

PIANO URBANISTICO ATTUATIVO LEONARDI

TRA VIA DON P. LEONARDI E VIA SARDEGNA

S. MASSIMO

Scheda Norma N.415 - ATO 3

ELABORATO:

RELAZIONE DI COMPATIBILITÀ

ai sensi della D.G.R.V. n°2948 del 06.10.2009

e ai sensi del P.T.A. - Art. 121, D.Lgs 152/06

N. COMMESSA 13038		DATA: Agosto 2013	SCALA :	ALLEGATO:
REDAZIONE: PROGETTI SERVIZI VERONA s.r.l.  Ing. Silvano Rossato Geol. Claudio Leoncini Geom. Giulio Zampini Geom. Nicola Cordioli SEDE LEGALE: Viale Cristoforo Colombo, 131 37138 VERONA Cod. Fisc. - P.IVA 0308 5450 231 UFFICIO TECNICO: 37066 Sommacampagna (VR) Via Osteria Grande, 61 Tel. 045 510288 - Fax 045 510514 e-mail: info@psv srl.com DIRETTORE TECNICO: Dott. Ing. Silvano Rossato		IL PROGETTISTA: PROGETTI SERVIZI VERONA s.r.l. IL DIRETTORE TECNICO Dott. Ing. SILVANO ROSSATO 		IL COMMITTENTE:  VIBERTO Az. Gen. Costruzioni S.r.l. Via Bassolini, 6 - 37139 VERONA - Tel. 045/8904418-8905304 Fax 045/8905311
COLLABORATORE:				
2				
1				
0				
REV.	DATA	DESCRIZIONE	REDATTO	CONTROLL. APPROV.
Nome file: .dwg SCALA DI PLOT.: 1:1				
IL PRESENTE DOCUMENTO NON POTRA' ESSERE COPIATO, RIPRODOTTO O ALTREMENTI PUBBLICATO, IN TUTTO O IN PARTE, SENZA IL CONSENSO SCRITTO DI PSV srl. OGNI UTILIZZO NON AUTORIZZATO SARA' PERSEGUITO A NORMA DI LEGGE. THIS DOCUMENT MAY NOT BE COPIED, REPRODUCED OR PUBLISHED, EITHER IN PART OR IN ITS ENTIRETY, WITHOUT THE WRITTEN PERMISSION OF PSV srl. UNAUTHORIZED USE WILL BE PROSECUTED BY LAW.				

COMUNE DI VERONA
PROVINCIA DI VERONA

PIANO URBANISTICO ATTUATIVO LEONARDI
TRA VIA DON P. LEONARDI E VIA SARDEGNA
S. MASSIMO
Scheda Norma N.415 – ATO 3

RELAZIONE DI COMPATIBILITA' IDRAULICA

ai sensi della D.G.R.V. n°2948 del 06.10.2009 e
ai sensi del P.T.A. - Art. 121, D.Lgs. 152/2006

INDICE

1	PREMESSE	3
2	INQUADRAMENTO.....	4
2.1	LINEAMENTI STRUTTURALI.....	6
2.2	LINEAMENTI GEOMORFOLOGICI E LITOLOGICI	6
2.3	IDROGRAFIA ED IDROGEOLOGIA.....	9
2.4	VALUTAZIONE DEL RISCHIO IDROGEOLOGICO	10
3	CARATTERISTICHE PLUVIOMETRICHE DELLA ZONA OGGETTO DI INTERVENTO	11
4	CALCOLO DELLE PORTATE	15
4.1	RAGGUAGLIO DELLE PIOGGE ALL'AREA	15
4.2	STIMA DELL'IDROGRAMMA DI PIENA	15
4.3	STIMA DEI VOLUMI SPECIFICI DI INVASO	20
5	MISURE COMPENSATIVE E DI MITIGAZIONE	22
6	CONCLUSIONI	27

1 PREMESSE

Il presente studio idraulico, redatto ai sensi della DGRV n° 2948 del 6 Ottobre 2009 e in ottemperanza a quanto prescritto dal Piano di Tutela delle Acque, NTA Allegato A3 alla D.C.R. n. 107 del 5/11/2009, intende riferire circa le soluzioni da adottare per il sistema di raccolta, trattamento e smaltimento delle acque meteoriche a servizio della nuova urbanizzazione prevista nel P.U.A. Leonardi - scheda norma n. 415 ATO 3 sito tra via don P. Leonardi e via Sardegna nel quartiere di S. Massimo in comune di Verona.

L'intera area di progetto ha estensione di circa 7'839 m² di area totale per il PUA di cui 407.87 m² di superficie dedicati a parcheggio, 546.18 m² di verde pubblico, 2'126.95 m² di strade e marciapiedi e 4'758 m² di area ad uso dei lotti.

Lo studio si propone quindi di:

- riconoscere le principali caratteristiche geomorfologiche, idrogeologiche e litostratigrafiche dell'area;
- verificare l'idoneità dell'area dal punto di vista geologico, geomorfologico ed idrogeologico;
- individuare idonei sistemi di smaltimento delle acque meteoriche.

La realizzazione dell'intero progetto nel complesso comporterà un incremento della superficie impermeabile rispetto allo stato attuale con conseguente incremento di portata meteorica che si verrà a generare sulle nuove superfici impermeabili in occasione delle piogge.

2 INQUADRAMENO

Il progetto consiste nella realizzazione di tre fabbricati ad uso residenziale con strada comunale di progetto tra Via Don P. Leonardi e Via Sardegna nel quartiere di S. Massimo nel Comune di Verona.

L'area in studio è collocabile:

- alla tavoletta n. 48 II NE "Verona ovest" (Figura 2.1) – fuori scala;
- alla Scala 1:5.000 nell'elemento n. 123164 della CTR della Regione Veneto, denominato "San Massimo" (Figura 2.2).



Figura 2.1: Corografia - Estratto della Carta Topografica d'Italia - Fuori scala

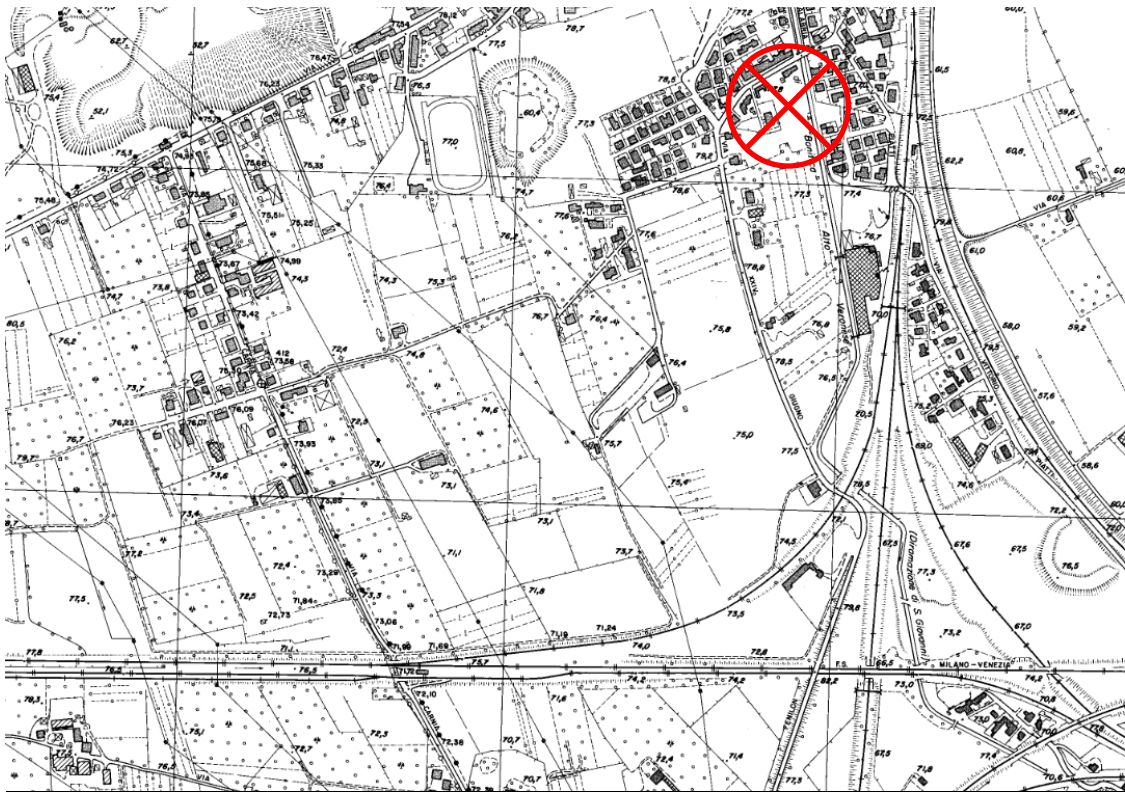


Figura 2.2: Corografia - Estratto della Carta Tecnica Regionale- scala 1:5.000

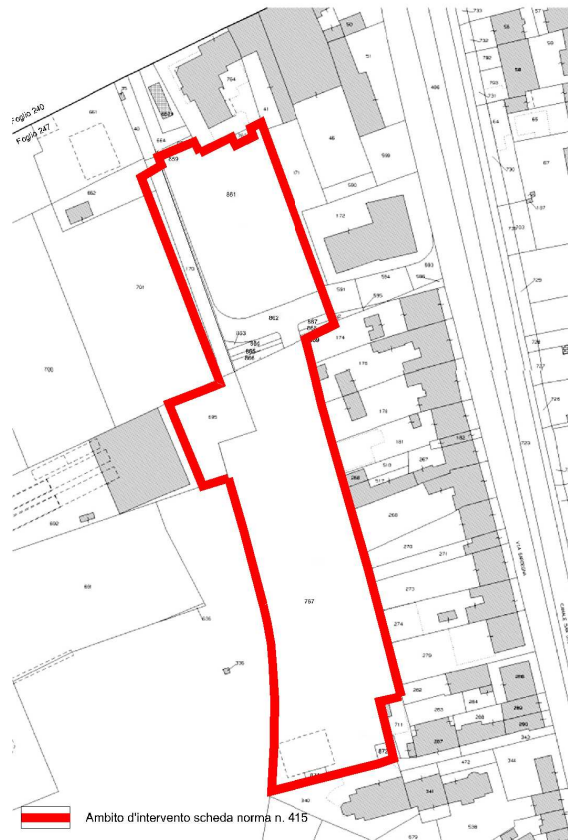


Figura 2.3: Estratto mappa catastale – mappali 767, 871, 872 e da 859 a 869 del Foglio 247 del censuario di Verona.

2.1 Lineamenti strutturali

L'area in esame si pone entro l'alta pianura veneta, a sud dei Monti Lessini, nel margine meridionale del Sudalpino.

Il Sudalpino è un'unità disomogenea segmentata da linee tettoniche trasversali che lo separano in tre blocchi. Il blocco occidentale (corrispondente alla Lombardia) e quello orientale, corrispondente al Veneto orientale e Friuli, subirono entrambi un'importante subsidenza durante il Giurassico ed il Cretaceo; successivamente ospitarono dei bacini di avanfossa e durante il terziario furono intensamente deformati. Tra i due blocchi è posto il blocco di Trento e Verona, delimitato ad ovest dal sistema di faglie delle Giudicarie (NNE-SSW) e ad Est dalla linea Schio Vicenza (NW-SE) e caratterizzato da un comportamento abbastanza costante di alto strutturale poco deformato.

Rispetto ai principali sistemi di deformazione compressiva che hanno interessato il settore meridionale delle Alpi meridionali, i Lessini si collocano in una zona di interferenza di almeno tre di essi: sistema dinarico (NW-SE) di età paleogenica, il sistema valsuganese (E-W) di età serravalliana-tortoniana e il sistema giudicariense (NNE-SSW) di età tortoniana-messiniana; solo le ultime due fasi hanno però prodotto evidenti effetti deformativi.

2.2 Lineamenti geomorfologici e litologici

La morfologia è decisamente pianeggiante; la quota sul livello del mare risulta essere di circa 76 metri.

L'area in esame è posta sul vasto terrazzo, di origine fluvio-glaciale, che comprende parte dei terreni pianeggianti dei Comuni di Verona, Bussolengo, Sommacampagna e Villafranca. Tale terrazzo si è costituito sia ad opera degli scaricatori fluvio-glaciali, che depositavano il carico solido strappato alle cerchie moreniche attribuite al RISS 3, durante le fasi di ritiro dei ghiacciai, sia per la coalescenza con il grande conoide dell'Adige.

La morfologia è caratterizzata da una blanda pianura che degrada verso Sud con deboli pendenze; tuttavia si rilevano relitti di terrazzi morfologici completamente scompaginati dall'attività antropica.

Litologicamente la zona è caratterizzata da alluvioni fluvio-glaciali, ghiaiose e ciottolose, terrazze dell'antica conoide dell'Adige, con strato di alterazione superficiale argilloso, giallo rossiccio, di ridotto spessore.

L'elevato grado di arrotondamento e di sfericità di ogni clasto è da ritenere causa delle modalità di trasporto (rotolamento nell'alveo torrentizio) che, a causa degli inevitabili urti con altri clasti, ne ha mutato la forma fino a ridurli di forma sub-sferica e con spigoli arrotondati.

L'eterometria è da imputare alla spessa coltre di ghiacciai che gravitavano su tali zone e che convogliavano verso la pianura tutti i clasti erosi dalle pendici alpine; tutto ciò ha portato ad una eterogenea commistione di clasti aventi genesi svariate quali le rocce intrusive, rocce metamorfiche e rocce sedimentarie.

Le colonne stratigrafiche, da noi raccolte, appartenenti a vari pozzi trivellati sul territorio comunale, testimoniano la presenza di livelli lenticolari conglomeratici, derivanti dalla cementazione operata dalle acque ipogee arricchite in carbonati.

A wide-angle photograph of a large-scale earthmoving project. The foreground and middle ground are dominated by a massive, light-brown earthen embankment with visible vertical erosion marks and horizontal layers. At the base of this embankment on the left, a small, light blue and white train car sits on a set of tracks. To the right, a yellow excavator is visible on a higher level of the excavation. The background features a line of green trees and a few residential-style buildings under a clear, bright sky. The overall scene suggests a major infrastructure or construction project in progress.

pag.7 di 27

Da un punto di vista litologico, il sottosuolo di questa parte del territorio veronese è costituito prevalentemente da sedimenti alluvionali sciolti di natura fluvio-glaciale e fluviale.

Associata a terreni prevalentemente granulari (ghiaie sabbie e ciottoli) è presente una falda freatica la cui superficie si colloca ad alcune decine di metri dal piano campagna.

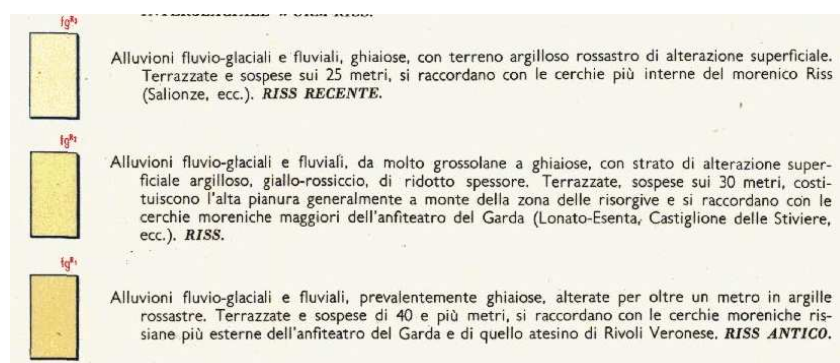


Figura 2.6: Stralcio della Carta Geologica d'Italia 1:100.000 (fuori scala)

La zona di intervento è pianeggiante con quote di circa 80 m s.l.m (rif. Carta Tecnica Regionale). Non sono osservabili particolari connotazioni morfologiche a parte alcune scarpate di terrazzo fluviale nei dintorni dell'area. Nulla comunque che possa limitare o condizionare le possibilità di intervento. Peraltro l'intensa urbanizzazione ha mascherato i tratti morfologici naturali del paesaggio. L'area è comunque stabile e non soggetta a rischi di natura idrogeologica. Non sono, infatti, possibili frane, soliflussi, esondazioni di corsi d'acqua (che non esistono in zona) o subsidenze del terreno.

2.3 Idrografia ed idrogeologia

Le informazioni sulla situazione geologico-idrogeologica dell'area sono state reperite da un esame del sito, da lavori professionali in archivio e in varie pubblicazioni scientifiche: Dal Prà e Antonelli, 1977; Antonelli e Stefanini, 1982; Sorbini et alii, 1984; Dal Prà e De Rossi, 1989; Dal Prà et alii, 1991; Sorbini (a cura di), 1993.

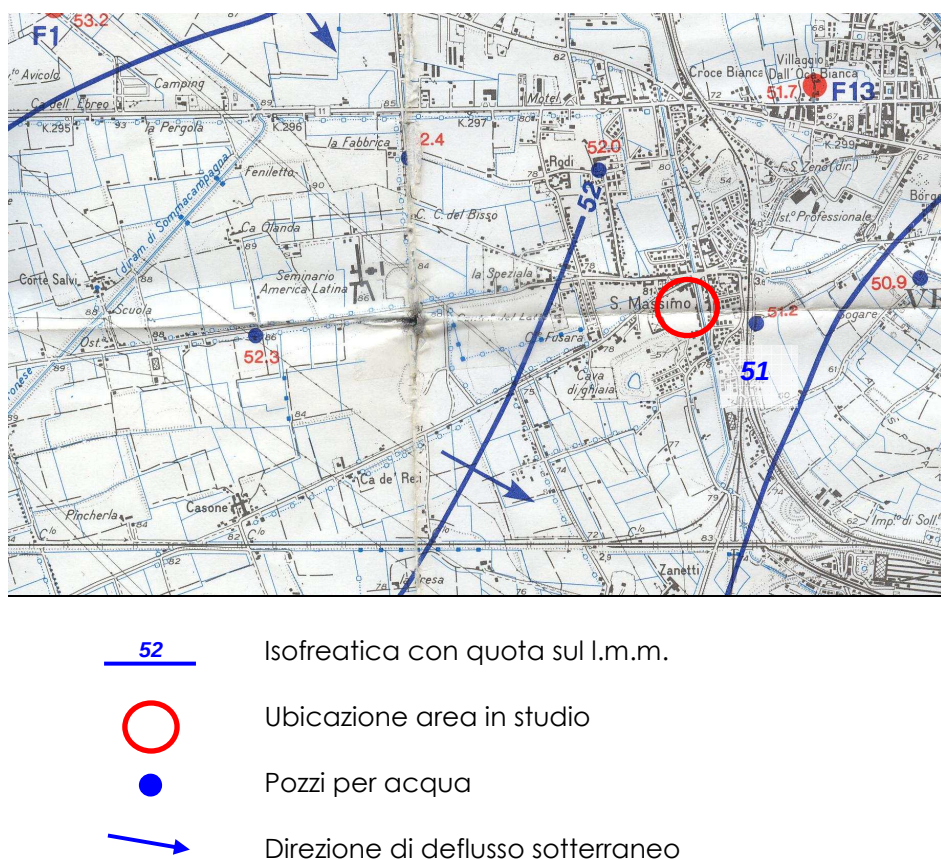


Figura 2.7: Stralcio della "Carta idrogeologica dell'Alta Pianura Veronese Orientale" (Dal Prà et al.,1997)

A grande scala il campo di moto della falda è caratterizzato da un deflusso con andamento da Nord-Ovest verso Sud-Est.

La permeabilità media dei depositi è elevata, nell'ordine di $K=10^{-3}$ $K=10^{-4}$ m/sec.

Il livello freatico della falda si colloca, in fase di piena, ad una quota di circa 51-52 m. s.l.m. ed essendo il piano campagna posto a circa 80 m s.l.m. **la minima soggiacenza della superficie di saturazione è di – 28 metri da p.c.**

Secondo la cartografia allegata al Piano di Tutela delle Acque, carta delle zone vulnerabili da nitrati di origine agricola, il sito indagato ricade in zona di ricarica degli acquiferi,

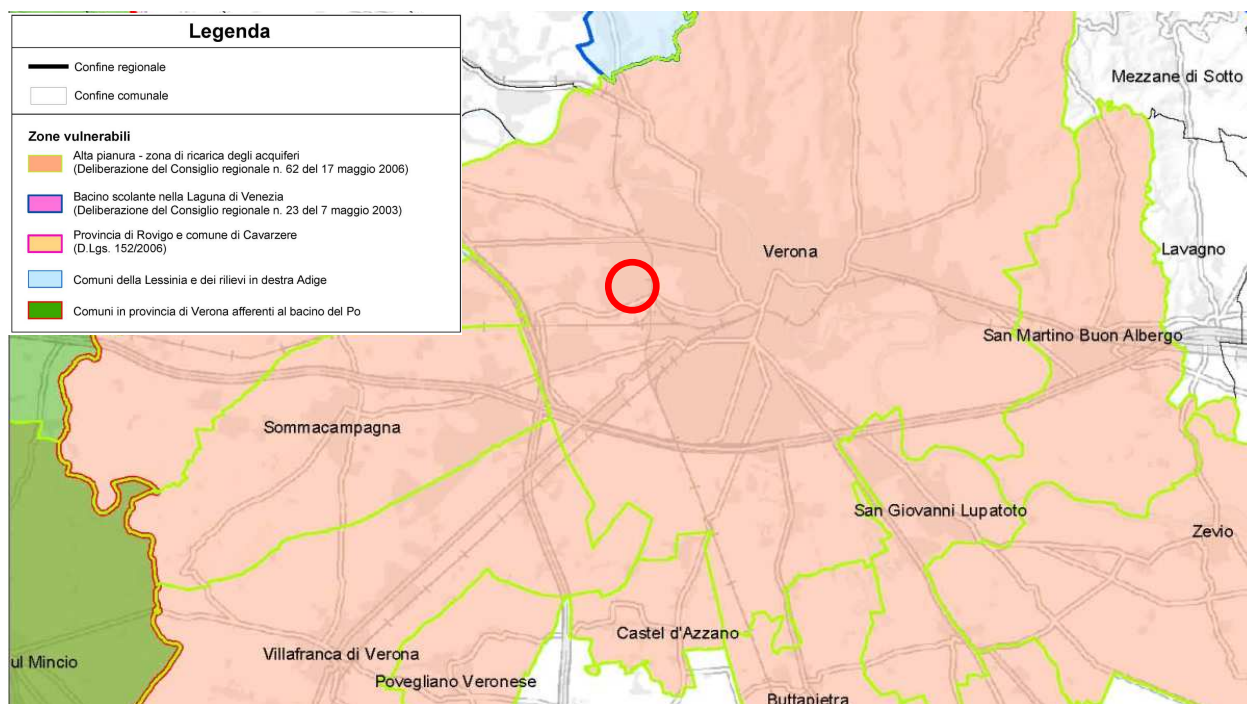


Figura 2.8: Estratto della carta delle zone vulnerabili da nitrati di origine agricola - P.T.A.

2.4 Valutazione del Rischio Idrogeologico

Il Piano Stralcio di Assetto Idrogeologico del bacino del Fiume Adige adottato con delibera n°1/2005 nella seduta di Comitato Istituzionale del 15 febbraio 2005 e approvato con D.P.C.M. 25/4/2006 con successive varianti e integrazioni, è il principale strumento di riferimento per l'individuazione delle aree soggette a rischio idrogeologico.

L'area oggetto d'intervento non fa parte delle aree di pericolosità individuate dal Piano menzionato.

Le aree caratterizzate da pericolosità idraulica (media e moderata) più prossime al sito in oggetto, sono poste a Nord-Ovest, nel territorio comunale di Pescantina, ad una distanza di circa 5 km, in corrispondenza dell'alveo del Fiume Adige.

3 CARATTERISTICHE PLUVIOMETRICHE DELLA ZONA OGGETTO DI INTERVENTO

Per dimensionare o verificare una rete di drenaggio è necessario stimare la quantità di precipitazione che la rete deve smaltire in occasione delle precipitazioni di maggiore intensità.

E' necessario pertanto determinare le curve di possibilità climatica per assegnati tempi di ritorno a partire dalle serie storiche dei dati idrologici disponibili dalle stazioni pluviografiche presenti nei dintorni dell'area oggetto di intervento. A tale scopo sono stati analizzati i dati relativi a precipitazioni brevi ed intense registrate alla stazione pluviografica di Verona.

Sono stati raccolti i dati relativi alle massime precipitazioni annue di 15, 30 e 45 minuti e di 1, 3, 6, 12 e 24 ore consecutive per il periodo dal 1960 al 1989 pubblicati negli Annali Idrologici alla stazione di Verona.

durata anno	15 minuti	30 minuti	45 minuti	1 ora	3 ore	6 ore	12 ore	24 ore
1960	17,0		27,4	23,8	24,0	30,0	31,6	35,2
1961	16,4		16,4	22,2	31,4	31,4	31,4	34,0
1962	11,6	21,2	24,4	30,0	38,2	45,2	49,0	71,8
1963	8,6	11,0	42,0	11,0	14,0	25,0	39,6	49,6
1964	12,2	16,4	26,4	17,2	21,0	27,0	41,6	50,0
1965	10,2	14,6	31,0	16,8	20,6	24,0	35,0	41,8
1966	11,0	20,0	21,8	26,4	33,2	35,0	36,0	44,8
1967	37,4	6,4	47,6	12,0	15,0	18,2	24,2	29,2
1969	8,8	39,0	49,4	43,6	55,6	59,2	63,0	63,0
1971	16,4	10,8	31,0	28,0	29,6	29,8	48,6	51,4
1973	21,6	21,2	19,8	31,0	33,8	33,8	33,8	54,8
1974	20,0	23,4	21,6	32,0	38,2	39,0	45,6	53,4
1975	21,2	30,0	29,6	21,8	34,0	34,4	34,4	39,8
1976	20,0	21,8	29,6	52,6	57,6	59,4	60,0	69,6
1977	24,4	44,6	15,0	49,8	53,4	56,2	62,4	70,4
1978	16,0	41,4	28,0	20,0	21,6	22,0	25,4	31,4
1979	14,0	19,0		22,6	25,8	27,4	33,4	60,2
1980	17,8	19,0		29,8	31,0	54,0	58,4	58,4
1981	22,0	18,8		24,2	27,2	35,0	48,0	67,4
1982	22,0	29,4		15,0	15,0	28,0	30,4	48,0
1983	12,0	29,4		52,6	61,0	70,6	88,4	88,6
1987	49,6	13,4		23,8	31,6	35,2	49,6	50,6
1988	11,6	20,6		31,0	51,2	61,4	65,6	74,0
1989	13,4	25,6						

Tabella 1: altezze di pioggia per le diverse durate orarie

Le serie dei valori massimi annuali di precipitazione di diversa durata sono state regolarizzate secondo gli usuali metodi statistici; in particolare, calcolati media, scarto quadratico medio e coefficiente di asimmetria del campione, col metodo dei momenti sono stati stimati i

parametri delle leggi di probabilità usualmente impiegate per interpretare le funzioni di ripartizione dei valori estremi.

In questa analisi statistica è stata usata la legge di Gumbel (EV1).

Determinate le altezze massima di pioggia per tempi di ritorno pari a 2, 5, 10, 20, 30, 50 e 100 anni, sono quindi stati calcolati, tramite regressione lineare mediante il metodo dei minimi quadrati, i parametri della curva di possibilità climatica per la stazione di misura.

La curva di possibilità climatica lega le altezze di pioggia alla durata attraverso la relazione:

$$h = a t^n$$

dove: h è l'altezza di pioggia espressa in mm

t è la durata dell'evento in ore

a ed n sono i parametri caratteristici della curva.

Tale curva presenta la concavità rivolta verso il basso, poiché con il crescere della durata l'intensità media della pioggia diminuisce. Nel campo bilogaritmico la curva ha forma lineare con coefficiente angolare pari ad n ed ordinata corrispondente ad un tempo unitario pari ad a .

Considerata la modesta estensione del bacino e prevedendo pertanto modesti tempi di corrivazione, la curva è stata discretizzata con una monomia che caratterizza eventi di durata inferiore all'ora, considerati i più gravosi nel calcolo e nella verifica delle reti di fognatura urbana.

Tr anni	Altezze di precipitazione (mm)				a	n
	0.25	0.5	0.75	1		
2	16.75	21.12	27.36	25.92	27.600	0.3543
5	26.38	31.51	38.42	38.44	39.624	0.2944
10	32.76	38.40	45.74	46.74	47.590	0.2729
20	38.87	45.00	52.76	54.70	55.233	0.2584
30	42.39	48.79	56.80	59.27	59.630	0.2519
50	46.79	53.54	61.86	64.99	65.126	0.2451
100	52.72	59.94	68.67	72.71	72.541	0.2376
200	58.63	66.32	75.46	80.40	79.928	0.2315

Tabella 2: parametri della curva di possibilità pluviometrica per tempi di pioggia inferiori all'ora.

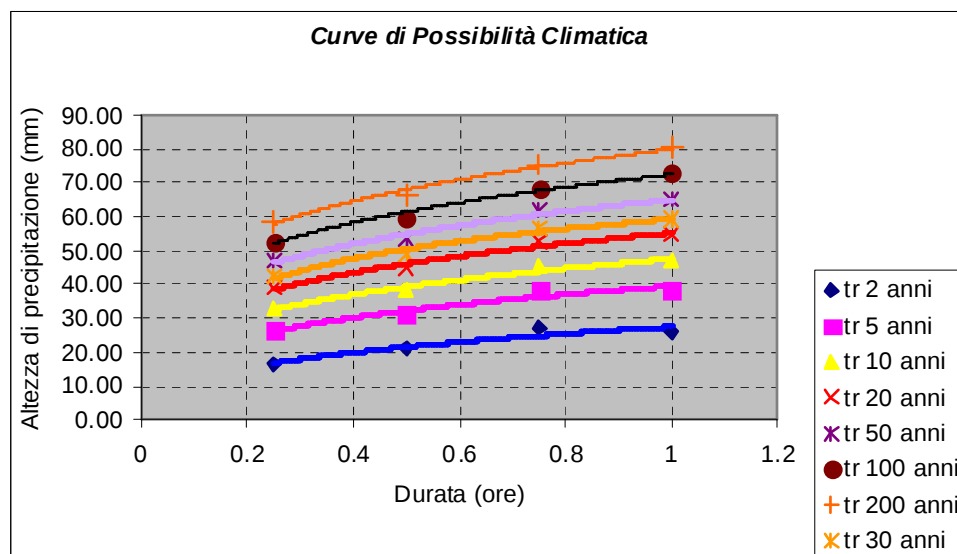


Figura 3.1: Curve segnalatrici per piogge di durata inferiore all'ora.

Altezze di precipitazione (mm)									a	n
Tr	Durata (ora)									
anni	0.25	0.5	0.75	1	3	6	12	24		
2	16.75	21.12	27.36	25.92	31.12	36.12	42.68	51.51	25.083	0.2223
5	26.38	31.51	38.42	38.44	45.82	51.50	59.08	67.55	36.986	0.1931
10	32.76	38.40	45.74	46.74	55.55	61.68	69.94	78.17	44.844	0.1818
20	38.87	45.00	52.76	54.70	64.89	71.44	80.36	88.35	52.374	0.1740
30	42.39	48.79	56.80	59.27	70.26	77.06	86.36	94.21	56.703	0.1705
50	46.79	53.54	61.86	64.99	76.97	84.08	93.85	101.54	62.112	0.1667
100	52.72	59.94	68.67	72.71	86.03	93.56	103.95	111.42	69.406	0.1624
200	58.63	66.32	75.46	80.40	95.05	102.99	114.02	121.26	76.672	0.1590

Tabella 3: parametri della curva di possibilità pluviometrica per tempi di pioggia superiori all'ora

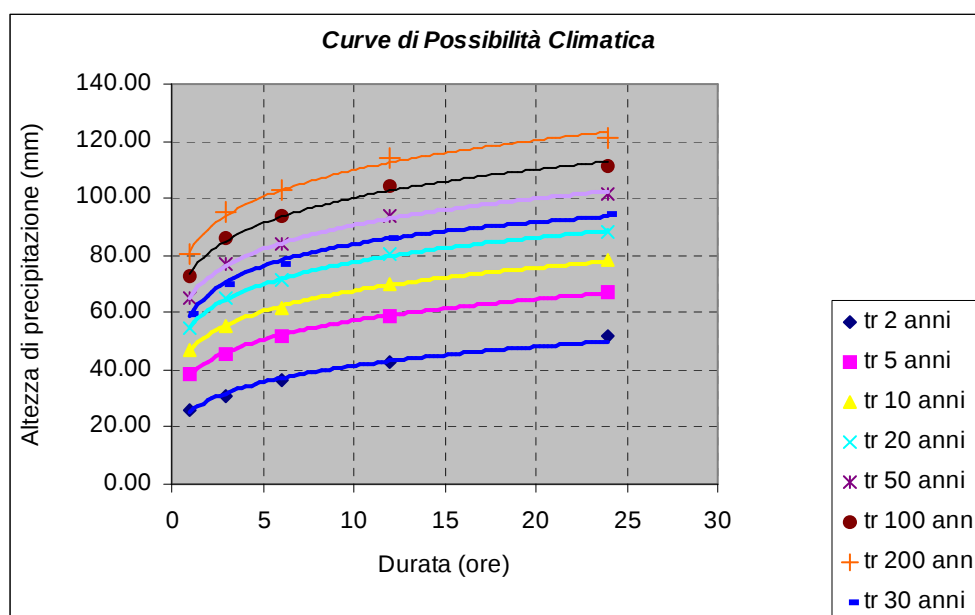


Figura 3.2: curve segnalatrici per piogge di durata superiore all'ora

Come esplicitamente previsto dal D.G.R.V. n°2948 del 6 ottobre 2009, nei successivi calcoli si fa riferimento ad un tempo di ritorno di 50 anni.

Nella seguente tabella sono riportati, per intervalli temporali caratteristici, i valori di precipitazione massimi al suolo calcolati sulla base dei parametri sopra indicati:

$$h = 62,112 t^{0.1667}$$

per Tr 50 anni e t > 1 ora

t(ore)	h(mm)
1	62.1
3	74.6
6	83.7
12	94.0
24	105.5

Tabella 4: valori di precipitazione massimi per diverse durate di pioggia calcolati con tempo di ritorno pari a 50 anni.

4 CALCOLO DELLE PORTATE

4.1 Raggiungimento delle piogge all'area

Le curve di possibilità pluviometrica illustrate nel precedente paragrafo, essendo state ricavate elaborando valori massimi annuali, forniscono i valori delle altezze di pioggia (in funzione della durata dell'evento) che ragionevolmente possono essere ritenuti validi in corrispondenza del centro di scroscio.

Per tener conto dell'attenuazione che la pioggia subisce man mano ci si allontana dal centro di scroscio e si estende l'area del bacino interessato dall'evento, si procede usualmente a raggiungere la pioggia all'area trasformando l'originale curva di possibilità pluviometrica $h = a t^n$ nella curva raggiunta $h = a' t^{n'}$.

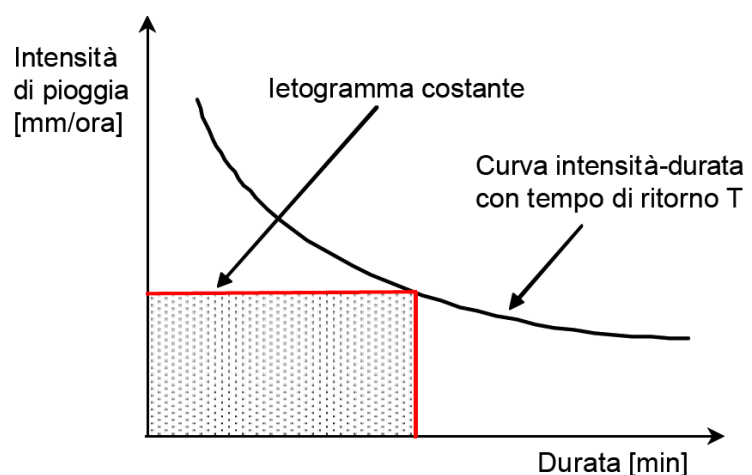
Nel caso specifico, poiché le aree interessate al progetto hanno un'estensione non rilevante, l'operazione di raggiungimento delle piogge comporterebbe una correzione poco significativa dei parametri della curva di possibilità pluviometrica. Per questo motivo si è ritenuto di non effettuare questa operazione e di adoperare la curva di possibilità pluviometrica così come ricavata dall'analisi delle altezze massime annuali.

4.2 Stima dell'idrogramma di piena

Per la definizione dell'idrogramma di piena ci si è avvalsi di un software applicativo (UrbisPro del Centro Studi Idraulica Urbana) che tramite processi di tipo iterativo consente di stimare la portata confluyente generata da piogge reali o sintetiche su bacini naturali o urbani. In questo caso l'evento piovoso è stato prodotto sinteticamente con l'obiettivo di pervenire ad un corretto dimensionamento del sistema di smaltimento delle acque meteoriche.

La prima fase di questa analisi ha comportato la definizione di uno ietogramma costante. Questo ietogramma, sicuramente il più diffuso nell'ambito progettuale, è dedotto dalle curve di possibilità pluviometrica con l'ipotesi che l'andamento temporale dell'intensità di pioggia sia costante in tutta la durata. Per la sua definizione è necessario quindi specificare la durata dell'evento.

In fase progettuale sono stati determinati una serie di idrogrammi con tempi di pioggia a intervalli temporali caratteristici differenti e pari 1h, 2h, 3h, 6h, 12h, 24h.

**Figura 4.1:** ietogramma costante

Non tutto il volume affluito durante una precipitazione giunge alle canalizzazioni per essere convogliato verso il recapito finale. I fenomeni idrologici che avvengono sulla superficie del bacino scolante modificano sostanzialmente sia la distribuzione temporale che il volume della pioggia utile ai fini del deflusso nella rete di drenaggio. Se si prescinde dall'evapotraspirazione e dall'intercettazione (del tutto trascurabili in un bacino durante un evento di pioggia particolarmente intenso) i fenomeni idrologici che intervengono sono sostanzialmente legati all'infiltrazione ed all'immagazzinamento di acqua nelle depressioni superficiali esistenti. Questi processi, in realtà molto complessi, sono normalmente trattati con un approccio di tipo ideologico, basato cioè su equazioni empiriche e non derivanti dalla modellazione rigorosa del fenomeno fisico.

Per il caso in questione è stato preso in considerazione il "Metodo Percentuale" che stima la pioggia efficace moltiplicando ciascuna ordinata per il coefficiente di afflusso costante definito in input dall'utente; è un metodo molto diffuso, anche se non si giustifica fisicamente se non sulla base delle considerazioni seguenti.

Numerosi studi hanno confermato che il contributo al deflusso della parte permeabile di un bacino urbano è assai raro, essendo limitato a piogge molto intense o a bacini scarsamente permeabili. È perciò spesso lecito trascurare il contributo al deflusso della parte permeabile del bacino, il che equivale a considerare contribuente la sola parte impermeabile.

In considerazione della diversa destinazione delle aree servite dalla fognatura pluviale si valuta il coefficiente medio di deflusso ($\bar{\phi}$), ottenuto mediante media ponderale e inteso come rapporto tra il volume defluito attraverso una sezione nota del collettore, in un definito intervallo di tempo, ed il volume meteorico precipitato sull'area sottesa nello stesso intervallo temporale.

Secondo il D.G.R. n°2948 del 6 Ottobre 2009, il fattore riduttivo da utilizzare nei calcoli è dato dal prodotto dei soli primi due coefficienti: coefficiente di deflusso $\Phi < 0,1$ per le aree agricole, 0,2 per le superfici permeabili (aree verdi), 0,6 per le superfici semi-permeabili (grigliati drenanti con sottostante materasso ghiaioso, strade in terra battuta o stabilizzato, ...) e pari a 0,9 per le superfici impermeabili (tetti, terrazze, strade, piazzali);

Uso	Φ
Zone agricole	0.1
Zone verdi	0.2
Zone semi-permeabili	0.6
Zone impermeabili	0.9

Tabella 5: coefficienti di deflusso – D.G.R.V. 2948/2009

I valori dei coefficienti di deflusso citati in tabella sono quelli riportati nelle indicazioni operative della DGRV n° 2948 del 6/10/2009.

L'intera area di progetto ha estensione di circa 7839 m² di area totale per il PUA di cui 407.87 m² di superficie dedicati a parcheggio, 546.18 m² di verde pubblico, 2126.95 m² di strade e marciapiedi e 4758 m² di area ad uso dei lotti.

Dalla media ponderata delle aree a diversa destinazione e dagli specifici coefficienti di deflusso è stato ottenuto un coefficiente di deflusso medio come di seguito riportato.

Per la destinazione d'uso di progetto i dati utilizzati sono illustrati nelle seguenti tabelle:

CALCOLO PUA - OPERE STRADALI

Stato di PROGETTO

Tipologia Area	$\bar{\varphi}$	Superficie	Superficie ridotta
		[m ²]	[m ²]
Verde pubblico	0.20	546.18	109.2
Parcheggi	0.60	407.87	244.7
Strade e marciapiedi	0.90	2126.95	1914.3
Superficie totale	0.736	3081.00	2268.2

CALCOLO PUA - LOTTO 1

Stato di PROGETTO

Tipologia Area	$\bar{\varphi}$	Superficie	Superficie ridotta
		[m ²]	[m ²]
Verde	0.20	649.53	129.9
Tetti, vialetti di accesso	0.90	1419.47	1277.5
Superficie totale	0.680	2069.00	1407.4

CALCOLO PUA - LOTTO 2

Stato di PROGETTO

Tipologia Area	$\bar{\varphi}$	Superficie	Superficie ridotta
		[m ²]	[m ²]
Verde	0.20	337.25	67.5
Tetti, vialetti di accesso	0.90	776.75	699.1
Superficie totale	0.688	1114.00	766.5

CALCOLO PUA - LOTTO 3

Stato di PROGETTO

Tipologia Area	$\bar{\varphi}$	Superficie	Superficie ridotta
		[m ²]	[m ²]
Verde	0.20	612.46	122.5
Tetti, vialetti di accesso	0.90	962.54	866.3
Superficie totale	0.628	1575.00	988.8

Tabella 6: coefficienti medi di deflusso - stato di progetto

La stima dei deflussi derivanti dagli afflussi netti è stata approntata con il modello lineare della corrivazione che schematizza il bacino come un insieme di canali lineari, tale cioè che il tempo di percorrenza del bacino sia un'invariante. È possibile quindi, almeno in via concettuale, tracciare le così dette linee isocorrive che uniscono i punti del bacino ad ugual tempo di corrivazione. Da esse, infine, è possibile costruire la curva aree-tempi che rappresenta in ordinate le aree s del bacino comprese tra la sezione di chiusura e la linea isocorriva relativa al generico tempo di corrivazione t , rappresentato in ascissa. Il tempo di corrivazione t corrispondente alla superficie totale S si definisce semplicemente tempo di corrivazione del bacino in esame (t_c). Dalla curva aree-tempi è possibile dedurre l'IUH che assume la forma:

$$h(t) = \frac{1}{S} \cdot \frac{dS}{dt}$$

dove ds/dt è la derivata dalla curva aree tempi medesima.

Per bacini artificiali il tempo di corrivazione t_c può, in prima approssimazione, essere valutato come somma di due termini:

$$t_c = t_i + t_r$$

dove con "ti" si intende il cosiddetto "tempo di ingresso", cioè il tempo che impiega la particella d'acqua a giungere alla più vicina canalizzazione scorrendo in superficie mentre

"tr" è il tempo di trasferimento lungo i canali della rete di drenaggio fino alla sezione di chiusura. Per la determinazione dei valori di t_r si può far uso della seguente tabella (Fair, 1966)

Descrizione del Bacino	t_r [min]
Centri urbani intensivi con tetti collegati direttamente alle canalizzazioni e frequenti caditoie stradali	<5
Centri commerciali con pendenze modeste e caditoie stradali meno frequenti	10 – 15
Aree residenziali estensive con piccole pendenze e caditoie poco frequenti	20 – 30

Tabella 7: tempi di ingresso per tipologia di bacino

Per la determinazione del tempo t_r si ammette normalmente che esso si possa calcolare sulla base della velocità di moto uniforme dell'acqua nelle canalizzazioni, ammesse piene ma funzionanti ancora a pelo libero.

Visto il carattere residenziale della zona in esame e la limitata prossimità di alcune zone alla rete di scolo, è stato assunto un tempo in ingresso pari a 5 minuti; considerando poi una velocità di percorrenza pari a 1 m/s si è stimato che la particella di pioggia che cade nel punto più lontano del bacino impiega 10 minuti (t_c) a raggiungere la sezione di chiusura.

A questo punto è possibile a partire dai parametri di progetto pluviometrici (a, n), dal coefficiente di deflusso e dal tempo di corrivazione, ottenere per il tempo di ritorno di 50 anni le portate massime e i contributi specifici per ciascuna zona.

Il calcolo della portata influente nel sistema di dispersione ha fornito, secondo le metodologie espone, i valori riportati nella seguente Tabella:

Stato di PROGETTO		Stato di PROGETTO	
CALCOLO PUA - OPERE STRADALI		CALCOLO PUA - LOTTO 1	
Durata precipitazione	Portata unitaria (volume) in ingresso	Durata precipitazione	Portata unitaria (volume) in ingresso
[ora]	[m ³]	[ora]	[m ³]
1	148.31	1	92.02
2	158.96	2	98.09
3	170.07	3	104.95
6	190.9	6	117.8
12	214.29	12	132.23
24	240.54	24	148.43
CALCOLO PUA - LOTTO 2		CALCOLO PUA - LOTTO 3	
Durata precipitazione	Portata unitaria (volume) in ingresso	Durata precipitazione	Portata unitaria (volume) in ingresso
[ora]	[m ³]	[ora]	[m ³]
1	50.27	1	64.9
2	53.59	2	69.18
3	57.34	3	74.02
6	64.36	6	83.08
12	72.25	12	93.26
24	81.09	24	104.68

Tabella 8: volume di pioggia generato dalla realizzazione delle opere di progetto per le diverse durate di precipitazione meteoriche

4.3 Stima dei volumi specifici di invaso

Definita la portata influente al sistema di dispersione/laminazione, si tratta di definire il volume utile per l'immagazzinamento della stessa, supponendo di realizzare al termine del tracciato della fognatura bianca un sistema costituito da un complesso di pozzi perdenti posti in serie il cui eccesso di portata possa essere temporaneamente immagazzinato all'interno.

Il volume utile per lo stoccaggio della portata non infiltrata nel sistema sarà pertanto definito dalla capacità d'immagazzinamento delle singole batterie di pozzi a servizio dei singoli lotti e della strada.

Il dimensionamento dell'apparato filtrante viene pertanto effettuato oltre che sulla base della portata influente (Tabella 8) nel sistema anche dalla capacità d'infiltrazione dello stesso. Il sistema d'infiltrazione così come concepito, è costituito da una batteria di cerchi in calcestruzzo dotati di fori per la dispersione nel terreno circostante dell'acqua meteorica.

Il dimensionamento dell'impianto di infiltrazione, viene eseguito confrontando le portate in arrivo (quindi l'idrogramma di piena di progetto) con la capacità d'infiltrazione del terreno e con l'eventuale volume immagazzinato nel sistema, tale confronto può essere espresso con l'equazione di continuità, che rappresenta il bilancio delle portate entranti e uscenti nel mezzo filtrante:

$$(Q_p - Q_f) \times \Delta t = \Delta W$$

con:

Q_p : portata influente;

Q_f : portata infiltrata;

Δt : intervallo di tempo;

ΔW : variazione del volume nel mezzo filtrante;

La capacità d'infiltrazione può essere stimata attraverso la relazione di Kozeny:

$$\frac{dH}{dt} = K \frac{(B + 2H)(L + 2H)}{BL}$$

con:

K : coefficiente di permeabilità espresso in [m/s];

B : larghezza della trincea espressa in [m];

H : altezza d'acque in trincea espressa in [m];

L : lunghezza della trincea espressa in [m];

dt : intervallo di tempo;

dH : variazione dell'abbassamento espresso in [m];

La valutazione del volume statico filtrante è stata condotta sulla base di determinate ipotesi:

- Livello della falda al di sotto del fondo disperdente (vedi relazione geologica redatte dal Dott. Geol. Pier Silvio Compri):

- il valore della permeabilità del terreno può essere assunto pari a **$K=10^{-4}$ m/s.** (vedi relazione geologica redatte dal Dott. Geol. Pier Silvio Compri);
- si considera la sola filtrazione verticale;
- il pietrisco, ciottolame caratterizzato da permeabilità $K=10^{-2}$ m/s posizionato nell'intorno della vasca presenta una porosità stimata di circa 32 %;
- la superficie netta d'infiltrazione per l'intero sistema statico è considerata pari a $A_f = B \times L$ (a favore di sicurezza si suppone che l'infiltrazione avvenga solo lungo la base del sistema filtrante);

5 MISURE COMPENSATIVE E DI MITIGAZIONE

L'impermeabilizzazione delle superfici e la loro regolarizzazione contribuisce in modo determinante all'incremento del coefficiente di deflusso ed al conseguente aumento del coefficiente idrometrico delle aree trasformate. Pertanto ogni progetto di trasformazione dell'uso del suolo che provochi una variazione di permeabilità superficiale deve prevedere misure compensative volte a mantenere costante il regime idraulico secondo il principio dell'invarianza idraulica, così come definito dalla D.G.R.V. n°2948 del 6 Ottobre 2009.

Come prevede la D.G.R.V. 2948/2009, la dispersione nei primi strati del sottosuolo è possibile se non ci sono recettori superficiali ed è impossibile connettersi alla rete delle acque bianche; la dispersione è l'unico modo per allontanare il 100 % delle acque, qualora la permeabilità lo consenta. Tale sistema se adeguatamente dimensionato può essere impiegato in parte anche come invaso.

Nel caso in esame, poiché il terreno è ad esclusiva componente ciottolosa/ghiaiosa con mancanza di frazione fine/limosa, con valori di permeabilità $k > 10^{-4}$ m/s, si è deciso di prevedere dei sistemi di smaltimento tramite infiltrazione nel terreno.

Il terreno però non possiede quasi mai una permeabilità tale da smaltire grandi volumi di pioggia in tempi ragionevoli. Per questo è necessario disporre di un volume che contenga temporaneamente i volumi intercettati e trasportati dalla rete e che liberi gradualmente questi ultimi nei primi strati del sottosuolo.

Di seguito si procede con il dimensionamento dei volumi atti allo smaltimento delle acque meteoriche generati da eventi caratterizzati da tempo di ritorno pari a 50 anni, secondo le modalità precedentemente esposte.

Inoltre, in fase progettuale è stato verificato che i tempi di pioggia inferiori all'ora non costituissero una durata dell'evento cosiddetta "critica" per i sistemi disperdenti ipotizzati.

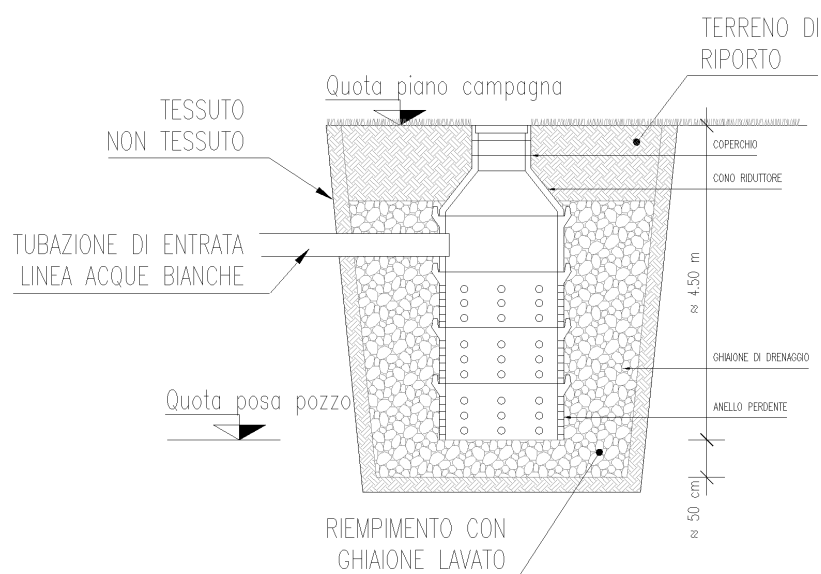


Figura 5.1: sezione tipo trincea con pozzo disperdente

- **SISTEMA DI SMALTIMENTO ACQUE METEORICHE FUTURA STRADA, MARCIAPIEDI:**

CALCOLO PUA - OPERE STRADALI				
Stato di PROGETTO				
Durata precipitazione	Portata unitaria (volume) in ingresso	Volume residuo da laminare *	Volume effettivo trincea	Tirante massimo in trincea**
[ora]	[m ³]	[m ³]	[m ³]	[m]
1	148.31	109.30	112.07	3.55
2	158.96	93.52	112.07	3.04
3	170.07	80.89	112.07	2.63
6	190.9	49.29	112.07	1.60
12	214.29	12.58	112.07	0.41
24	240.54	0.00	112.07	0.00
* lo zero sta a significare che il sistema di smaltimento ha provveduto a smaltire interamente la portata generata e potenzialmente sarebbe in grado di smaltire ulteriormente				
** considero la sola sup. dei pozzi				

- la condizione "critica" si rileva in corrispondenza delle prime 2 ore di pioggia, dopodiché il sistema di smaltimento inizia a smaltire in maniera graduale tutta la portata che si genera;
- il valore del volume massimo da destinare alla laminazione viene individuato pari a 109.43 m³ complessivi in corrispondenza di un tempo di pioggia pari a 70 min (1.16 h).

Il volume complessivo minimo da destinare alla laminazione è quindi pari a: 109.43 m³.

A titolo prudenziale, si prevede di realizzare n. 8 pozzi perdenti di diametro pari a 1,5 m e profondità pari a 5,00 metri collegati tra loro tubazioni in pvc di diametro pari a 400 mm. Le dimensioni della trincea drenante in cui verrà alloggiata la batteria di pozzi è stata ipotizzata di larghezza 4,00 m e lunghezza 10,00 m. Il volume netto, considerando una porosità pari al 32 %, risulta pari a 112.07 m³.

Complessivamente pertanto si avrà a disposizione un volume pari a 70.69 m³ offerto dai soli pozzi e un volume netto della trincea a meno dei pozzi pari 41.38 m³ per un totale pari 112.07 m³ superiore ai 109.43 m³ minimi previsti.

CALCOLO PUA - OPERE STRADALI			
Dimensioni trincea			
Larghezza [m]	Lunghezza [m]	Altezza [m]	Porosità
4.00	10.00	5.00	32%
Ipotesi con pozzi perdenti n°		8	
Diametro interno		1.50	m
Volume offerto dai pozzi		70.69	m ³
Volume totale lordo a meno dei pozzi		129.31	m ³
Volume totale netto		112.07	m ³

- **SISTEMA DI SMALTIMENTO ACQUE METEORICHE LOTTO 1:**

CALCOLO PUA - LOTTO 1				
Stato di PROGETTO				
Durata precipitazione	Portata unitaria (volume) in ingresso	Volume residuo da laminare *	Volume effettivo trincea	Tirante massimo in trincea**
[ora]	[m³]	[m³]	[m³]	[m]
1	92.02	66.28	68.83	4.31
2	98.09	54.46	68.83	3.54
3	104.95	45.66	68.83	2.97
6	117.80	25.20	68.83	1.64
12	132.23	2.93	68.83	0.19
24	148.43	0.00	68.83	0.00
* lo zero sta a significare che il sistema di smaltimento ha provveduto a smaltire interamente la portata generatesi e potenzialmente sarebbe in grado di smaltire ulteriormente				
** considero la sola sup. dei pozzi				

- la condizione "critica" si rileva si rileva in corrispondenza della prima ora, dopodiché il sistema di smaltimento inizia a smaltire in maniera graduale tutta la portata che si genera;
- il valore del volume massimo da destinare alla laminazione viene individuato pari a 66.28 m³ complessivi in corrispondenza di un tempo di pioggia pari a 66 min (1.10 h).

Il volume complessivo minimo da destinare alla laminazione è quindi pari a: 66.28 m³.

A titolo prudenziale, si prevede di realizzare n. 4 pozzi perdenti di diametro pari a 1,5 m e profondità pari a 5,00 metri collegati tra loro tubazioni in pvc di diametro pari a 400 mm. Le dimensioni della trincea drenante in cui verrà alloggiata la batteria di pozzi è stata ipotizzata di larghezza 4,00 m e lunghezza 7,00 m. Il volume netto, considerando una porosità pari al 32 %, risulta pari a 68.83 m³.

Complessivamente pertanto si avrà a disposizione un volume pari a 35.34 m³ offerto dai soli pozzi e un volume netto della trincea a meno dei pozzi pari 33.49 m³ per un totale pari 68.83 m³ superiore ai 66.28 m³ minimi previsti.

CALCOLO PUA - LOTTO 1			
Dimensioni trincea			
Larghezza [m]	Lunghezza [m]	Altezza [m]	Porosità
4.00	7.00	5.00	32%
Ipotesi con pozzi perdenti n°		4	
Diametro interno		1.50	m
Volume offerto dai pozzi		35.34	m³
Volume totale lordo a meno dei pozzi		104.66	m³
Volume totale netto		68.83	m³

- **SISTEMA DI SMALTIMENTO ACQUE METEORICHE LOTTO 2:**

CALCOLO PUA - LOTTO 2				
Stato di PROGETTO				
Durata precipitazione	Portata unitaria (volume) in ingresso	Volume residuo da laminare *	Volume effettivo trincea	Tirante massimo in trincea**
[ora]	[m³]	[m³]	[m³]	[m]
1	50.27	31.67	32.22	2.74
2	53.59	24.22	32.22	2.10
3	57.34	19.41	32.22	1.68
6	64.36	10.67	32.22	0.92
12	72.25	3.27	32.22	0.28
24	81.09	0.00	32.22	0.00
* lo zero sta a significare che il sistema di smaltimento ha provveduto a smaltire interamente la portata generatesi e potenzialmente sarebbe in grado di smaltire ulteriormente				
** considero la sola sup. dei pozzi				

- Analogamente a quanto indicato per il lotto 1, la condizione "critica" si rileva in corrispondenza della prima ora di pioggia, dopodiché il sistema di smaltimento inizia a smaltire in maniera graduale tutta la portata che si genera;
- il valore del volume massimo da destinare alla laminazione viene individuato pari a 31.67 m³ complessivi in corrispondenza di un tempo di pioggia pari a 65 min (1.10 h).

Il volume complessivo minimo da destinare alla laminazione è quindi pari a: 31.67 m³.

A titolo prudenziale, si prevede di realizzare n. 3 pozzi perdenti di diametro pari a 1,5 m e profondità pari a 3,50 metri collegati tra loro tubazioni in pvc di diametro pari a 400 mm. Le dimensioni della trincea drenante in cui verrà alloggiata la batteria di pozzi è stata ipotizzata di larghezza 2,50 m e lunghezza 7,00 m. Il volume netto, considerando una porosità pari al 32 %, risulta pari a 32,22 m³.

Complessivamente pertanto si avrà a disposizione un volume pari a 18.56 m³ offerto dai soli pozzi e un volume netto della trincea a meno dei pozzi pari 13.66 m³ per un totale pari 32.22 m³ superiore ai 31.67 m³ minimi previsti.

CALCOLO PUA - LOTTO 2			
Dimensioni trincea			
Larghezza [m]	Lunghezza [m]	Altezza [m]	Porosità
2.50	7.00	3.50	32%
Ipotesi con pozzi perdenti n°			
Diametro interno		1.50	m
Volume offerto dai pozzi		18.56	m³
Volume totale lordo a meno dei pozzi		42.69	m³
Volume totale netto		32.22	m³

- **SISTEMA DI SMALTIMENTO ACQUE METEORICHE LOTTO 3:**

CALCOLO PUA - LOTTO 3				
Stato di PROGETTO				
Durata precipitazione	Portata unitaria (volume) in ingresso	Volume residuo da laminare *	Volume effettivo trincea	Tirante massimo in trincea**
[ora]	[m³]	[m³]	[m³]	[m]
1	64.9	43.72	46.02	3.79
2	69.18	34.56	46.02	2.99
3	74.02	28.22	46.02	2.44
6	83.08	15.41	46.02	1.34
12	93.26	3.48	46.02	0.30
24	104.68	0.00	46.02	0.00
* lo zero sta a significare che il sistema di smaltimento ha provveduto a smaltire interamente la portata generata e potenzialmente sarebbe in grado di smaltire ulteriormente				
** considero la sola sup. dei pozzi				

- Analogamente a quanto indicato per il lotto 1 e 2, la condizione "critica" si rileva in corrispondenza della prima ora di pioggia, dopodiché il sistema di smaltimento inizia a smaltire in maniera graduale tutta la portata che si genera;
- il valore del volume massimo da destinare alla laminazione viene individuato pari a 43.72 m³ complessivi in corrispondenza di un tempo di pioggia pari a 65 min (1.10 h).

Il volume complessivo minimo da destinare alla laminazione è quindi pari a: 43.72 m³.

A titolo prudenziale, si prevede di realizzare n. 3 pozzi perdenti di diametro pari a 1,5 m e profondità pari a 5,00 metri collegati tra loro tubazioni in pvc di diametro pari a 400 mm. Le dimensioni della trincea drenante in cui verrà alloggiata la batteria di pozzi è stata ipotizzata di larghezza 2,50 m e lunghezza 7,00 m. Il volume netto, considerando una porosità pari al 32 %, risulta pari a 46,02 m³.

Complessivamente pertanto si avrà a disposizione un volume pari a 26,51 m³ offerto dai soli pozzi e un volume netto della trincea a meno dei pozzi pari 19,52 m³ per un totale pari 46,02 m³ superiore ai 43,72 m³ minimi previsti.

CALCOLO PUA - LOTTO 3			
Dimensioni trincea			
Larghezza [m]	Lunghezza [m]	Altezza [m]	Porosità
2.50	7.00	5.00	32%
Ipotesi con pozzi perdenti n°		3	
Diametro interno		1.50	m
Volume offerto dai pozzi		26.51	m³
Volume totale lordo a meno dei pozzi		60.99	m³
Volume totale netto		46.02	m³

6 CONCLUSIONI

Alla luce di quanto sopra esposto, poiché le caratteristiche dello stesso lo consentono (matrice ciottolosa/ghiaiosa con mancanza di frazione fine/limosa e con un valore di permeabilità $k > 10^4$ m/s), **le acque meteoriche raccolte dalle superfici impermeabili conseguenti alla realizzazione delle opere di progetto potranno essere smaltite mediante infiltrazione facilitata nel terreno** senza pregiudicare l'esistente livello di rischio idraulico.

Al fine di prevedere quanto prescritto dall'art. 39, comma 5 del Piano di Tutela delle Acque, allegato D alla D.G.R. n. 842 del 15 maggio 2012, che recita: *...omissis..laddove il recapito in corpo idrico superficiale o sul suolo non possa essere autorizzato dai competenti enti per la scarsa capacità dei recettori o non si renda convenientemente praticabile, il recapito potrà avvenire anche negli strati superficiali del sottosuolo, purché sia preceduto da un idoneo trattamento in continuo di sedimentazione e, se del caso, di disoleazione delle acque ivi convogliate* **le acque di raccolta a servizio della strada e dei parcheggi esterna ai lotti dovranno essere idoneamente trattate prima di essere convogliate al sistema di dispersione.**

A tal proposito, per ridurre i quantitativi di acque da sottoporre a trattamento si prevede di realizzare un sistema di raccolta e smaltimento delle acque meteoriche indipendente per le future strade, marciapiedi e parcheggi pubblici, mentre le aree private utilizzate per la realizzazione degli edifici avranno un loro analogo sistema indipendente che gli scriventi hanno dimensionato a livello volumetrico ed ipotizzato essere quello sopra descritto.

Questa distinzione è resa possibile in quanto, secondo il comma 5 del P.T.A. essendo la destinazione d'uso dei lotti 1, 2, 3 in parte impermeabilizzata (tetti) e in parte destinata a verde privato, risulta esclusa dalle superfici interessate da dilavamento non occasionale e fortuito di sostanze pericolose e pregiudizievoli per l'ambiente e quindi non necessita di un sistema di depurazione prima del recapito.

Sarà onere e cura del progettista esecutivo degli edifici presentare un progetto esecutivo.