

**STUDIO
TECNICO
ASSOCIATO
SVEGLIADO**

Geom. Carlo Svegliado
Ing. Stefano Svegliado
Arch. Francesca Svegliado

COMUNE di ARZIGNANO



Provincia di VICENZA

Piano Urbanistico Attuativo Z.T.O. C2/2134

RELAZIONE DI INVARIANZA IDRAULICA

Via T. Gallio, 6
35013 Cittadella - Pd
t: +39 049 5970201
f: +39 049 5970786
e-mail: info@studiosvegliado.it
A.P. C.F. P. IVA 03343510289



Organizzazione con sistema di gestione certificato
ISO 9001:2008



INDICE

1. PREMESSA.....	2
2. LINEE GUIDA DELLA VALUTAZIONE DI INVARIANZA IDRAULICA.....	3
3. CONTESTO GEOLOGICO E IDROGEOLOGICO.....	4
3.1 <i>INQUADRAMENTO IDROGEOLOGICO PIANO DI ASSETTO DEL TERRITORIO</i>	6
4. INTRODUZIONE TEORICA AI METODI DI CALCOLO UTILIZZATI.....	11
4.1 <i>CURVE DI POSSIBILITÀ PLUVIOMETRICA</i>	11
4.2 <i>COEFFICIENTI DI DEFLUSSO</i>	15
4.3 <i>COEFFICIENTI UDOMETRICI</i>	16
4.4 <i>STATO ATTUALE</i>	17
4.5 <i>STATO DI PROGETTO</i>	21
4.6 <i>DETERMINAZIONE DEL COEFFICIENTE DI DEFLUSSO MEDIO DI PROGETTO</i>	22
5. DETERMINAZIONE DELLE PORTATE MASSIME.....	22
6. DESCRIZIONE DELLA RETE.....	23
7. DETERMINAZIONE DEI VOLUMI DI INVASO.....	24
8. DIMENSIONAMENTO DEI POZZI PERDENTI.....	26
9. MANUTENZIONE DELLA RETE.....	27
10. CONCLUSIONI.....	28



1. PREMESSA

Il Comune di Arzignano (VI) è dotato di Piano di interventi, il quale individua un'area di circa 4322 mq, come Z.T.O. C2/2134 soggetta a Piano Urbanistico Attuativo; essa è ubicata ai margini orientali del centro storico della città.

Si riportano l'estratto della mappa catastale e del P.R.G. comunale.

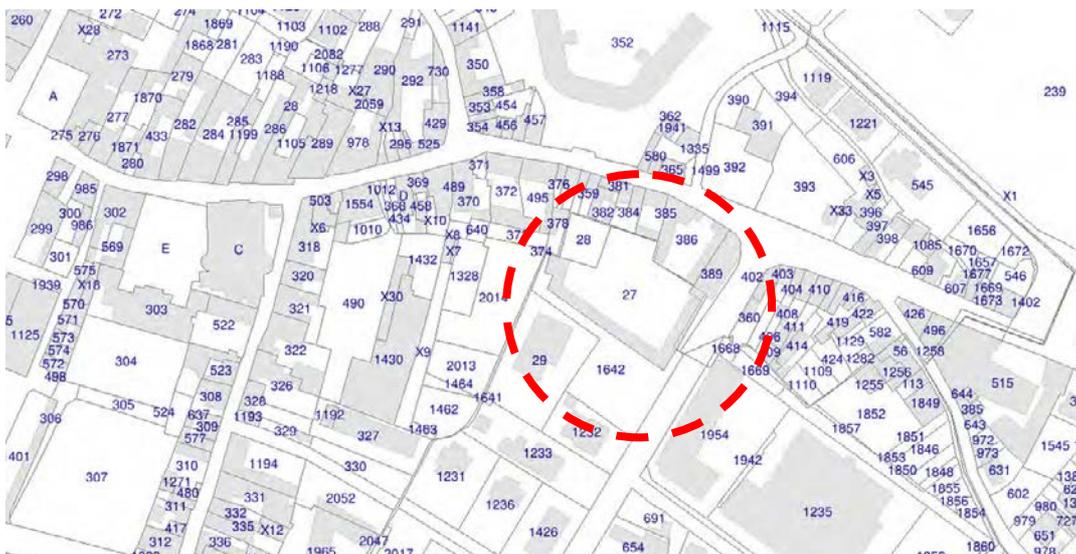


Figura 1: Planimetria catastale – Comune di Arzignano



Figura 2: Estratto P.R.G. – Comune di Arzignano



Quanto sopra riportato, utile al fine di inquadrare l'ambito dell'intervento complessivo, non costituisce, tuttavia, l'oggetto della presente. L'obiettivo che ci si prefigge in questa sede è, infatti, quello di dimensionare la rete delle acque meteoriche e dei relativi sistemi di smaltimento, con lo scopo di garantire il principio di invarianza idraulica.

2. LINEE GUIDA DELLA VALUTAZIONE DI INVARIANZA IDRAULICA

La presente relazione viene redatta con le modalità previste dalla D.G.R. (Deliberazione della Giunta Regionale del Veneto) n. 2948 del 06.10.2009.

Scopo della valutazione è l'individuazione delle modifiche all'assetto idrogeologico esistente, conseguenti alle trasformazioni del suolo, con l'obiettivo di definire le misure compensative e gli accorgimenti tecnici necessari ad evitare l'aggravio delle condizioni idrauliche dell'ambito territoriale interessato.

L'intervento si estende per circa 4322 mq, e perciò è classificato come "modesta impermeabilizzazione potenziale" per la quale si dovranno dimensionare gli interventi compensativi al fine di rispettare il principio di invarianza idraulica.

Nella succitata D.G.R. si prevede inoltre la possibilità di realizzare sistemi di infiltrazione facilitata in cui convogliare i deflussi in eccesso causati dall'impermeabilizzazione.

Il tempo di ritorno adottato è di **200 anni** come previsto nella succitata delibera.

Nelle pagine seguenti si riporta la descrizione della metodologia di calcolo utilizzata ed i risultati ottenuti per il caso in esame.



3. CONTESTO GEOLOGICO E IDROGEOLOGICO

La zona oggetto di studio è afferente al bacino idraulico di Chiampo, avente superficie pari a circa 19.000 ha; una parte significativa degli apporti irrigui ha origine dagli acquiferi e dai corsi d'acqua di risorgiva (i quali danno origine al torrente Tramigna).

In particolare la zona pedocollinare alla quale appartiene il territorio del comune di Arzignano è caratterizzata da alvei a moderata pendenza e con possibilità di scolo naturale.

Per quanto riguarda la tessitura del terreno, dalla carta litologica si evince che la zona è caratterizzata da depositi alluvionali, eluviali e colluviali caratterizzati da granulometria moderatamente grossolana degradante verso sud.

I dati forniti dalle prove penetrometriche dinamiche e dai sondaggi evidenziano una situazione stratigrafica abbastanza omogenea in senso orizzontale con delle variazioni di spessore degli strati in senso orizzontale.

In senso verticale i sedimenti presenti nel sottosuolo rispecchiano una situazione litologica tipica di deposito alluvionale recente costituito da materiali fini posti superficialmente e seguiti da terreni incoerenti.

Dopo i primi 30 - 60 cm circa di terreno superficiale in matrice argillosa, la stratigrafia risulta caratterizzata dalla presenza di terreni in matrice argillosa medio molli e molli e passanti a -1.2 ÷ -1.8 m circa a terreni sabbioso argillosi e sabbioso ghiaiosi poco addensati con delle intercalazioni limose e limoso sabbiose tra -4.5 e -6m; Da -6.0 ÷ -7 m circa s'individuano terreni in matrice sabbiosa e sabbioso ghiaiosa e passanti a -9 ÷ -10 m circa ad un banco ghiaioso ben addensato investigato fino alla profondità massima di -12 m da p.c. per rifiuto strumentale.

Si riportano i risultati di uno dei tre sondaggi superficiali effettuati all'interno della campagna di indagini.



Comune di ARZIGNANO
 Provincia di VICENZA
Piano Urbanistico Attuativo Z.T.O. C2/2134

PROFONDITA' Da cm	a cm	STRATIGRAFIA
0.0	20	Coltivo superficiale.
20	100	Argilla con parti ghiaiose marrone scuro.
100	150	Argilla compatta marrone chiaro.
150	200	Sabbia argillosa grossolana marrone nocciola.
200	230	Argilla compatta mista ghiaia marrone chiaro.
230	300	Sabbia grigio nocciola con parti ghiaiose.



Figura 3: Sondaggio Superficiale da 0. a -3 metri

Per una stima ragionevole e cautelativa della permeabilità del terreno, data la natura dello stesso, si è utilizzata la correlazione di Hazen, fra il diametro corrispondente alla percentuale di passante pari al 10% e la permeabilità.

$$k_s = C \cdot D_{10}$$

(Con C = 0,005 per terreni poco addensati)

Quindi, assumendo $D_{10} = 0,35 \text{ mm}$ si ottiene $k_s = 1,75 \cdot 10^{-3} \text{ [m/s]}$, valore compatibile con quanto prescritto all'interno della DGR 2948/2009 (allegato A, pag 5), affinché sia consentita l'utilizzazione dei sistemi di infiltrazione agevolata.

Nella seguente tabella si riassumono i valori tipici del coefficiente di permeabilità:

$K \text{ [cm/s]}$	100	10	1	0.1	0.01	0.001	0.0001	1E-05	1E-06	1E-07	1E-08	1E-09
	2	1	0	-1	-2	-3	-4	-5	-6	-7	-8	-9
$K \text{ [m/s]}$	1	0.1	0.01	0.001	0.0001	1E-05	1E-06	1E-07	1E-08	1E-09	1E-10	1E-11
	0	-1	-2	-3	-4	-5	-6	-7	-8	-9	-10	-11
Grado di permeabilità			Elevato					Basso			Nullo	
Acquifero			Permeabile			Semipermeabile				Impermeabile		
Suolo	Ghiaie		Sabbia pulita o sabbia e ghiaia				Sabbia molto fine, silt, loam				Argilla	
$k \text{ [cm}^2\text{]}$	-3	-4	-5	-6	-7	-8	-9	-10	-11	-12	-13	-14
$k \text{ [darcy]}$	5	4	3	2	1	0	-1	-2	-3	-4	-5	-6

Tabella 1: Valori tipici della conducibilità idraulica e della permeabilità

In considerazione del fatto che non si sono effettuate prove di permeabilità in sito, e che tale parametro è soggetto a marcata variabilità in funzione di svariati parametri (primo fra tutti il



grado di saturazione) si è scelto di utilizzare ai fini del calcolo un valore di permeabilità ridotto, pari a $k_s=1,5*10^{-3}$ [m/s].

Per quanto riguarda la falda acquifera, per misurarne la profondità, al termine di ogni prova penetrometrica è stato inserito nel foro di quest'ultima una sonda freaticometrica; in tutti i casi si è ottenuto un valore compreso fra i -4,5 e i -4,8 metri sul piano campagna.

Verosimilmente tale valore sarà soggetto a marcate variazioni in funzione delle condizioni meteo climatiche.

3.1 INQUADRAMENTO IDROGEOLOGICO PIANO DI ASSETTO DEL TERRITORIO

A completamento dell'inquadramento dell'assetto geologico e idrogeologico, vengono perciò riportate le informazioni contenute all'interno della relazione geologica del P.A.T.

In tale relazione, (redatta ai fini del completamento del Quadro conoscitivo per la matrice 'suolo e sottosuolo') vengono indagate idrologia, litologia e geomorfologia del territorio comunale.

In primis si riporta un estratto della carta litologica, la quale mostra come l'area oggetto della relazione presenti una tessitura sabbiosa e ghiaiosa, più o meno addensata.

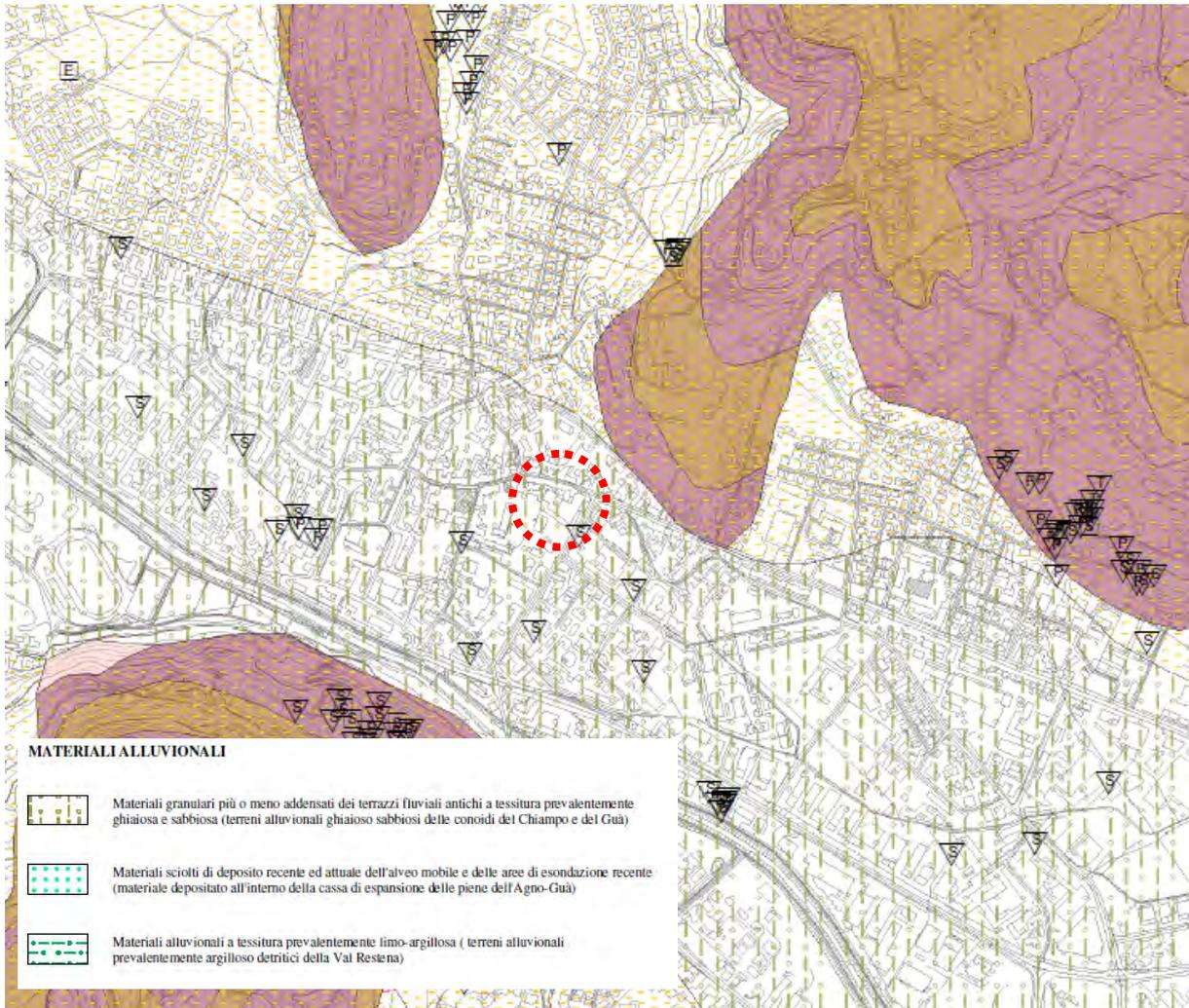


Figura 4: Estratto carta litologica

Allo stesso modo si riporta un estratto della carta idrologica, la quale conferma i valori di profondità della falda acquifera rilevati all'interno della campagna di indagini.

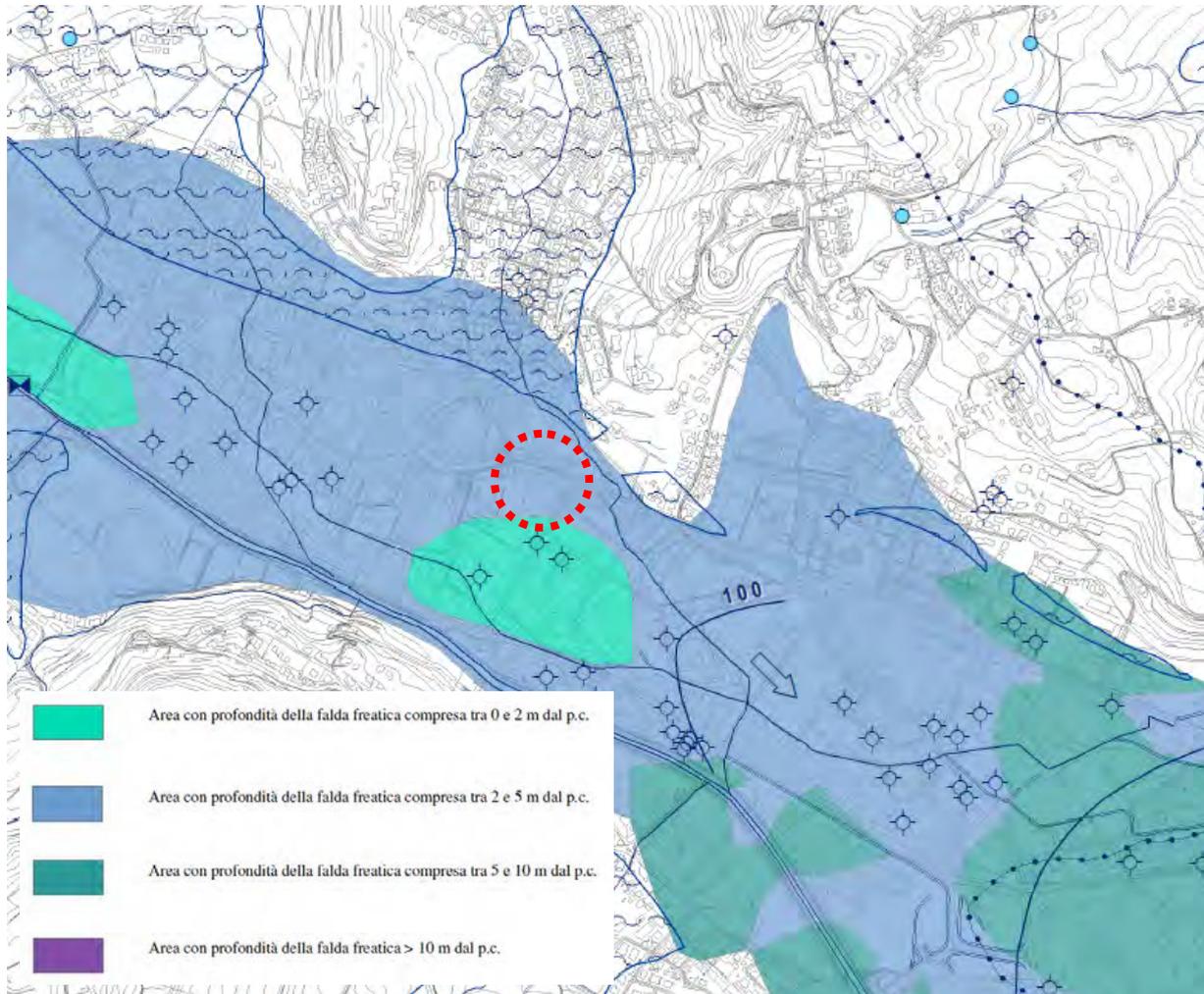


Figura 5: Estratto carta idrologica

Nella suddetta relazione, il grado di permeabilità del terreno, oltre ad essere riportato come attributo base della carta litologica, viene altresì riclassificato attraverso la seguente tabella di conversione:



Comune di ARZIGNANO
Provincia di VICENZA
Piano Urbanistico Attuativo Z.T.O. C2/2134

GRUPPO "D"	Rocce eruttive (o magmatiche) intrusive -graniti, sieniti dioriti, gabbri
	Rocce eruttive (o magmatiche) effusive - porfidi trachiti, lipariti, fonoliti, porfiriti, andesiti, basalti, tefriti, leucititi
	Rocce argillose - argilloscisti, argille varie, depositi argillosi di origine lacustre, banchi argillosi di origine fluviale intercalati spesso nei sedimenti alluvionali, depositi eluviali (ferretto, terra rossa) e colluviali argillosi che possono coprire sottostanti rocce permeabili rendendo così impermeabile il terreno
	Rocce metamorfiche - gneiss, micascisti, quarziti, filladi, scisti anfibolici, talcoscisti, e scisti di natura silicea
GRUPPO "C"	Rocce sedimentarie compatte - dolomie, marne, arenarie, tufi cementati, pomici, alternanza di argille e arenarie, di argille e calcari
	Rocce dolomitiche compatte
	Rocce calcaree compatte
	Rocce tipo fratturate
GRUPPO "B"	Morene ed in generale depositi glaciali
	Coltri eluviali e colluviali - costituite prevalentemente da sabbie e limi con minori quantità di ghiaie, variamente mescolati fra loro
	Conglomerati, breccie, sabbioni e sabbie cementate (ciottoli, ghiaie, sabbie e limo a vari gradi di cementazione)
	Rocce tipo molto fratturate
GRUPPO "A"	Tufi incoerenti, pozzolane, cenere, scorie, lapilli (si presentano in strati e banchi, dune, depositi sabbiosi di origine eolica a ridosso di spiagge)
	Rocce calcaree (calcari dolomitici, c. marnosi, travertini, calcareniti, breccie calcaree, calcari organogeni) fossilifere, organogene, molto fratturate, gessi salgemma
	Limi, sabbie, ghiaie, ciottoli, (formano depositi alluvionali di origine fluviale o lacustre, tali materiali formano le pianure alluvionali, i con di deiezione, i terrazzi fluviali)
	Falde e con di detrito, macerati, composti da cumuli di frammenti rocciosi, di solito angolosi, talora più o meno cementati (breccie di pendio), si trovano ai piedi dei versanti montuosi ripidi e presentano tracce più o meno evidenti di stratificazione.

Tabella 2: Relazione fra geolitologia e classi di permeabilità

Il gruppo idrologico A raggruppa tutte le formazioni geologiche e tessiture più permeabili, mentre il gruppo idrologico D indica rocce o depositi a scarsa permeabilità.

Precisamente i quattro gruppi indicano:

- GRUPPO A: permeabilità alta, bassa capacità di deflusso, suoli con elevata infiltrabilità anche se completamente saturi, sabbie o ghiaie profonde ben drenate, notevole conducibilità idrica;
- GRUPPO B: permeabilità medio-alta, suoli con moderata infiltrabilità se saturi, discretamente drenati e profondi, tessitura medio-grossolana, conducibilità idrica media;
- GRUPPO C: permeabilità medio-bassa, suoli con bassa infiltrabilità se saturi, uno strato impedisce la percolazione verticale, suoli con tessitura medio-fine e bassa infiltrabilità, conducibilità idrica bassa;



- GRUPPO D: permeabilità bassa, capacità di deflusso elevata, suoli con in filtrabilità ridottissima in condizioni di saturazione, suoli ricchi di argille rigonfianti, suoli con strato argilloso superficiale, suoli poco profondi su substrato impermeabile; conducibilità idrica estremamente bassa.

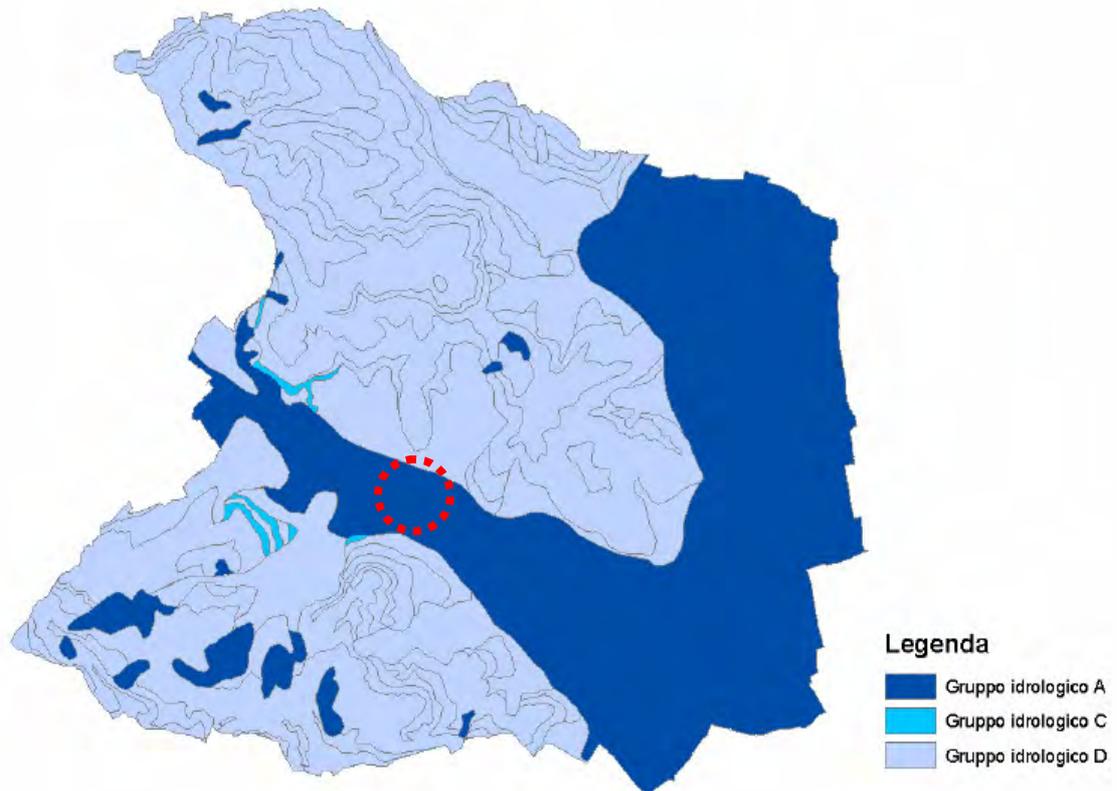


Figura 6: Carta di Permeabilità

Dalla carta della permeabilità riportata in figura, si evince come i suoli e i depositi che caratterizzano il Comune di Arzignano ricadono principalmente in due gruppi idrologici, in quanto le aree collinari costituite quasi esclusivamente da rocce basaltiche fortemente argillificate ricadono nel gruppo idrologico D, mentre le vaste aree pianeggianti costituite principalmente dai depositi ghiaiosi delle alluvioni del Chiampo e dell'Agno-Guà e locali depositi detritici di versante rientrano nel gruppo idrologico A; (rientrano nel gruppo C solo i ridotti affioramenti di calcari compatti e a stratificazione indistinta della formazione dei Calcari Nummulitici).

L'area oggetto della relazione ricade completamente nel gruppo idrologico "A", perciò, anche secondo questo studio, risulta plausibile attribuire al terreno valori di permeabilità medio alti.



4. INTRODUZIONE TEORICA AI METODI DI CALCOLO UTILIZZATI

4.1 CURVE DI POSSIBILITÀ PLUVIOMETRICA

Per lo sviluppo dell'analisi idrologica sugli interventi di trasformazione urbanistica in oggetto si sono utilizzati i dati riportati nello studio “ *Pioggie critiche e criteri di rischio nella definizione degli interventi di difesa idraulica dell'entroterra veneziano*” (Bixio-Fiume, 2009).

Nel corso degli ultimi anni, ed in particolare dall'inizio degli anni '90, si è estesa infatti in tale ambito la disponibilità di dati per le piogge di durata ridotta (specie per quelle inferiori all'ora) utilizzando modalità di acquisizione basata sulla scansione di piogge di durata unitaria di 5 minuti primi, non agevole con le precedenti letture su supporto cartaceo. In tal modo, è stato possibile definire equazioni delle curve segnalatrici di possibilità pluviometrica anche per durate inferiori all'ora, senza la necessità di ricorrere ad estrapolazione a partire da quelle di durata maggiore, basandosi sui dati raccolti dall'Agenzia Regionale per la Prevenzione e la Protezione Ambientale del Veneto – ARPAV – presso il Centro Meteorologico di Teolo.

Oltre che per le serie di durata inferiore all'ora, tali dati consistono altresì nella disponibilità più ampia di valori di pioggia di durata compresa fra 1 ora e 24 ore, le quali risultano fra quelle di interesse maggiore per l'area veneziana.

Per le indagini effettuate sono stati utilizzati i valori di precipitazione raccolti dall'ARPAV – Centro meteorologico di Teolo, aggregati a partire da una scansione minima di 5 minuti primi, i quali costituiscono una serie di durata più breve rispetto ai valori del Servizio Idrografico e Mareografico Nazionale (SIMN), ma più completa, specie nelle durate brevi, per numero di dati in relazione alla diversa modalità di acquisizione rispetto a quella attivabile dal supporto cartaceo tradizionale. Tale approccio presenta inoltre l'indubbio vantaggio di poter cogliere in maniera maggiormente efficace le tendenze più recenti dell'andamento statistico delle serie di pioggia di varia durata, le quali si può presumere possano differire dal trend precedente.

Le elaborazioni svolte nello studio sopra citato hanno permesso di individuare, all'interno del bacino scolante della laguna di Venezia, quattro zone omogenee per caratteristiche pluviometriche: si riportano di seguito una tabella riassuntiva del raggruppamento ed una cartografia che le individua spazialmente.



Comune di ARZIGNANO
Provincia di VICENZA
Piano Urbanistico Attuativo Z.T.O. C2/2134

Zona omogenea	Provincia		
	PD	TV	VE
SW	Abano Terme, Agna, Albignasego, Arre, Arzergrande, Borgoricco, Bovolenta, Brugine, Cadoneghe, Campo San Martino, Campodarsego, Candiana, Cartura, Casalserugo, Cervarese Santa Croce, Codevigo, Conselve, Correzzola, Curtarolo, Due Carrare, Legnaro, Limena, Masera' di Padova, Montegrotto Terme, Noventa Padovana, Padova, Pernumia, Piove di Sacco, Polverara, Ponte San Nicolò, Pontelongo, Rovolon, Saccolongo, San Giorgio delle Pertiche, San Giorgio in Bosco, San Pietro Viminario, Santa Giustina in Colle, Sant'Angelo di Piove di Sacco, Saonara, Selvazzano Dentro, Teolo, Terrassa Padovana, Torreglia, Vigodarzere, Vigonza, Villa del Conte, Villanova di Camposampiero		Cona, Santa Maria di Sala, Vigonovo
Costiera SE		Casale sul Sile, Casier, Mogliano Veneto	Campagna Lupia, Campolongo Maggiore, Camponogara, Cavallino-Treporti, Chioggia, Dolo, Fiesso d'Artico, Fosso', Marcon, Mira, Mirano, Pianiga, Quarto d'Altino, Spinea, Stra, Venezia
Interna NW	Camposampiero, Cittadella, Loreggia, Massanzago, Piombino Dese, San Martino di Lupari, Tombolo, Trebaseleghe	Istrana, Morgano, Resana	Noale
NE		Breda di Piave, Carbonera, Castelfranco Veneto, Monastier di Treviso, Preganziol, Quinto di Treviso, Roncade, San Biagio di Callalta, Silea, Treviso, Vedelago, Zenson di Piave, Zero Branco	Fossalta di Piave, Jesolo, Martellago, Meolo, Musile di Piave, Salzano, Scorze'

Tabella 3: Raggruppamento in zone omogenee

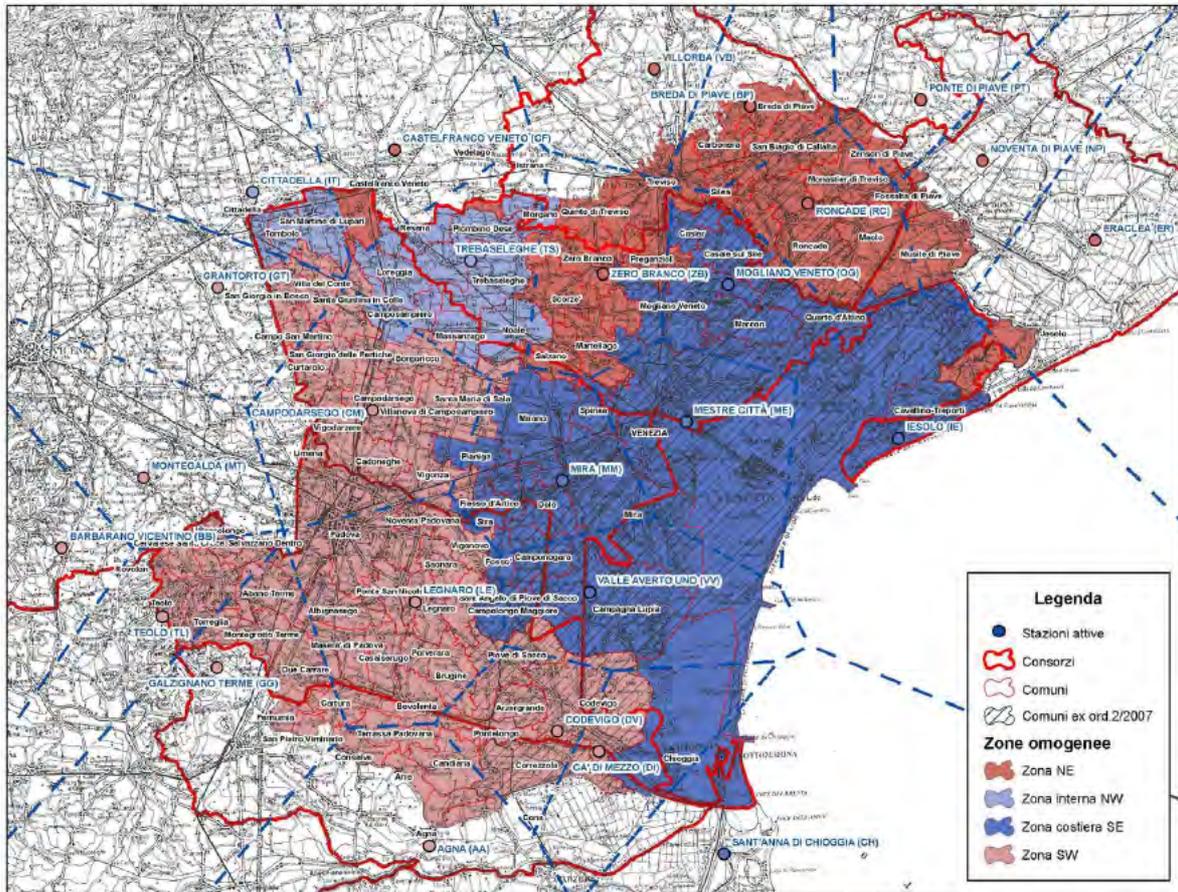


Figura 7: Individuazione delle zone omogenee all'interno del bacino scolante della laguna di Venezia

Di seguito si sono riportati i valori dei coefficienti delle curve segnalatrici a due parametri per la zona sud occidentale, che è quella più prossima al comune di Arzignano. Tali valori sono stati utilizzati unicamente per l'utilizzo delle formule esplicite del metodo cinematico e dell'invaso per il calcolo del coefficiente udometrico, che richiedono i coefficienti a e n dell'espressione tradizionale a due parametri. I dati ottenuti dall'analisi probabilistica, infatti, non possono essere interpolati adeguatamente da una curva a due parametri per l'intero range di durate da 5 minuti a 24 ore.

È opportuno invece individuare intervalli più ristretti di durate, entro i quali la formula bene approssimi i valori ottenuti con la regolarizzazione regionale. Si forniscono pertanto i parametri delle curve segnalatrici tarate su intervalli di cinque dati, per i vari tempi di ritorno. I tempi t devono essere espressi in minuti. Il risultato è in millimetri.



Comune di ARZIGNANO
 Provincia di VICENZA
Piano Urbanistico Attuativo Z.T.O. C2/2134

Zona sud-occidentale

T	tp~ 15 minuti			tp~ 30 minuti			tp~ 45 minuti			tp~ 1 ora			tp~ 3 ore			tp~ 6 ore		
	da 5 min a 45 min			da 10 min a 1 ora			da 15 min a 3 ore			da 30 min a 6 ore			da 45 min a 12 ore			da 1 ora a 24 ore		
anni	a	n	?	a	n	?	a	n	?	a	n	?	a	n	?	a	n	?
2	4.5	0.533	6.4%	6.6	0.412	3.2%	10.2	0.287	5.0%	13.5	0.221	1.3%	14.2	0.212	0.5%	14.2	0.212	0.4%
5	5.4	0.556	6.2%	7.9	0.437	3.3%	12.4	0.307	5.3%	16.9	0.235	1.5%	18.2	0.220	0.4%	18.5	0.218	0.2%
10	6.0	0.570	6.0%	8.6	0.453	3.3%	13.6	0.322	5.4%	18.8	0.247	1.6%	20.6	0.229	0.7%	21.1	0.224	0.4%
20	6.4	0.582	5.8%	9.2	0.470	3.3%	14.5	0.337	5.5%	20.3	0.260	1.7%	22.6	0.238	1.0%	23.4	0.232	0.7%
30	6.7	0.590	5.7%	9.4	0.479	3.3%	15.0	0.346	5.5%	21.0	0.268	1.7%	23.6	0.244	1.2%	24.6	0.237	0.9%
50	7.0	0.598	5.5%	9.8	0.491	3.3%	15.5	0.358	5.6%	21.9	0.278	1.8%	24.8	0.252	1.4%	26.1	0.243	1.1%
100	7.3	0.610	5.2%	10.1	0.507	3.3%	16.1	0.373	5.6%	22.8	0.292	1.8%	26.3	0.263	1.6%	27.9	0.253	1.4%
200	7.7	0.621	4.9%	10.4	0.524	3.3%	16.5	0.390	5.6%	23.5	0.307	1.9%	27.5	0.275	1.9%	29.5	0.263	1.7%

Tabella 4: valori dei coefficienti delle curve di possibilità pluviometrica utilizzati

Ai fini della presente trattazione, in considerazione anche delle indicazioni del Consorzio di Bonifica Alta Pianura Veneta e della D.G.R. (Deliberazione della Giunta Regionale del Veneto) n. 2948 del 06.10.2009, si adotta un tempo di ritorno di **200 anni** cui corrispondono le curve riportate a seguire:

$$t_p \cong 15 \text{ min} \Rightarrow h = 7.7 \cdot (t)^{0,621} \Rightarrow \text{valida per piogge di durata compresa tra 5 min e 45 min}$$

$$t_p \cong 30 \text{ min} \Rightarrow h = 10.4 \cdot (t)^{0,524} \Rightarrow \text{valida per piogge di durata compresa tra 10 min e 1 ora}$$

$$t_p \cong 45 \text{ min} \Rightarrow h = 16,5 \cdot (t)^{0,390} \Rightarrow \text{valida per piogge di durata compresa tra 15 min e 3 ore}$$

$$t_p \cong 1 \text{ ora} \Rightarrow h = 23,5 \cdot (t)^{0,307} \Rightarrow \text{valida per piogge di durata compresa tra 30 min e 6 ore}$$

$$t_p \cong 3 \text{ ore} \Rightarrow h = 27,5 \cdot (t)^{0,275} \Rightarrow \text{valida per piogge di durata compresa tra 45 min e 12 ore}$$

$$t_p \cong 6 \text{ ore} \Rightarrow h = 29,5 \cdot (t)^{0,263} \Rightarrow \text{valida per piogge di durata compresa tra 1 ora e 24 ore}$$

Le grandezze considerate sono:

- h: altezza di pioggia (mm) $h = at^n$
- a: intercetta della retta di regressione (mm*min⁻ⁿ)
- n: pendenza della retta di regressione
- t: tempo di pioggia (min)

Per tenere conto dell'estensione superficiale S dell'area in oggetto (ragguaglio spaziale) sarebbe necessario utilizzare le formule di Puppini, valide per superfici inferiori a 1300 ha:

$$a' = a \cdot \left[1 - 0.052 \cdot \frac{S}{100} + 0.002 \cdot \left(\frac{S}{100} \right)^2 \right]$$



$$n' = n + 0.0175 \cdot \frac{S}{100}$$

Tuttavia si è scelto, operando a favore della sicurezza, di non ragguagliare spazialmente le piogge; allo stesso modo, nonostante la variabilità del coefficiente di deflusso con la durata della precipitazione, non si è moltiplicato l'esponente n delle equazioni di possibilità pluviometrica per $4/3$ (come richiede il metodo cosiddetto napoletano).

4.2 COEFFICIENTI DI DEFLUSSO

Individuata l'equazione di possibilità pluviometrica $h = at^n$, è necessario stimare quale sia la frazione di afflusso meteorico efficace ai fini del deflusso attraverso la rete di collettori; essa si individua mediante il *coefficiente di deflusso* φ , inteso come rapporto tra il volume defluito attraverso un'assegnata sezione in un definito intervallo di tempo ed il volume di pioggia precipitato nell'intervallo stesso. L'afflusso unitario alla rete è dunque pari a φh . Per le reti destinate alla raccolta delle acque meteoriche (fognature bianche) valgono, di massima, i coefficienti relativi a piogge di durata oraria (φ_1) riportati nella tabella seguente:

Tipo di superficie	Coefficiente di deflusso φ
Coperture e pavimentazioni impermeabili	0,90
Pavimentazioni drenanti	0,60
Aree verdi (giardini)	0,20
Aree agricole	0,10

Tabella 5: Valori caratteristici del coefficiente di deflusso φ

Nel caso in cui superfici scolanti di diversa natura (caratterizzate da diversi valori del coefficiente di deflusso φ), siano afferenti al medesimo tratto di tubazione, è necessario calcolare la media ponderale di φ ; detto φ_i il coefficiente di deflusso relativo alla superficie S_i , sarà:

$$\bar{\varphi} = \frac{\sum \varphi_i S_i}{\sum S_i}$$

Per l'area esaminata nel presente studio, verrà determinato, secondo questa metodologia, il coefficiente di deflusso medio, in relazione all'estensione e alla natura delle superfici distinte per destinazione d'uso.



4.3 COEFFICIENTI UDOMETRICI

Il parametro di riferimento che descrive la risposta idrologica di un terreno in termini di trasformazione degli afflussi (piogge) in deflussi (portate) è detto “coefficiente udometrico” o “contributo specifico di piena” e si esprime usualmente in $[l/s \cdot ha]$ (litri al secondo per ettaro). La stima di u può essere eseguita con il metodo cinematico, di seguito brevemente descritto. La portata defluente attraverso una sezione di un corso d’acqua, naturale o artificiale, dipende dalle caratteristiche del bacino tributario sotteso alla sezione stessa (lunghezza, estensione, natura del terreno, pendenza, ecc.) e da quelle dell’evento pluviometrico, poiché la portata generata è legata alla durata della precipitazione. Ipotizzando che nella sezione terminale vi sia un incremento lineare della portata con il tempo, che la superficie scolante sia piana e di forma rettangolare, investita da una pioggia uniforme e d’intensità costante, il valore massimo Q_{max} si ottiene quando alla sezione considerata giungono insieme i contributi di tutte le parti che formano il bacino stesso. Il tempo necessario affinché ciò avvenga è definito *ritardo* o *tempo di corrivazione* τ_c ed è assunto come elemento caratteristico del bacino.

Se consideriamo (figura 3) un bacino scolante di superficie S e coefficiente di deflusso φ , sul quale cade una pioggia di durata τ , di altezza h , e se τ_c è il tempo di corrivazione, la portata massima generata sarà:

$$Q_{max} = \frac{\varphi \cdot S \cdot h}{\tau_c} \Rightarrow u = \frac{Q_{max}}{S} = \frac{\varphi \cdot h}{\tau_c}$$

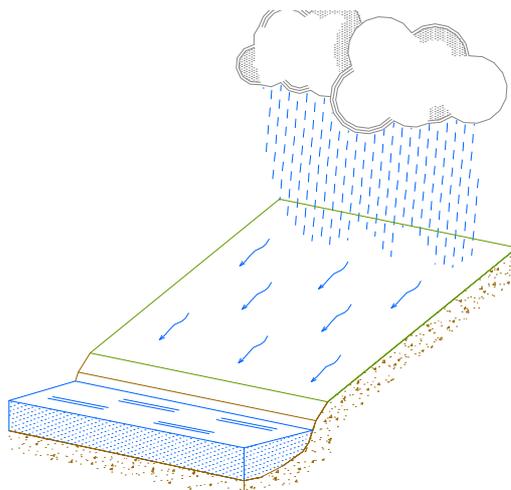


Figura 8: Rappresentazione schematica di un bacino scolante



Varie formule empiriche sono state proposte per il calcolo di τ_c .

Un' impostazione corretta può essere quella di considerare τ_c come somma di due tempi (qualora il bacino considerato sia dotato di una rete scolante:

$$\tau_c = \tau_0 + \tau_{rete}$$

In cui:

τ_0 : tempo di ingresso in rete o tempo di ruscellamento

τ_{rete} : tempo di transito in rete fino alla sezione di chiusura

Per il calcolo di τ_c è opportuno adottare formule sperimentali tarate per superfici di modesta entità, da applicare sia per il calcolo di τ_0 che per τ_{rete} .

4.4 STATO ATTUALE

L'area è situata in via Duca D'Aosta, nei pressi del centro storico di Arzignano, e presenta un coefficiente di deflusso medio stimato in 0,38.

SITUAZIONE ATTUALE			
Verde	3214	0,2	997,2
Impermeabile	1108	0,9	642,8
Semi - Impermeabile	0	0,6	0
Superficie Totale	4322		1640
$\bar{\varphi}_{progetto} = \frac{\sum \varphi_i \cdot S_i}{\sum S_i} = 0,38$			

Tabella 6: Calcolo del coefficiente di deflusso medio



Figura 9: Estratto ortofoto

La seguente tabella riporta i risultati dei calcoli descritti al paragrafo 4.3, ottenuti per l'area in esame allo stato attuale, assumendo i dati pluviometrici sopra descritti.

SITUAZIONE ATTUALE	
S (ha)	0,4322
φ	0,38
i	0,01
τ_c [minuti]	3,7
u_{iniz} [l/s*ha]	298,3
$Q_{max,iniz}$ [l/s]	128,9

Tabella 7: Risultati dei calcoli relativi alla condizione attuale

Di seguito si riportano alcune foto che attestano lo stato attuale dell'area.



Figura 10: Area sud-ovest dell'ambito vista dal lato nord-est



Figura 11: Area nord dell'ambito vista dal lato sud



Figura 12: Area nord-est dell'ambito vista dal lato sud-ovest



Figura 13: Area sud-est dell'ambito vista dal lato nord-ovest



4.5 STATO DI PROGETTO

Le opere di progetto prevedono, per quanto riguarda le superfici ad uso pubblico (strade, parcheggi e verde pubblico) la trasformazione dei suoli secondo le tipologie riportate nello schema successivo:

- Superficie a verde 1125 m²
- Superficie impermeabile 2983 m²
- Superficie con pavimentazioni drenanti 214 m²

Superficie complessiva dell'area in oggetto 4322 m²

Si riporta di seguito la planimetria dell'area oggetto di trasformazione urbanistica.

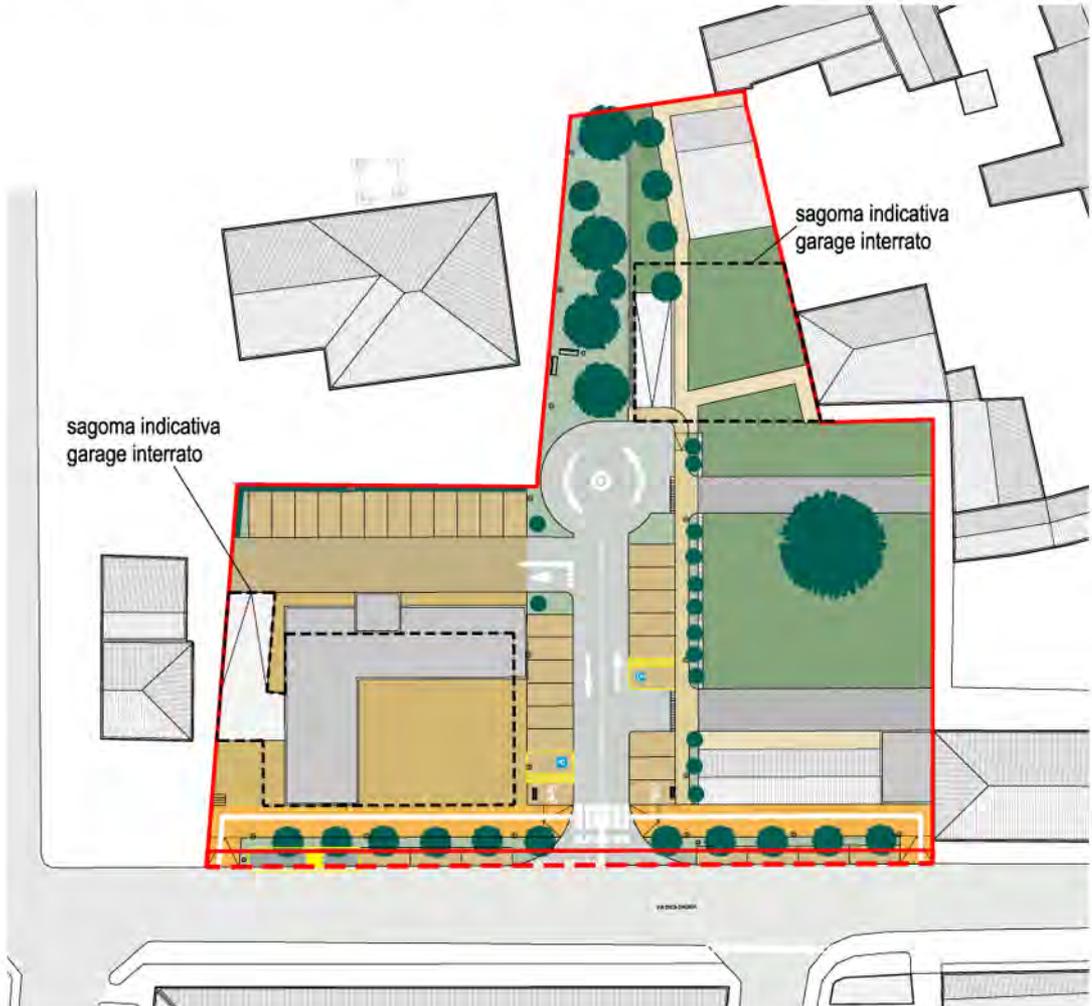


Figura 14: Planimetria di progetto



4.6 DETERMINAZIONE DEL COEFFICIENTE DI DEFLUSSO MEDIO DI PROGETTO

Con riferimento alla suddivisione delle aree per destinazione d'uso riportata nel paragrafo precedente si ottiene: $\bar{\varphi}_{progetto} = 0,70$.

La seguente tabella riassume i dati relativi all' area oggetto di studio:

SITUAZIONE DI PROGETTO GENERALE AREE PUBBLICHE			
Verde	1125	0,2	225,0
Impermeabile	2983	0,9	2684,7
Semi - Impermeabile	214	0,6	128,4
Superficie Totale	4322		3038,1
$\bar{\varphi}_{progetto} = \frac{\sum \varphi_i \cdot s_i}{\sum s_i} = 0,70$			

Tabella 8: Calcolo del coefficiente di deflusso medio

5. DETERMINAZIONE DELLE PORTATE MASSIME

La seguente tabella riporta i risultati dei calcoli descritti al paragrafo 4.3, ottenuti per l'area in esame al seguito della trasformazione urbanistica di progetto.

SITUAZIONE DI PROGETTO	
S (ha)	0,4322
φ	0,70
i	0,001
τ_c [minuti]	3,95
U_{fin} [l/s*ha]	532,1
$Q_{max,fin}$ [l/s]	230,0

Tabella 9: Risultati dei calcoli relativi alla condizione di progetto

Si evince pertanto, che l'incremento di portata che andrebbe scaricato risulta quindi pari a circa **101 l/s**. Poiché non esiste una vera e propria rete di scolo esistente, (è presente solo lungo via Duca D'Aosta una rete mista per la raccolta delle acque piovane della sede stradale e delle acque reflue domestiche. Considerando inoltre che il valore del coefficiente



di permeabilità suggerisce di adottare sistemi di infiltrazione facilitata che consentono di infiltrare tutta la portata convogliata dalla rete, senza quindi scaricare nessun apporto meteorico in corpi idrici superficiali, si calcolerà, nel seguito, la portata massima generata dalla configurazione di progetto, dimensionando i pozzi perdenti su quel valore di portata. Come già accennato, in base all'applicazione dell'equazione dei serbatoi, si è dimensionato il sistema condotte-pozzi in modo da garantire che l'eccesso di portata generata dal bacino rispetto alla capacità di infiltrazione dei pozzi, possa essere invasato all'interno delle condotte stesse.

6. DESCRIZIONE DELLA RETE

La rete delle acque meteoriche, che si svilupperà lungo la viabilità interna, sarà costituita da condotte in calcestruzzo vibrocompresso aventi diametro pari a 60 cm e giunte a bicchiere; saranno messe in opera con una pendenza dello 0,1‰ e raccordate da pozzetti di ispezione di idonee dimensioni (100x100 cm).

Per quanto riguarda la messa in opera, saranno poste su di un letto di sabbia ed il riempimento dello scavo sarà effettuato con materiale arido opportunamente costipato e compattato.

La raccolta delle acque di dilavamento delle superfici verrà affidata a caditoie in ghisa su pozzetti sifonati 40x40x60 cm collegate tra loro e alle condotte principali mediante tubazioni in PVC DN 160 mm.

Lo smaltimento delle acque meteoriche verrà affidato completamente ad una batteria di sette sistemi disperdenti con diametro pari a 200 cm ed altezza utile pari a 250 cm (cinque anelli da 50cm)

Non si prevede il trattamento delle acque di prima pioggia in quanto la superficie dei parcheggi è inferiore a 5000m² (art.39 comma 3 dell'allegato "D" alla DGR 842 del 15 maggio 2012).

Si riporta di seguito una rappresentazione qualitativa della rete delle acque meteoriche.

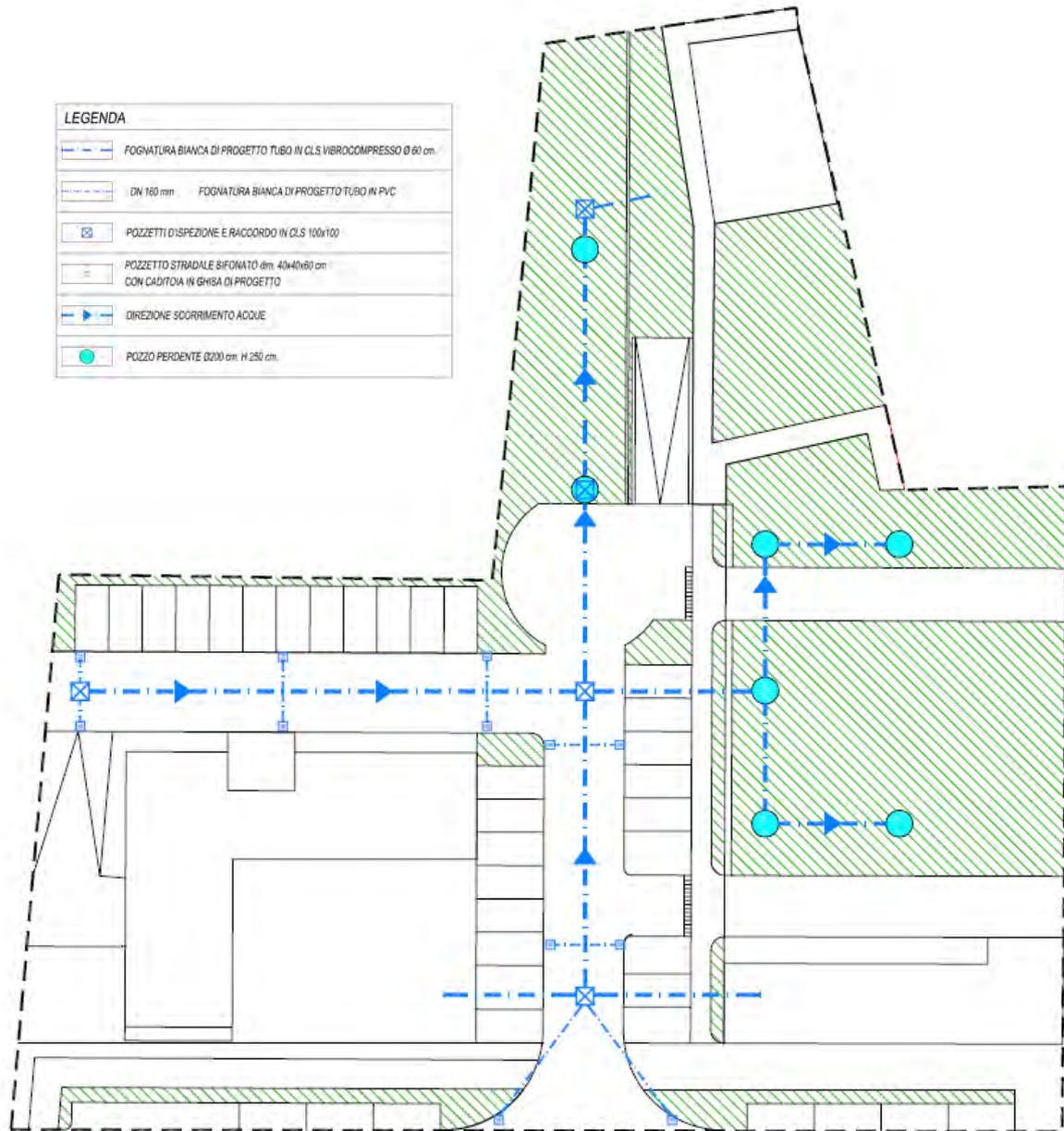


Figura 15: Planimetria rete delle acque meteoriche

7. DETERMINAZIONE DEI VOLUMI DI INVASO

Sulla base di quanto previsto nella D.G.R. 2948 del 19/06/2009 in merito all'infiltrazione delle portate di origine meteorica:

“Qualora le condizioni del suolo lo consentano e nel caso in cui non sia prevista una canalizzazione e/o scarico delle acque verso un corpo recettore, ma i deflussi vengano dispersi nel terreno, non è necessario prevedere dispositivi di invarianza idraulica in quanto



Comune di ARZIGNANO
Provincia di VICENZA
Piano Urbanistico Attuativo Z.T.O. C2/2134

si può supporre ragionevolmente che la laminazione delle portate in eccesso avvenga direttamente sul terreno.”

Si è ritenuto opportuno dimensionare i dispositivi di infiltrazione agevolata (pozzi perdenti) con dimensioni ed in numero tali da poter infiltrare, contando sulla capacità di invaso della rete di laminare i picchi di piena, l'intera portata in arrivo, non rendendo così necessari dispositivi di laminazione specifici.

Una volta determinata la portata scaricabile dalla batteria dei pozzi perdenti, attraverso l'equazione dei serbatoi, è possibile quantificare il volume da invasare all'interno della rete al fine di laminare il picco di piena.

La portata scaricata dal sistema, considerata ai fini della stima del volume di invaso necessario alla mitigazione, è quella smaltita dalla batteria di pozzi perdenti; nella fattispecie il valore risulta essere di 60,33 l/s

Le tabelle di seguito riportate riassumono i dettagli del calcolo sul volume di invaso necessario:

VOLUME DI INVASO NECESSARIO PER RETE NORD						
tp [min]	tp [ore]	h [mm]	Vprec [mc]	Veff [mc]	V(Qscar) [mc]	ΔV [mc]
5,0	0,08	20,92	90,40	63,06	18,10	44,96
10,0	0,17	32,17	139,04	96,99	36,20	78,89
15,0	0,25	41,38	178,86	124,77	54,30	88,57
20,0	0,33	49,48	213,85	149,17	72,40	94,88
25,0	0,42	56,18	242,80	169,36	90,49	96,97
30,0	0,50	61,81	267,14	186,34	108,59	95,85
35,0	0,58	67,01	289,62	202,02	126,69	93,43
40,0	0,67	69,55	300,60	209,69	144,79	82,99

Tabella 10: Risultati dei calcoli per l' area afferente la batteria di pozzi

I volumi verranno forniti dalla capacità di invaso della rete, che, se considerata completamente riempita (escludendo i pozzetti delle caditoie), è in grado di fornire i seguenti volumi:

- ml 180 di condotte in cls Ø 60

Volume = 50 mc

- pozzi perdenti

Volume = 55 mc

Totale volume invasabile = 105 mc



Si è così dimostrato che le reti di progetto sono in grado di fornire i volumi richiesti dalle esigenze di mitigazione.

8. DIMENSIONAMENTO DEI POZZI PERDENTI

Lo smaltimento delle acque meteoriche è garantito da una batteria di pozzi perdenti a servizio della rete, che devono smaltire una portata di progetto pari a 60,33 l/s.

A favore della sicurezza, si è scelto di considerare la presenza dello strato impermeabile in corrispondenza del fondo pozzo, e di conseguenza l'altezza della falda a distanza R (raggio di influenza) $h_0 = 0\text{m}$.

Coerentemente con le caratteristiche geologiche del sito, (descritte nel capitolo 3), si è scelto di utilizzare dei sistemi di infiltrazione agevolata, costituiti da anelli di diametro pari a 2 metri e spessore pari a 50 cm. Essi verranno posati fra la quota di -1,0 m e -3,50 m sul piano campagna; il riempimento dello scavo, una volta posati i pozzi, dovrà essere effettuato con materiale arido e grossolano.

Per determinare la portata dispersa da ciascun sistema infiltrante, si è utilizzato il modello di calcolo "schema di moto da pozzo in falda poco profonda" descritto all'interno del testo "Le Opere Idrauliche Nelle Costruzioni Stradali, Luigi Da Deppo & Claudio Datei"

FALDA POCO PROFONDA			
Permeabilità terreno	K (m/s)	=	0.0015
Altezza d'acqua possibile sullo strato impermeabile	H (m)	=	3,5
Raggio del pozzo disperdente	r_0 (m)	=	1.00
Raggio di influenza Pozzo (<i>Formula di Sichard</i>)	R (m)	=	108
Altezza della falda alla distanza R	h_0 (m)	=	0
PORTATA DEFLUENTE			
$Q = \frac{\pi K (H^2 - h_0^2)}{\ln(R/r_0)}$	Q (m ³ /s)	=	0.012
	Q (l/s)	=	12.31

Tabella 11: Dimensionamento dei pozzi perdenti

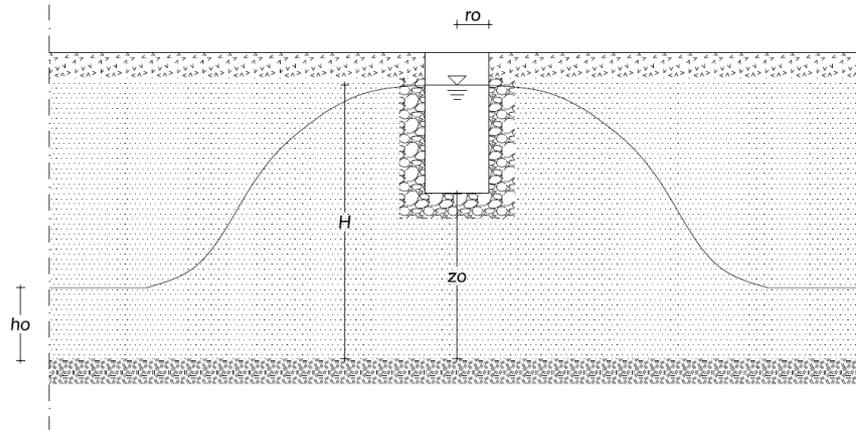


Figura 16: Schema di moto da pozzo in falda poco profonda

Considerando inoltre che la capacità disperdente dei pozzi a regime subisca una riduzione del 30% (per scarsa manutenzione, o per eventuale sottostima della portata di progetto), **la dispersione considerata per il calcolo risulta essere pari a 8,62 l/s.**

Dalle elaborazioni effettuate si deduce che l'adozione di 7 pozzi con interasse appropriato (al fine di considerare tra di loro indipendenti la campane di infiltrazione) risultano sufficienti a smaltire la portata in arrivo.

9. MANUTENZIONE DELLA RETE

Per favorire il funzionamento nel tempo della rete di fognatura, realizzata con tubazioni posate a debole pendenza, e quindi con uno scarso effetto autopulente, essa andrà ispezionata con cadenza almeno annuale, ed eventualmente pulita per mezzo di dispositivi tipo canal-jet, per mantenere effettivamente disponibili i volumi di invaso predisposti.



10. CONCLUSIONI

L'analisi dei risultati sul calcolo delle portate in arrivo e la determinazione dei dispositivi compensativi che verranno realizzati per far fronte alle modifiche dell'assetto idraulico, conseguenti alla variazione sulle destinazioni d'uso dei suoli, conducono al raggiungimento dell'**invarianza idraulica**, rendendo pertanto compatibile il progetto con quanto richiesto dalla D.G.R. (Deliberazione della Giunta Regionale del Veneto) n. 2948 del 2009.

Cittadella, 10 Ottobre 2013

Il tecnico
Ing. Stefano Svegliado

