

COMUNE DI PONTE SAN NICOLÒ
PROVINCIA DI PADOVA

SETTORE LAVORI PUBBLICI



**VARIANTE PARZIALE AL P.R.G. AI SENSI
DELL' ART.48 L.R. 11/2004**

**VALUTAZIONE DI COMPATIBILITA'
IDRAULICA**

IL PROGETTISTA
Ing. Bezze Simone

INDICE

	<i>PAGINA</i>
1 Premessa	2
2 Normative di riferimento - bibliografia.....	4
3 Inquadramento territoriale generale e locale	5
3.1 Geolitologia generale	5
3.2 Litologia locale	6
3.3 Suolo caratteristico della zona di progetto	8
3.4 Idrogeologia generale e locale	8
3.5 Brevi cenni idrografici della provincia di Padova	10
3.5.1 Fiume Bacchiglione	10
3.5.2 Rischio causato dalla rete di bonifica	13
4 Studio idrogeologico	15
4.1 Curve di possibilità climatica	19
4.1.1 Metodo dell'invaso	19
4.1.2 Metodo delle piogge	21
5 Calcolo dei volumi di invaso e criteri di scelta progettuali dei dispositivi idraulici..	24
Allegato 1	26

1 PREMESSA

Il Comune di Ponte San Nicolò (Pd) è dotato di Piano Regolatore Generale approvato con deliberazione della Giunta Regionale Veneto n. 1170 del 05/03/1986 e successive varianti parziali ai sensi dell'articolo 50 commi 3 - 4 - 9 della L. R. 27.06.1985, n. 61 e s.m.i..

L'Amministrazione ha dato indirizzo con Delibera di Giunta Comunale n. 44 del 30.04.2015 di provvedere a "redigere una variante urbanistica ai sensi dell'art. 50, comma 4, lett. e) della L. R. 61/1985 e s.m.i. per consentire la riconferma del vincolo di destinazione d'uso a percorso pedonale ciclabile, scaduto ai sensi della Legge 1187/1968, ai sensi del comma 4 lettera e) dell'art. 1 della L.R. 21/1998 inerente il percorso pedonale-ciclabile di collegamento tra il quartiere San Leopoldo e la Zona Industriale di Roncagette", decaduto il 09.12.2012".

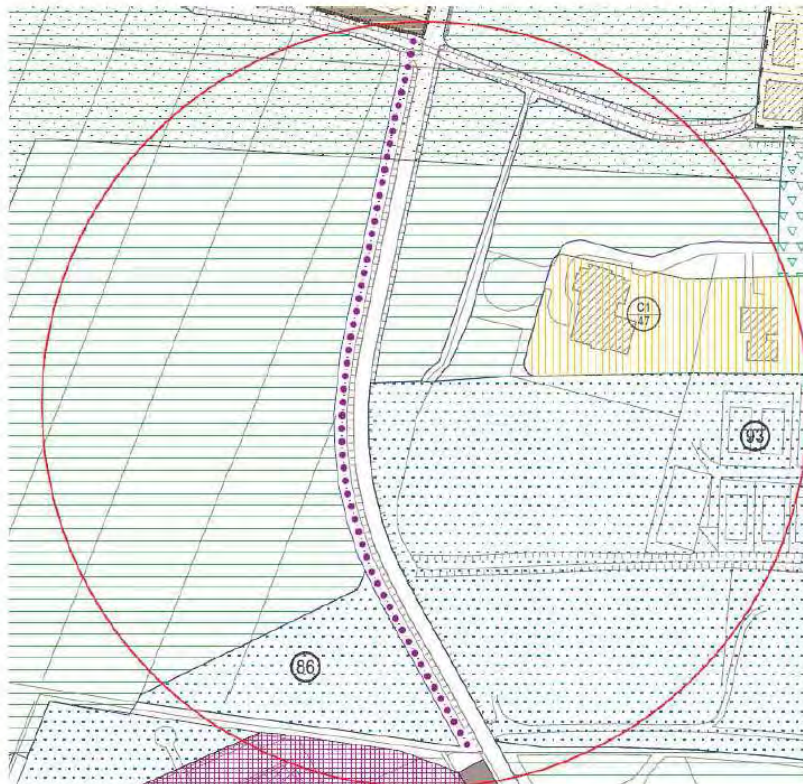
La variante in argomento si rende necessaria in quanto l'Amministrazione Comunale, per migliorare la viabilità pedonale e ciclabile tra la frazione Roncaglia-quartiere San Leopoldo e la Zona industriale di Roncagette, intende realizzare un percorso pedonale e/o ciclabile al fine di salvaguardare l'incolumità dei pedoni e dei ciclisti che quotidianamente si recano in Zona Industriale.

Con la presente si rende quindi nuovamente necessaria la costituzione ai sensi dell'art. 9 DPR 327/2001 del vincolo preordinato all'esproprio per la parte interessata dal sedime del percorso pedonale e/o ciclabile oggetto della variante, che viene redatta sulla base della l'art. 48 della Legge Regionale 11/2004.

La presente **valutazione di compatibilità idraulica** viene redatta ai sensi della D.G.R.V. n. 2948 del 06.10.2009 secondo cui tutti gli strumenti urbanistici generali (PAT, PATI, PI) e loro varianti generali o parziali devono prevedere un apposito studio per l'individuazione di eventuali criticità idrauliche legate alla realizzazione delle previsioni di progetto e l'indicazione delle misure di mitigazione da porre conseguentemente in atto.

Lo scopo dello studio è quello dei fare in modo che le valutazioni urbanistiche tengano conto dell'attitudine dei luoghi ad accogliere le nuove edificazioni, considerando le interferenze che queste hanno con i dissesti idrici presenti o potenziali e le alterazioni al regime idraulico preesistente, determinate dalle nuove destinazioni d'uso del suolo.

A tal riguardo, in particolare, si dovranno prevedere idonee misure compensative, tali da garantire "l'invarianza idraulica" rispetto alla situazione antecedente l'intervento.



Stralcio variante PRG "Pista ciclabile viale del laVORO" approvata con Del. C.C. n.54 del 07/11/2007

Il bacino scolante oggetto del presente intervento, che verrà comunque con maggiore precisione definito nella successiva fase progettuale dell'opera, consiste in una superficie di mq 2.400 circa, sviluppata lungo l'asse principale del costruendo percorso pedonale ciclabile di ml 400. La sezione trasversale dell'opera misura ml 3.00 mentre una ulteriore fascia di ml 3.00 viene riservata ad inerbimento ed alla realizzazione delle opere compensative di laminazione (fossato).

Conseguentemente la superficie complessiva avrà una natura permeabile (verde) per una estensione di circa 1200 mq e per una identica superficie avrà natura impermeabile (tipo stradale).

Alla luce di quanto disposto negli Atti di Indirizzo emanati ai sensi dell'art. 50 della L.R. 11/2004, le opere relative alla messa in sicurezza da un punto di vista idraulico (utilizzo di pavimentazioni drenanti su sottofondo permeabile per i parcheggi, aree verdi conformate in modo tale da massimizzare le capacità di invaso e laminazione, creazione di

invasi compensativi, manufatti di controllo delle portate delle acque meteoriche, ecc.) dei terreni vengono definite opere di urbanizzazione primaria.

In virtù dei cambiamenti del territorio dovuti alla trasformazione di destinazione degli stessi, si analizzerà la portata d'acqua che verrà scaricata nella rete di canali di bonifica; dovranno inoltre essere prese in considerazione nuove misure compensative fornendo delle prescrizioni, ove necessario, finalizzate al rispetto del principio dell'invarianza idraulica, in modo tale da non modificare in maniera significativa la risposta del territorio agli eventi meteorologici.

2 NORMATIVE DI RIFERIMENTO - BIBLIOGRAFIA

Il presente studio viene redatto in ottemperanza alle seguenti normative e mediante l'ausilio di alcune fonti:

- o Legge 3 agosto 1998, n.267 – “Individuazione e perimetrazione delle aree a rischio idraulico e idrogeologico. Nuove indicazioni per la formazione degli strumenti urbanistici.” e successivi aggiornamenti.
- o D.G.R. n. 2948 del 06.10.2009 “Nuove indicazioni per la formazione degli strumenti urbanistici. Modifica delle delibere n. 1322/2006 e n. 1841/2007 in attuazione della sentenza del Consiglio di Stato n. 304 del 3 aprile 2009.”
- o “Analisi regionalizzata delle precipitazioni per l'individuazione di curve di possibilità pluviometrica di riferimento” Studio Nord-Est Ingegneria Srl per conto del Commissario regionale delegato all'emergenza del 26 Settembre 2007 (OPCM n.3621 del 18/10/2007).
- o Consorzio Bacchiglione Brenta: “Indirizzi per mitigare l'impatto idraulico delle trasformazioni del territorio.”
- o “Sistemazione dei corsi d'acqua” Datei – Da Deppo – Salandin, 1999, Ed. Cortina, Padova.

3 INQUADRAMENTO TERRITORIALE GENERALE E LOCALE

3.1 Geolitologia generale

La fascia di Pianura Padano - Veneta interessata dal progetto, interessa i depositi alluvionali quaternari e recenti che hanno contribuito alla costruzione dell'attuale pianura. Si tratta principalmente di depositi continentali di genesi fluviale e alluvionale che si sono messi in posto in un arco di tempo che spazia dal Pleistocene superiore all'Olocene.

Nella loro complessa eterogeneità, tali depositi si possono definire come un ripetersi omogeneo dell'alternanza di limi, sabbie ed argille compenstrate o alternate in strati differenziati, a seconda delle particolari condizioni paleoambientali di deposizione.

La divagazione delle aste fluviali dei principali corsi d'acqua presenti nella zona hanno sovrapposto, nel tempo e nella sequenza stratigrafica, ambienti caratterizzati da differente energia di trasporto e deposizione.

Alle aree di rapido deflusso generate dai tratti di fiume costituitisi immediatamente dopo un fenomeno di cut off di meandri o all'esterno dell'ansa di un meandro stesso, ove l'alto livello di energia ha permesso la deposizione dei soli materiali grossolani sabbiosi, si sono susseguite aree con caratteristiche completamente differenti.

All'interno delle anse dei meandri, infatti, si sono depositati i sedimenti più fini a granulometria limosa e limo argillosa mentre negli alvei abbandonati dei cut off si sono create condizioni di acque stagnanti ove alla deposizione di sedimenti argillosi si sono, a volte, affiancate condizioni riducenti con l'accumulo di sostanza vegetale che ha generato livelli lenticolari di torba.

Da questo scenario di facies estremamente variabile, pur sempre di tipo fluviale terminale, ne è derivata una deposizione che ha dato luogo ad una stratificazione molto eterogenea ed eteropica anche in senso orizzontale con conformazione degli strati di tipo lenticolare o comunque con strati sub orizzontali che presentano marcate variazioni orizzontali di spessore.

Considerando l'evoluzione geologica dei terreni in oggetto, è evidente che il grado di consolidazione è quello generato esclusivamente dall'attuale carico litostatico.

Esclusi sporadici e probabili episodi di sovraconsolidazione superficiale per essiccazione si può senza dubbio asserire che, per lo spessore interessato dalle opere di progetto, le alluvioni quaternarie sono in una fase di normal consolidazione se non, nella

parte superiore, in una fase di raggiungimento della normal consolidazione, specie ove superficialmente si sono rilevati depositi argillosi e limo argillosi a bassa permeabilità.

3.2 Litologia locale

In generale il Comune di Ponte San nicolò si trova nel settore orientale della Pianura Padana, nell'area posta a est dei colli Euganei; è interessato dalla presenza del fiume Bacchiglione che attraversa la città di Padova, con direzione prevalente Est - Ovest.

La zona, rientra in quella fascia della Pianura Padana definita come bassa pianura: tale fascia si trova a valle della linea delle risorgive, dove, all'aumento di sedimenti più fini si accompagna l'innalzamento della falda alla superficie topografica.

Questa fascia di pianura si è formata in seguito ad eventi alluvionali, posteriori all'arretramento dei ghiacciai, che risalgono al periodo tardiglaciale (Pleistocene). I principali fiumi che ne hanno contribuito alla formazione sono l'Adige, il Piave, il Tagliamento e in particolare il sistema Bacchiglione-Brenta per quanto concerne il territorio padovano. La parte più giovane della bassa pianura è di età Olocenica e comprende sedimenti fluviali dei corsi d'acqua citati in precedenza.

La natura dei sedimenti è di due tipi: fluvio-glaciale e marina. I sedimenti marini intercalati a quelli continentali sono da mettere in relazione alle regressioni e trasgressioni occorse in seguito ad oscillazioni glacioeustatiche, e alla variazioni del rapporto tra apporto detritico e subsidenza, mentre quelli continentali sono dovuti all'azione deposizionale dei corsi d'acqua principali che solcano la Pianura Padanoveneta.

Dal punto di vista litologico la fascia di bassa pianura è costituita da un materasso ~~costituito~~ da depositi periglaciali e fluvioglaciali caratterizzati da granulometria medio-fine (raramente ghiaie, in prevalenza sabbie e limi) interdigitati con sedimenti molto più fini (limi argillosi ed argille).

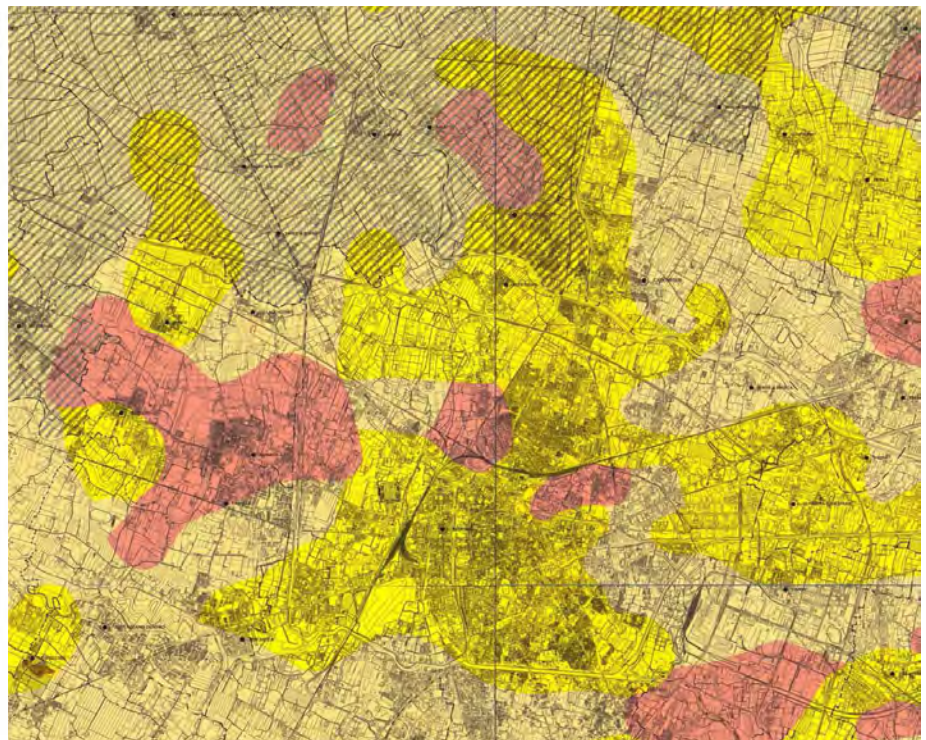
I depositi più superficiali sono il risultato della deposizione dei fiumi (Brenta in primis per il territorio padovano) che in periodo post-glaciale (quaternario) assunsero un'importante capacità di trasporto e quindi deposizionale: in particolare allo sbocco delle valli alpine venivano depositati ingenti spessori di materiale ghiaioso, sabbioso talora intercalato da livelli più fini, mentre man mano che i corsi d'acqua si addentravano nella pianura perdevano parte della loro capacità di trasporto, depositando sedimenti via via più

fini , da sabbie a limi ed argille. In epoca più recente, storica, l'azione deposizionale dei fiumi verso la laguna di Venezia comportavano l'interramento della laguna stessa, motivo per cui furono improntati importanti interventi idraulici ad opera dei veneziani: tra cui il Taglio del Re ed il Canale Taglio del Sile alla fine del 600, e il canale del Limenella.

Come già accennato, per quanto concerne gli aspetti geolitologici, l'area di studio è costituita per lo più da terreni fini alluvionali, quindi limi ed argille, a medio-bassa permeabilità localmente intervallati da depositi più permeabili, caratterizzati da sabbie e limi sabbiosi, con coperture limoso-argillose formatesi per decantazione successiva a fenomeni di esondazione e piena, localizzabili nella maggior parte dei casi in corrispondenza di vecchi paleoalvei, testimonianza delle divagazioni del fiume Bacchiglione.

Si riporta a seguito un estratto della Carta litologica del PTP della provincia di Padova.

AREA DI PIANURA	
	Depositi alluvionali molto fini della bassa pianura, costituiti da argille, limi, torbe, limi sabbiosi e sabbie fini limose
	Alternanza di sabbie fini limose, limi sabbiosi e limi
	Sabbie fini (generalmente limose)
	Ghiaie sabbiose
AREA COLLINARE	
	Marne, tuffi e alternanze di calcari e argille
	Brecce basaltiche e basalti alterati
	Coltri eluviali e colluviali matrice sostenute
	Coltri detritiche grossolane
	Calcari
	Vulcaniti acide e basalti compatti
	Area lagunare
	Ambiti di interesse geopaleontologico
RISCHIO SISMICO	
	Comuni a rischio sismico (III categoria) - Regione Veneto



Estratto della carta litologica del PTP della provincia di Padova

3.3 Suolo caratteristico della zona di progetto

I suoli presenti nel Comune appartengono essenzialmente alla seguente tipologia:

- **BR** Bassa pianura recente, calcarea, a valle della linea delle risorgive, con modello deposizionale a dossi sabbiosi e piane e depressioni a depositi fini (Olocene).

3.4 Idrogeologia generale e locale.

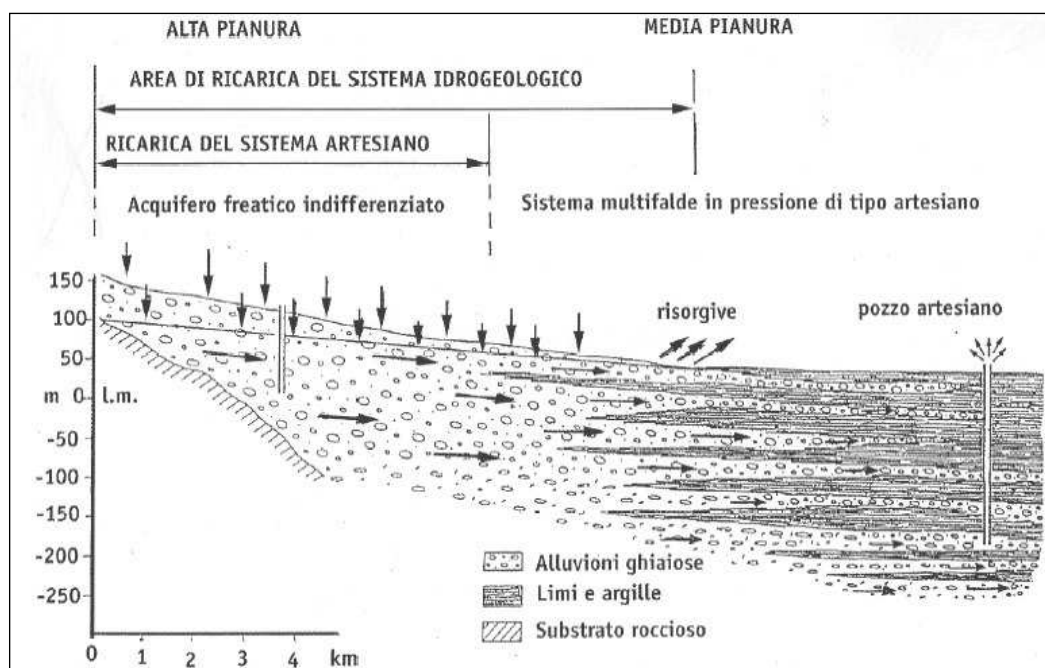
Il territorio padovano appartiene alla fascia di Media Pianura, caratterizzata da un'altitudine minima di 8 m s.l.m.m e massima di 21 m s.l.m.m per un'estensione globale di circa 92.85 km².

L'assetto generale della pianura Veneta vede un progressivo differenziamento del materasso alluvionale, passando dall'alta pianura, a ridosso dei rilievi collinari, alla bassa pianura. La coltre di sedimenti che costituisce il materasso alluvionale è costituito in prevalenza da ghiaie nell'alta pianura, con un progressivo impoverimento di materiali grossolani a favore di materiali fini verso la bassa pianura. In corrispondenza del passaggio tra alta e bassa pianura, c'è la fascia delle risorgive. In questa striscia larga dai 2 agli 8 Km, con andamento Est-Ovest l'acqua infiltratasi a monte viene a giorno creandole tipiche sorgenti di pianura e alimentando diversi fiumi, tra i quali il Vandura, il Tergola, il Sile. La causa della venuta a giorno delle acque, è da ricercarsi nel cambio di pendenza della superficie topografica e dalla progressiva rastremazione superficiale dei materiali più permeabili.

Il sistema multifalde è proprio della bassa pianura veneta, dove si hanno intercalazioni continue di livelli sabbiosi permeabili, sedi delle falde in pressione, e livelli argillosi impermeabili.

Il sottosuolo dell'area in oggetto si inserisce nel sistema multifalda della bassa pianura veneta, con un alternanza, talvolta spiccata di livelli permeabili e impermeabili.

Si vengono perciò a formare acquiferi liberi, e acquiferi in pressione. In via generale si avrà una falda superficiale, poco profonda e di modesta portata, e direttamente interessata da possibili fattori inquinanti. Tale falda è ricaricata prevalentemente da acque meteoriche e indirettamente dagli apporti dei corsi d'acqua presenti nel territorio.

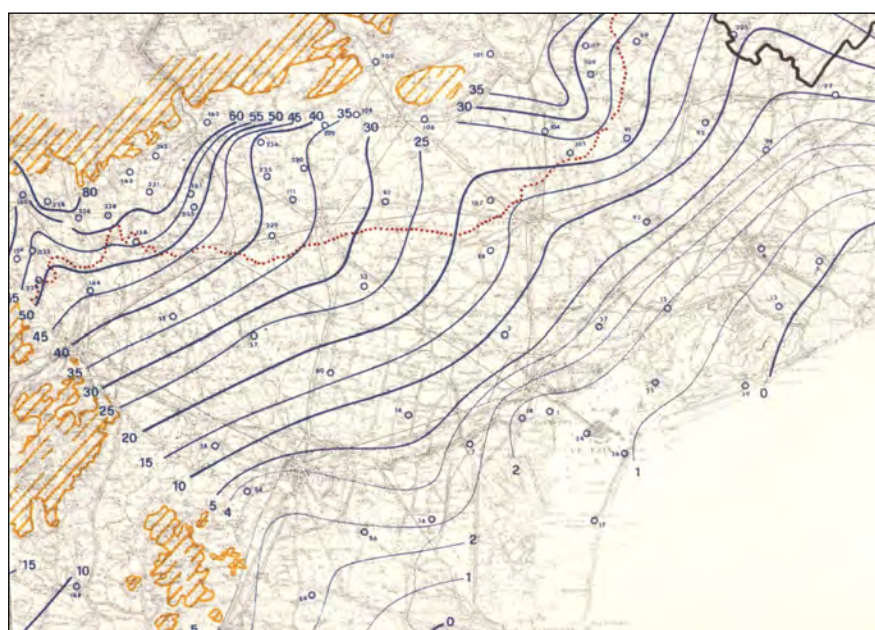


Schema idrogeologico della Pianura Veneta

Le falde sottostanti sono per lo più in pressione in acquiferi prevalentemente sabbiosi, separate da strati argillosi impermeabili.

Dall'estratto della carta idrogeologica della provincia di Padova si nota che la falda superficiale ha profondità media di 2,0 m da p.c., con abbassamento della falda freatica da Sud verso Nord. Le oscillazioni medie della falda sono stimabili in ± 1 m nel corso delle variazioni annuali.

Per quanto riguarda la soggiacenza della falda nell'area di progetto, essa ricade in un'area in cui la falda si trova mediamente tra 1.5 e 2.0 m.



Andamento della superficie freatica a livello regionale

3.5 Brevi cenni idrografici della provincia di Padova

La rete idrografica è ricca di fiumi rilevanti e di scoli attualmente posti sotto il controllo dei Consorzi di Bonifica competenti. I due principali corsi d'acqua sono il Brenta e il Bacchiglione. Il Brenta arriva da Nord-Ovest e percorrendo il confine comunale di Padova Nord orientale, proseguendo poi verso il mare in direzione Sud-Est senza interessare il territorio comunale di Ponte San Nicolò.

3.5.1 Fiume Bacchiglione

Il Bacchiglione, terzo fiume in ordine di importanza che solca il territorio provinciale, può risultare anch'esso una importante causa di pericolosità e di rischio per il territorio; in particolare, dalla lettura della CDP si evidenzia una vasta area a rischio di alluvione a monte di Padova indicativamente posta nella zona di Saccolongo e Selvazzano in destra del fiume, in funzione di una pericolosità arginale che la carta dell'Autorità di Bacino ritiene piuttosto elevata nonché della presenza di punti a rischio di tracimazione per diversi tempi di ritorno, sempre secondo quanto indicato dall'Autorità di Bacino.

A tutt'oggi il Bacchiglione viene fatto defluire dalla città artificialmente, anche se in parte le sue acque continuano ad alimentare, mediante un sistema di chiuse, la rete di canali interni a Padova, nonché l'antico meandro, tombinato nel secondo dopoguerra.

Procedendo lungo il corso del fiume, il Bacchiglione in località Bassanello rappresenta un nodo cruciale perché a valle di questo ponte si entra nello Scaricatore. Una grande idea attorno agli anni Venti dell'allora ingegnere capo del Genio Civile di Padova Gasparini fu quella di costruire il Canale di San Gregorio, che, partendo da Voltabarozzo, può portare acque dello Scaricatore al Piovego, che poi si congiunge al Brenta. Attraverso la realizzazione di questo Canale e relativi manufatti si intende regolare il passaggio delle piene verso valle del Bacchiglione, ripartendo, a seconda delle necessità, la portata in arrivo lungo lo Scaricatore tra il Canale di Roncasette inferiore e il San Gregorio e, quindi, al Brenta.

Più a valle si evidenziano alcuni problemi a Casalserugo, dove il Bacchiglione ha una portata non superiore a 550 mc/sec, e a Bovolenta, con possibile interessamento di una parte del territorio comunale, dove il Cagnola e il Roncasette Inferiore si riuniscono per poi dirigersi nuovamente con il nome di Bacchiglione verso la confluenza con il Brenta.

Gran parte del tratto finale del corso d'acqua presenta una pericolosità arginale abbastanza elevata, anche con possibilità di tracimazione e questo si evidenzia sia dai lavori dell'Autorità di Bacino che dalle informazioni ricavate dai tecnici del Magistrato alle Acque per la presenza di scorrimenti e scoscendimenti arginali diffusi soltanto parzialmente risolti per mezzo di interventi comunque localizzati e mai organici.

La piena del Novembre 2010 e la rotta conseguente che si è verificata in corrispondenza della scarica di Roncayette ha ulteriormente aggravato la staticità dei rilevati arginali, che risultano ad oggi soggetti ad interventi di ricalibratura e messa in sicurezza da parte del Genio Civile, secondo quanto riportato nella relazione generale al PAI (Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico dei bacini idrografici dei fiumi Isonzo, Tagliamento, Piave e Brenta – Bacchiglione).

Nel Piano degli interventi redatto ai sensi del O.P.C.M. 3906/2010 si è dato attuazione a quanto previsto dal Progetto di Piano per le seguenti opere:

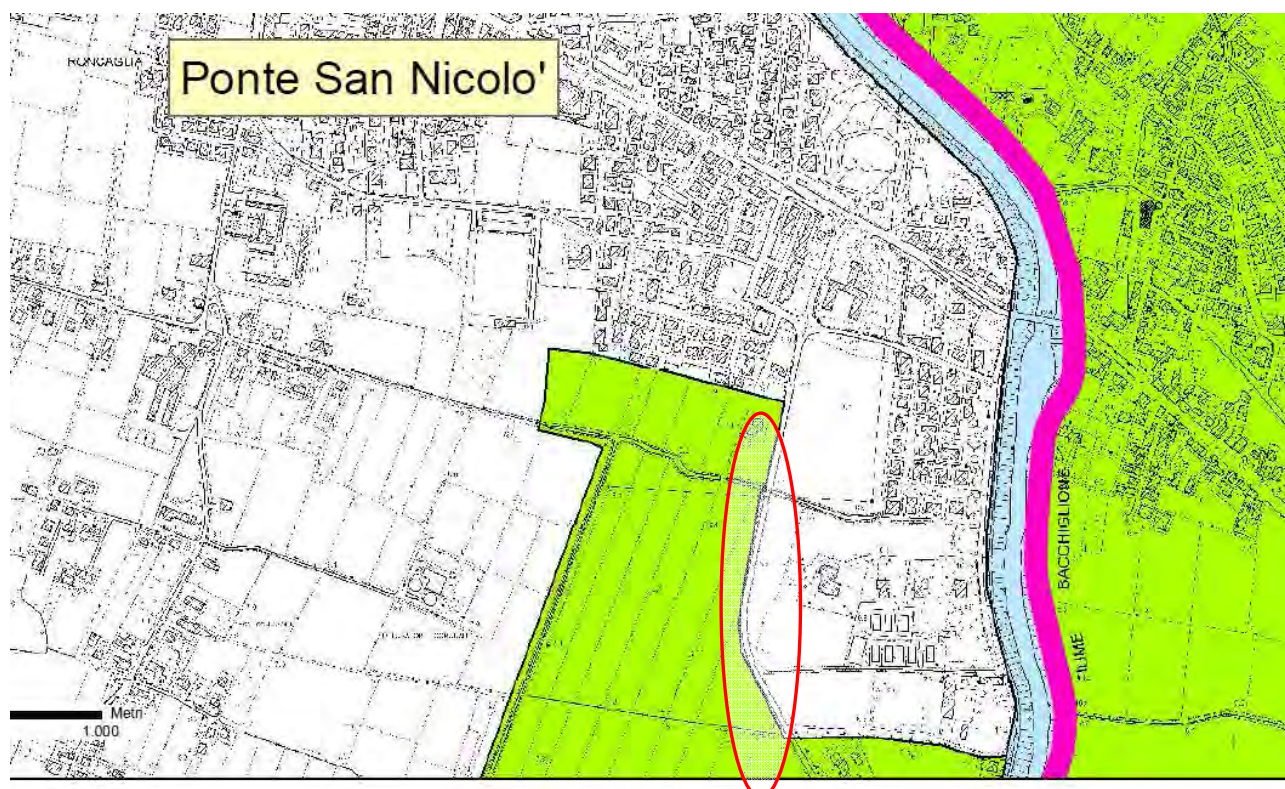
- interventi sulla rete idraulica di bonifica e di scolo meccanico;
- interventi sull'asta fluviale per il ripristino dell'assetto morfologico, eliminazione degli stati di criticità dei corpi arginali, comprese le indagini preliminari.

Nodo idraulico di Padova

INTERVENTI MOLTO URGENTI	Importo (10⁶ €)
interventi sulla rete idraulica di bonifica e di scolo meccanico	29.89
interventi sull'asta fluviale per il ripristino dell'assetto morfologico, eliminazione degli stati di criticità dei corpi arginali, comprese le indagini preliminari. In questa voce sono compresi anche interventi di sistemazioni arginali sul Piovego (già presenti nel Progetto di Piano) per una somma complessiva di 400 euro da finanziare; importo desunto dalla tabella cosiddetta di terzo livello del Piano O.P.C.M. relativa al bacino Brenta-Bacchiglione – nodo idraulico di Padova cod. rif 272-280)	2.20
manutenzione dei manufatti idraulici posti a presidio e regolazione del nodo idraulico di Padova, con installazione di sistema di telecontrollo per l'esecuzione coordinata delle manovre. In questa macrovoce sono compresi anche interventi di sistemazioni arginali sul Roncayette, Brentella, Piovego e S. Gregorio (già presenti nel Progetto di Piano) per una somma complessiva di 10,690 euro da finanziare; importo desunto dalla tabella cosiddetta di terzo livello del Piano O.P.C.M. relativa al bacino Brenta-Bacchiglione – nodo idraulico di Padova)	18.77
adeguamento del sistema idraulico facente capo attualmente allo scolo Fossetta per la difesa idraulica della zona nord di Padova - I e II stralcio (codice di rif Piano O.P.C.M. 765 estratto da tab livello3, intervento previsto nel Progetto di Piano ora inserito nella macrovoce <i>interventi sulla rete idraulica di e di scolo meccanico</i>)	-
completamento dell'impianto idrovoro di Ca Nordio (codice di rif Piano O.P.C.M. 766 estratto da tab livello3, intervento previsto nel Progetto di Piano ora inserito nella macrovoce <i>interventi sulla rete idraulica di e di scolo meccanico</i>)	-
riposizionamento in quota degli argini del San Gregorio- Piovego (codice di rif Piano O.P.C.M. 1737)	15.00

INTERVENTI URGENTI	Importo (10⁶ €)
interventi sulla rete idraulica di bonifica e di scolo meccanico	21.28
interventi sull'asta fluviale per il ripristino dell'assetto morfologico, eliminazione degli stati di criticità dei corpi arginali, comprese le indagini preliminari. <i>In questa macrovoce sono compresi anche interventi di sistemazioni arginali sul Piovego (già presenti nel Progetto di Piano) per una somma complessiva di 6.000 euro da finanziare: importo desunto dalla tabella cosiddetta di terzo livello del Piano O.P.C.M. relativa al bacino Brenta-Bacchiglione – nodo idraulico di Padova cod. rif 272-280)</i>	6.40
manutenzione dei manufatti idraulici posti a presidio e regolazione del nodo idraulico di Padova, con installazione di sistema di telecontrollo per l'esecuzione coordinata delle manovre. <i>In questa macrovoce sono compresi anche interventi di "sistemazioni arginali sul Roncaiello, Brentella, Piovego e S. Gregorio" (già presenti nel Progetto di Piano) per una somma complessiva di 5.060 euro da finanziare: importo desunto dalla tabella cosiddetta di terzo livello del Piano O.P.C.M. relativa al bacino Brenta-Bacchiglione – nodo idraulico di Padova)</i>	9.22
INTERVENTI NECESSARI	Importo (10⁶ €)
interventi sulla rete idraulica di bonifica e di scolo meccanico	6.71
manutenzione dei manufatti idraulici posti a presidio e regolazione del nodo idraulico di Padova, con installazione di sistema di telecontrollo per l'esecuzione coordinata delle manovre	0.36

Nella relazione tecnica del PAI vengono individuati quattro livelli di pericolosità idraulica: P1-moderata, P2-media, P3-elevata, P4-molto elevata. Il territorio interessato dalla variante ricade in area P1, che il Piano definisce "Aree in cui l'analisi storica ha palesato come esondate, nel passato, residuali rispetto le P4, P3 e P2".



Estratto Tav.77 "CARTA DI PERICOLOSITA' IDRAULICA" del P.A.I. del fiume Brenta-Bacchiglione



Inquadramento e schema deflusso rete idraulica locale

3.5.2 Rischio causato dalla rete di bonifica

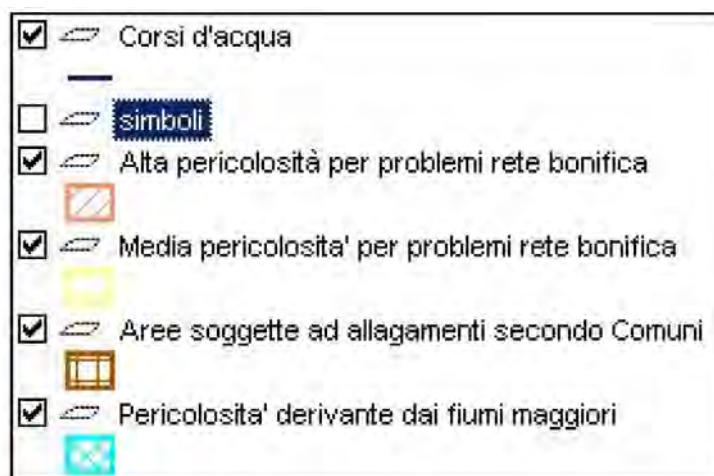
La rete di bonifica della provincia di Padova presenta problematiche assai articolate.

Nella Carta Delle Precipitazioni le aree a medio e ad alto rischio di allagamento secondo l'informazione fornita dai consorzi di bonifica vengono indicate per mezzo di due diverse tonalità di arancione. Vanno innanzitutto sottolineati alcuni problemi generali che affliggono le reti di bonifica negli ultimi decenni e che non sono perciò legati soltanto alla realtà della provincia di Padova. In particolare il progressivo impoverimento della rete stessa in seguito al tombinamento e all'eliminazione di molti scoli, reso più grave dal contemporaneo aumento dei coefficienti udometrici in seguito alla sempre maggiore urbanizzazione del territorio. Va inoltre evidenziato come in molti casi i collettori, specie quelli privati, non siano soggetti ad una manutenzione sufficiente.

Per quanto riguarda l'area territoriale che comprende la città di Padova e si sviluppa a sud fino al Bacchiglione la rete di bonifica, amministrata dal Consorzio di Bonifica Bacchiglione Brenta, funziona a deflusso naturale, meccanico e alternato a seconda dei casi. Le problematiche di tale area sono quelle classiche legate all'insufficienza di impianti di sollevamento spesso obsoleti e non sufficienti a scaricare le portate in arrivo.



Carta della Pericolosità idraulica della Provincia di Padova



Il principale impianto di sollevamento entro il Comune di Ponte San Nicolò è quello idrovoro posto nella confluenza con il Canale Maestro, la cui capacità è di 14 metricubi al secondo, e potenza elettrica installata di 970 kw, permettendo di scaricarne le acque nel Roncagette. Tale impianto è stato danneggiato e prontamente ripristinato in occasione della rotta dell'alluvione del Novembre 2010, avvenuta a poche decine di metri dallo scarico nell'asta principale.

Si riportano di seguito alcune immagini tratte dalla carta di pericolosità idraulica della provincia di Padova. Lo studio identifica l'area di progetto come "non a rischio idraulico per problemi della rete di bonifica".

4. STUDIO IDROLOGICO

Per lo sviluppo dell'analisi idrologica sull'intervento si fa riferimento al documento "Valutazione di compatibilità idraulica - Linee guida" di cui alla DGRV n. 2948 del 06/10/2009.

Lo studio "Analisi regionalizzata delle precipitazioni per l'individuazione di curve di possibilità pluviometrica di riferimento" condotto dalla studio nord-Est Ingegneria Srl per conto del Commissario regionale delegato all'emergenza del 26 Settembre 2007 (OPCM n.3621 del 18/10/2007), fornisce i parametri delle curve di possibilità pluviometriche individuate in seguito ad una analisi regionalizzata dei dati di pioggia registrati da 27 stazioni ARPAV, opportunamente selezionate per dare copertura al territorio di interesse. Le curve di possibilità pluviometrica proposte sono espresse sia con la formula italiana a due parametri (a,n)

$$h = a \cdot t^n$$

dove

t = durata della precipitazione;

a, n = parametri della curva forniti dalla elaborazione statistica in dipendenza della zona territoriale di riferimento e del tempo di ritorno assunto.

La formula più generale a tre parametri (a,b,c)

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

Dove

t = durata della precipitazione

a, b, c = parametri della curva forniti dalla elaborazione statistica in dipendenza della zona territoriale di riferimento e del tempo di ritorno assunto.

Le curve a tre parametri consentono una migliore interpolazione dei dati; le curve a due parametri infatti non riescono ad interpolare adeguatamente i dati per l'intero range di durate; è necessario invece individuare intervalli più ristretti di durate, entro i quali la formula bene approssimi i valori ottenuti con la regolarizzazione regionale.

Generalmente si utilizzano curve a due parametri separate per fenomeni di durata inferiore all'ora e per fenomeni di durata superiore all'ora.

Nella pubblicazione sopra citata le curve segnalatrici di possibilità pluviometria sono state suddivise inoltre per sotto aree omogenee. Il territorio di Ponte San Nicolò ricade nella zona denominata "Zona Sud-occidentale" per la quale si riportano i (tre) parametri della curva segnalatrice per tempi di ritorno da 2 a 200 anni.

Tr (anni)	a	b	c
2	20.6	10.8	0.842
5	27.4	12.1	0.839
10	31.6	12.9	0.834
20	35.2	13.6	0.827
30	37.1	14.0	0.823
50	39.5	14.5	0.817
100	42.4	15.2	0.808
200	45.0	15.9	0.799

L'analisi idrologica ha lo scopo di associare ad un determinato tempo di ritorno **Tr** (periodo o numero di anni nel quale un determinato evento sia, mediamente, eguagliato o

superato), un'altezza di precipitazione che si ritiene possa essere uguagliata o superata in media ogni **Tr** anni. Il tempo di ritorno **Tr** non rappresenta una scadenza fissa per il prodursi di un evento, ma solo il valore medio del suo verificarsi.

Si riporta di seguito l'analisi idrologica necessaria per il dimensionamento e la verifica dell'invarianza idraulica degli interventi oggetto del presente documento. A tal fine si deve assicurare che la quantità d'acqua che precipita in un'area durante eventi piovosi intensi, **con tempo di ritorno di cinquanta anni**, sia trattenuta in sito per non sovraccaricare la rete di scarico e venga successivamente rilasciata con passaggio in un manufatto di controllo con una portata massima imposta dal Consorzio di Bonifica Bacchiglione Brenta pari a di 10.0 l/s per ettaro e con una luce di fondo di area minima 0.01 m² ma di diametro non superiore a 20 cm e tirante non superiore a 1.0 metro.

Ai fini della presente trattazione pertanto adottando $Tr = 50$ anni , si ha:

$$h = \frac{a}{(t+b)^c} t \Rightarrow \frac{39,5}{(t+14,5)^{0,817}}$$

con h [mm] e t [minuti]

L'Allegato A della suindicata Delibera, fornisce "Modalità operative e indicazioni tecniche" delle nuove Valutazioni di compatibilità idraulica per la redazione degli strumenti urbanistici.

In particolare l'allegato introduce la seguente classificazione dimensionale degli interventi urbanistici in base alla quale scegliere il tipo di indagine idraulica da svolgere e le tipologie dei dispositivi da adottare (la superficie di riferimento è quella per la quale è prevista la modificazione di uso del suolo):

Classe di intervento	Definizione
C1-Trascurabile impermeabilizzazione potenziale	Intervento su superfici di estensione inferiore a 0,1 ha
C2-Modesta impermeabilizzazione potenziale	Intervento su superfici comprese tra 0,1 ha e 1 ha
C3-Significativa impermeabilizzazione potenziale	Intervento su superfici comprese tra 1 ha e 10 ha; intervento su superfici di estensione oltre i 10 ha con impermeabilizzazione < 0.30
C4-Marcata impermeabilizzazione potenziale	Intervento su superfici superiori a 10 ha con impermeabilizzazione > 0,30

Nel caso di modesta impermeabilizzazione, oltre al dimensionamento dei volumi compensativi cui affidare funzioni di laminazione delle piene, è opportuno che le luci di scarico non eccedano le dimensioni di un tubo di diametro 200 mm e che i tiranti idrici ammessi nell'invaso non eccedano il metro.

Il calcolo della superficie impermeabilizzata di possibile realizzazione, deve tener conto di quattro possibili usi del suolo:

- tetti;
- strade;
- parcheggi;
- verde pubblico.

Ad ognuna di queste, è stato assegnato un diverso valore di coefficiente di deflusso secondo quanto indicato nella D.G.R. n°1322/2006 e s.m.i.

Classe d'uso	Coefficiente di deflusso
Aree Agricole	0.1
Superfici permeabili (Verde)	0.2
Superfici semipermeabili	0.6
Superfici impermeabili (Tetti, strade...)	0.9

Valori dei coefficienti di deflusso secondo la DGR 1322/2006.

Nel caso di 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 ponderata di tale parametro:

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

ed in relazione all'estensione ed alla natura delle superficie oggetto d'intervento il valore di φ risulta pari a:

$$\varphi = (1.200 \text{ mq} * 0.2 + 1.200 \text{ mq} * 0.9) / 2.400 \text{ mq} = 0.55$$

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*ha). Ai fini della presente trattazione si fa riferimento al già citato documento-linee guida, secondo cui la portata massima imposta in uscita nella configurazione di progetto deve essere non superiore a quella risultante da un **coefficiente udometrico u pari a 10 l/s*ha**.

Conseguente nel caso in esame la portata massima scaricabile $Q_{u \text{ max}}$ per il nostro bacino di 2400 mq sarà pari a:

$$Q_{u \text{ max}} = 10 \text{ l/s*ha} \times 0,24 \text{ ha} = \mathbf{2,4 \text{ l/s}}$$

4.1 Curva di possibilità climatica

Vengono proposte due metodologie per il calcolo degli invasi necessari alla laminazione delle piene, indicati nelle Linee Guida.

4.1.1 Metodo dell'invaso

Il metodo proposto è basato sul concetto del coefficiente udometrico calcolato con il metodo dell'invaso.

Il metodo dell'invaso tratta il problema del moto vario in modo semplificato, assegnando all'equazione del moto la semplice forma del moto uniforme, e assumendo l'equazione dei

serbatoi, in luogo dell'equazione di continuità delle correnti unidimensionali, per simulare l'effetto dell'invaso.

Schematizzando un'area di trasformazione urbana come un vaso lineare, si può scrivere l'equazione di continuità della massa nei termini seguenti:

$$\frac{dV(t)}{dt} = P(t) - Q(t)$$

essendo:

- P(t) la "pioggia netta" all'istante t;
- Q(t) la portata uscente, dipendente dal volume invasato V(t).

L'equazione differenziale lineare sopra riportata, con termine noto costituito dalla pioggia netta, può essere risolta con tecniche standard e rappresenta un semplice modello idrologico.

Si omette in questa sede la trattazione puramente matematica che conduce a determinare l'espressione del coefficiente udometrico calcolato con il metodo dell'invaso in relazione alle curve di possibilità pluviometrica a tre parametri, necessari a garantire l'invarianza idraulica tramite la costanza del coefficiente udometrico al variare del coefficiente di afflusso. Si rimanda a tale proposito al Paragrafo 4.1 delle citate Linee Guida.

Si tratta dunque di individuare, noti:

- i parametri a, b, c (dipendenti dal luogo e di conseguenza dalla CPP scelta);
 - il coefficiente di deflusso ϕ dipendente dalle caratteristiche dell'area oggetto di studio;
- il volume specifico v_0 che porta ad avere un coefficiente udometrico pari al valore imposto o desiderato in uscita (nel nostro caso 10 l/s*ha).

Constatato che le Linee guida suggeriscono di applicare tale metodo per gli interventi che producono una moderata impermeabilizzazione potenziale, si riporta in "Allegato 1" la tabella e l'abaco corrispondente relativi a:

- Tempo di ritorno 50 anni (a=39.5, b=14.5, c=0.817)
- Zona sud-ovest dello studio "Analisi regionalizzata..."

Per un valore del coefficiente udometrico pari a 10 l/s*ha e del coefficiente di deflusso $\phi=0.55$ si ottiene il **volume specifico $v_0 = 501 \text{ mc/ha}$** ; v_0 così calcolato va moltiplicato per l'intera superficie del lotto in trasformazione pari a mq 2.400 per individuare il volume complessivo da realizzare, che conseguentemente risulta pari a **$V_0 = 120 \text{ mc}$** .

Considerate le ipotesi fondamentali del metodo dell'invaso, operano attivamente come vaso utile tutti i volumi a monte del recapito, compresi i collettori della rete di drenaggio (condotte e caditoie). Il valore dei piccoli invasi può variare da 35 a 45 mc/ha.

Nelle fasi esecutive della progettazione, quando è dunque nota nel dettaglio la geometria della rete, il valore di v_0 potrebbe dunque essere depurato del valore corrispondente ai piccoli invasi; tuttavia secondo un semplice principio di cautela si propone di omettere questa riduzione.

4.1.2 Metodo delle piogge

Tale modello stima il volume d'invaso necessario per garantire l'invarianza idraulica e si basa sul confronto tra la curva cumulata delle portate entranti e quella delle portate uscenti ipotizzando che sia trascurabile l'effetto della trasformazione afflussi-deflussi operata dal bacino e dalla rete drenante.

La valutazione del volume di vaso si basa sulla curva di possibilità pluviometrica, sulle caratteristiche di permeabilità della superficie drenante e sulla portata massima, supposta costante, imposta in uscita dal sistema.

Il massimo volume di vaso, per una data durata t viene calcolato come differenza fra il volume entrato nella vasca in V_{in} ed il volume uscito V_{out} dalla stessa nel periodo della durata della precipitazione:

$$V_{inv} = V_{in} - V_{out}$$

Il volume entrante per effetto di una precipitazione di durata t è dato dalla:

$$V_{in} = S \times \phi \times h(t)$$

dove :

- ϕ è il coefficiente di deflusso medio, imposto costante, del bacino a monte;
- S è la superficie del bacino drenato a monte della vasca;
- h è l'altezza di pioggia, funzione della durata secondo le curve CPP.

Il volume che nello stesso tempo esce dalla vasca al tempo t è dato dalla:

$$V_{out} = Q_{out} \times t$$

Il volume da invasare è quindi:

$$V_{inv} = V_{in} - V_{out} = S \times \varphi \times h(t) - Q_{out} \times t$$

Nel criterio proposto possono essere utilizzate sia le CPP a due che a tre parametri.

Nel caso si utilizzino le CPP a due parametri, fissata la durata della precipitazione il massimo volume invasato nel serbatoio è dato dalla:

$$V_{inv} = S \cdot \varphi \cdot a \cdot t^n - Q_{out} \cdot t$$

La determinazione della durata critica per il volume di invaso t_{cr} ossia la durata per la quale si ha il massimo volume invasato $V_{inv\ cr}$ si ottiene imponendo nulla la derivata prima del volume di invaso in funzione della durata.

Nel caso si utilizzino le CPP a tre parametri l'impostazione concettuale è ovviamente la stessa. Si semplifica notevolmente la scelta dei parametri delle curva di possibilità pluviometrica (essendo unica per tutte le durate di pioggia comprese tra i minuti e le 24 ore) mentre si complica la determinazione della condizione di massimo, data impossibilità di esprimere in forma esplicita il tempo critico.

Per le curve a tre parametri, dunque, il massimo volume invasato, una volta fissata la durata della precipitazione, è data dalla

$$V = S \cdot \varphi \cdot \frac{a \cdot t}{(b + t)^c} - Q_{out} \cdot t$$

Si rimanda per entrambi i casi la trattazione puramente matematica alla bibliografia indicata (Paragrafo 4.2 delle Linee Guida).

Richiamando, senza allegarli, la tabella e l'abaco relativi al metodo delle piogge corrispondente a:

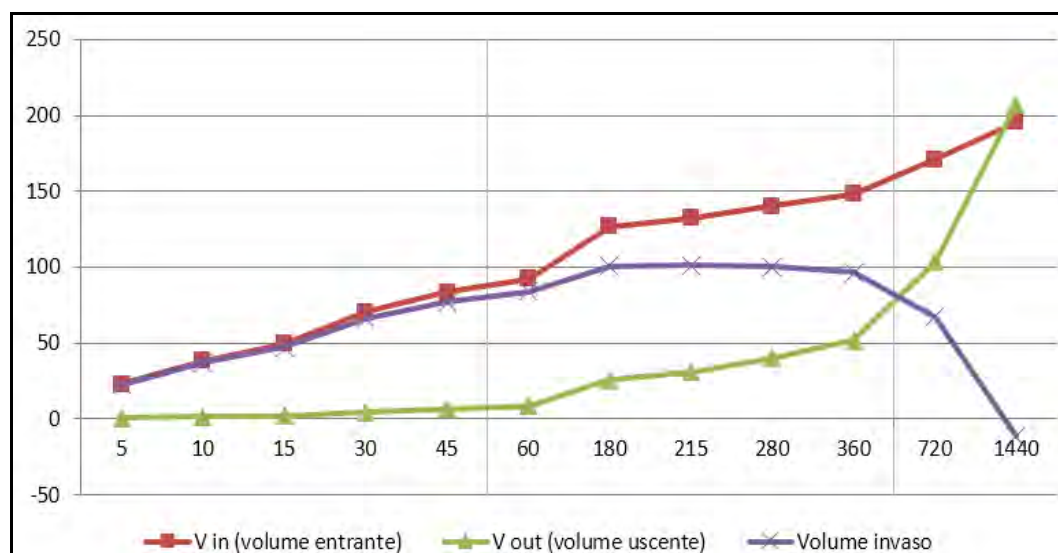
- Tempo di ritorno 50 anni
- Zona sud-ovest dello studio "Analisi regionalizzata delle precipitazioni per l'individuazione di curve di possibilità pluviometrica di riferimento"

Per un valore del coefficiente udometrico pari a 10 l/s*ha e del coefficiente di deflusso medio $\varphi=0.55$ si ottiene:

- con la curva a due parametri il volume specifico $v_0 = 399$ mc/ha; poi moltiplicato per la superficie del lotto di mq 2.400 risulta pari a **$V_0 = 96$ mc.**
- con la curva a tre parametri il volume specifico $v_0 = 421$ mc/ha; poi moltiplicato per la superficie del lotto di mq 2.400 risulta pari a **$V_0 = 101$ mc.**

La trattazione analitica, svolta attraverso un foglio di calcolo utilizzando una curva di possibilità pluviometrica a tre parametri ($a=39.5$, $b=14.5$, $c=0.817$), conferma con il metodo delle piogge il valore del volume di invaso necessario di 101 mc che individua una durata critica per il massimo volume invasato di 215 minuti (3,5 ore):

t (min)	h (mm)	$V=S*F_i*h$ (mc)	$V_0=Q_0*t$ (mc)	V-V ₀ (mc)
5	17,4425	23,02410482	0,72	22,30410482
10	28,94999	38,21398563	1,44	36,77398563
15	37,31159	49,25130006	2,16	47,09130006
30	53,3345	70,40153892	4,32	66,08153892
45	63,09998	83,29197874	6,48	76,81197874
60	70,0159	92,42098704	8,64	83,78098704
180	95,90081	126,5890714	25,92	100,6690714
215	100,0636	132,0839442	30,96	101,1239442
280	106,2949	140,3092712	40,32	99,9892712
360	112,3025	148,2393114	51,84	96,39931142
720	129,5431	170,9968943	103,68	67,31689426
1440	148,2595	195,7025142	207,36	11,65748579



Risultati grafici dei volumi di pioggia: afflusso, deflusso, invaso

5. CALCOLO DEI VOLUMI DI INVASO E CRITERI DI SCELTA PROGETTUALI DEI DISPOSITIVI IDRAULICI

Si analizza di seguito, da punto di vista della compatibilità idraulica, la modifica conseguente all'adozione della Variante al PRG in oggetto.

L'intervento prevede una variazione idraulica per cui si deve procedere al calcolo dei volumi di invaso. La modifica rientra nella classe di intervento "Modesta impermeabilizzazione potenziale" (superfici comprese tra 0,1 ed 1 Ha) di cui all'Allegato A della D.G.R. n.2948 del 06/10/2009.

In tale classe la normativa prevede il dimensionamento dei volumi compensativi cui affidare funzioni di laminazione delle piene ed inoltre la verifica che le luci di scarico non eccedano le dimensioni di un tubo di diametro 200 mm e che i tiranti idrici ammessi nell'invaso non eccedano il metro.

La variante in parola nell'ambito di un sedime complessivo qui considerato pari a mq 2.400, Comporta la sottrazione di 1.200 mq di "aree a verde" che verranno trasformati in percorso pedonale e ciclabile. I coefficienti di deflusso:

$$\varphi \text{ (aree pavimentate)} = 0.9$$

$$\varphi \text{ (aree a verde)} = 0.2$$

moltiplicati per le relative aree di competenza, forniscono l'effettivo volume delle precipitazioni che raggiunge l'invaso da prevedersi. Per l'area in oggetto, di superficie totale di 2.400 mq, si suppone cautelativamente un rapporto tra superficie pavimentate o coperte e superficie a verde pari al 50%/50% , demandando alla fase di progetto esecutivo l'effettiva distribuzione tipologica delle aree:

$$\text{area totale} = 2400.0 \text{ mq}$$

$$\text{area pavimentata} = 1200.0 \text{ mq}$$

$$\text{area a verde} = 1200.0 \text{ mq}$$

Il calcolo del coefficiente di deflusso medio afferente all'invaso vale quindi:

$$\begin{aligned}\varphi' &= (\varphi_{\text{pav}} S_{\text{pav}} + \varphi_{\text{verde}} S_{\text{verde}}) / S_{\text{tot}} = \\ &= (0.9 \times 1200 + 0.2 \times 1200) / 2400 = 0.55\end{aligned}$$

Considerando cautelativamente il valore maggiore tra quelli generati dai diversi approcci di calcolo, dai risultati si deduce che **il volume di invaso da garantire è di 120 mc.**

Si ritiene opportuna la realizzazione di un fossato che funga da volume di invaso lungo il limite ovest dell'infrastruttura. Detto fossato se realizzato con sezione di 0,50 mq sarà in grado di garantire un **volume di invaso pari a 200 mc**, superiore alla dotazione minima prevista. Detto fossato (che avrà profondità minima di 50 cm rispetto il piano campagna) recapiterà le acque raccolte in un manufatto completo di limitatore di portata con luce di fondo avente le caratteristiche tali da garantire il controllo con una portata massima imposta pari a di 10.0 l/s per ettaro e con una luce di fondo di area minima 0.01 m² ma di diametro non superiore a 20 cm e tirante non superiore a 1.0 metro.

E' inoltre importante ricordare che l'invarianza idraulica così come intesa nella DGR 1322/06 e nelle ordinanze commissariali non è solo riferita alla portata scaricata, ma anche ad altri aspetti in particolare la verifica delle quote altimetriche e la capacità di scolo delle aree limitrofe. In fase di progettazione esecutiva dell'intervento sarà pertanto necessario verificare le quote dello stato attuale ed eventualmente adeguare la sezione del nuovo volume per non gravare la aree limitrofe, garantendo in ogni caso l'invarianza idraulica.

IL PROGETTISTA
Ing. Bezze Simone

 Periodico del Consiglio dei Ministri
Dipartimento della Protezione Civile
L'informazione istituzionale e di interesse pubblico
L'informazione istituzionale e di interesse pubblico
L'informazione istituzionale e di interesse pubblico
L'informazione istituzionale e di interesse pubblico

Volumi di invaso necessari per ottenere l'invarianza idraulica - Metodo dell'invaso
Valori espressi in funzione del coefficiente di afflusso α e del coefficiente idrometrico imposto dallo scarico
Zona sud occidentale - Tr = 50 anni (CPP a 3 parametri)



 Presidenza del Consiglio dei Ministri
Dipartimento della Protezione Civile
L'organizzazione Nazionale per la Protezione Civile è composta da 13 organismi preposti a coordinare, pianificare, organizzare, gestire e attuare le attività di protezione civile in Italia.
www.protezionecivile.it

Zona sud occidentale - Tr = 50 anni			Comuni: Albano Terme, Agna, Albignasego, Arre, Arzergrande, Borghetto, Bovolenta, Brugine, Cadonoghe, Campo San Martino, Campodarsego, Candiana, Cartura, Casalengo, Cervignano, Santa Croce, Codovigo, Cons, Conselve, Correzzola, Curtaro, Due Carrare, Legnaro, Limena, Masera' di Padova, Montegrotto Terme, Novadana Padovana, Padova, Pernumia, Piove di Sacco, Polverara, Ponte San Nicolò, Pontelongo, Ravotto, Saccolongo, San Giorgio delle Pertiche, San Giorgio in Bosco, San Pietro Viminio, Santa Giustina in Colle, Sant'Angelo di Piove di Sacco, Santa Maria di Sala, Saonara, Selvazzano Dentro, Teolo, Terrassa Padovana, Torreglia, Vigodarzere, Vigonovo, Vigonza, Villa del Conte, Villanova di Camposampiero									
a	39.5	(mm min ⁻¹)										
b	14.5	(min)										
c	0.817	(-)										
Esponente della scala delle portate a			1									
VOLUME DI INVASO SPECIFICO [m³/ha] NECESSARIO PER OTTENERE L'INVARIANZA IDRAULICA												
Coefficiente idrometrico imposto allo scarico [l/s,ha]												
f	1	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20	
0.1	107	89	72	63	55	50	45	41	38	35	32	
0.15	176	149	123	108	98	90	83	77	72	68	64	
0.2	252	213	178	158	145	134	125	118	111	105	100	
0.25	331	281	236	211	194	181	170	160	152	145	139	
0.3	415	353	297	267	246	230	217	206	196	188	180	
0.35	501	427	361	325	300	281	266	253	242	232	223	
0.4	591	503	426	384	356	334	317	302	289	278	268	
0.45	683	582	493	446	413	389	369	352	338	325	314	
0.5	777	663	562	509	472	445	423	404	388	374	361	
0.55	873	745	633	573	533	502	478	457	439	424	410	
0.6	972	829	705	639	594	561	534	511	492	475	460	
0.65	1072	915	779	709	657	621	591	566	546	527	511	
0.7	1.174	1.002	853	774	721	681	649	623	600	580	562	
0.75	1.277	1.091	929	844	786	743	709	680	656	634	615	
0.8	1.383	1.181	1.006	914	852	806	769	738	712	689	668	
0.85	1.489	1.273	1.085	985	919	869	830	797	769	744	723	
0.9	1.597	1.365	1.164	1.058	987	934	892	857	827	801	778	
0.95	1.707	1.459	1.244	1.131	1.056	999	954	917	886	858	833	
1	1.817	1.554	1.325	1.205	1.125	1.065	1.018	978	945	916	890	