allegato alla delibera n. 1322.

In tal modo si va a migliorare e meglio definire il modo di approccio agli studi di compatibilità idraulica come previsto dalla precedente Delibera di Giunta Regionale n. 3637 del 13 Dicembre 2002.

Ciò serve anche per assicurare omogeneità di approccio agli studi di compatibilità idraulica. Viene definito esattamente il Tempo di ritorno cui fare riferimento ($T_r = 50$ anni), vengono definiti convenzionalmente i coefficienti di deflusso ϕ , i modelli di tipo analitico – concettuale di trasformazione afflussi/deflussi da utilizzare (Metodo Cinematico o Razionale, Metodo SCS e Metodo dell'Invaso) ed una classificazione degli interventi di trasformazione delle superfici con i criteri di intervento.

Le ulteriori nuove Delibere della Giunta Regionale del Veneto, la n. 1841 del 19 Giugno 2007 e la n. 2948 del 6 Ottobre 2009, propongono un aggiornamento alle precedenti Delibere esclusivamente nel definire la figura professionale del tecnico, chiarendo il ruolo del geologo, che può redigere tali relazioni. Esso deve essere "un tecnico di comprovata esperienza nel settore".

4. OBIETTIVI DELLA VALUTAZIONE DI COMPATIBILITA' IDRAULICA.

La "Valutazione di Compatibilità Idraulica" in caso di nuovi strumenti urbanistici, per varianti ai P.R.G. già esistenti o per nuovi Piani di Lottizzazione, verifica le possibili alterazioni del regime idraulico che le nuove destinazioni o trasformazioni d'uso del suolo possono determinare. Deve essere valutata la variazione di permeabilità dei suoli con una precisa definizione del coefficiente di deflusso ϕ e si debbono valutare le variazioni dei contributi che ogni area produce dopo la trasformazione del suolo verificando la capacità della rete drenante di sopportare i nuovi apporti.

Si deve determinare la portata massima Q_{max} che viene scaricata nella rete idrografica e si debbono definire gli strumenti tecnici per stabilizzare tale valore durante gli eventi meteorici di progetto.

Per quanto concerne le eventuali condizioni di pericolosità derivanti dalla rete idrografica maggiore, si dovranno considerare quelle definite dal Piano di Assetto Idrogeologico (P.A.I.). Si potranno altresì considerare altre condizioni di pericolosità per la rete minore derivanti da analisi condotte da Enti o soggetti diversi. Per le zone considerate pericolose, la Valutazione di Compatibilità Idraulica dovrà riportare le condizioni di pericolosità riscontrate con le nuove previsioni urbanistiche potendo eventualmente fornire indicazioni di carattere costruttivo. Ad esempio, la possibilità di realizzare volumi utilizzabili sotto il piano campagna o la necessità di prevedere edificazioni a quote superiori a quelle del piano campagna.

Sempre nel medesimo studio possono essere previsti interventi di mitigazione del rischio indicando l'efficacia in termini di riduzione del pericolo.

Con la *Delibera di Giunta Regionale del Veneto n. 1322 del 10 Maggio 2006* si va ad introdurre il concetto della invarianza idraulica. Esso deriva dalla necessità di mantenere costante il coefficiente udometrico con determinate misure compensative in aree ove l'impermeabilizzazione contribuisce ad incrementare il coefficiente di deflusso ϕ rispetto alla situazione precedente di terreno verde e quindi maggiormente permeabile. Quindi l'aumentato coefficiente udometrico che ne consegue, si cerca di mantenerlo costante con l'applicazione di misure compensative. Le valutazioni idrauliche effettuate nel presente studio sono a tutti gli effetti indirizzate ad assicurare il principio della "invarianza idraulica".

La *Delibera di Giunta Regionale del Veneto n. 1841 del 19 Giugno 2007* e la più recente *D.G.R.V n. 2948 del 6 Ottobre 2009* non vanno a toccare nella sostanza quanto previsto per il calcolo idraulico dalla precedente *D.G.R. n. 1322 del 10 Maggio 2006*. Il principio dell'invarianza idraulica prevede che chi propone una trasformazione di uso del suolo debba accollarsi, attraverso opportune azioni compensative, gli oneri del consumo della risorsa territoriale costituita dalla capacità di un bacino di regolare le piene e quindi di mantenere le condizioni di sicurezza territoriale nel tempo. In linea generale, le misure compensative sono da individuare nella predisposizione di volumi di invaso che consentano la laminazione delle piene.

Dal punto di vista operativo, la delibera introduce inoltre una classificazione degli interventi di trasformazione delle superfici. Tale classificazione consente di definire soglie dimensionali in base alle quali si applicano considerazioni differenziate in relazione all'effetto atteso dell'intervento. La classificazione è riportata nella seguente Tabella 1.

Nelle varie classi andranno adottati i seguenti criteri:

1. nel caso di **trascurabile impermeabilizzazione potenziale**, è sufficiente adottare buoni criteri costruttivi per ridurre le superfici impermeabili, quali le superfici dei parcheggi;
2. nel caso di **modesta impermeabilizzazione**, oltre al dimensionamento dei volumi compensativi cui affidare funzioni di laminazione delle piene è opportuno che le luci di scarico non eccedano le dimensioni di un tubo di diametro 200 mm e che i tiranti idrici ammessi nell'invaso non eccedano il metro;

3. nel caso di **significativa impermeabilizzazione**, andranno dimensionati i tiranti idrici ammessi nell'invaso e le luci di scarico in modo da garantire la conservazione della portata massima defluente dall'area in trasformazione ai valori precedenti l'impermeabilizzazione;
4. nel caso di **marcata impermeabilizzazione**, è richiesta la presentazione di uno studio di dettaglio molto approfondito.

Classe di Intervento	Definizione
Trascurabile impermeabilizzazione potenziale	intervento su superfici di estensione inferiore a 0.1 ha
Modesta impermeabilizzazione potenziale	Intervento su superfici comprese fra 0.1 e 1 ha
Significativa impermeabilizzazione potenziale	Intervento su superfici comprese fra 1 e 10 ha; interventi su superfici di estensione oltre 10 ha con $Imp < 0,3$
Marcata impermeabilizzazione potenziale	Intervento su superfici superiori a 10 ha con $Imp > 0,3$

Tabella 1: classificazione della impermeabilizzazione in base alla estensione superficiale.



Figura 1: planimetria area di progetto.

Nel presente studio la superficie complessiva di progetto è di **1.449,00 m²** di estensione e pertanto deve essere sottoposta a valutazione di compatibilità idraulica. Essa è suddivisa in due porzioni: una con superficie catastale pari a **S₁ = 1.187,03 m²** che è l'area che rimarrà di competenza dei privati ed una che sarà destinata ad uso pubblico con parcheggio ed area verde di superficie catastale pari a **S₂ = 261,97 m²**.



Figura 2: planimetria area di progetto con suddivisione delle due aree (pubblica e privata).

Per la stima del volume specifico di invaso si utilizzerà un foglio di calcolo che sfrutta il “**metodo delle precipitazioni**” con equazioni a tre parametri che permetterà di valutare il volume da invasare (**m³**) ma soprattutto il volume specifico di invaso (**m³/hm²**).

Il **coefficiente di deflusso Φ** è stato valutato effettuando in base alla suddivisione delle aree interne al lotto: strade, parcheggi, superficie coperta, percorsi carrai e pedonali interni, area a verde.

5. DESCRIZIONE DELL'INTERVENTO E IDENTIFICAZIONE DELLE AREE.



Figura 3: individuazione area di intervento su ortofoto.



Figura 4: estratto di mappa catastale con indicata l'area (Foglio 17 – Particella 225, 265, 490, 491).

L'area di progetto è un lotto attualmente edificato ma con una discreta posizione di area a verde in via Domenico Piva in comune di Rovigo (RO). In essa è prevista la realizzazione di un Piano Urbanistico Attuativo (PUA) denominato "Domenico Piva".

La superficie complessiva di progetto è di **1.449,00 m²** di estensione e pertanto deve essere sottoposta a valutazione di compatibilità idraulica. Essa è suddivisa in due porzioni:

- ⇒ una con superficie catastale pari a **S₁ = 1.187,03 m²** che è l'area che rimarrà di competenza dei privati;
- ⇒ ed una che sarà destinata ad uso pubblico con parcheggio ed area verde di superficie catastale pari a **S₂ = 261,97 m²**.

Verrà condotto lo studio separando la stima del coefficiente di deflusso ed il calcolo del volume di invaso per ciascuna delle due porzioni separatamente.

6. METODO DI CALCOLO ED INDICAZIONI OPERATIVE.

6.1 Stima del coefficiente di deflusso ϕ .

Il "Coefficiente di deflusso ϕ " permette di stimare quale frazione della precipitazione viene raccolta dalla rete di collettori. Esso è definito come il rapporto tra il volume defluito attraverso una determinata sezione, in un definito intervallo di tempo, ed il volume meteorico precipitato nell'intervallo stesso.

Per le reti destinate alla raccolta delle acque meteoriche valgono di massima i coefficienti relativi alla pioggia della durata di un'ora.

Si sono riportati nella Tabella 2 successiva alcuni valori previsti dalla D.G.R. 1322 e confermati sia dalla D.G.R. n. 1841 che dalla D.G.R.V n. 2948 del 6 Ottobre 2009 dei coefficienti di deflusso ϕ relativi alle diverse tipologie di superfici che si possono trovare nelle valutazioni progettuali. Tali valori sono comunque confermati dalle tabelle presenti in letteratura.

Tipologia	Coefficiente di deflusso ϕ	Esempi di superfici
Aree agricole	0,1	
Superfici permeabili	0,2	Aree verdi
Superfici semi-permeabili	0,6	Grigliati drenanti con sottostante materasso ghiaioso, strade in terra battuta o stabilizzato
Superfici impermeabili	0,9	Tetti, terrazze, strade, piazzali, ecc.

Tabella 2: valori dei coefficiente di deflusso come previsto da D.G.R. 1841 del 19.06.2007.

Si è determinato il valore medio del **Coefficiente di Deflusso Φ** effettuando una media pesata dei valori relativi alle singole superfici delle aree con le diverse destinazioni d'uso previste per i lotti di progetto e per l'intera lottizzazione attraverso la formula: $\bar{\phi} = \sum \phi_i \cdot S_i / \sum S_i$.

Per quanto concerne l'area che verrà edificata (**S₁**) e che rimarrà a carico dei privati che acquisteranno le unità abitative in essa contenute, il valore del coefficiente di deflusso è riportato in Tabella 3: **$\Phi_{\text{medio}} = 0,68$** .

Descrizione	S (m ²)	φ
Superficie impermeabile	428.50	0.9
Superficie verde	92.15	0.2
Superficie drenante	666.38	0.6
Totale superfici:	1187.03	
	φ medio =	0.68

Tabella 3: valore medio del coefficiente di deflusso con i valori previsti dalla D.G.R. 1841 per l'area S₁.

Per quanto concerne l'area che verrà ceduta al comune come area pubblica (S₂), il valore del coefficiente di deflusso sarà decisamente più contenuto. Esso è riportato in Tabella 4: $\Phi_{\text{medio}} = 0,42$.

Descrizione	S (m ²)	φ
Superficie impermeabile	0.00	0.9
Superficie verde	116.77	0.2
Superficie drenante	145.20	0.6
Totale superfici:	261.97	
	φ medio =	0.42

Tabella 4: valore medio del coefficiente di deflusso con i valori previsti dalla D.G.R. 1841 per l'area S₂.

6.2 Equazione di possibilità pluviometrica a tre parametri.

Il primo passo, nelle valutazioni di carattere idraulico, consiste nella ricerca della equazione di possibilità pluviometrica per determinare le altezze di precipitazione riferite ad un certo intervallo di tempo.

Secondo la D.G.R. 1322 del 10 Maggio 2006 e la successiva D.G.R. n. 1841 del 19 Giugno 2007, per assicurare l'applicazione del principio di "invarianza idraulica" si deve far riferimento ad una analisi pluviometrica con ricerca delle curve di possibilità climatica per durate di precipitazioni corrispondenti al tempo di corrivazione critico per l'area di progetto.

Per poter determinare con attendibilità in sede di progetto le portate meteoriche da smaltire, è necessario conoscere il regime idrologico delle precipitazioni che vanno ad interessare la rete di fognatura e quindi tutta l'area che caratterizza la proprietà di progetto.

Il valore da assegnare ad una portata di piena in una determinata sezione della rete è strettamente legata all'intensità di precipitazione che si considera, definendo questa grandezza con valore medio come il rapporto tra l'altezza h e la durata τ della precipitazione: $j = h/\tau$.

La varietà degli eventi possibili, essendo questi marcati da diversa frequenza, pone il problema di scegliere tra questi quello cui fare riferimento per poter trattare il problema ingegneristico di assegnare le corrette dimensioni alle condotte ed agli impianti. L'evento di riferimento da poter selezionare tra i possibili, si deve caratterizzare per un valore della frequenza probabile, vale a dire il numero di volte N in un determinato intervallo di tempo Δt . Questo rapporto definisce $T_r = \Delta t/N$ = tempo o periodo di ritorno (return time). Nella Valutazione di Compatibilità Idraulica e quindi nel calcolo delle portate e dei volumi da trattare il tempo di ritorno prescritto nella D.G.R. 1322/2006, nella successiva D.G.R. 1841/2007 e nella più recente D.G.R.V n. 2948 del 6 Ottobre 2009 è $T_r = 50$ anni.

Altra grandezza importante da definire per la valutazione della portata massima in uscita, è anche il tempo o ritardo di corrivazione o concentrazione T_c che si può illustrare nel modo seguente.

In generale considerata la sezione del collettore della rete di raccolta, le portate defluenti attraverso essa dipendono dalle caratteristiche del bacino tributario sotteso dalla sezione stessa e da quelle dell'evento meteorico che lo interessa. Pertanto la partecipazione del bacino alla formazione del deflusso è in relazione alla durata τ dell'evento pluviometrico.

Si assume infatti che per un determinato fenomeno con una precipitazione di altezza h e di intensità media $j = h/\tau$, cioè costante nella durata τ ed estesa a tutto il bacino, si raggiunge la portata massima quando alla sezione considerata giungono insieme i contributi di tutte le parti che formano il bacino.

Questo intervallo di tempo è definito “tempo o ritardo di corrivazione o concentrazione T_c ” ed è assunto come elemento caratteristico del bacino. Pertanto, sulla base di quanto espresso nelle righe precedenti, nella elaborazione dei dati pluviometrici per determinare le portate massime in relazione all'applicazione del principio della “invarianza idraulica”, si debbono considerare durate di precipitazione dell'ordine del tempo di corrivazione per le nuove aree da trasformare. Nel caso in esame, si potrebbero utilizzare le usuali formule applicate nel calcolo delle reti di bonifica idraulica:

$$\Rightarrow \text{Turazza} \quad T_c = 1,085 \cdot \sqrt{S}$$

$$\Rightarrow \text{Ventura} \quad T_c = 0,315 \cdot \sqrt{S}$$

Se dovessimo determinare il tempo di corrivazione applicando la relazione di Ventura, che è quella usata con maggiore frequenza, esprimendo la superficie in km^2 si determina il tempo di corrivazione T_c in giorni.

Nel caso però della rete di raccolta delle acque meteoriche per le aree urbanizzate, il tempo di corrivazione T_c deve considerare il tempo di scorrimento superficiale anche su tratti di superfici impermeabili sino alle caditoie di raccolta, le reti di condotte interne ai lotti ed il tratto di condotta da realizzare sino al pozzetto di scarico nella rete di raccolta.

Lo studio delle precipitazioni si sintetizza nella ricerca della “curva o equazione di possibilità pluviometrica” che, tra le possibili in riferimento ad un determinato tempo di ritorno, più si adatta al bacino scolante oggetto dello studio. Affinché l'elaborazione dei dati pluviometrici sia attendibile è necessario che il periodo di osservazione sia sufficientemente esteso nel tempo: non inferiore a 30 – 35 anni e qualora per mancanza di dati disponibili si abbiano serie limitate, è importante che queste siano estese per non meno di 10 anni. L'equazione di possibilità pluviometrica **a due parametri** si esprime nella forma: **$h = a \cdot t^n$** . In tale formula si ha:

$\Rightarrow h$ = altezza di precipitazione in mm;

$\Rightarrow t$ = durata dell'evento meteorico in ore;

$\Rightarrow a, n$ = coefficienti dell'equazione di possibilità pluviometriche determinata.

Per il presente studio si è effettuato il calcolo utilizzando una **equazione a tre parametri** del tipo:

$$\Rightarrow h = \frac{a}{(t+b)^c} \cdot t$$

La scelta delle equazioni a tre parametri deriva dal fatto che essa consente una migliore approssimazione dei valori di altezza di precipitazione al variare della durata dell'evento.

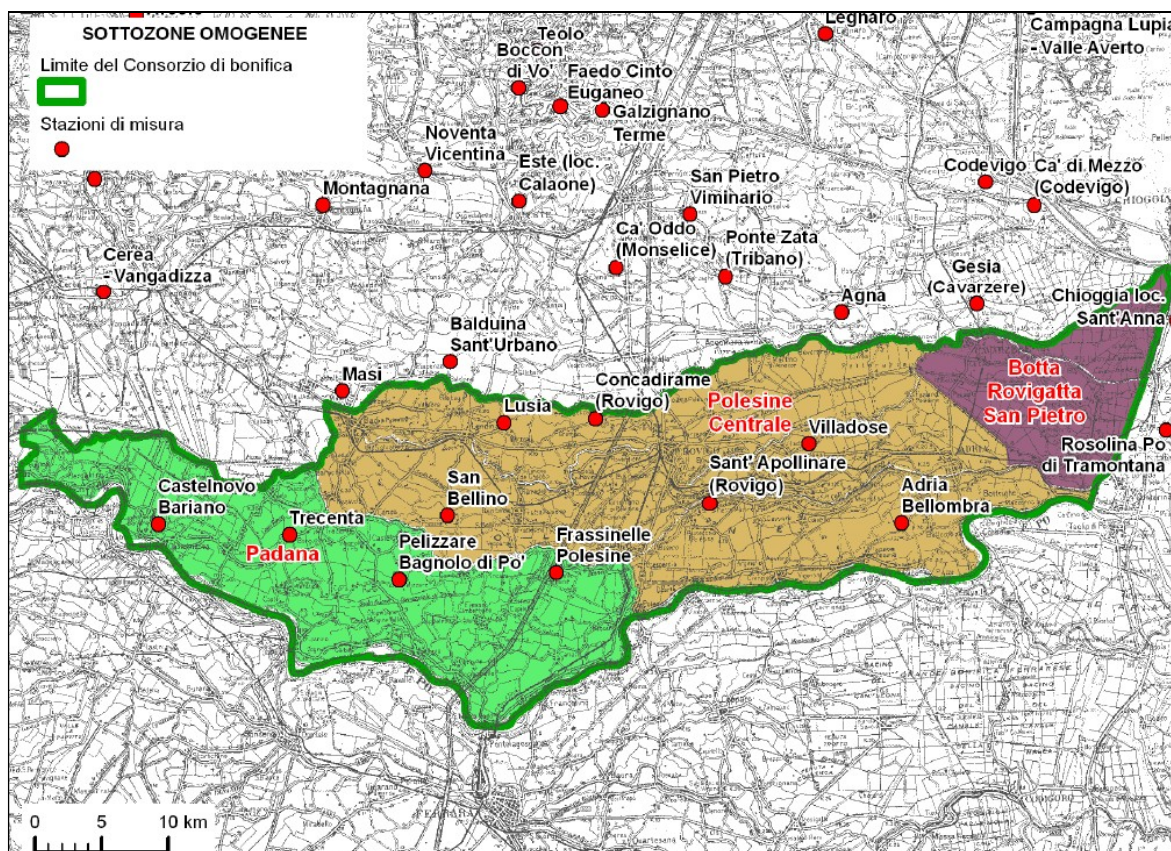


Figura 5: sottozone omogenee del territorio del consorzio di bonifica Adige Po.

Si è effettuata la verifica dei volumi di invaso utilizzando le equazioni contenute nella *“Analisi regionalizzata delle precipitazioni per l'individuazione di curve segnalatrici di possibilità pluviometrica di riferimento”* che può essere consultato e scaricato dal sito del Consorzio di Bonifica Adige Po ed è stato elaborato da **Nord Est Ingegneria Srl** di Rubano per un Tempo di Ritorno $T_r = 50$ anni.

Si è fatto riferimento ad una equazione a tre parametri relativa alla Zona Territoriale Omogenea **Polesine Centrale** (Figura 5) utilizzando un opportuno foglio di calcolo.

L'equazione usata è la seguente:

$$h = \frac{41,7}{(t + 18,6)^{0,829}} \cdot t$$

A2-2.7.2 Sottozona Polesine Centrale

Zone Territoriali Omogenee: Santa Giustina, Medio Polesine, Polesana.

Grandezze indice:

Durata (min)	5	10	15	30	45	60	180	360	720	1440
h	8.731	14.724	18.689	25.841	29.572	31.835	40.655	47.391	53.984	62.358

Figura 6: durata delle precipitazioni per le zone territoriali omogenee indicate (Nord Est Ingegneria Srl).

Valori attesi di precipitazione:

T (anni)	durata (min)									
	5	10	15	30	45	60	180	360	720	1440
2	8.4	14.1	17.9	24.4	27.4	29.2	36.2	41.7	47.9	55.3
5	10.8	18.3	23.2	32.4	37.4	40.3	50.4	58.1	66.5	77.3
10	12.3	20.9	26.6	37.7	44.3	48.4	61.6	71.6	81.4	94.9
20	13.6	23.2	29.6	42.7	51.1	56.7	74.0	86.8	98.0	114.4
30	14.3	24.5	31.4	45.6	55.2	61.8	81.9	96.9	108.7	126.9
50	15.2	26.1	33.4	49.2	60.3	68.4	92.7	110.8	123.4	144.1
100	16.4	28.2	36.2	54.0	67.4	77.8	109.0	132.5	146.0	170.2
200	17.5	30.1	38.8	58.7	74.7	87.9	127.6	157.8	171.9	200.2

Figura 7: valori attesi di precipitazione (Nord Est Ingegneria Srl).

Parametri della curva segnalatrice:

T	a	b	c
2	19.1	11.2	0.858
5	26.4	13.0	0.856
10	31.1	14.4	0.849
20	35.6	16.0	0.841
30	38.2	17.0	0.836
50	41.7	18.6	0.829
100	46.8	21.1	0.820
200	52.7	24.3	0.813

Figura 8: parametri della curva segnalatrice di possibilità pluviometrica (Nord Est Ingegneria Srl).

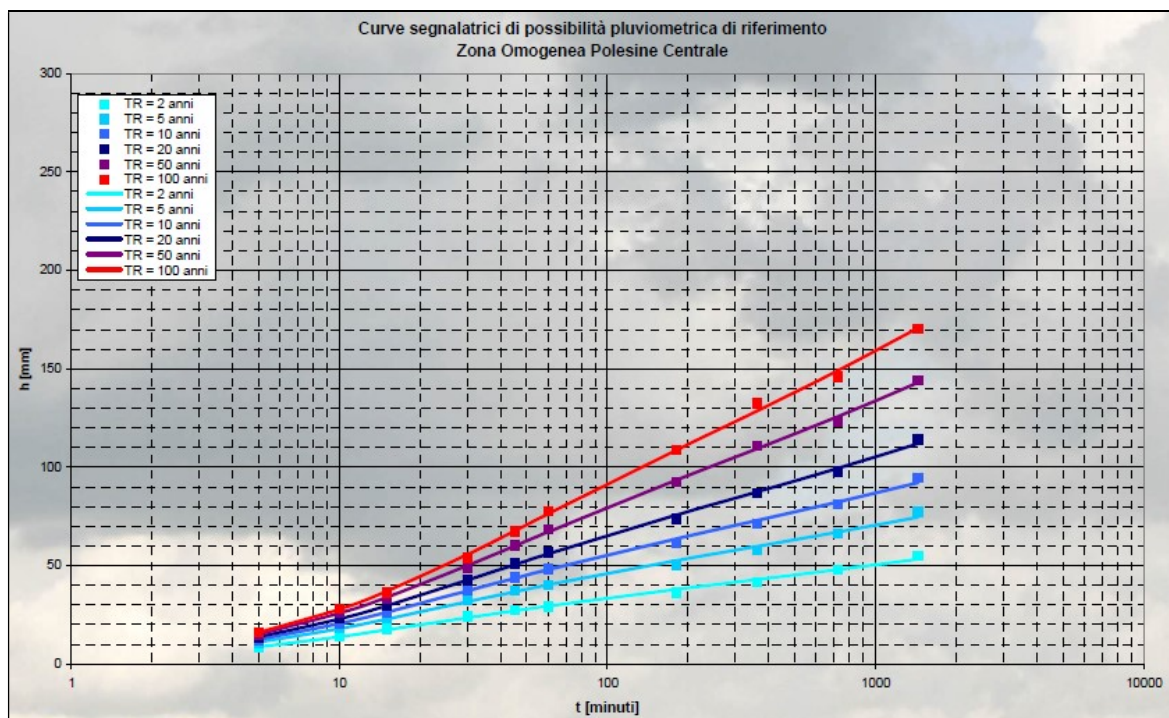


Figura 9: curve segnalatrici di possibilità pluviometrica (Nord Est Ingegneria Srl).

6.3 Calcolo della portata massima e del volume di invaso.

Per la determinazione della portata massima di progetto si potrebbe fare riferimento ad uno dei metodi più usati: il “Metodo delle precipitazioni”.

Il metodo procede alla stima del volume di invaso necessario per garantire l’invarianza idraulica ed il volume specifico di invaso.

La procedura si basa sulla sola curva di possibilità pluviometrica, sulle caratteristiche di permeabilità della superficie tributaria (coefficiente di deflusso) e sulla portata massima in uscita che viene considerata costante sulla base del coefficiente udometrico in uscita previsto dalla bonifica idraulica.

I dati di input sono i seguenti:

1. i coefficienti della equazione di possibilità pluviometrica a tre parametri per il tempo di ritorno con il quale si effettuano le elaborazioni ($T_r = 50$ anni);
2. la superficie dell’ambito di intervento cioè del bacino afferente (hm^2);
3. il coefficiente di deflusso Φ medio per l’area di intervento;
4. il coefficiente udometrico imposto allo scarico ($u = 5 \text{ l/s} \cdot hm^2$).

In sintesi si tratta di risolvere numericamente l’espressione che nasce dal porre nulla la derivata prima, calcolata rispetto a t , della seguente relazione:

$$V = V_{in} - V_{out} = S \cdot \Phi \cdot h - Q_u \cdot t = S \cdot \Phi \cdot \frac{a \cdot t}{(b + t)^c} - Q_u \cdot t$$

dove:

$$h = \frac{a}{(t + b)^c} \cdot t$$

è l’equazione di possibilità pluviometrica a tre parametri che permette di ricavare l’altezza delle precipitazioni al variare dei coefficienti a , b e c . Come già riportato in precedenza, l’equazione utilizzata per un Tempo di ritorno $T_r = 50$ anni:

$$h = \frac{41,7}{(t + 18,6)^{0,829}} \cdot t$$

Il metodo determina il volume massimo da invasare sulla base della durata della precipitazione. Si riportano nel successivo paragrafo i calcoli effettuati per ciascuna zona sottoposta alla valutazione di compatibilità idraulica.

Si riportano di seguito i fogli di calcolo per la determinazione del volume di invaso minimo previsto in relazione alla durata della precipitazione al variare del possibile coefficiente di deflusso per l’area interessata.

Calcolo del volume di laminazione (Metodo delle precipitazioni) - Area S ₁												V _{min}	76.74
Durata di pioggia		Sup. Bacino	Coefficienti dell'equazione di possibilità pluviometrica			Coeff. di deflusso	Altezza di pioggia	Volume entrante	Coeff. idrometrico	Portata uscente		Volume uscente	Volume da invasare
t _p	t	S	a	b	c	f	h	V _e	u	Q _u	Q _u	V _u	V
(min)	(ore)	(ha)	(mm)				(mm)	(m ³)	[l/(s ha)]	(l/s)	(m ³ /ora)	(m ³)	(m ³)
5	0.08	0.1187	41.7	18.600	0.829	0.68	15	12.244	5	0.5935	2.14	0.18	12.07
10	0.17	0.1187	41.7	18.600	0.829	0.68	26	20.882	5	0.5935	2.14	0.36	20.53
15	0.25	0.1187	41.7	18.600	0.829	0.68	34	27.407	5	0.5935	2.14	0.53	26.87
20	0.33	0.1187	41.7	18.600	0.829	0.68	40	32.573	5	0.5935	2.14	0.71	31.86
25	0.42	0.1187	41.7	18.600	0.829	0.68	46	36.805	5	0.5935	2.14	0.89	35.92
30	0.50	0.1187	41.7	18.600	0.829	0.68	50	40.365	5	0.5935	2.14	1.07	39.30
35	0.58	0.1187	41.7	18.600	0.829	0.68	54	43.421	5	0.5935	2.14	1.25	42.17
40	0.67	0.1187	41.7	18.600	0.829	0.68	57	46.087	5	0.5935	2.14	1.42	44.66
45	0.75	0.1187	41.7	18.600	0.829	0.68	60	48.445	5	0.5935	2.14	1.60	46.84
50	0.83	0.1187	41.7	18.600	0.829	0.68	63	50.555	5	0.5935	2.14	1.78	48.77
55	0.92	0.1187	41.7	18.600	0.829	0.68	65	52.46	5	0.5935	2.14	1.96	50.50
60	1.00	0.1187	41.7	18.600	0.829	0.68	67	54.194	5	0.5935	2.14	2.14	52.06
65	1.08	0.1187	41.7	18.600	0.829	0.68	69	55.784	5	0.5935	2.14	2.31	53.47
70	1.17	0.1187	41.7	18.600	0.829	0.68	71	57.251	5	0.5935	2.14	2.49	54.76
75	1.25	0.1187	41.7	18.600	0.829	0.68	73	58.611	5	0.5935	2.14	2.67	55.94
80	1.33	0.1187	41.7	18.600	0.829	0.68	74	59.879	5	0.5935	2.14	2.85	57.03
85	1.42	0.1187	41.7	18.600	0.829	0.68	76	61.065	5	0.5935	2.14	3.03	58.04
90	1.50	0.1187	41.7	18.600	0.829	0.68	77	62.179	5	0.5935	2.14	3.20	58.97
95	1.58	0.1187	41.7	18.600	0.829	0.68	78	63.23	5	0.5935	2.14	3.38	59.85
100	1.67	0.1187	41.7	18.600	0.829	0.68	80	64.223	5	0.5935	2.14	3.56	60.66
105	1.75	0.1187	41.7	18.600	0.829	0.68	81	65.165	5	0.5935	2.14	3.74	61.43
110	1.83	0.1187	41.7	18.600	0.829	0.68	82	66.06	5	0.5935	2.14	3.92	62.14
115	1.92	0.1187	41.7	18.600	0.829	0.68	83	66.913	5	0.5935	2.14	4.10	62.82
120	2.00	0.1187	41.7	18.600	0.829	0.68	84	67.728	5	0.5935	2.14	4.27	63.45
125	2.08	0.1187	41.7	18.600	0.829	0.68	85	68.507	5	0.5935	2.14	4.45	64.06
130	2.17	0.1187	41.7	18.600	0.829	0.68	86	69.254	5	0.5935	2.14	4.63	64.62
135	2.25	0.1187	41.7	18.600	0.829	0.68	87	69.972	5	0.5935	2.14	4.81	65.16
140	2.33	0.1187	41.7	18.600	0.829	0.68	88	70.662	5	0.5935	2.14	4.99	65.68
145	2.42	0.1187	41.7	18.600	0.829	0.68	88	71.326	5	0.5935	2.14	5.16	66.16
150	2.50	0.1187	41.7	18.600	0.829	0.68	89	71.967	5	0.5935	2.14	5.34	66.63
155	2.58	0.1187	41.7	18.600	0.829	0.68	90	72.586	5	0.5935	2.14	5.52	67.07
160	2.67	0.1187	41.7	18.600	0.829	0.68	91	73.184	5	0.5935	2.14	5.70	67.49
165	2.75	0.1187	41.7	18.600	0.829	0.68	91	73.763	5	0.5935	2.14	5.88	67.89
170	2.83	0.1187	41.7	18.600	0.829	0.68	92	74.324	5	0.5935	2.14	6.05	68.27
175	2.92	0.1187	41.7	18.600	0.829	0.68	93	74.869	5	0.5935	2.14	6.23	68.64
180	3.00	0.1187	41.7	18.600	0.829	0.68	93	75.397	5	0.5935	2.14	6.41	68.99
185	3.08	0.1187	41.7	18.600	0.829	0.68	94	75.91	5	0.5935	2.14	6.59	69.32
190	3.17	0.1187	41.7	18.600	0.829	0.68	95	76.41	5	0.5935	2.14	6.77	69.64
195	3.25	0.1187	41.7	18.600	0.829	0.68	95	76.896	5	0.5935	2.14	6.94	69.95
200	3.33	0.1187	41.7	18.600	0.829	0.68	96	77.369	5	0.5935	2.14	7.12	70.25
205	3.42	0.1187	41.7	18.600	0.829	0.68	96	77.83	5	0.5935	2.14	7.30	70.53
210	3.50	0.1187	41.7	18.600	0.829	0.68	97	78.28	5	0.5935	2.14	7.48	70.80
215	3.58	0.1187	41.7	18.600	0.829	0.68	98	78.719	5	0.5935	2.14	7.66	71.06
220	3.67	0.1187	41.7	18.600	0.829	0.68	98	79.148	5	0.5935	2.14	7.83	71.31
225	3.75	0.1187	41.7	18.600	0.829	0.68	99	79.567	5	0.5935	2.14	8.01	71.55
230	3.83	0.1187	41.7	18.600	0.829	0.68	99	79.977	5	0.5935	2.14	8.19	71.79
235	3.92	0.1187	41.7	18.600	0.829	0.68	100	80.378	5	0.5935	2.14	8.37	72.01
240	4.00	0.1187	41.7	18.600	0.829	0.68	100	80.77	5	0.5935	2.14	8.55	72.22
245	4.08	0.1187	41.7	18.600	0.829	0.68	101	81.154	5	0.5935	2.14	8.72	72.43
250	4.17	0.1187	41.7	18.600	0.829	0.68	101	81.53	5	0.5935	2.14	8.90	72.63
255	4.25	0.1187	41.7	18.600	0.829	0.68	101	81.899	5	0.5935	2.14	9.08	72.82
260	4.33	0.1187	41.7	18.600	0.829	0.68	102	82.26	5	0.5935	2.14	9.26	73.00

265	4.42	0.1187	41.7	18.600	0.829	0.68	102	82.615	5	0.5935	2.14	9.44	73.18
270	4.50	0.1187	41.7	18.600	0.829	0.68	103	82.963	5	0.5935	2.14	9.61	73.35
275	4.58	0.1187	41.7	18.600	0.829	0.68	103	83.305	5	0.5935	2.14	9.79	73.51
280	4.67	0.1187	41.7	18.600	0.829	0.68	104	83.64	5	0.5935	2.14	9.97	73.67
285	4.75	0.1187	41.7	18.600	0.829	0.68	104	83.97	5	0.5935	2.14	10.15	73.82
290	4.83	0.1187	41.7	18.600	0.829	0.68	104	84.294	5	0.5935	2.14	10.33	73.97
295	4.92	0.1187	41.7	18.600	0.829	0.68	105	84.612	5	0.5935	2.14	10.51	74.11
300	5.00	0.1187	41.7	18.600	0.829	0.68	105	84.925	5	0.5935	2.14	10.68	74.24
305	5.08	0.1187	41.7	18.600	0.829	0.68	106	85.233	5	0.5935	2.14	10.86	74.37
310	5.17	0.1187	41.7	18.600	0.829	0.68	106	85.536	5	0.5935	2.14	11.04	74.50
315	5.25	0.1187	41.7	18.600	0.829	0.68	106	85.835	5	0.5935	2.14	11.22	74.62
320	5.33	0.1187	41.7	18.600	0.829	0.68	107	86.128	5	0.5935	2.14	11.40	74.73
325	5.42	0.1187	41.7	18.600	0.829	0.68	107	86.418	5	0.5935	2.14	11.57	74.84
330	5.50	0.1187	41.7	18.600	0.829	0.68	107	86.702	5	0.5935	2.14	11.75	74.95
335	5.58	0.1187	41.7	18.600	0.829	0.68	108	86.983	5	0.5935	2.14	11.93	75.05
340	5.67	0.1187	41.7	18.600	0.829	0.68	108	87.26	5	0.5935	2.14	12.11	75.15
345	5.75	0.1187	41.7	18.600	0.829	0.68	108	87.532	5	0.5935	2.14	12.29	75.25
350	5.83	0.1187	41.7	18.600	0.829	0.68	109	87.801	5	0.5935	2.14	12.46	75.34
355	5.92	0.1187	41.7	18.600	0.829	0.68	109	88.066	5	0.5935	2.14	12.64	75.42
360	6.00	0.1187	41.7	18.600	0.829	0.68	109	88.328	5	0.5935	2.14	12.82	75.51
365	6.08	0.1187	41.7	18.600	0.829	0.68	110	88.586	5	0.5935	2.14	13.00	75.59
370	6.17	0.1187	41.7	18.600	0.829	0.68	110	88.84	5	0.5935	2.14	13.18	75.66
375	6.25	0.1187	41.7	18.600	0.829	0.68	110	89.092	5	0.5935	2.14	13.35	75.74
380	6.33	0.1187	41.7	18.600	0.829	0.68	111	89.34	5	0.5935	2.14	13.53	75.81
385	6.42	0.1187	41.7	18.600	0.829	0.68	111	89.585	5	0.5935	2.14	13.71	75.87
390	6.50	0.1187	41.7	18.600	0.829	0.68	111	89.827	5	0.5935	2.14	13.89	75.94
395	6.58	0.1187	41.7	18.600	0.829	0.68	112	90.066	5	0.5935	2.14	14.07	76.00
400	6.67	0.1187	41.7	18.600	0.829	0.68	112	90.302	5	0.5935	2.14	14.24	76.06
405	6.75	0.1187	41.7	18.600	0.829	0.68	112	90.535	5	0.5935	2.14	14.42	76.11
410	6.83	0.1187	41.7	18.600	0.829	0.68	112	90.765	5	0.5935	2.14	14.60	76.16
415	6.92	0.1187	41.7	18.600	0.829	0.68	113	90.993	5	0.5935	2.14	14.78	76.21
420	7.00	0.1187	41.7	18.600	0.829	0.68	113	91.218	5	0.5935	2.14	14.96	76.26
425	7.08	0.1187	41.7	18.600	0.829	0.68	113	91.441	5	0.5935	2.14	15.13	76.31
430	7.17	0.1187	41.7	18.600	0.829	0.68	114	91.661	5	0.5935	2.14	15.31	76.35
435	7.25	0.1187	41.7	18.600	0.829	0.68	114	91.879	5	0.5935	2.14	15.49	76.39
440	7.33	0.1187	41.7	18.600	0.829	0.68	114	92.094	5	0.5935	2.14	15.67	76.43
445	7.42	0.1187	41.7	18.600	0.829	0.68	114	92.307	5	0.5935	2.14	15.85	76.46
450	7.50	0.1187	41.7	18.600	0.829	0.68	115	92.518	5	0.5935	2.14	16.02	76.49
455	7.58	0.1187	41.7	18.600	0.829	0.68	115	92.726	5	0.5935	2.14	16.20	76.52
460	7.67	0.1187	41.7	18.600	0.829	0.68	115	92.932	5	0.5935	2.14	16.38	76.55
465	7.75	0.1187	41.7	18.600	0.829	0.68	115	93.137	5	0.5935	2.14	16.56	76.58
470	7.83	0.1187	41.7	18.600	0.829	0.68	116	93.339	5	0.5935	2.14	16.74	76.60
475	7.92	0.1187	41.7	18.600	0.829	0.68	116	93.539	5	0.5935	2.14	16.92	76.62
480	8.00	0.1187	41.7	18.600	0.829	0.68	116	93.737	5	0.5935	2.14	17.09	76.64
485	8.08	0.1187	41.7	18.600	0.829	0.68	116	93.933	5	0.5935	2.14	17.27	76.66
490	8.17	0.1187	41.7	18.600	0.829	0.68	117	94.128	5	0.5935	2.14	17.45	76.68
495	8.25	0.1187	41.7	18.600	0.829	0.68	117	94.32	5	0.5935	2.14	17.63	76.69
500	8.33	0.1187	41.7	18.600	0.829	0.68	117	94.511	5	0.5935	2.14	17.81	76.71
505	8.42	0.1187	41.7	18.600	0.829	0.68	117	94.699	5	0.5935	2.14	17.98	76.72
510	8.50	0.1187	41.7	18.600	0.829	0.68	118	94.886	5	0.5935	2.14	18.16	76.72
515	8.58	0.1187	41.7	18.600	0.829	0.68	118	95.072	5	0.5935	2.14	18.34	76.73
520	8.67	0.1187	41.7	18.600	0.829	0.68	118	95.256	5	0.5935	2.14	18.52	76.74
525	8.75	0.1187	41.7	18.600	0.829	0.68	118	95.438	5	0.5935	2.14	18.70	76.74
530	8.83	0.1187	41.7	18.600	0.829	0.68	118	95.618	5	0.5935	2.14	18.87	76.74
535	8.92	0.1187	41.7	18.600	0.829	0.68	119	95.797	5	0.5935	2.14	19.05	76.74
540	9.00	0.1187	41.7	18.600	0.829	0.68	119	95.974	5	0.5935	2.14	19.23	76.74
545	9.08	0.1187	41.7	18.600	0.829	0.68	119	96.15	5	0.5935	2.14	19.41	76.74
550	9.17	0.1187	41.7	18.600	0.829	0.68	119	96.324	5	0.5935	2.14	19.59	76.74
555	9.25	0.1187	41.7	18.600	0.829	0.68	120	96.497	5	0.5935	2.14	19.76	76.73

Tabella 5: calcolo dei volumi di invaso con il metodo delle precipitazioni per l'area S_1 .

Calcolo del volume di laminazione (Metodo delle precipitazioni) - Area S2												V _{min}	9.19
Durata di pioggia		Sup. Bacino	Coefficienti dell'equazione di possibilità pluviometrica			Coeff. di deflusso	Altezza di pioggia	Volume entrante	Coeff. idrometrico	Portata uscente		Volume uscente	Volume da invasare
t _p	t	S	a	b	c	f	h	V _e	u	Q _u	Q _u	V _u	V
(min)	(ore)	(ha)	(mm)				(mm)	(m ³)	[l/(s ha)]	(l/s)	(m ³ /ora)	(m ³)	(m ³)
5	0.08	0.0261	41.7	18.600	0.829	0.42	15	1.6628	5	0.1305	0.47	0.04	1.62
10	0.17	0.0261	41.7	18.600	0.829	0.42	26	2.8359	5	0.1305	0.47	0.08	2.76
15	0.25	0.0261	41.7	18.600	0.829	0.42	34	3.722	5	0.1305	0.47	0.12	3.60
20	0.33	0.0261	41.7	18.600	0.829	0.42	40	4.4236	5	0.1305	0.47	0.16	4.27
25	0.42	0.0261	41.7	18.600	0.829	0.42	46	4.9984	5	0.1305	0.47	0.20	4.80
30	0.50	0.0261	41.7	18.600	0.829	0.42	50	5.4818	5	0.1305	0.47	0.23	5.25
35	0.58	0.0261	41.7	18.600	0.829	0.42	54	5.8968	5	0.1305	0.47	0.27	5.62
40	0.67	0.0261	41.7	18.600	0.829	0.42	57	6.2589	5	0.1305	0.47	0.31	5.95
45	0.75	0.0261	41.7	18.600	0.829	0.42	60	6.5792	5	0.1305	0.47	0.35	6.23
50	0.83	0.0261	41.7	18.600	0.829	0.42	63	6.8657	5	0.1305	0.47	0.39	6.47
55	0.92	0.0261	41.7	18.600	0.829	0.42	65	7.1244	5	0.1305	0.47	0.43	6.69
60	1.00	0.0261	41.7	18.600	0.829	0.42	67	7.3599	5	0.1305	0.47	0.47	6.89
65	1.08	0.0261	41.7	18.600	0.829	0.42	69	7.5758	5	0.1305	0.47	0.51	7.07
70	1.17	0.0261	41.7	18.600	0.829	0.42	71	7.775	5	0.1305	0.47	0.55	7.23
75	1.25	0.0261	41.7	18.600	0.829	0.42	73	7.9598	5	0.1305	0.47	0.59	7.37
80	1.33	0.0261	41.7	18.600	0.829	0.42	74	8.1319	5	0.1305	0.47	0.63	7.51
85	1.42	0.0261	41.7	18.600	0.829	0.42	76	8.293	5	0.1305	0.47	0.67	7.63
90	1.50	0.0261	41.7	18.600	0.829	0.42	77	8.4443	5	0.1305	0.47	0.70	7.74
95	1.58	0.0261	41.7	18.600	0.829	0.42	78	8.587	5	0.1305	0.47	0.74	7.84
100	1.67	0.0261	41.7	18.600	0.829	0.42	80	8.7219	5	0.1305	0.47	0.78	7.94
105	1.75	0.0261	41.7	18.600	0.829	0.42	81	8.8498	5	0.1305	0.47	0.82	8.03
110	1.83	0.0261	41.7	18.600	0.829	0.42	82	8.9713	5	0.1305	0.47	0.86	8.11
115	1.92	0.0261	41.7	18.600	0.829	0.42	83	9.0872	5	0.1305	0.47	0.90	8.19
120	2.00	0.0261	41.7	18.600	0.829	0.42	84	9.1978	5	0.1305	0.47	0.94	8.26
125	2.08	0.0261	41.7	18.600	0.829	0.42	85	9.3037	5	0.1305	0.47	0.98	8.32
130	2.17	0.0261	41.7	18.600	0.829	0.42	86	9.4051	5	0.1305	0.47	1.02	8.39
135	2.25	0.0261	41.7	18.600	0.829	0.42	87	9.5026	5	0.1305	0.47	1.06	8.45
140	2.33	0.0261	41.7	18.600	0.829	0.42	88	9.5963	5	0.1305	0.47	1.10	8.50
145	2.42	0.0261	41.7	18.600	0.829	0.42	88	9.6865	5	0.1305	0.47	1.14	8.55
150	2.50	0.0261	41.7	18.600	0.829	0.42	89	9.7735	5	0.1305	0.47	1.17	8.60
155	2.58	0.0261	41.7	18.600	0.829	0.42	90	9.8576	5	0.1305	0.47	1.21	8.64
160	2.67	0.0261	41.7	18.600	0.829	0.42	91	9.9388	5	0.1305	0.47	1.25	8.69
165	2.75	0.0261	41.7	18.600	0.829	0.42	91	10.017	5	0.1305	0.47	1.29	8.73
170	2.83	0.0261	41.7	18.600	0.829	0.42	92	10.094	5	0.1305	0.47	1.33	8.76
175	2.92	0.0261	41.7	18.600	0.829	0.42	93	10.168	5	0.1305	0.47	1.37	8.80
180	3.00	0.0261	41.7	18.600	0.829	0.42	93	10.239	5	0.1305	0.47	1.41	8.83
185	3.08	0.0261	41.7	18.600	0.829	0.42	94	10.309	5	0.1305	0.47	1.45	8.86
190	3.17	0.0261	41.7	18.600	0.829	0.42	95	10.377	5	0.1305	0.47	1.49	8.89
195	3.25	0.0261	41.7	18.600	0.829	0.42	95	10.443	5	0.1305	0.47	1.53	8.92
200	3.33	0.0261	41.7	18.600	0.829	0.42	96	10.507	5	0.1305	0.47	1.57	8.94
205	3.42	0.0261	41.7	18.600	0.829	0.42	96	10.57	5	0.1305	0.47	1.61	8.96
210	3.50	0.0261	41.7	18.600	0.829	0.42	97	10.631	5	0.1305	0.47	1.64	8.99
215	3.58	0.0261	41.7	18.600	0.829	0.42	98	10.691	5	0.1305	0.47	1.68	9.01
220	3.67	0.0261	41.7	18.600	0.829	0.42	98	10.749	5	0.1305	0.47	1.72	9.03
225	3.75	0.0261	41.7	18.600	0.829	0.42	99	10.806	5	0.1305	0.47	1.76	9.04
230	3.83	0.0261	41.7	18.600	0.829	0.42	99	10.861	5	0.1305	0.47	1.80	9.06
235	3.92	0.0261	41.7	18.600	0.829	0.42	100	10.916	5	0.1305	0.47	1.84	9.08
240	4.00	0.0261	41.7	18.600	0.829	0.42	100	10.969	5	0.1305	0.47	1.88	9.09
245	4.08	0.0261	41.7	18.600	0.829	0.42	101	11.021	5	0.1305	0.47	1.92	9.10
250	4.17	0.0261	41.7	18.600	0.829	0.42	101	11.072	5	0.1305	0.47	1.96	9.11
255	4.25	0.0261	41.7	18.600	0.829	0.42	101	11.122	5	0.1305	0.47	2.00	9.13
260	4.33	0.0261	41.7	18.600	0.829	0.42	102	11.171	5	0.1305	0.47	2.04	9.14

265	4.42	0.0261	41.7	18.600	0.829	0.42	102	11.22	5	0.1305	0.47	2.07	9.14
270	4.50	0.0261	41.7	18.600	0.829	0.42	103	11.267	5	0.1305	0.47	2.11	9.15
275	4.58	0.0261	41.7	18.600	0.829	0.42	103	11.313	5	0.1305	0.47	2.15	9.16
280	4.67	0.0261	41.7	18.600	0.829	0.42	104	11.359	5	0.1305	0.47	2.19	9.17
285	4.75	0.0261	41.7	18.600	0.829	0.42	104	11.404	5	0.1305	0.47	2.23	9.17
290	4.83	0.0261	41.7	18.600	0.829	0.42	104	11.448	5	0.1305	0.47	2.27	9.18
295	4.92	0.0261	41.7	18.600	0.829	0.42	105	11.491	5	0.1305	0.47	2.31	9.18
300	5.00	0.0261	41.7	18.600	0.829	0.42	105	11.533	5	0.1305	0.47	2.35	9.18
305	5.08	0.0261	41.7	18.600	0.829	0.42	106	11.575	5	0.1305	0.47	2.39	9.19
310	5.17	0.0261	41.7	18.600	0.829	0.42	106	11.616	5	0.1305	0.47	2.43	9.19
315	5.25	0.0261	41.7	18.600	0.829	0.42	106	11.657	5	0.1305	0.47	2.47	9.19
320	5.33	0.0261	41.7	18.600	0.829	0.42	107	11.697	5	0.1305	0.47	2.51	9.19
325	5.42	0.0261	41.7	18.600	0.829	0.42	107	11.736	5	0.1305	0.47	2.54	9.19
330	5.50	0.0261	41.7	18.600	0.829	0.42	107	11.775	5	0.1305	0.47	2.58	9.19
335	5.58	0.0261	41.7	18.600	0.829	0.42	108	11.813	5	0.1305	0.47	2.62	9.19
340	5.67	0.0261	41.7	18.600	0.829	0.42	108	11.85	5	0.1305	0.47	2.66	9.19
345	5.75	0.0261	41.7	18.600	0.829	0.42	108	11.887	5	0.1305	0.47	2.70	9.19
350	5.83	0.0261	41.7	18.600	0.829	0.42	109	11.924	5	0.1305	0.47	2.74	9.18
355	5.92	0.0261	41.7	18.600	0.829	0.42	109	11.96	5	0.1305	0.47	2.78	9.18
360	6.00	0.0261	41.7	18.600	0.829	0.42	109	11.995	5	0.1305	0.47	2.82	9.18
365	6.08	0.0261	41.7	18.600	0.829	0.42	110	12.03	5	0.1305	0.47	2.86	9.17
370	6.17	0.0261	41.7	18.600	0.829	0.42	110	12.065	5	0.1305	0.47	2.90	9.17
375	6.25	0.0261	41.7	18.600	0.829	0.42	110	12.099	5	0.1305	0.47	2.94	9.16
380	6.33	0.0261	41.7	18.600	0.829	0.42	111	12.133	5	0.1305	0.47	2.98	9.16
385	6.42	0.0261	41.7	18.600	0.829	0.42	111	12.166	5	0.1305	0.47	3.01	9.15
390	6.50	0.0261	41.7	18.600	0.829	0.42	111	12.199	5	0.1305	0.47	3.05	9.15
395	6.58	0.0261	41.7	18.600	0.829	0.42	112	12.231	5	0.1305	0.47	3.09	9.14
400	6.67	0.0261	41.7	18.600	0.829	0.42	112	12.263	5	0.1305	0.47	3.13	9.13
405	6.75	0.0261	41.7	18.600	0.829	0.42	112	12.295	5	0.1305	0.47	3.17	9.12
410	6.83	0.0261	41.7	18.600	0.829	0.42	112	12.326	5	0.1305	0.47	3.21	9.12
415	6.92	0.0261	41.7	18.600	0.829	0.42	113	12.357	5	0.1305	0.47	3.25	9.11
420	7.00	0.0261	41.7	18.600	0.829	0.42	113	12.388	5	0.1305	0.47	3.29	9.10
425	7.08	0.0261	41.7	18.600	0.829	0.42	113	12.418	5	0.1305	0.47	3.33	9.09
430	7.17	0.0261	41.7	18.600	0.829	0.42	114	12.448	5	0.1305	0.47	3.37	9.08
435	7.25	0.0261	41.7	18.600	0.829	0.42	114	12.478	5	0.1305	0.47	3.41	9.07
440	7.33	0.0261	41.7	18.600	0.829	0.42	114	12.507	5	0.1305	0.47	3.45	9.06
445	7.42	0.0261	41.7	18.600	0.829	0.42	114	12.536	5	0.1305	0.47	3.48	9.05
450	7.50	0.0261	41.7	18.600	0.829	0.42	115	12.564	5	0.1305	0.47	3.52	9.04
455	7.58	0.0261	41.7	18.600	0.829	0.42	115	12.593	5	0.1305	0.47	3.56	9.03
460	7.67	0.0261	41.7	18.600	0.829	0.42	115	12.621	5	0.1305	0.47	3.60	9.02
465	7.75	0.0261	41.7	18.600	0.829	0.42	115	12.649	5	0.1305	0.47	3.64	9.01
470	7.83	0.0261	41.7	18.600	0.829	0.42	116	12.676	5	0.1305	0.47	3.68	9.00
475	7.92	0.0261	41.7	18.600	0.829	0.42	116	12.703	5	0.1305	0.47	3.72	8.98
480	8.00	0.0261	41.7	18.600	0.829	0.42	116	12.73	5	0.1305	0.47	3.76	8.97
485	8.08	0.0261	41.7	18.600	0.829	0.42	116	12.757	5	0.1305	0.47	3.80	8.96
490	8.17	0.0261	41.7	18.600	0.829	0.42	117	12.783	5	0.1305	0.47	3.84	8.95
495	8.25	0.0261	41.7	18.600	0.829	0.42	117	12.809	5	0.1305	0.47	3.88	8.93
500	8.33	0.0261	41.7	18.600	0.829	0.42	117	12.835	5	0.1305	0.47	3.92	8.92

Tabella 6: calcolo dei volumi di invaso con il metodo delle precipitazioni per l'area S_2 .

Dal calcolo effettuato si è ottenuto:

⇒ per l'Area S_1 si è ottenuto un volume minimo di invaso $V = 76,74 \text{ m}^3$ che corrisponde ad un volume specifico di invaso $v \approx 647 \text{ m}^3/\text{hm}^2$.

⇒ per l'Area S_2 si è ottenuto un volume minimo di invaso $V = 9,19 \text{ m}^3$ che corrisponde ad un volume specifico di invaso $v \approx 352 \text{ m}^3/\text{hm}^2$.

Si ritiene che ambedue siano adeguati per la tipologia di superficie in progetto.

7. CARATTERIZZAZIONE LITOLOGICA DEL TERRENO.

La D.G.R.V. 2948/2009 prevede inoltre, quale ulteriore misura compensativa, la possibilità di adottare “sistemi di infiltrazione facilitata” nel sottosuolo, in cui convogliare i deflussi in eccesso prodotti dall’impermeabilizzazione, qualora il coefficiente di permeabilità k risulti non inferiore a 1×10^{-3} m/s, con frazione limosa inferiore al 5%, nell’ipotesi di falda freatica sufficientemente profonda e di regola nel caso di piccole superfici impermeabilizzate.

Pertanto è cautelativo non considerare la capacità di filtrazione del terreno ma costruire un bacino di invaso per ciascuna delle due superfici che trattienga completamente il volume previsto dai calcoli.

8. INDIVIDUAZIONE E REALIZZAZIONE DEL BACINO DI INVASO E LAMINAZIONE.

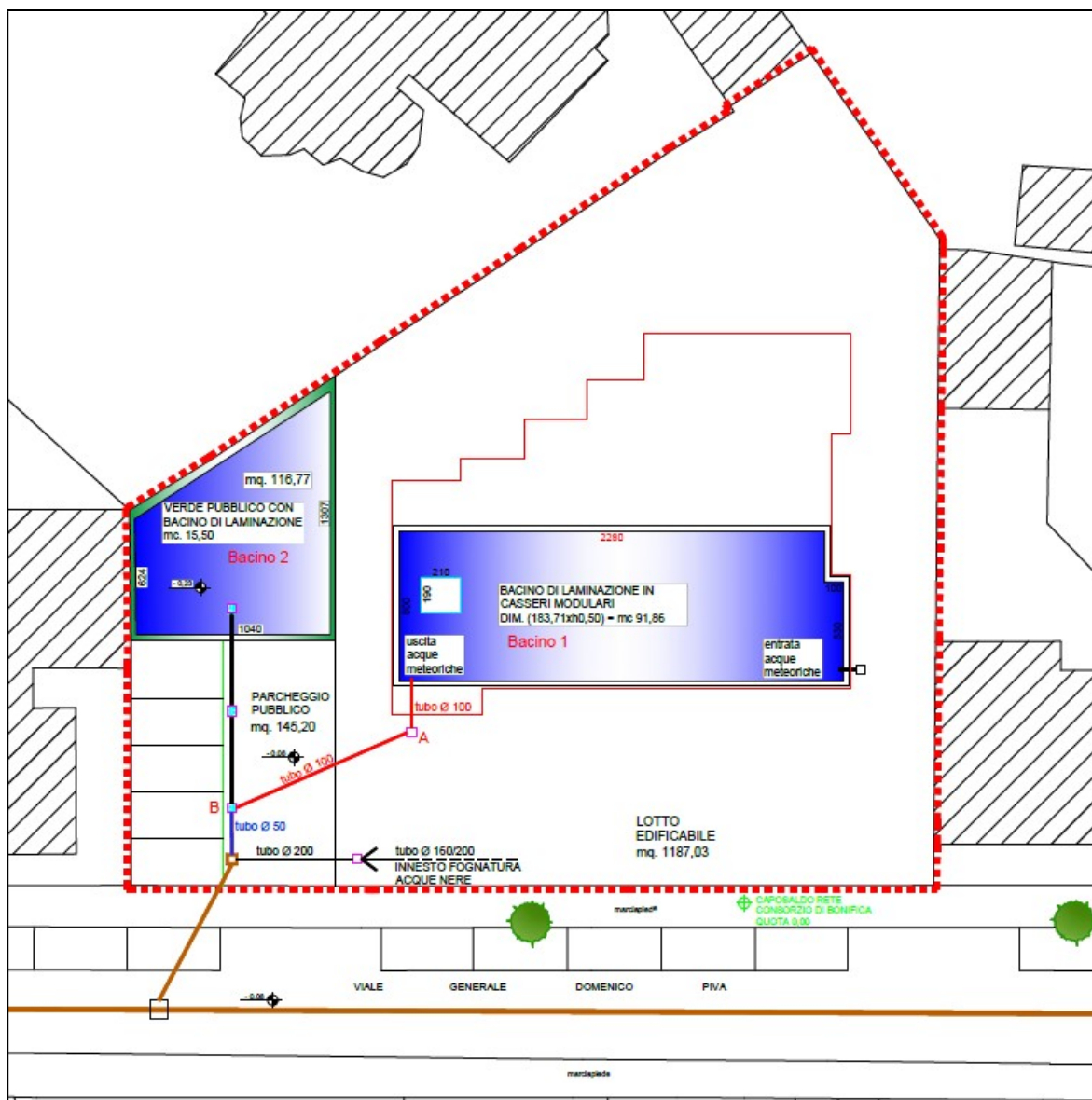


Figura 10: planimetria dell'area di progetto con ubicazione dei due bacini di laminazione.

Con i calcoli effettuati nelle precedenti pagine sono state determinate le portate finali e i volumi di acqua meteorica che dovranno essere raccolti e fatti defluire alla rete recettrice finale.

In questo caso la rete della bonifica idraulica rispettando il coefficiente udometrico in uscita previsto dalla bonifica idraulica. Esso non deve essere superiore a $u = 5,00 \text{ l/s hm}^2$, per cui la portate che eccedono tale valore devono essere consegnate alla rete di bonifica in tempi successivi.

Le acque provenienti dalle nuove aree in cui si effettua l'impianto non dovranno essere convogliate direttamente alla rete scolante locale al fine di non incrementare possibili situazioni di criticità sulla rete di raccolta. E' quindi necessario considerare una capacità di invaso **interna all'area di intervento** che consenta di prolungare i tempi di consegna nel corpo di recapito finale (tramite "immagazzinamento" dell'acqua) andando così a diminuire il valore di colmo della portata nell'idrogramma di piena: si parla quindi di intervento di laminazione della piena. Si tratta in pratica di rispettare il concetto di "**invarianza idraulica**" il cui raggiungimento è lo scopo richiesto dalla D.G.R. 2948/2009.

La soluzione più immediata è la realizzazione di un bacino di raccolta temporanea che assicuri una adeguata capacità di invaso. Il **tempo di ritorno** cui fare riferimento per questo tipo di opere, secondo le indicazioni fornite dal D.G.R. 2948/2009, deve essere assunto pari a $T_r = 50 \text{ anni}$.

Per l'Area S_1 come bacino di laminazione il progettista ha ritenuto opportuno realizzare con un sistema di "casseri modulari" una vasca interrata (che si dovrà ovviamente svuotare) al di sotto del fabbricato di progetto che ha una superfici utile $S = 8,00 \times 22,80 \text{ m}^2$ ed una altezza $h = 0,50 \text{ m}$ per un volume di invaso complessivo pari a $V = 91,86 \text{ m}^3$ ($> 76,74 \text{ m}^3$ richiesti).

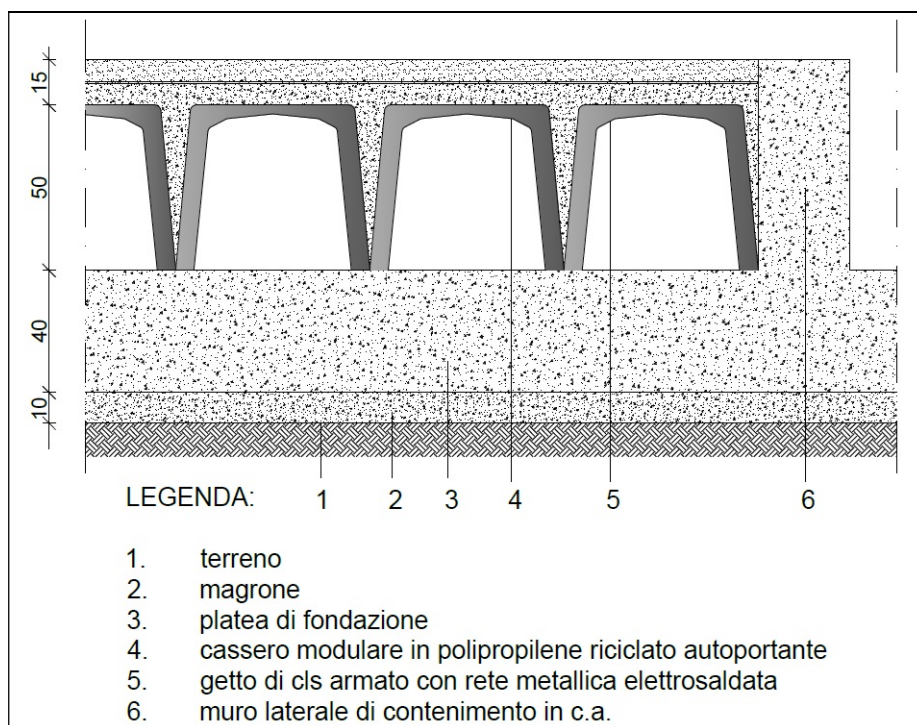


Figura 11: sezione del bacino di laminazione all'interno del lotto edificabile.

Per l'Area S_2 come bacino di laminazione si ritiene opportuno realizzare un semplice abbassamento dell'area verde pubblica che ha una superficie utile $S = 116,77 \text{ m}^2$. È sufficiente una altezza $h = 0,08 \text{ m}$ per assicurare il volume di invaso previsto pari a $V = 9,19 \text{ m}^3$. Per ovvi motivi costruttivi si assicura una profondità di **15 cm** che pertanto permette di invasare un volume superiore al previsto ($V = 15,50 \text{ m}^3$).

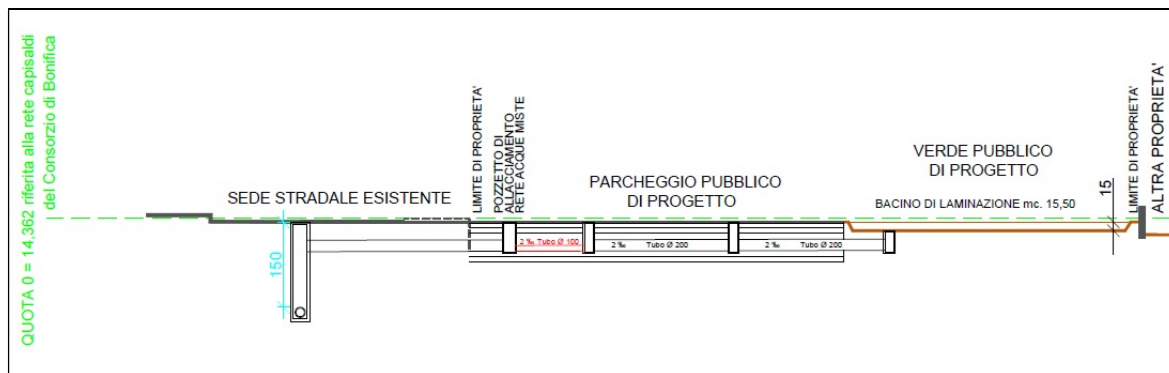


Figura 12: sezione del bacino di laminazione all'interno dell'area che rimarrà pubblica.

Pertanto è un semplice abbassamento per una superficie limitata ma che permette di trattenere il volume di pioggia derivante da un evento intenso e non mettere in criticità la rete di raccolta esterna.

9. CALCOLO DELLA BOCCA TASSATA DI SCARICO.

Le acque meteoriche raccolte in tale sistema articolato di invaso dovranno poi confluire nelle rete di raccolta esterna all'area di progetto. si è previsto effettuare lo scarico sulla rete fognaria esistente attraverso una opportuna "bocca tassata" in grado di limitare la portata in uscita nel rispetto del coefficiente udometrico $u = 5,00 \text{ l/s} \cdot \text{hm}^2$.

Si è effettuato un calcolo del diametro ottimale che permetta di assicurare la portata prevista in uscita nel rispetto del coefficiente udometrico $u = 5,00 \text{ l/s} \cdot \text{hm}^2$ al variare del carico idraulico.

Determinazione delle dimensioni della bocca tassata per il rilascio della portata Q_u			$S = \frac{q}{\mu \sqrt{2gh}}$		
portata (Q_u)	coeff. $\mu = 0,69$	tirante h	sezione d'uscita S	foro quadrato	foro circolare
$q = \text{l/sec}$		m.	cm^2	lato = cm.	$D = \text{cm.}$
0.72	0.69	0.10	7.46	2.73	3.08
0.72	0.69	0.15	6.09	2.47	2.79
0.72	0.69	0.20	5.28	2.30	2.59
0.72	0.69	0.30	4.31	2.08	2.34
0.72	0.69	0.50	3.34	1.83	2.06

Tabella 7: calcolo delle dimensioni della bocca tassata per l'area complessiva di progetto.

Nella precedente Tabella 7 si è effettuata la verifica del diametro della bocca tassata che permette di rispettare il coefficiente udometrico previsto per la rete della bonifica idraulica prevedendo alcuni possibili

carichi idraulici a monte con valore variabile fino ad un massimo pari a $h = 0,50 \text{ m}$ che rappresenta l'altezza massima della vasca a casseri modulari. Si è calcolato che la bocca tassata dovrebbe avere un diametro teorico variabile da $DN \approx 30 \text{ mm}$ a $DN \approx 20 \text{ mm}$.

Secondo le indicazioni fornite dai tecnici di Acquevenete Spa, è necessario di utilizzare un diametro minimo $DN = 50 \text{ mm}$. Tale pertanto sarà il diametro previsto della bocca tassata per ambedue gli scarichi dai due bacini di laminazione previsti.

10. LETTERATURA DI RIFERIMENTO

1. "Sistemazione dei corsi d'acqua" – Luigi DA DEPPO, Caludio DATEI e Paolo SALANDIN (Edizioni Libreria Internazionale Cortina – PADOVA);
2. "Fognature" – Luigi DA DEPPO e Claudio DATEI (Edizioni Libreria Internazionale Cortina – PADOVA);
3. "Appunti del Corso di Bonifica ed Irrigazione" – Prof. Vincenzo BIXIO (Dipartimento I.M.A.GE – Facoltà di Ingegneria – Università degli Studi di Padova);
4. "Idraulica" – A. Ghetti (Edizioni Libreria Internazionale Cortina – PADOVA);
5. "Le reti idrauliche" – G. Supino (Casa Editrice Prof. Riccardo Pàtron – BOLOGNA).
6. "Dispense di costruzioni idrauliche" – Prof. Ignazio MANTICA – Università degli studi di Ancona;
7. "Idraulica dei terreni" – Dispense Dipartimento di Ingegneria Civile – Sezione Geotecnica – Università degli Studi di Firenze.

San Martino di Venezze (Ro), 18 Novembre 2025

Dott. Ing. Daniele CECCHETTIN

Ingegnere Civile Idraulico

Ordine degli Ingegneri della Provincia di Rovigo

Iscritto al n. 995

