



COMUNE, PROVINCIA:

Belluno, BL

LAVORI:

P.U.A. IN LOCALITA' MUR DI CADOLA IN ATTUAZIONE AL MASTERPLAN DEL QUARTIERE RESIDENZIALE DI CAVARZANO COMPARTO ATTUATIVO N. 2 APPROVATO DALLA GIUNTA COMUNALE IL 20/04/2012 DELIBERA N. 69

COMITTEENTE:

Doma Immobiliare S.r.l.

via Ruva n. 2
98051 Barcellona Pozzo di Gotto (ME)

OGGETTO:

Valutazione di compatibilità idraulica

IL TECNICO IDRAULICO:

Ing Yannick Da Re

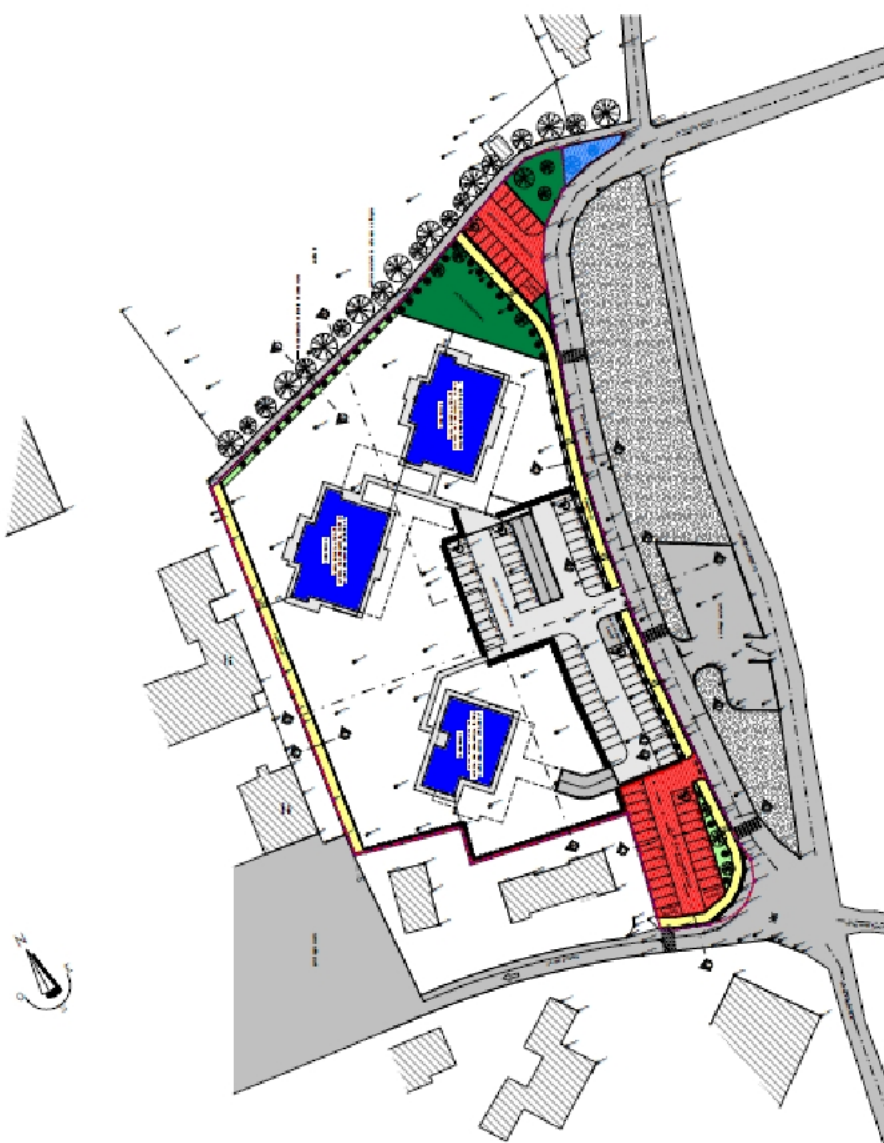
DATA:

Marzo 2025

COMMESSA:

25VCI02 – rev.0
mm | YDR

FIRMA:



INDICE

1. PREMESSA E NORMATIVA VIGENTE	3
2. INQUADRAMENTO CONOSCITIVO	5
2.1. INQUADRAMENTO IDROGEOLOGICO	5
2.2. ANALISI COMPARATIVA: STATO DI FATTO / PROGETTO	7
2.3. IDROLOGIA E IDRAULICA	9
3. INVARIANZA IDRAULICA	13
3.1. VERIFICA SISTEMA DI TRATTAMENTO ACQUE	15
3.2. SISTEMI DISPERSIVI	15
3.3. POZZO PERDENTE	16
3.4. LAMINAZIONE DRENANTE	17
4. VERIFICA INVASI	19
5. VERIFICA DISPOSITIVI DI LIMITAZIONE DELLA PORTATA IN USCITA	21
6. CONCLUSIONI	22
BIBLIOGRAFIA	23

1. PREMESSA E NORMATIVA VIGENTE

VISTI

- Gli elaborati prodotti a firma dello studio Arch Elvi Bortot
- La relazione geologica del geol Federico Tonet
- la normativa vigente in materia ed in particolare:

Direttiva Europea Quadro sulle Acque 2000/60/CE

D.L. 3 aprile 2006 n.152

"Norme in materia ambientale"

Legge 179 del 31 luglio 2002

"Disposizioni in materia ambientale"

D.L. 18 agosto 2000 n.258 (rinvio al D.L. 11 maggio 1999 n.152)

"Disposizioni correttive e integrative del decreto legislativo 11 maggio 1999 n.152, in materia di tutela delle acque dall'inquinamento, a norma dell'art. 1, comma 4, della legge 24 aprile 1998, n.128."

D.L. 11 maggio 1999 n.152

"Disposizioni sulla tutela delle acque dall'inquinamento e recepimento della direttiva 91/271/CEE concernente il trattamento delle acque reflue urbane e della direttiva 91/676/CEE relativa alla protezione delle acque dall'inquinamento provocato dai nitrati provenienti da fonti agricole"

D.P.R. 18 febbraio 1999 n.238

Regolamento recante norme per l'attuazione di talune disposizioni della legge 5 gennaio 1994 n.36, in materia di risorse idriche

Legge 3 agosto 1998 n. 267

"Conversione in legge, con modificazioni, del decreto-legge 11 giugno 1998, n. 180, recante misure urgenti per la prevenzione del rischio idrogeologico ed a favore delle zone colpite da disastri franosi nella regione Campania" (G.U. n. 183 del 7 agosto 1998).

D.P.C.M. 4 marzo 1996

"Disposizioni in materia di risorse idriche" (S.O. n. 47, G.U., s.g., n. 62 del 14.3.1996).

Legge 5 gennaio 1994 n. 37

"Norme per la tutela ambientale delle aree demaniali dei fiumi, dei torrenti, dei laghi e delle altre acque pubbliche". (S.O. n. 11 alla G.U. - s.g. - n. 14 del 19 gennaio 1994).

Legge 5 gennaio 1994 n. 36

"Disposizioni in materia di risorse idriche". (S.O. n. 11 alla G.U. - s.g. - n. 14 del 19 gennaio 1994).

Legge 7 agosto 1990 n. 253

"Disposizioni integrative alla legge 18 maggio 1989 n. 183, recante norme per il riassetto organizzativo e funzionale della difesa del suolo". (G.U. -s.g. - n. 205 del 3 settembre 1990).

Legge 7 agosto 1990 n.241

"Norme per il riassetto organizzativo e funzionale della difesa del suolo"

Regio Decreto 14 agosto 1920 n.1285

"Regolamento per le derivazioni e utilizzazioni di acque pubbliche"

Regio Decreto 25 luglio 1904 n.523

"Testo unico delle disposizioni sulle opere idrauliche"

Legge Regionale 8 maggio 1980 n. 52

"Interventi per la manutenzione e la sistemazione dei corsi d' acqua di competenza regionale" (B.U.R. 31/1980).

Legge regionale 23 aprile 2004, n. 11

"Norme per il governo del territorio e in materia di paesaggio"

D.G.R.V. 06 ottobre 2009 n.2948

"Nuove indicazioni per la formazione degli strumenti urbanistici. Modifica delle delibere n. 3637/2002, n. 1322/2006 e n. 1841/2007 in attuazione della sentenza del Consiglio di Stato n. 304 del 3 aprile 2009."

D.G.R.V. 29 settembre 2009 n.2884

Piano di Tutela delle Acque. Approvazione di ulteriori norme di salvaguardia. (art. 121 del D.Lgs. n.152/2006; artt.19 e 28 L.R. 33/1985).

PIANO DI TUTELA DELLE ACQUE

Art. 121, Decreto legislativo 3 aprile 2006, n. 152, "Norme in materia ambientale"

ALLEGATO D della D.G.R.V. 15 maggio 2012 n.842 e aggiornamenti fino a DGRV 1023/2018

Norme Tecniche di Attuazione del Piano di Tutela delle Acque

PAT ATTUALMENTE IN VIGORE ed in particolare la valutazione di compatibilità idraulica a firma dell'ing. Gaspare Andreella

P.A.I. redatto dall'autorità di Bacino per il Bacino del Piave

Piano di Gestione del Rischio Alluvioni 2021/2027 redatto dall'Autorità di Bacino distrettuale delle Alpi Orientali

LINEA GUIDA PER LA REDAZIONE DELLA VALUTAZIONE DI COMPATIBILITA' IDRAULICA

Redatta dal Commissario Delegato OPCM 3621 del 18/10/2007.

SI REDIGE, la presente valutazione di compatibilità idraulica e relazione idraulica al fine di verificare la fattibilità da un punto vista idraulico delle scelte progettuali, e prendendo in considerazione i seguenti aspetti:

- analisi del sistema idrologico e idrogeologico al fine di valutare l'impatto del progetto rispetto allo stato di fatto;
- valutazione dei volumi invasabili dallo stato di fatto e dalla trasformazione progettuale
- identificare gli interventi di mitigazione necessari per l'ottenimento dell'invarianza idraulica;

2. INQUADRAMENTO CONOSCITIVO

2.1. INQUADRAMENTO IDROGEOLOGICO

Il progetto prevede la trasformazione dell'area identificata negli elaborati grafici architettonici citati in premessa.

Da un punto di vista idraulico, si prevede la parziale impermeabilizzazione dell'area, con conseguente diminuzione dei volumi invasabili e del tempo di corrivazione.

La tipologia di terreno ha una buona permeabilità. Ai fini del presente calcolo, verranno considerati metodi compensativi per l'infiltrazione. Il coefficiente di dispersione medio utilizzato al fine del presente studio è pari a $K_p = 5 \times 10^{-4}$ m/sec (dimezzando il valore più cautelativo indicato nella relazione geologica pari a 1×10^{-3} m/s)

La tipologia di terreno indicato nella relazione geologica è la seguente:

Caratteristiche geotecniche indicative – Orizzonte A

Profondità da 0 a 30 m dal piano campagna (da S1)

- Tipo di struttura: clastosostenuta;
- Tessitura: grossolana
- Peso di volume naturale (γ): 1,90 t/m³;
- Peso di volume saturo (γ_{sat}): 2,00 t/m³;
- Angolo di attrito (Φ): $34 \div 38^\circ$ (ai fini del calcolo della capacità portante è stato utilizzato un angolo di attrito di 34° fino a due metri di profondità e di 36° al di sotto di tale livello)
- Coesione: 0 kg/cm²;
- Densità relativa (D_r): 75%
- Modulo di Young (E): 400/450 kg/cm²;
- Modulo di Poisson (ν): 0,27
- Permeabilità: primaria ($k = 10^{-2} \div 10^{-3}$ m/sec)
- Idrosensibilità: non sensibile;
- Erodibilità: scarsa;
- Stabilità: stabile;
- Compressibilità al rigonfiamento: incompressibile.

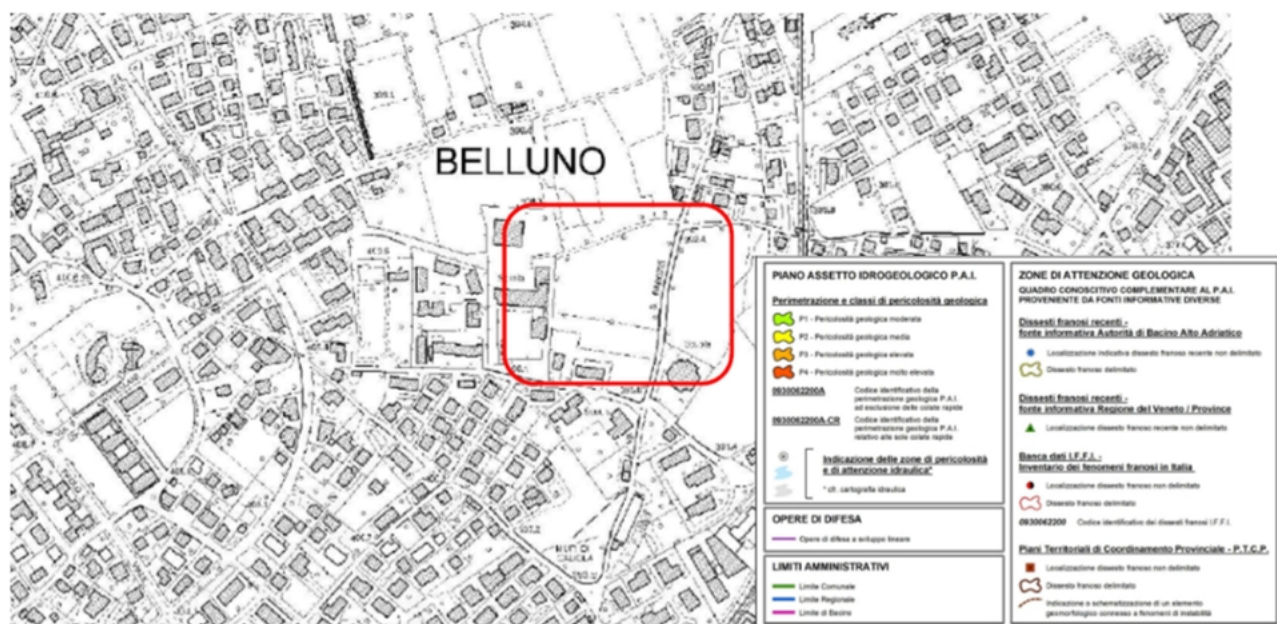
Il deposito è classificato come da seguente tabella:

Campione	Descrizione	AASHTO	USCS
1	Ghiaia sabbiosa	A1a-A1b	GM

Classificazione terreno prelevato secondo le norme AASHTO e USCS

La quota media, riferita alla Carta Tecnica Regionale, è di circa 395,00 m s.l.m..

L'area di intervento si trova all'esterno rispetto alle zone a pericolosità geologica ed idraulica.



Estratto dalla Carta della pericolosità geologica del P.A.I..



Estratto dal portale SIGMA dell'Autorità di Bacino Alpi Orientali

2.2. ANALISI COMPARATIVA: STATO DI FATTO / PROGETTO

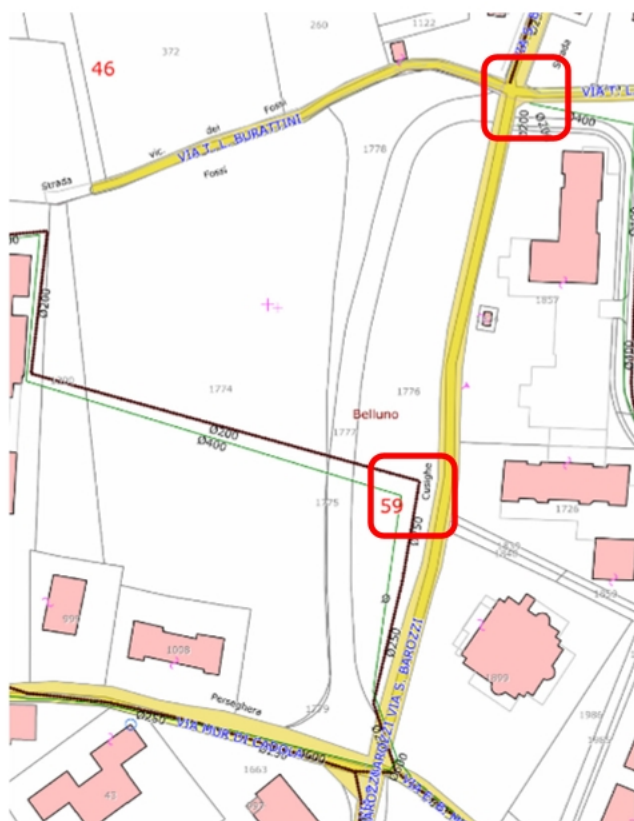
STATO DI FATTO:

l'area di intervento ha una superficie di 1,3369 ha

Lo stato di fatto è prevalentemente inerbito. impermeabilizzato per una trascurabile frazione,



sono presenti dei possibili recapiti in fognatura bianca;



 Condotte Fognatura Bianca

Immagine: Estratto sottoservizi limitrofi al lotto (due recapiti di acque bianche $\varnothing 400$):

PROGETTO:

Nel progetto vengo impermeabilizzati 5994,5 m² e semi impermeabilizzati 1109 m² (il verde

sopra i locali interrati verrà considerato come semipermeabile). Ne risulta un aumento della superficie impermeabilizzata di 7103,5 m².



---	LOTTO 13.369,00 m ²	
	COPERTURA	1.336,00 m ²
	VERDE PUBBLICO	876,50 m ²
	VERDE PRIVATO	5.389,00 m ²
	VERDE INTERRATO	1.109,00 m ²
	MARCIAPIEDE	985,00 m ²
	CAMMINAMENTI	634,00 m ²
	PARCHEGGI PUBBLICI	1.045,00 m ²
	PARCHEGGI PRIVATI	1.994,50 m ²

2.3. IDROLOGIA E IDRAULICA

SIMBOLOGIA UTILIZZATA:

h = altezza di pioggia dell'evento pluviometrico considerato

T_r = tempo di ritorno dell'evento pluviometrico considerato

ϕ = coefficiente di deflusso

τ_c = tempo di corrivazione

S = superficie del bacino considerato [km^2 , hm^2]

Q = portata calcolata [l/sec , m^3/sec]

u = coefficiente udometrico = Q/S [$\text{l/sec} \cdot \text{hm}^2$]

j = intensità di precipitazione = h/τ [mm/h]

K_s = coefficiente di scabrezza di Strickler [$\text{m}^{1/3} \text{sec}^{-1}$]

A = area della sezione liquida [m^2]

D = diametro della condotta [m]

P = perimetro bagnato [m]

RH = raggio idraulico = A/P [m]

y = altezza del pelo libero misurata dal fondo [m]

i = pendenza del fondo [%]

γ = peso specifico [N/m^3]

F_r = numero di Froude [$\emptyset$]

Tra i molti modelli di tipo analitico/concettuale di trasformazione afflussi-deflussi disponibili in letteratura si è utilizzato, per il caso in esame, il metodo cinematico o razionale o del ritardo di corrivazione, il quale semplifica la trattazione del problema di moto vario relativo allo scorrimento delle portate nelle condotte, assegnando all'equazione del moto la semplice forma del moto uniforme nella formulazione classica di Turazza [1867, 1880] (1) sviluppata poi negli anni da Paladini, Fantoli, Puppini etc. fino alla formulazione odierna (2).

$$Q_{max} = \phi \cdot S \cdot h / \tau_c$$

Le verifiche sulla transitabilità delle portate massime saranno eseguite utilizzando le formulazioni classiche di Gauckler Strickler Manning [1867, 1891, 1923] (3), (4), (5) basate sull'equazione:

$$v = K_s \cdot RH^{2/3} \cdot i^{1/2}$$

La valutazione dell'invaso sarà calcolato utilizzando l'equazione di continuità e l'equazione tipica dei serbatoi. Nello specifico:

$$V(t) = \int_0^t Q_e(t) \cdot dt - \int_0^t Q_u(t) \cdot dt$$

Con Q_e la portata entrante, Q_u quella uscente stabilito, t la durata della precipitazione, $V(t)$ il volume da invasare. Tale sistema viene risolto impostando come condizione al contorno appunto il coefficiente udometrico in uscita (10 l/s,ha). Questo metodo è conosciuto come metodo delle sole piogge. Vedi Bacchi, Balistocchi [2011] (6), (7) e Agnoletto e Orsi [1980] (8)

Per il presente studio si è utilizzata l'equazione di possibilità pluviometrica con distribuzione a 2 parametri indicata nella valutazione di compatibilità idraulica del P.A.T. con tempo di ritorno 50 anni:

$$h = 88,875 t^{0,656} \text{ per } t < 1 \text{ ora} \quad [2.1]$$

$$h = 81,384 t^{0,213} \text{ per } t > 1 \text{ ora} \quad [2.2]$$

Per trovare il tempo di corrivazione critico dell'evento meteorologico sui bacini in esame, viste le caratteristiche morfologiche e l'uso del suolo, si utilizza la formula suggerita dal *Civil Engineering Department dell'Università del Maryland* per cunette, fossi di guardia, fognature urbane, al servizio quindi di superfici scolanti di modesta estensione:

$$\tau_c = 26,3 \cdot \frac{(L/K_s)^{0,6}}{j^{0,4} \cdot i^{0,3}} \text{ con } L = \text{la lunghezza della cunetta [m].}$$

Ricordando che $j = h/\tau = a \cdot t^{n-1}$ ed esplicitando la τ si ha:

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

LINEA PARCHEGGIO

Per il bacino in esame si ottiene:

con $L = 190 \text{ m}$, $K_s = 75 \text{ m}^{1/3} \text{ (CA } \varnothing 60) \text{ sec}^{-1}$, $i = 3 \text{ ‰}$, a e n si ottiene $\tau_c = 8.8 \text{ min} = 0,15 \text{ ore}$.

Al quale va aggiunto il tempo di avviamento stimato per il caso in esame in circa 3 minuti.

$\tau_c = 11,8 \text{ min} = 0,20 \text{ ore}$.

Vediamo ora il calcolo della portata massima afferente al sistema di trattamento delle acque

INTERO INTERVENTO

Si aggiugne il tempo di corrivazione della linea dei pluviali e dei camminamenti stimato in:

con $L = 150 \text{ m}$, $K_s = 120 \text{ m}^{1/3} \text{ sec}^{-1} \text{ (pvc } \varnothing 200)$, $i = 10 \text{ ‰}$, a e n si ottiene $\tau_c = 3.6 \text{ min} = 0,06 \text{ ore}$.

Al quale va sommato un tempo di avviamento aggiuntivo stimato per il caso in esame in circa 2 minuti.

$\tau_c = 18.4 \text{ min} = 0,30 \text{ ore}$.

Vediamo ora il calcolo della portata massima afferente al sistema di trattamento delle acque.

Si riportano in seguito le tabelle risultanti dal calcolo per il bacino

			STATO DI FATTO		STATO DI PROGETTO		DIFFERENZE	
riferimento in planimetria	T_c	h pioggia	area	vol. pioggia	area	vol. pioggia		
	ore	mm	m ²	m ³	m ²	m ³		
	0,30	40,34	13.369	533,5	13.369	533,5		
tipo di superficie	1- Φ	h invaso	area	vol. invaso	area	vol. invaso	area	vol. invaso
	%	mm	m ²	m ³	m ²	m ³	m ²	m ³
Superficie impermeabile coperti	10	4,03	0	0,0	5.994	23,0	5.699	23,0
Verde sopra interrato e aree semipermeabili	60	24,21	0	0,0	1109	22,0	0	22,0
Superficie a verde	80	32,27	13.369	426,8	6.266	213,5	-6.608	-213,3
TOTALE VOLUMI INVASATI in mc			426,8		266,3		-160,4	
					volume da invasare		267,1	
			fir	u	Φ_r	u		
				l/s, hm ²		l/s, hm ²		
			0,200	74,71	0,415	155,17		
			Q		Q		Q	
			l/sec		l/sec		l/sec	
TOTALE PORTATE in litri/sec			98,79		Qmax 205,18		106,39	

Tabella: valutazione del volume massimo da invasare $T_r = 50$ anni, $Q_{out} = 10$ l/sec, ha

Vediamo quindi la tabella di massimizzazione con il metodo delle sole piogge, considerando come condizione al contorno il coefficiente udometrico in uscita: **Q_{out} = 10 l/sec,ha**

Tabella di massimizzazione

Tc	h	Q	V	h/TC	V-Vu
0,05	12,45	380,03	68,41	249,08	66,03
0,10	19,62	299,41	107,79	196,24	103,03
0,15	25,60	260,43	140,63	170,69	133,49
0,20	30,92	235,89	169,84	154,61	160,32
0,25	35,80	218,46	196,61	143,18	184,71
0,30	40,34	205,18	221,59	134,48	207,31
0,35	44,64	194,58	245,17	127,53	228,51
0,40	48,72	185,85	267,62	121,81	248,58
0,45	52,64	178,47	289,12	116,97	267,70
0,50	56,40	172,11	309,81	112,81	286,00
0,55	60,04	166,56	329,79	109,17	303,61
0,60	63,57	161,65	349,17	105,95	320,60
0,65	67,00	157,26	367,99	103,07	337,05
0,70	70,33	153,30	386,32	100,48	353,00
0,75	73,59	149,71	404,21	98,12	368,51
0,80	76,77	146,42	421,69	95,97	383,61
0,85	79,89	143,40	438,80	93,99	398,34
0,90	82,94	140,61	455,56	92,16	412,72
0,95	85,93	138,01	472,01	90,46	426,79
1,00	81,38	124,17	447,02	81,38	399,42
1,05	82,23	119,49	451,69	78,32	401,70
1,10	83,05	115,20	456,19	75,50	403,82
1,15	83,84	111,24	460,53	72,91	405,78
1,20	84,61	107,57	464,72	70,51	407,60
1,25	85,35	104,17	468,78	68,28	409,27
1,30	86,06	101,01	472,71	66,20	410,83
1,35	86,76	98,05	476,53	64,26	412,26
1,40	87,43	95,28	480,23	62,45	413,59
1,45	88,09	92,69	483,83	60,75	414,81
1,50	88,73	90,25	487,34	59,15	415,94
1,55	89,35	87,95	490,76	57,64	416,97
1,60	89,95	85,78	494,09	56,22	417,92
1,65	90,54	83,73	497,33	54,88	418,79
1,70	91,12	81,78	500,51	53,60	419,58
1,75	91,69	79,94	503,61	52,39	420,30
1,80	92,24	78,18	506,64	51,24	420,95

1,85	92,78	76,52	509,60	50,15	421,54
1,90	93,31	74,93	512,51	49,11	422,06
1,95	93,82	73,41	515,35	48,12	422,52
2,00	94,33	71,96	518,14	47,17	422,93
2,05	94,83	70,58	520,87	46,26	423,28
2,10	95,32	69,25	523,55	45,39	423,58
2,15	95,80	67,98	526,18	44,56	423,83
2,20	96,27	66,76	528,76	43,76	424,04
2,25	96,73	65,59	531,30	42,99	424,19
2,30	97,18	64,47	533,79	42,25	424,31
2,35	97,63	63,39	536,24	41,54	424,38
2,40	98,07	62,34	538,65	40,86	424,41
2,45	98,50	61,34	541,02	40,20	424,40
2,50	98,92	60,37	543,36	39,57	424,35
2,55	99,34	59,44	545,65	38,96	424,27
2,60	99,75	58,54	547,92	38,37	424,15
2,65	100,16	57,67	550,14	37,80	424,00
2,70	100,56	56,82	552,34	37,24	423,81
2,75	100,95	56,01	554,50	36,71	423,59
2,80	101,34	55,22	556,63	36,19	423,35
2,85	101,72	54,46	558,74	35,69	423,07
2,90	102,10	53,72	560,81	35,21	422,76
2,95	102,47	53,00	562,86	34,74	422,43
3,00	102,84	52,30	564,87	34,28	422,07

Al fine di non gravare sulla linea meteorica non eccedendo **10 l/sec,ha** occorre invasare complessivamente **424,41 m³**.

Per raggiungere tale valore verrà infiltrata una quota non eccedente il **75%** di tale valore come indicato della DGR 2948. Risulta pertanto necessario invasare un volume minimo pari a **106,10 m³** oltre al volume compensato tramite filtrazione.

3. INVARIANZA IDRAULICA

Appare opportuno inoltre introdurre la classificazione degli interventi di trasformazione delle superfici elencata nell'allegato A del DgrV n. 2948/2009.

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 nel seguente prospetto:

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 $Imp > 0,3$

Nel caso in esame si ricade nel caso di modesta impermeabilizzazione potenziale ($6453,5 \text{ m}^2 > 1000 \text{ m}^2$): dove è opportuno che le luci di scarico non eccedano le dimensioni di un diametro di 200 mm e che i tiranti idrici ammessi nell'invaso non eccedano il metro.

Ci sono vari metodi per ottenere l'invarianza idraulica. Non sono né sostitutivi, né complementari, e molte volte le soluzioni migliori si ottengono con la combinazione di due o più metodi.

Valutiamo quindi il volume da invasare al fine dell'invarianza idraulica utilizzando il tempo di corrivazione critico da un punto di vista volumetrico per il bacino in esame ottenuto massimizzando il volume rispetto alla condizione al contorno determinata dall'imposizione del coefficiente udometrico in uscita pari a 10 l/sec,ha (**13,369 l/sec**) dalla bocca tarata con l'aggiunta dei contributi dispersivi derivanti dai pozzi perdenti posti all'interno dei lotti e dalla laminazione drenante posta nella zona verde.

Al fine di infiltrare oltre il 50% delle acque (senza eccedere il 75%), si è considerato $K_p = 5 \times 10^{-4} \text{ m/sec}$ (dimezzando il valore più cautelativo indicato nella relazione geologica), tale artificio considera un valore di infiltrazione verosimilmente minore di quello ottenibile con le prove in situ tipo Le Franc eseguite su lotti limitrofi. I contributi dispersivi di progetto sono i seguenti:

65,2 l/sec con n.4 pozzi perdenti per le sole coperture

34,2 l/sec laminazione drenante a valle del disoleatore per le acque da asfalto.

Le acque dei parcheggi verranno trattate da un disoleatore in continuo della capacità di **50 l/s** scolante nella laminazione drenante ed infine in fognatura bianca. Tale disoleatore non è obbligatorio ai sensi dell'art 39 del Piano di Tutela delle Acque, ma viene installato in autotutela ai sensi del D.Lgs 152/06



Vediamo quindi la tabella di massimizzazione considerando come condizione al contorno il coefficiente udometrico in uscita pari a **112,62 l/sec dato** dalla somma dei precedenti contributi dispersivi (65,2+34,2) più la quota parte restituita in rete attraverso la bocca tarata pari a 13,22 l/s (10 l/s,ha);

Tabella di massimizzazione:

Tc	h	Q	V	h/TC	V-Vu
0,05	12,45	380,03	68,41	249,08	48,13
0,10	19,62	299,41	107,79	196,24	67,24
0,15	25,60	260,43	140,63	170,69	79,81
0,20	30,92	235,89	169,84	154,61	88,75
0,25	35,80	218,46	196,61	143,18	95,25
0,30	40,34	205,18	221,59	134,48	99,96
0,35	44,64	194,58	245,17	127,53	103,27
0,40	48,72	185,85	267,62	121,81	105,44
0,45	52,64	178,47	289,12	116,97	106,67
0,50	56,40	172,11	309,81	112,81	107,08

0,55	60,04	166,56	329,79	109,17	106,80
0,60	63,57	161,65	349,17	105,95	105,90
0,65	67,00	157,26	367,99	103,07	104,45
0,70	70,33	153,30	386,32	100,48	102,51
0,75	73,59	149,71	404,21	98,12	100,13
0,80	76,77	146,42	421,69	95,97	97,34
0,85	79,89	143,40	438,80	93,99	94,17
0,90	82,94	140,61	455,56	92,16	90,66
0,95	85,93	138,01	472,01	90,46	86,84
1,00	81,38	124,17	447,02	81,38	41,58

E' necessario invasare un volume pari a **$W_0 = 107,08 \text{ m}^3$** .

Questa verifica ai fini della prova di non superare il 75% dell'invaso per dispersione.

Infatti **$107,08 > 106,10 \text{ m}^3$**

3.1. VERIFICA SISTEMA DI TRATTAMENTO ACQUE

Le acque dell'area parcheggi vengono trattate con sistema disoleatore in continuo del tipo METEOTANK "PL50" della ditta Carra Depurazioni o similare certificato UNI EN 858, in grado di separare le acque inquinate da oli minerali e benzine. Complessivamente l'impianto consente un trattamento in continuo pari a 50 litri/s

Tabella: valutazione del volume massimo da invasare a monte del disoleatore $T_r = 50$ anni, $Q_{out} = 50$ l/sec

T_c	h	Q	V	h/TC	$V-V_u$
0,05	12,45	161,78	29,12	249,08	20,12
0,10	19,62	127,46	45,88	196,24	27,88
0,15	25,60	110,86	59,87	170,69	32,87
0,20	30,92	100,42	72,30	154,61	36,30
0,25	35,80	93,00	83,70	143,18	38,70
0,30	40,34	87,34	94,33	134,48	40,33
0,35	44,64	82,83	104,37	127,53	41,37
0,40	48,72	79,11	113,92	121,81	41,92
0,45	52,64	75,97	123,07	116,97	42,07
0,50	56,40	73,27	131,88	112,81	41,88
0,55	60,04	70,90	140,39	109,17	41,39
0,60	63,57	68,81	148,64	105,95	40,64
0,65	67,00	66,94	156,65	103,07	39,65
0,70	70,33	65,26	164,45	100,48	38,45
0,75	73,59	63,73	172,07	98,12	37,07
0,80	76,77	62,33	179,51	95,97	35,51
0,85	79,89	61,04	186,79	93,99	33,79
0,90	82,94	59,85	193,93	92,16	31,93
0,95	85,93	58,75	200,93	90,46	29,93
1,00	81,38	52,86	190,29	81,38	10,29

Si nota che è necessario invasare un volume $W_{disoleatore} = 42 \text{ m}^3$ a monte del disoleatore.

3.2. SISTEMI DISPERSIVI

La legge che controlla il passaggio dell'acqua del terreno è la legge di Darcy

$$v = k_p \cdot i$$

La velocità così ricavata è una velocità apparente in quanto è il rapporto tra la portata e la sezione totale del mezzo poroso. Il coefficiente di permeabilità dipende sia dal mezzo poroso, sia dal fluido.

In particolare, tale coefficiente dipende dalla granulometria, dal grado di addensamento, dalla disposizione dei grani in strati, dalla presenza di micro o macro-fessurazioni, per

quanto concerne il mezzo poroso; dalla densità, dalla viscosità e dalla temperatura per quanto concerne il fluido.

Se si decide di evacuare la portata mediante tubazioni drenanti, il calcolo va effettuato utilizzando l'equazione di continuità e l'equazione tipica dei serbatoi già vista nel precedente paragrafo. Nello specifico:

$$V(t) = \int_0^t Q_e(t) \cdot dt - \int_0^t Q_u(t) \cdot dt \quad [3.1]$$

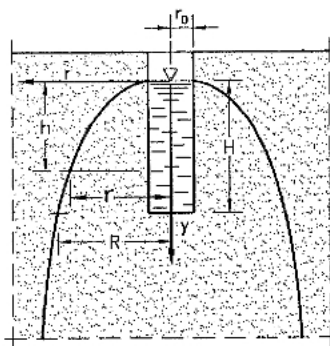
Con Q_e la portata entrante, Q_u quella uscente tramite filtrazione, t la durata della precipitazione, $V(t)$ il volume da invasare.

3.3. POZZO PERDENTE

Ipotizziamo di evacuare tramite pozzi perdenti del diametro 2 m, h 3,5 m ed altezza drenante 2,5 m.

Procediamo calcolando la portata veicolabile da un singolo pozzo perdente:

E' noto (9) come la portata di un pozzo drenante nel caso di falda profonda sia data dalla formula:



$$Q = \frac{2\pi \cdot k_p H^2}{\ln(R/r_o)} \quad \text{con} \quad \frac{R}{r_o} = 3,828 \left(\sqrt{1 + \frac{H}{r_o}} - 1 \right) \quad [3.2]$$

Nel caso di falda profonda infatti si può ipotizzare che la linea di filtrazione raggiunga la verticale e che quindi si possa assumere $i=1$ con pozzo a regime.

Otteniamo con $k_p = 5 \times 10^{-4} \text{ m/s}$, $r_o = 1 \text{ m}$ e $H_{ut} = 2.5 \text{ m}$

$$Q = 16.30 \text{ l/s} \quad [3.3]$$

Relativamente all'invaso, si considera l'altezza totale del pozzo perdente, ottenendo in questo modo un volume invasabile per ogni singolo pozzo perdente pari a:

$$V = 10.99 \text{ m}^3 \quad [3.4]$$

H _{tot}	3,5 m
H _{utile}	2,5 m
r _o	1 m
k _p	0,0005 m/s

$$R/r_o = 3,333532$$

$$Q \text{ singolo pozzo} = 0,016299 \text{ m}^3/\text{s} \quad \mathbf{16,30 \text{ l/s}}$$

$$V \text{ singolo pozzo} = 10,99 \text{ m}^3$$

I pozzi perdenti sono quindi da considerarsi verificati da un punto di vista idraulico. Verranno comunque dotati di troppo pieno collegato alla rete principale.

Relativamente alla portata in uscita, il sistema composto da n.4 pozzi perdenti permette di infiltrare fino a 65,2 l/s e invasare 44m³

Si riportano in seguito la tabella di massimizzazione considerando come condizione al contorno il coefficiente udometrico in uscita pari a 65,2 (infiltrazione n.4 pozzi perdenti)

Tc	h	Q	V	h/TC	V-Vu
0,05	12,45	122,67	22,08	249,08	10,34
0,10	19,62	96,65	34,79	196,24	11,32
0,15	25,60	84,06	45,39	170,69	10,19
0,20	30,92	76,14	54,82	154,61	7,88
0,25	35,80	70,52	63,47	143,18	4,79

Si nota che, ai fini dell'invarianza idraulica, è necessario invasare un volume $W_{\text{pozzi perdenti}} = 11,32 \text{ m}^3$.

Si evince che la portata massima risulta paragonabile alla portata disperdibile dai pozzi perdenti ($65,2 \approx 66,23$) e considerando l'invaso degli stessi pozzi perdenti e superiore all'invaso dedotto dal calcolo ($10,34\text{m}^3 < 44\text{m}^3$). Pertanto le coperture dei fabbricati sono completamente invarianti.

Come si evince dalla planimetria il sistema dei pozzi perdenti sarà comunque collegato alla rete principale di smaltimento delle acque meteoriche mediante troppi pieni.

3.4. LAMINAZIONE DRENANTE

Per quanto concerne il calcolo della portata di una Laminazione drenante (9) abbiamo:

$$Q_{\text{infiltrazione}} = 1000 \times K_p (b + 2H) \times L$$

Considerando una trincea drenante di larghezza 2.5 m con 2 tubazioni forate del diametro Ø80 cm otteniamo:

LAMINAZIONE DRENANTE EST

permeabilità del terreno	K	0,0005 m/s
Base	B	2,5 m
Altezza	H	1,6 m
Lunghezza	L	12 m
Diametro tubo	D	80 cm
Tubi	n	2

Portata infiltrata	$Q_{\text{inf trincea}}$	34,2 l/s
Invaso	V	23,9 m ³

Relativamente alla portata in uscita, il sistema permette di infiltrare fino a 34,2 l/s.

Vediamo la tabella di massimizzazione considerando come condizione al contorno il coefficiente udometrico in uscita pari a 34,2 l/sec + 13,223 (infiltrazione trincea + bocca tarata)

Tc	h	Q	V	h/TC	V-Vu
0,05	12,45	161,78	29,12	249,08	20,58
0,10	19,62	127,46	45,88	196,24	28,81
0,15	25,60	110,86	59,87	170,69	34,26
0,20	30,92	100,42	72,30	154,61	38,16
0,25	35,80	93,00	83,70	143,18	41,02
0,30	40,34	87,34	94,33	134,48	43,11
0,35	44,64	82,83	104,37	127,53	44,62
0,40	48,72	79,11	113,92	121,81	45,63
0,45	52,64	75,97	123,07	116,97	46,25
0,50	56,40	73,27	131,88	112,81	46,52
0,55	60,04	70,90	140,39	109,17	46,49
0,60	63,57	68,81	148,64	105,95	46,20
0,65	67,00	66,94	156,65	103,07	45,68
0,70	70,33	65,26	164,45	100,48	44,95
0,75	73,59	63,73	172,07	98,12	44,03
0,80	76,77	62,33	179,51	95,97	42,93
0,85	79,89	61,04	186,79	93,99	41,68
0,90	82,94	59,85	193,93	92,16	40,28
0,95	85,93	58,75	200,93	90,46	38,74
1,00	81,38	52,86	190,29	81,38	19,57

Si nota che, ai fini dell'invarianza idraulica, è necessario invasare un volume $W_{\text{laminazione drenante}} = 46,52 \text{ m}^3$ a monte della bocca tarata.

In alternativa alla soluzione proposta, si può optare per la realizzazione di invaso sotterraneo in moduli Rigofill® componibili di dimensione base 80x80x66 cm, dotati di un indice dei vuoti pari al 96%. Tale soluzione ridurrebbe l'utilizzo di tubazioni di grande diametro



Il sistema Rigofill della ditta Pozzoli è da intendersi come indicativo essendo sul mercato prodotti similari tipo Drainfix della Hauraton o draining system della Geoplast.

4. VERIFICA INVASI

POZZI PERDENTI

E' necessario invasare un volume $W_{\text{pozzi perdente}} = 11,32 \text{ m}^3$ nei pozzi perdenti

- Pozzi perdenti realizzati a monte del disoleatore:

n.3 pozzi perdenti x $10.99 \text{ m}^3/\text{pozzo} = 33 \text{ m}^3$

- Pozzi perdenti realizzati a valle del disoleatore:

n.1 pozzi perdenti x $10.99 \text{ m}^3/\text{pozzo} = 11 \text{ m}^3$

$10,34 \text{ m}^3 < 44 \text{ m}^3$ VERIFICATO

DISOLEATORE

E' necessario invasare un volume $W_{\text{disoleatore}} = 42 \text{ m}^3$ a monte del disoleatore.

- Tubi $\varnothing 60$ linea park

Dati di calcolo

D m = Diametro del cilindro
L m = Lunghezza del cilindro
y m = Altezza del liquido

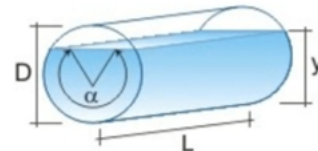
Calcola

Reset

V m^3 = Volume del liquido

$$V = L \cdot \left[\alpha \cdot \left(\frac{D}{2} \right)^2 - \left(\frac{D}{2} - y \right) \cdot \sqrt{D \cdot y - y^2} \right]$$

$$\alpha = \arccos \left(1 - \frac{2 \cdot y}{D} \right)$$



- Pozzetti linea park

n.9 pozzetti $1 \text{ m} \times 1 \text{ m} \times 1 \text{ m} = 9 \text{ m}^3$

Trascurando il volume vuoto del disoleatore

$42 \text{ m}^3 < 49 \text{ m}^3$ VERIFICATO

LAMINAZIONE DRENANTE

E' necessario invasare un volume $W_{\text{laminazione drenante}} = 46,52 \text{ m}^3$ a monte della bocca tarata.

- Vuoti laminazione drenante

Le tubazioni e la ghiaia della trincea invasano $23,9 \text{ m}^3$.

- Pozzetti linea laminazione drenante

n.5 pozzetti $1.2 \text{ m} \times 1.2 \text{ m} \times 1.2 \text{ m} = 8.6 \text{ m}^3$

Tubi Ø 80

Dati di calcolo

D m = Diametro del cilindro
L m = Lunghezza del cilindro
y m = Altezza del liquido

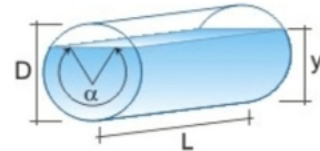
Calcola

Reset

V m³ = Volume del liquido

$$V = L \cdot \left[\alpha \cdot \left(\frac{D}{2} \right)^2 - \left(\frac{D}{2} - y \right) \cdot \sqrt{D \cdot y - y^2} \right]$$

$$\alpha = \arccos \left(1 - \frac{2 \cdot y}{D} \right)$$



Tubi Ø 40

Dati di calcolo

D m = Diametro del cilindro
L m = Lunghezza del cilindro
y m = Altezza del liquido

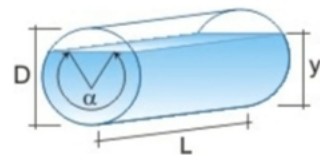
Calcola

Reset

V m³ = Volume del liquido

$$V = L \cdot \left[\alpha \cdot \left(\frac{D}{2} \right)^2 - \left(\frac{D}{2} - y \right) \cdot \sqrt{D \cdot y - y^2} \right]$$

$$\alpha = \arccos \left(1 - \frac{2 \cdot y}{D} \right)$$



- Pozzo perdente realizzati a valle del disoleatore:

n.1 pozzi perdenti x 10.99 m³/pozzo = 11m³

46,5 < 48,8 VERIFICATO

INTERO INTERVENTO

E' necessario invasare un volume pari a W₀= **107,08 m³** nell'intero intervento

107,08 m³ < 130,9 m³ VERIFICATO

5. VERIFICA DISPOSITIVI DI LIMITAZIONE DELLA PORTATA IN USCITA

Per il calcolo del diametro della bocca tarata si procede a ritroso utilizzando le formule di calcolo delle portate con luce a battente con i diametri commerciali.

Nel caso in cui si debba tenere la portata in uscita di 10 l/s, ha (13,223 l/sec), in favore di sicurezza, utilizzando la formula con luce a spigolo vivo e tubo esterno, si ottiene, utilizzando la Legge di Torricelli (10):

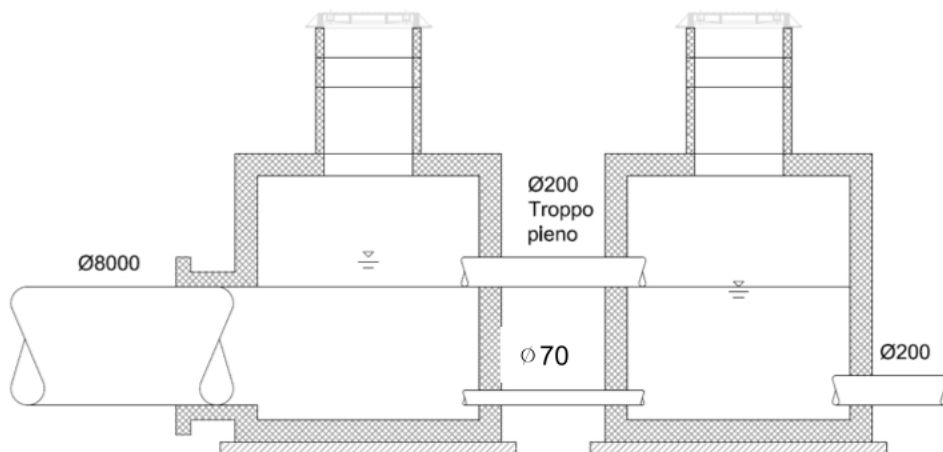
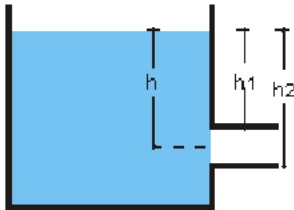
$$Q = \mu \cdot A \cdot \sqrt{2gh}$$

Con $\mu=0,82$

$A=\pi \times 0,035^2 \text{ m}^2$ (area utile polietilene Ø70mm)

$h=0.8\text{m}$

$Q=0,0124 \text{ m}^3/\text{s} = 12,499 \text{ l/s} < 13,223 \text{ l/s} (=10 \times 0,8355)$



A favore di sicurezza il tubo Ø200mm in uscita è stato fatto lavorare a cielo libero con pendenza al 1% (la pendenza presunta dell'allacciamento alla rete fognaria) e non in pressione.

6. CONCLUSIONI

L'intervento in oggetto appare compatibile, da un punto di vista idraulico, con lo stato di fatto dei luoghi.

Si possono inoltre evidenziare i seguenti aspetti:

- la rete di smaltimento delle acque meteoriche risulta idonea a veicolare le portate di progetto;
- le opere idrauliche di progetto risultano compatibili a ricevere il volume aggiuntivo derivato dalla trasformazione dell'area;
- In fase esecutiva saranno da verificare le superfici relative all'uso del suolo ipotizzate in questa fase, la verifica puntuale del coefficiente di dispersione e, di conseguenza, la verifica dei volumi disperdenti ed invasanti.

Vittorio Veneto, lì Marzo 2025.

Yannick Da Re

BIBLIOGRAFIA

1. **Turazza, D.** *Trattato d'idrometria e d'idraulica pratica*. Padova : Sacchetto, 1867 2^aed, 1880 3^aed.
2. **L. Da Deppo, C. Datei.** *Fognature*. PD : Cortina, V ed, 2005.
3. **Gauckler, Ph.,** *Studi teorici e pratici sul flusso e il movimento delle acque, Comptes Rendus de l'Académie des Sciences , Parigi, vol. 64,1867, p. 818-822.*
4. **Manning, R.** *On the flow of water in open channels and pipe, Transactions of the Institution of Civil Engineers of Ireland , vol. 20,1891, p. 161-207.*
5. **Strickler, A.** *Contributions to the question of a Velocity formula and roughness data for streams, channels and closed pipelines*. Pasadena : W.M. Kech Lab of hydraulics and water resources, California Institute of Technology, 1923.
6. **B. Bacchi, M. Balistrocchi.** *Dimensionamento dei serbatoi di laminazione e delle casse di espansione*. s.l. : Dipartimento ingegneria DICATAM Università di Brescia.
7. **Bacchi, Balistrocchi.** *Modelling the statistical dependence of rainfall event variables through copula functions*. s.l. : Hydrology and Earth System Sciences, 2011.
8. **G. Agnoletto, E. Orsi.** *Per una regolamentazione delle portate di punta nelle fognature urbane*. s.l. : Ingegneria Ambientale, 1980.
9. **L. Da Deppo, C. Datei.** *Le opere idrauliche nelle costruzioni stradali*. Padova : Bios, 1994.
10. **P. Mazzoldi, M. Nigro, C. Voci.** *Fisica - Volume I*. s.l. : Edises, 1994.
11. **Hosking, J.R.M. e Wallis, J.R.** *Regional Frequency Analysis: An approach based on L-Moments*. Cambridge : Cambridge University Press, 1997.
12. **ARPAV.** <https://www.arpa.veneto.it/dati-ambientali/dati-storici/meteo-idro-nivo/precipit-max>. [Online]
13. **Ingegneria, Nord Est.** *Analisi regionalizzata delle precipitazioni per l'individuazione di curve segnalatrici di possibilità pluviometrica di riferimento*. 2011.