

UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
DI PADOVA

1222•2022
800
ANNI

COMPLESSO EX-S.E.E.F.
VIA CAMPAGNOLA - PADOVA

PIANO DI RECUPERO

AREA EDILIZIA E SICUREZZA
Ufficio Sviluppo Edilizio

PADOVA - Palazzo S.Stefano - P.zza Antenore n.3
tel. 049/8273274 fax 049/8273269



cod.edif.: 01220

EX S.E.E.F. Via Campagnola

elab.:

R13

RELAZIONE DI COMPATIBILITA' IDROGEOLOGICA

data: 17.02.2020

curatori:

aggiorn.: 01.09.2020

RELAZIONE DI COMPATIBILITA' IDROGEOLOGICA DELL'INTERVENTO
EDIFICIO ex-S.E.E.F. – VIA CAMPAGNOLA, 70 IN PADOVA (GEOTEC 01220)

1 INTRODUZIONE

La seguente relazione analizza la compatibilità idrogeologica degli interventi rientranti nel Piano di Recupero del complesso ex-S.E.E.F., che interessa un'area ubicata tra via Campagnola e via Pietro Canal ed è di proprietà dell'Università degli Studi di Padova (Figura 1).

Il complesso in esame presenta una vasta superficie scoperta che si estende per oltre 6.100 m² e che comprende una zona adibita a campo da calcio e una serie di aree verdi in corrispondenza degli edifici esistenti e dei confini della proprietà. Gli edifici esistenti occupano una superficie di circa 2.560 m², di cui circa 560 m² rappresentano la platea di fondazione di una struttura pressostatica utilizzata come palestra e ad oggi smantellata.



Figura 1 – Individuazione delle aree in esame su una vista aerea (fonte: Google maps): in rosso il perimetro del complesso ex-S.E.E.F. – via Campagnola (catasto terreni foglio 86 mapp. 269)

2 CONTESTO GEOLOGICO E IDROGEOLOGICO DELL'AREA

Il territorio compreso all'interno della città di Padova si sviluppa nel settore orientale della Pianura Padana, a Nord-Est dei Colli Euganei ed è interessato dalla presenza di due corsi d'acqua principali, il Bacchiglione a Sud con direzione prevalente Est-Ovest e il Brenta che ne tocca il limite Nord orientale.

2.1 Inquadramento geologico e litologico

Il territorio in oggetto di studio rientra completamente 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. I principali fiumi che hanno contribuito alla sua 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 comprende sedimenti fluviali dei corsi d'acqua citati in precedenza.

L'assetto stratigrafico della pianura risulta fortemente condizionato da peculiari meccanismi deposizionali che hanno dato origine a numerose eteropie di facies ed interdigitazioni dei materiali sedimentatisi. 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 alle 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 padano-veneta.

Dal punto di vista litologico la fascia di bassa pianura è costituita da un materasso di 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 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 (Figura 2).

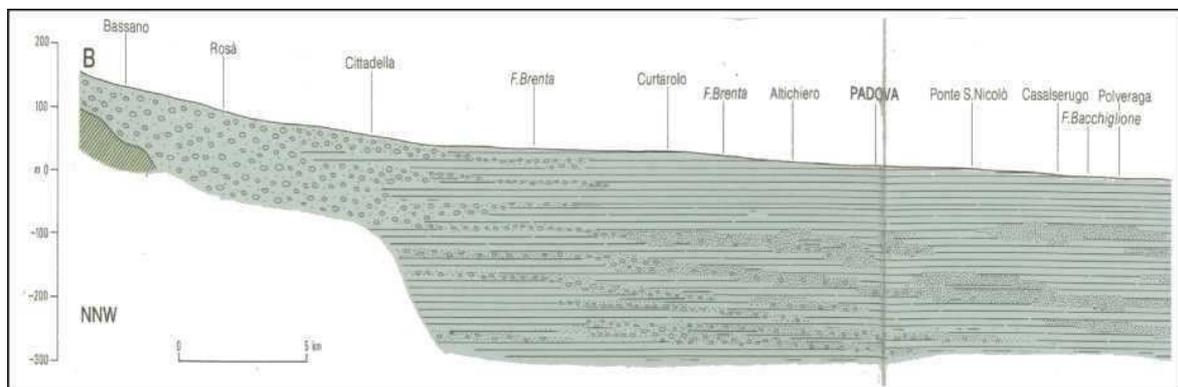


Figura 2 – Sezione schematica NW-S/E della Pianura Veneta (fonte Carta Geologica del Veneto)

I processi di sedimentazione fluviale in ambito di pianura hanno portato alla deposizione di materiali a granulometria fine con una notevole variabilità laterale di facies legata alla presenza di macroforme sedimentarie che risultano dalla sedimentazione cumulativa che spazia in tempi anche lunghi. Da ciò risulta che i depositi appartenenti ad ogni singolo sistema fluviale (quali che siano, depositi fini di piana di esondazione o riempimenti di barra di meandro) non sono sufficientemente delineabili e distinguibili da permettere di creare delle unità di pertinenza relative ad ogni singolo corso d'acqua o riconducibili a formazioni geologiche differenziate o di facies specifiche. 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 paleo ambientali 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.

Le principali classi litologiche sono quindi:

- Materiali alluvionali o lacustri a tessitura prevalentemente sabbiosa.
- Materiali alluvionali o lacustri a tessitura prevalentemente limo-argillosa.
- Terreno di riporto antropico di varia natura e granulometria.

2.2 Inquadramento idrogeologico

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 formato 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 creando le tipiche sorgenti di pianura e alimentando diversi fiumi, tra i quali il più importante è 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 urbana 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, semiconfinati e acquiferi in pressione. In via generale si avrà una falda superficiale,

poco profonda e di modesta “portata”, è ricaricata prevalentemente da acque meteoriche e indirettamente dagli apporti dei corsi d’acqua presenti nel territorio. Le falde sottostanti sono per lo più in pressione, alloggiata in acquiferi prevalentemente sabbiosi, separate da strati argillosi impermeabili. Dall’estratto della carta idrogeologica della provincia di Padova (misure febbraio-marzo 2007) 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 (Figura 3). Le oscillazioni medie della falda sono stimabili in ± 1 m nel corso delle variazioni annuali con direzione di flusso NNW-SSE. Dalla stessa non si evince un modello univoco che relazioni la falda idrica, le litologie presenti e gli alvei fluviali attuali: questo fatto è dovuto principalmente all’alta variabilità litologica del sottosuolo che crea, nelle varie zone, domini idrici con caratteristiche diverse caso per caso.

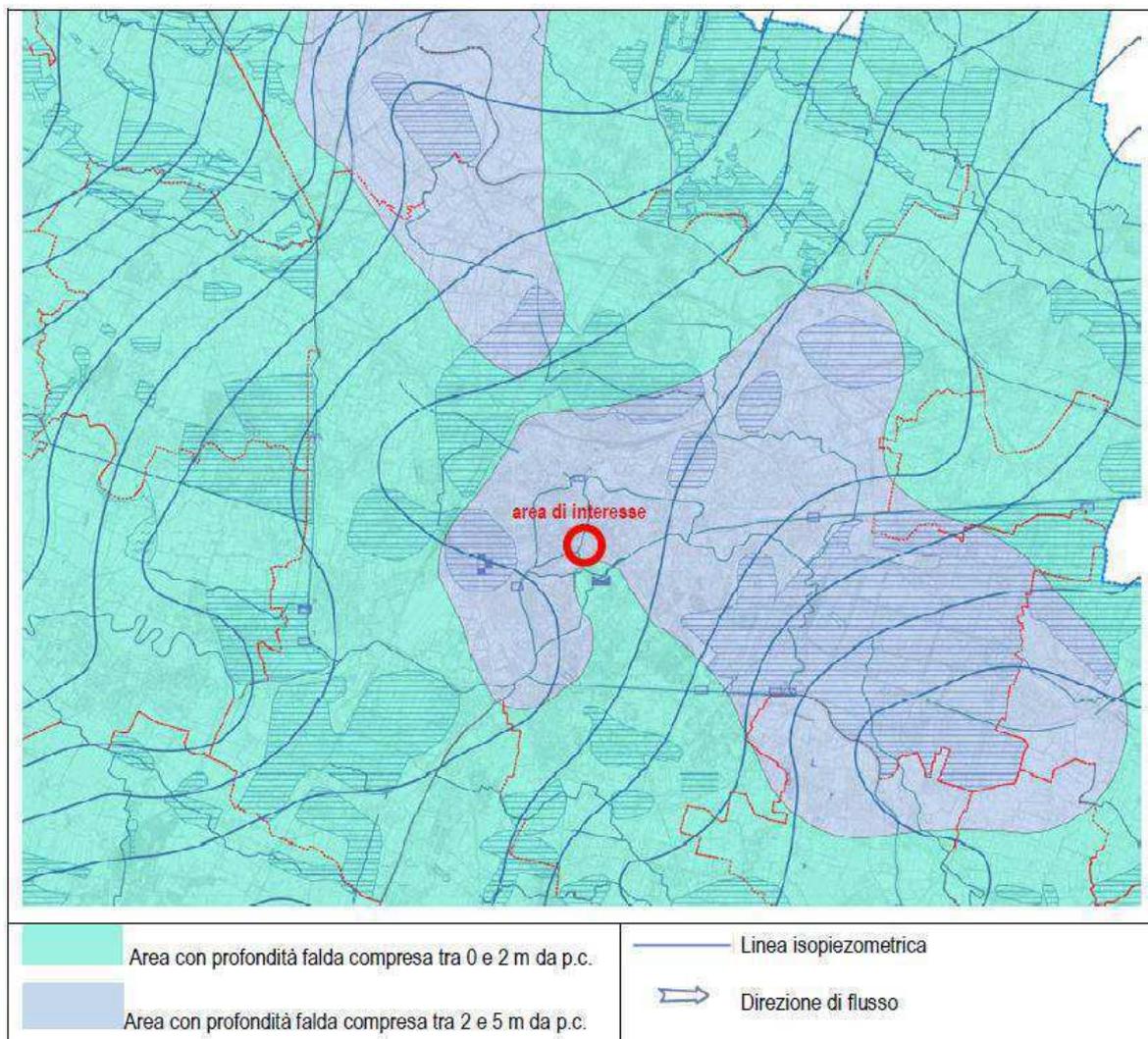


Figura 3 – Stralcio della carta idrogeologica (fonte P.A.T.I.)

2.3 Inquadramento idrologico

La rete idrografica locale è caratterizzata da una ricca rete di fiumi e di scoli modificati dall'azione dell'uomo nel corso della storia che ne ha variato sia il tracciato che le portate trasportate.

Il territorio cittadino è limitato a nord dal fiume Brenta, a Sud dal Bacchiglione, a Ovest dal canale Brentella e a Est dal Canale Roncaiette.

Il Brenta arriva da Nord-Ovest e percorre il confine comunale nord orientale, proseguendo poi verso il mare in direzione Sud-Est. Durante il suo percorso in destra idrografica, incontra il Canale Brentella che a sua volta, toccando i margini occidentali del comune di Padova, alimenta le acque del Bacchiglione nei momenti di magra. Il Brenta riceve anche le acque del Canale Piovego, il quale una volta lasciata Padova prosegue con il Naviglio Brenta verso la laguna veneziana.

Il Bacchiglione giunge nel comune padovano da Sud-Ovest, proveniente da Vicenza, e, in località Bassanello, alimenta il Canale Battaglia e il Tronco Maestro (o Piovego). Prosegue quindi verso Est attraverso il canale Scaricatore, rinominato nuovo Bacchiglione, con un'asta rettilinea fino al comune di Voltabarozzo. Qui si divide in due rami, uno verso Est, che raggiunge il canale Roncaiette Inferiore, l'altro verso Nord-Est (canele di S. Gregorio) che si ricongiunge con il Piovego (Figura 4).

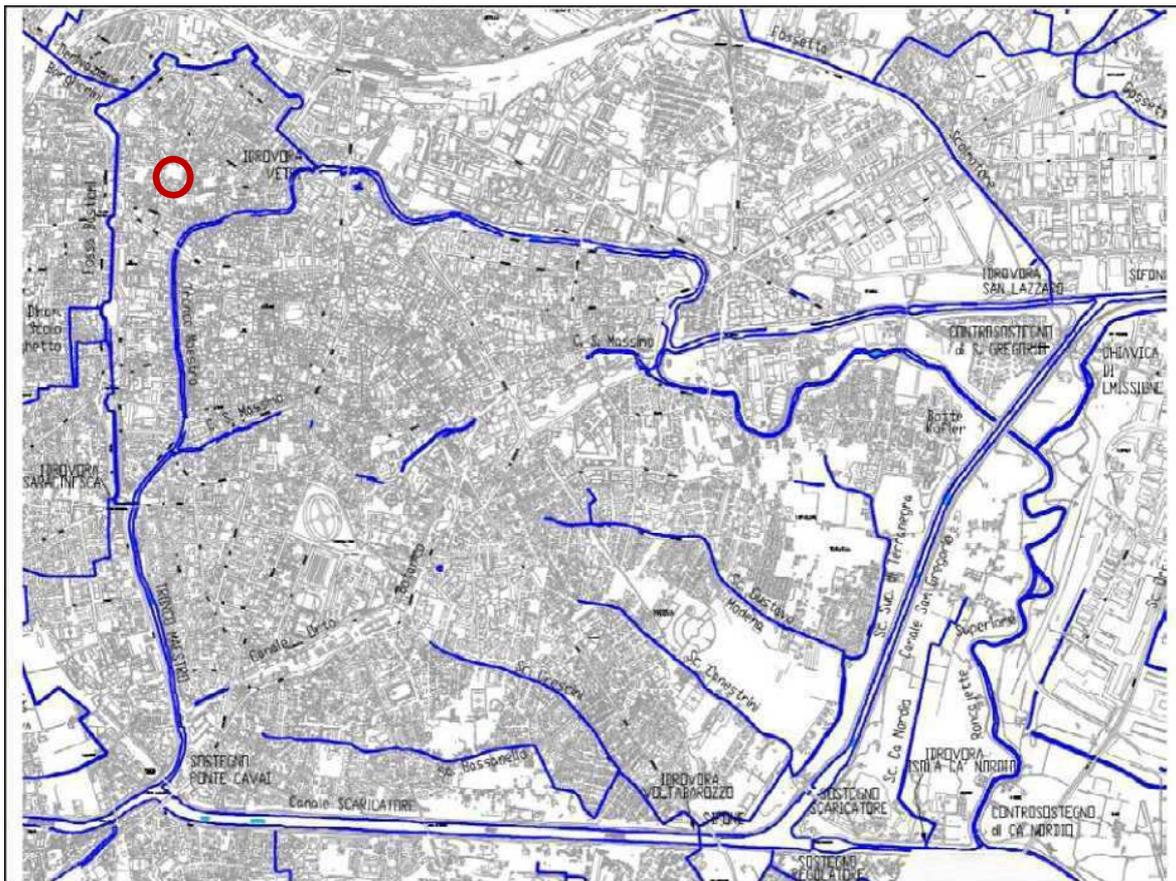


Figura 4 – Rete idrografica della città di Padova

La situazione idrografica attuale deriva dalla necessità di proteggere nei secoli scorsi la città dalle frequenti esondazioni causate dal fiume Bacchiglione e dal Piovego, che sfociavano nel Canale

Roncaiette. Il Bacchiglione, che in principio scorreva all'interno della città, determinò diverse esondazioni che resero necessario lo scavo del Canale Scaricatore, così da deviare le piene estromettendole dalla città. Le opere di regimazione sono state completate con le relative arginature e la creazione del Partitore di Voltabarozzo, con due edifici rispettivamente "Partitore" e "Scaricatore", così da poter deviare parte della piena del fiume attraverso il Canale di S. Gregorio ed il Piovego, nel Brenta. L'opera è stata seguita anche dalla costruzione della Porta dei Cavai nella zona ovest della città, che permette di escludere i rami interni alla città durante le fasi di piena. Da ultimo, negli anni 70 è stato realizzato il Controsostegno di Voltabarozzo così da impedire la risalita verso la città delle onde di piena scaricate dal Rocalette Inferiore.

Altri canali minori, quasi del tutto tombinati, attraversano il centro Città, staccandosi dal ramo principale del Bacchiglione (ora Tronco Maestro o Piovego), girando attorno agli antichi isolotti e dossi alluvionali sui quali venne edificata e ingrandita la città.

2.4 Modello litostratigrafico locale

L'area in cui ricade il Sito è pianeggiante, ad una quota media di circa 12 - 13 m s.l.m., con una tendenza generale a degradare verso sud-est. La successione stratigrafica riscontrata dalle indagini eseguite nell'area nel 1999 conferma la presenza della successione classica di alternanza di livelli limo-argillosi e sabbiosi descritti in precedenza.

La indagine geognostica condotta da Sirgeo-Consult ha investigato i primi 15 m di sottosuolo ed è stata eseguita mediante 7 sondaggi a carotaggio continuo e da 7 prove CPT, la cui ubicazione è riportata in Figura 5.

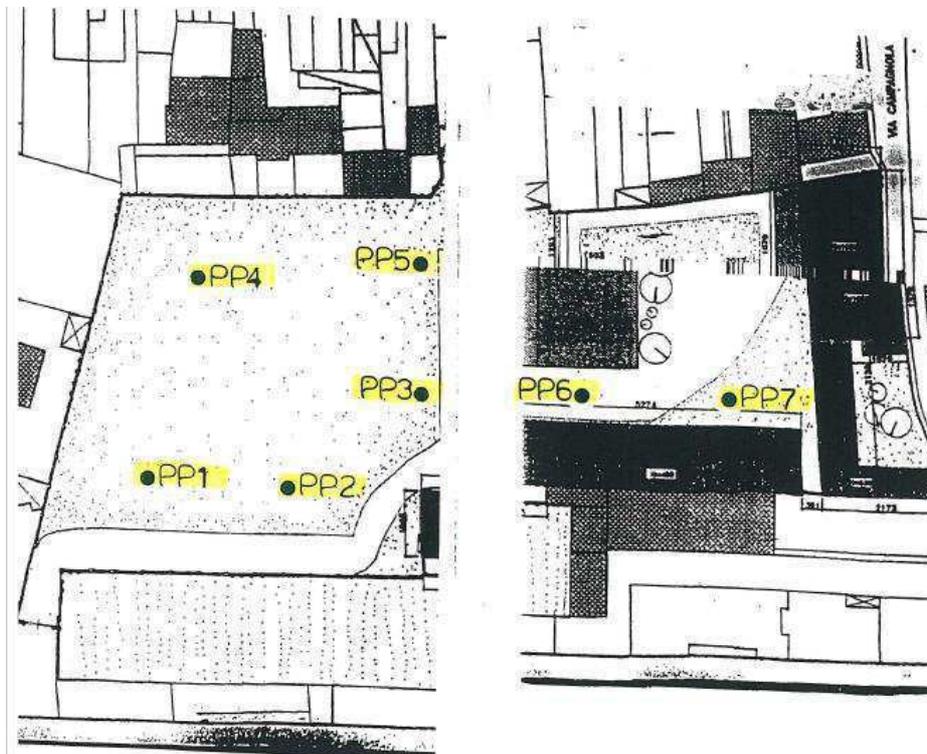


Figura 5 – Ubicazione prove della campagna geognostica

L'assetto geologico e stratigrafico riscontrato presenta superficialmente un livello di materiale di riporto, seguito da terreni naturali composti prevalentemente da alternanze di sabbie, limi e argille.

Dall'esame delle stratigrafie, è possibile individuare le principali unità litostratigrafiche superficiali del Sito:

- riporto, nei primi 30 – 50 cm da p.c., prevalentemente costituito da terreno grossolano e limo al di sotto della copertura erbosa, con frammenti di laterizio e ghiaino;
- orizzonte insaturo, da circa 0,5 m a circa 2,5 m da p.c., prevalentemente costituito da limo argilloso di colore nocciola e marrone, con frammenti di laterizio;
- orizzonte saturo, da circa 2,5 m a 6 m da p.c., costituito in prevalenza da limo sabbioso e da sabbia di colore nocciola con granulometria media.

Dai sondaggi risulta l'evidenza dei seguenti livelli litologicamente uniformi (con esclusione del terreno di riporto compatto e/o terreno vegetale, presente tra il piano campagna e 0,5 - 1,0 m di profondità):

1. Da 1,0 m a 1,8 – 3,2 m di profondità, argilla media e molle e limo argilloso (nei punti 1 e 3);
2. Da 1,8 – 3,2 m a 7,2 – 7,8 m di profondità, sabbia fine limosa e limo sabbioso;
3. Da 7,2 – 7,8 m a 9,8 m di profondità, sabbia medio grossa;
4. Da 9,8 m a 10,8 m di profondità, argilla media e molle;
5. Da 10,8 m a 12,0 – 12,4 m di profondità, sabbia media e fine debolmente limosa;
6. Da 12,0 – 12,4 m a 12,6 – 13,0 m di profondità, argilla molle;
7. Da 12,6 – 13,0 m a 13,8 – 14,0 m di profondità, limo sabbioso e/o sabbia fine limosa;
8. Da 13,8 – 14,0 m a 15,0 m di profondità, argilla e argilla limosa.

2.5 Modello idrogeologico locale

Dalle indicazioni riportate in letteratura, il Sito in esame si inserisce all'interno di un'area caratterizzata da una struttura idrogeologica complessa, caratterizzata dall'alternanza di materiali che possiedono valori di permeabilità variabile. Tale situazione stratigrafica dà origine ad un sistema idrogeologico costituito dalla presenza di un acquifero freatico superficiale (generalmente di scarsa rilevanza) e da una serie di acquiferi confinati sovrapposti.

Come accennato in precedenza, l'alimentazione principale di questi corpi idrici può essere individuata nella dispersione che si verifica, a nord della fascia delle risorgive, lungo le aste fluviali dei principali corsi d'acqua nella zona dell'alta pianura alluvionale veneta, dove esiste un materasso alluvionale ghiaioso uniforme nel quale è allocata un'unica potente falda freatica.

Con riferimento al monitoraggio svolto da Golder Associates S.r.l., sono state ricostruite le direzioni principali di deflusso delle acque sotterranee.

I rilievi effettuati hanno evidenziato una soggiacenza della prima falda compresa tra 2,10 m (pozzo P1 a giugno 2018) e 2,76 m dal piano campagna (pozzo P3 a dicembre 2018) con gradienti molto contenuti (inferiori allo 0,1%) e con un andamento prevalente in direzione sud, come visibile in Figura 6.

Indicativamente nella zona di Padova la direzione di deflusso generale delle acque sotterranee segue la direttrice da nord-ovest verso sud-est, con gradienti idraulici modesti e variabili tra 0,6 e 0,8 ‰. Gli scostamenti della direzione di deflusso generale della falda freatica sono presumibilmente attribuibili ai fattori di antropizzazione (reti, infrastrutture, fondazioni, ecc.), particolarmente significativi per la posizione che occupa l'area nel centro storico della città. Va comunque rilevata anche la possibile azione esercitata dai corsi d'acqua che attraversano l'area in esame.



Figura 6 – Andamento della falda freatica a aprile 2019 e a ottobre 2019

3 VALUTAZIONE DELLA COMPATIBILITA' IDRAULICA

3.1 Introduzione all'analisi idrologico-idraulica

La formazione della portata di piena raggruppa l'insieme di quei diversi processi idrologici che concorrono alla formazione del deflusso, a partire dalla precipitazione meteorica, prima ancora che il deflusso stesso si incanali nella rete di collettamento.

Tale precipitazione viene in parte intercettata dalla vegetazione, in parte infiltra nel suolo, in parte ancora va ad accumularsi in piccoli invasi naturali e/o artificiali (pozzanghere, avvallamenti del terreno, impluvi artificiali); la parte rimanente, infine, va a costituire il deflusso superficiale che scorrerà verso la rete di collettamento secondo le linee di massima pendenza del terreno. Il sistema suolo - vegetazione, quindi, costituisce una naturale capacità di invaso, che tende a decurtare la quantità di acqua precipitata che arriverà alla rete (precipitazione efficace). Tale decurtazione dipenderà, istante per istante, dalla capacità complessiva di tali invasi, che varierà nel tempo sia a causa del loro progressivo riempimento durante prolungati eventi di pioggia, sia a causa di altri importanti processi di trasferimento dell'acqua che agiscono nel sistema suolo atmosfera. Ad esempio, parte dell'acqua intercettata e trattenuta dalle superfici fogliari e nelle pozzanghere si disperderà di nuovo nell'atmosfera per evaporazione. Analogamente, una piccola parte dell'acqua infiltrata nel suolo evaporerà direttamente ed una parte più consistente verrà assorbita dalle radici della vegetazione e quindi riemessa nell'atmosfera per evaporazione delle foglie (traspirazione). Ancora, parte dell'acqua infiltrata negli strati superficiali del suolo proseguirà il moto di filtrazione verso gli strati più profondi e le falde (percolazione), mentre una parte, filtrerà verso la rete idrografica mantenendosi negli strati superficiali (deflusso ipodermico). Parte dell'acqua infiltrata, quindi, andrà ancora a contribuire al deflusso nella rete idrografica, ma con tempi di ritardo, rispetto alla caduta della precipitazione, sensibilmente maggiori dei tempi caratteristici del deflusso superficiale.

Nell'ambito nello studio dei fenomeni di piena, i diversi tipi di deflusso assumono una importanza relativa che varia in funzione del tempo caratteristico di risposta del bacino in esame. Intendendo come tempo di risposta (o tempo di concentrazione) l'intervallo trascorso fra l'inizio dell'evento di precipitazione e l'arrivo del colmo di piena alla sezione di chiusura del bacino.

Tale tempo varia in funzione di altri parametri oltre a quelli elencati: la superficie del bacino, la forma del bacino e le giaciture.

Nel caso di nuove previsioni urbanistiche, al fine di evitare l'aggravio delle condizioni del regime idraulico, deve essere predisposto uno studio di compatibilità idraulica che preveda la realizzazione di idonee misure che abbiano funzioni compensative dell'alterazione provocata.

Le misure compensative consistono sostanzialmente nella individuazione e progettazione di volumi e modalità di gestione di essi in modo che l'area interessata da intervento di trasformazione del suolo non modifichi la propria risposta idrologico-idraulica in termini di portata generata.

Gli interventi di progetto previsti per il complesso ex-S.E.E.F. in via Campagnola comportano una trasformazione urbanistica dell'area ed è pertanto valutare gli aspetti idraulici di drenaggio e scarico delle acque meteoriche in ottemperanza alla normativa vigente in materia di "Compatibilità Idraulica".

In particolare, la valutazione di compatibilità idraulica è stata svolta con riferimento alle "Linee Guida per la valutazione di compatibilità idraulica" rilasciate il 3/8/2009 dal Commissario Delegato per

l'emergenza concernente gli eccezionali eventi meteorologici del 26/9/2007 che hanno colpito parte del territorio della Regione Veneto (Linee Guida 2009).

Con riferimento alla Delibera della Giunta Regionale del Veneto D.G.R.V. n. 1322 del 10/5/2006 e s.m.i., gli interventi di progetto previsti per il complesso ex-S.E.E.F. in via Campagnola sono classificabili come "Modesta impermeabilizzazione potenziale" (soglia dimensionale $1.000 \text{ m}^2 < S < 10.000 \text{ m}^2$, dove S è la superficie per la quale è prevista la modificazione di uso del suolo), per cui, 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 diametro di 200 mm e che i tiranti idrici ammessi nell'invaso non eccedano il metro.

Il criterio di dimensionamento proposto dalle Linee Guida è il Criterio 1, basato sul concetto del coefficiente udometrico calcolato con il metodo dell'invaso. In particolare, la valutazione del volume di invaso necessario per ottenere l'invarianza idraulica è stato eseguito utilizzando i grafici derivati dalle curve di possibilità pluviometrica imponendo la costanza tra il coefficiente di afflusso e il coefficiente udometrico imposto secondo il metodo dell'invaso.

La presente relazione fornisce i criteri generali per la determinazione del volume di invaso minimo da rispettare per ottenere l'invarianza idraulica dell'intervento. La presentazione del "Permesso a Costruire" dovrà essere accompagnata da un ulteriore parere idraulico una volta definite tutte le specifiche del progetto stesso. La redazione della valutazione di compatibilità specifica per l'intervento dovrà riportare anche gli elaborati tecnici da concordarsi con il Consorzio di Bonifica competente.

3.1.1 Curve di possibilità pluviometrica

Nel dimensionamento di qualunque dispositivo idraulico è necessario determinare la portata e/o i volumi di piena di progetto al fine di dare al dispositivo adeguate misure geometriche.

La portata viene determinata a mezzo di formulazioni matematiche o modelli che simulano la trasformazione della pioggia al suolo.

Si deve pertanto in ultima analisi definire a quale precipitazione di progetto fare riferimento.

Il tempo di ritorno T_R è uno dei parametri fondamentali da assumere nel progetto perché esso è associato al rischio idraulico: esso rappresenta infatti la durata media in anni del periodo in cui l'evento viene superato una sola volta. A meno di non assumere valori più alti per specifiche ragioni (particolari valenze delle opere da salvaguardare) il valore di riferimento del tempo di ritorno da assumere negli studi idraulici di dimensionamento delle opere atte a contrastare gli allagamenti è pari a 50 anni. Tale valore del tempo di ritorno fa riferimento a quanto previsto per i PAT/PATI dalla DGR 1322 del 10/5/2006, Allegato A.

Altro parametro fondamentale per le valutazioni progettuali è la durata della precipitazione. Essa incide infatti grandemente sia sul valore della massima piena che sul valore del massimo volume defluito; poiché tali valori massimi generalmente non si verificano per una stessa durata dell'evento risulta necessario indagare gli intervalli di variazione per ciascuno dei due valori in funzione del variare della durata di precipitazione. Per l'individuazione della massima portata generata da un bacino e del conseguente tempo di concentrazione e per un tempo di ritorno della precipitazione prefissato, si devono pertanto determinare i valori delle portate di piena provocate dalle diverse altezze di precipitazioni corrispondenti a più durate.

Sulla base di dedicate elaborazioni statistiche dei dati storici di pioggia misurati dagli enti preposti (Ufficio Idrografico del Magistrato alle Acque prima, e ARPAV attualmente) è possibile determinare l'altezza di precipitazione corrispondente ad un certo tempo di ritorno e a una certa durata.

A tale proposito ed al fine di avere un unico riferimento scientifico per l'assunzione dei valori di pioggia di progetto, per le zone interessate dagli eventi alluvionali del 2007 e per le zone confinanti, è stato predisposto uno studio statistico al quale si può ricorrere per determinare le altezze di precipitazione di progetto.

Lo studio "Analisi regionalizzata delle precipitazioni per l'individuazione di curve di possibilità pluviometrica di riferimento" 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 (riportate in ALLEGATO 1 delle Linee Guida 2009) 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.

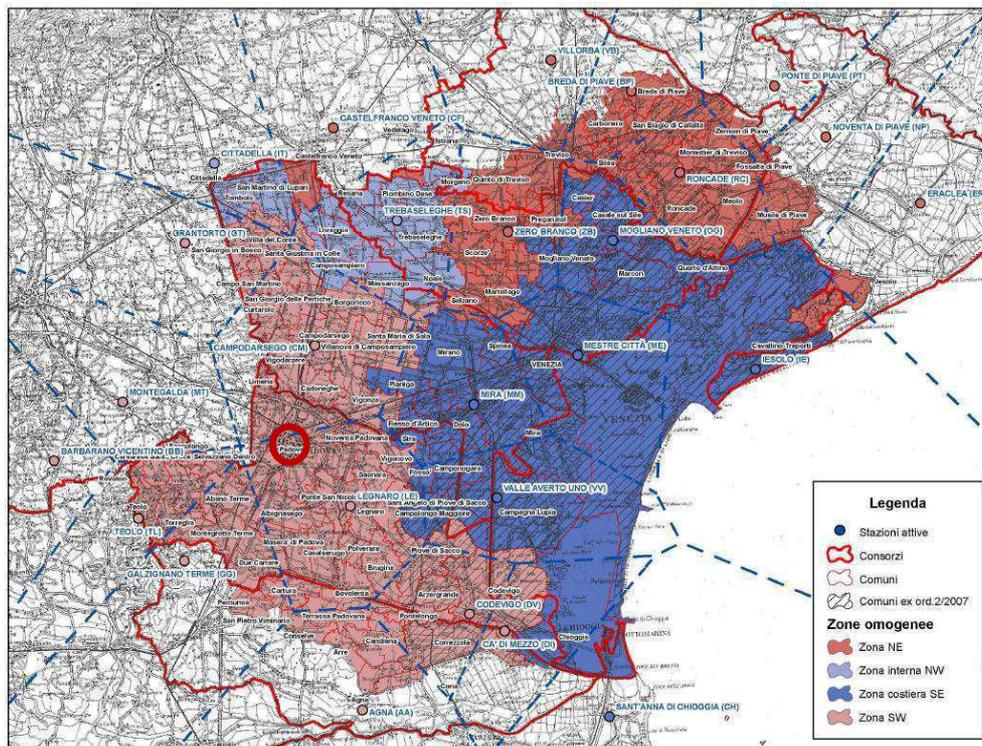
che con la formula più generale a tre parametri (a, b, c)

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

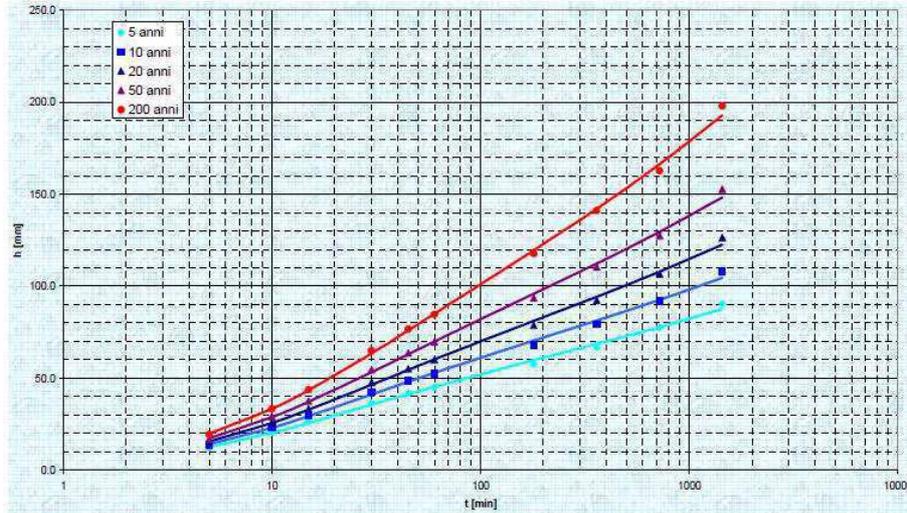
dove

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 per tutte e 10 le durate considerate (5', 10', 15' 30', 45', 1 h, 3 h, 6 h, 12 h, 24 h).



Zona SUD OCCIDENTALE



T	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

Si è fatto riferimento alla curva a tre parametri riferita alla zona Nord Occidentale con $T_R = 50$ anni.

3.1.2 Coefficienti di deflusso

Una volta individuata l'equazione di possibilità pluviometrica, va stimata la frazione di precipitazione raccolta dalla rete di drenaggio.

Come accennato in precedenza, quando durante una precipitazione intensa la quantità di acqua che versa al suolo supera quella evapotraspirata in atmosfera, si verifica un accumulo progressivo di acqua sulla superficie del suolo che innalza i livelli idrici della rete idrografica.

I modelli di piena si basano quindi sull'individuazione della pioggia netta, definita come la pioggia che cade al suolo privata delle componenti di intercettazione ed evapotraspirazione da parte della vegetazione e di infiltrazione nel terreno. Tra i metodi dell'individuazione della pioggia netta figura anche il "metodo dell'indice ϕ ", coefficiente di afflusso, che trascura la variazione della capacità di infiltrazione del terreno durante l'evento meteorico, considerandola costante e pari al valore ϕ . La pioggia netta è calcolata infatti come percentuale dell'altezza totale di pioggia caduta nello stesso tempo: il valore di questa percentuale, inteso come rapporto tra il volume defluito attraverso un'assegnata sezione, in un definito intervallo di tempo, ed il volume meteorico precipitato nel bacino sotteso nel medesimo intervallo, è costante per tutta la durata e assume il nome di coefficiente di afflusso (o deflusso). Il coefficiente di afflusso dipende strettamente dalla tipologia di uso del suolo. Per una superficie pavimentata la quota di pioggia che può infiltrarsi nel terreno è largamente inferiore rispetto a quella che è possibile immagazzinare da un terreno agricolo. La suddivisione delle tipologie di terreno può essere più o meno dettagliata in base al dettaglio del modello che si vuole ottenere.

È possibile utilizzare convenzionalmente come riferimento per la scelta dei valori del coefficiente di deflusso, ove non determinati analiticamente, quelli riportati nel D.G.R.V. n. 1841/2007:

Tipo di superficie	φ
Terreno agricolo	0,1
Aree a verde	0,2
Superfici semi-permeabili (grigliati drenanti con sottostante materasso ghiaioso, strade in terra battuta o stabilizzato...)	0,6
Superfici impermeabili (tetti, terrazze, strade, piazzali...)	0,9

Nel caso in esame, per la pavimentazione dei parcheggi (autoveicoli e biciclette) e dei percorsi pedonali sarà adottato uno strato superficiale in conglomerato drenante: Il calcestruzzo drenante di progetto (tipo Drainbeton o equivalente), è costituito da una miscela di conglomerato cementizio pigmentato, inerti, acqua, cemento, pigmenti ed additivi, appositamente studiata per applicazioni stradali, laddove sia richiesto un requisito di drenabilità elevata. Non viene richiesta posa di armatura.

Il pacchetto di tali pavimentazioni prevedrà indicativamente:

- geotessile poliestere tessuto trama e ordito da 300 g/m², avente idonee caratteristiche di resistenza e permeabilità in relazione all'applicazione;
- 30 cm di sottofondo stradale realizzato con tout-venant;
- 14 cm di conglomerato drenante

Le caratteristiche prestazionali del conglomerato drenante sono riportate nella seguente tabella.

Prestazioni caratteristiche e requisiti di garanzia del conglomerato cementizio	
Resistenza media a compressione (misurata su provini cubici di 15 cm di lato, confezionati e maturati secondo quanto prescritto da normativa - UNI EN 12390-1 e 12390-2):	
a 28 giorni	≥ 15 MPa
a 3 giorni	≥ 10 MPa
Modulo elastico:	≥ 15.000 MPa
Drenabilità media (HC = 0,06)	30 l/s/m ²
Coefficiente di deflusso (valori ricavati da tabelle specifiche in materia, presenti in letteratura, in relazione al valore di drenabilità media della pavimentazione)	0,3 – 0,5
Percentuale dei vuoti	20% circa
Spessore del getto (al finito):	14 cm

Il suddetto valore di permeabilità consente pertanto di assumere un valore del coefficiente di deflusso pari a $\varphi = 0,4$.

Dovendo assegnare un valore unico per il coefficiente di deflusso sulla zona interessata, è necessario procedere ad una stima del valore medio assunto da φ nell'area complessiva. Questa stima viene effettuata tramite una media pesata sulle singole aree destinate a tali usi.

3.2 ANALISI DELLE TRASFORMAZIONI

Per la valutazione degli effetti conseguenti alla trasformazione territoriale è necessario stimare le portate di piena che derivano dalle aree oggetto di intervento prima e dopo la trasformazione.

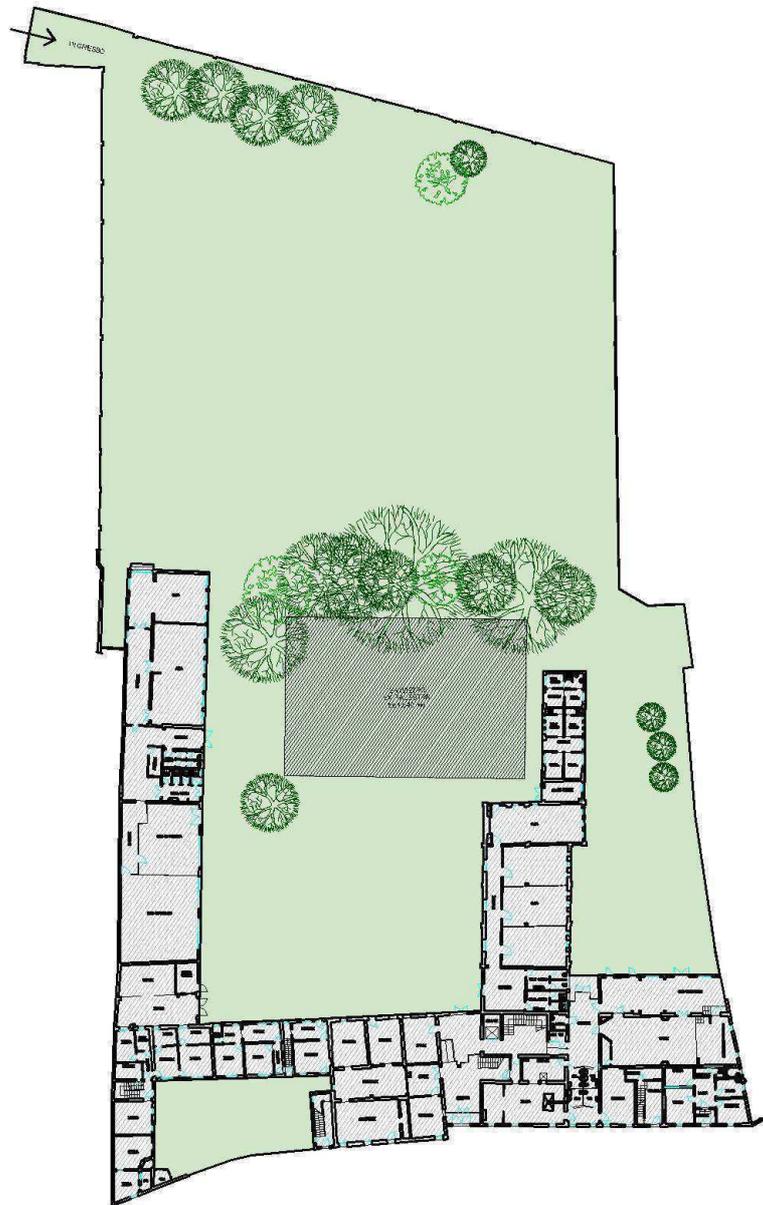
Nel caso lo stato di fatto dell'area oggetto di studio risulti già urbanizzata, la portata massima imposta in uscita nella configurazione di progetto non potrà essere superiore a quella desumibile da un coefficiente udometrico di 10 litri al secondo per ettaro.

3.3 Stato attuale

Come indicato nel § 1, il complesso in esame presenta una vasta superficie scoperta che comprende una zona adibita a campo da calcio e una serie di aree verdi; gli edifici esistenti comprendono la platea di fondazione di una struttura pressostatica utilizzata come palestra e ad oggi smantellata.

Di seguito si riportano le aree delle superfici considerate suddivise per destinazione d'uso del suolo e con i relativi coefficienti di deflusso. Il coefficiente di deflusso caratteristico dell'area, ottenuto come media ponderata di ciascun valore in base alla specifica area di competenza risulta:

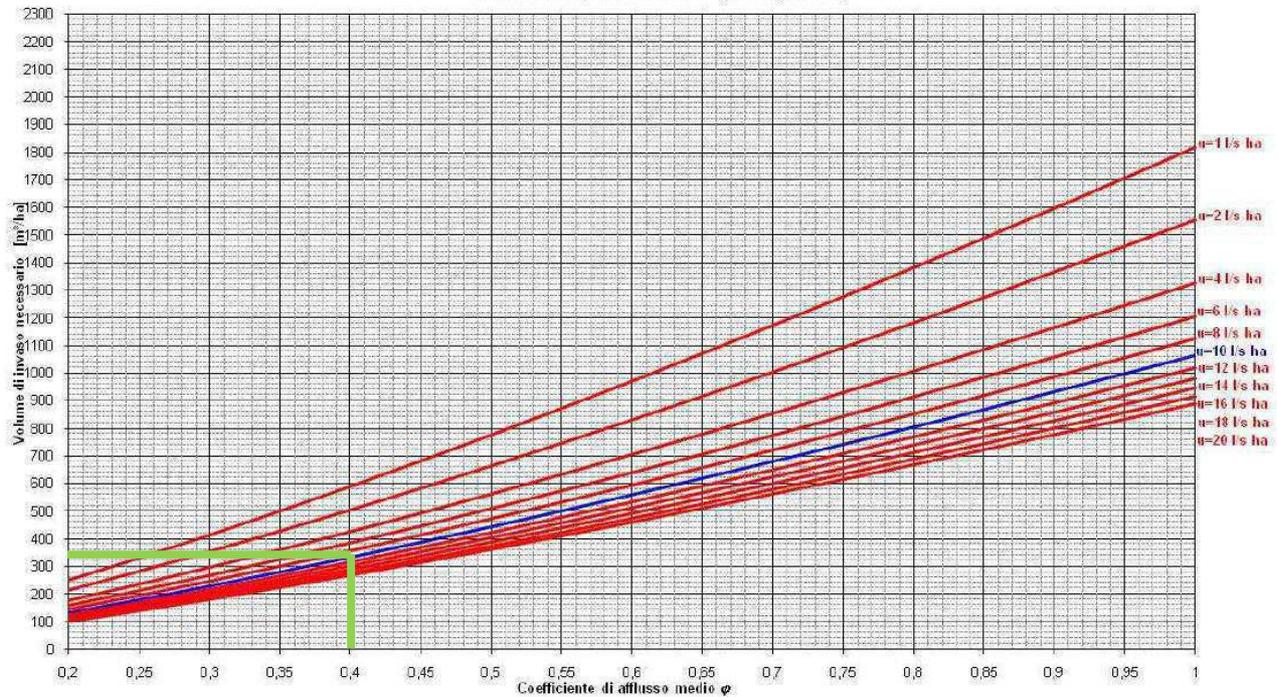
Descrizione	S_i = Superficie (m²)	φ_i =Coeff. afflusso	Σ S_i* φ_i
Area impermeabile	2.561	0.9	2.305
Area a verde	6.106	0.2	1.221
Somme	8.666		3.526
Coefficiente afflusso medio $\varphi_m = \frac{\sum (S_i * \varphi_i)}{\sum S_i} = \frac{3.526}{8.666} = 0,41$			



Il volume di invaso si ricava dal seguente grafico, riportato dalle linee Guida 2009, con $\varphi = 0.41$ e $u = 10 \text{ l}^*/\text{s}/\text{ha}$, ed è pari a $334 \text{ m}^3/\text{ha}$.

Volumi di invaso necessari per ottenere l'invarianza idraulica - Metodo dell'invaso

Valori espressi in funzione del coefficiente di afflusso ϕ e del coefficiente udometrico imposto allo scarico
 Zona sud occidentale - Tr=50 anni (CPP a 3 parametri)



Zona sud occidentale - Tr = 50 anni			Comuni: Abano Terme, Agna, Albignasego, Arre, Arzergrande, Borgonco, Bovolenta, Brugine, Cadoneghe, Campo San Martino, Campodarsego, Candiana, Cartura, Casalserugo, Cervarese Santa Croce, Codevigo, Cona, Conselve, Correzzola, Curtarolo, Due Carrare, Legnaro, Limena, Masera' di Padova, Montegrotto Terme, Noventa Padovana, Padova, Pemumia, Piove di Sacco, Poverara, 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, Santa Maria di Sala, Saonara, Selvazzano Dentro, Teolo, Terrasa 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

f	Coefficiente udometrico imposto allo scarico [l/s,ha]										
	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	1.072	915	779	706	657	621	591	567	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

3.4 Stato di progetto

L'ambito di intervento prevede la riorganizzazione delle aree a verde, la ristrutturazione degli edifici esistenti, la realizzazione di un nuovo edificio destinato ad aule e di un passaggio coperto di collegamento e la realizzazione di parcheggi e marciapiedi di collegamento, realizzati tramite pavimentazioni semi-permeabili in calcestruzzo drenante.

Di seguito si riportano le aree delle superfici considerate suddivise per destinazione d'uso del suolo e con i relativi coefficienti di deflusso. Il coefficiente di deflusso caratteristico dell'area, ottenuto come media ponderata di ciascun valore in base alla specifica area di competenza risulta:

Descrizione	S_i = Superficie (m ²)	φ_i =Coeff. afflusso	$\Sigma S_i * \varphi_i$
Area impermeabile	2.980	0.9	2.682
Area semi-permeabile	2.756	0.4	1.102
Area a verde	2.930	0.2	586
Somme	8.666		4.370

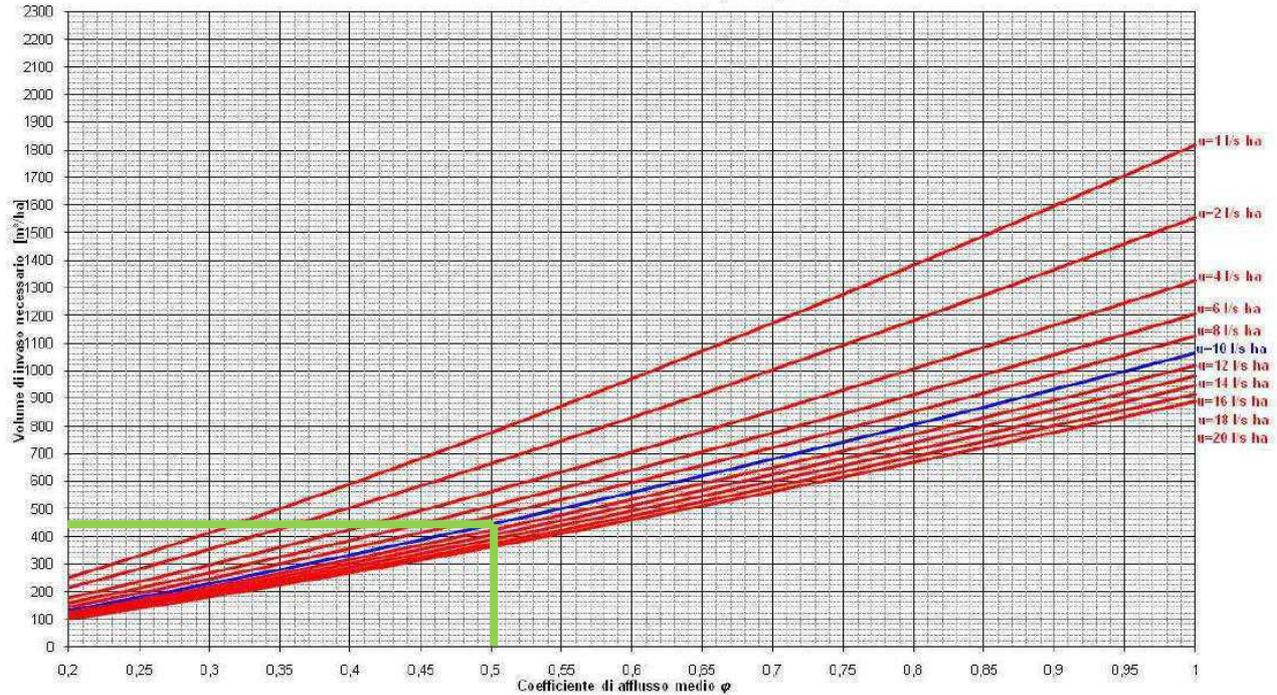
Coefficiente afflusso medio $\varphi_m = \Sigma (S_i * \varphi_i) / \Sigma S_i = 4.370 / 8.666 = 0,50$



Il volume di invaso si ricava dal seguente grafico, riportato dalle linee Guida 2009, con $\phi = 0.50$ e $u = 10 \text{ l}^*/\text{s}/\text{ha}$, ed è pari a circa $445 \text{ m}^3/\text{ha}$.

Volumi di invaso necessari per ottenere l'invarianza idraulica - Metodo dell'invaso

Valori espressi in funzione del coefficiente di afflusso ϕ e del coefficiente idrometrico imposto allo scarico
 Zona sud occidentale - Tr= 50 anni (CPP a 3 parametri)



Zona sud occidentale - Tr= 50 anni			Comuni: Abano Terme, Agna, Albignasego, Arre, Arzergrande, Borgorico, Bovolenta, Brugine, Cadoneghe, Campo San Martino, Campodarsego, Candiana, Cartura, Casalserugo, Cervarese Santa Croce, Codevigo, Cona, 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, 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

f	Coefficiente idrometrico imposto allo scarico [l/s,ha]										
	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	1.072	915	779	706	657	621	591	567	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

3.5 Invarianza idraulica

I volumi specifici così calcolati vanno moltiplicati per l'intera superficie del lotto in trasformazione per individuare il volume complessivo da realizzare.

Per ottenere l'invarianza idraulica deve essere gestito un volume pari a:

$$V_0 = 445 \text{ m}^3/\text{ha} \cdot 0,8666 \text{ ha} = 386 \text{ m}^3$$

Considerate le ipotesi fondamentali del metodo dell'invaso, operano attivamente come invaso utile tutti i volumi a monte del recapito, compreso l'invaso proprio dei collettori della rete di drenaggio ed i piccoli invasi. Assumendo per il velo idrico un valore di $19 \text{ m}^3/\text{ha}$, e attribuendo alle caditoie ecc. un volume inferiore a $20 \text{ m}^3/\text{ha}$, il valore dei piccoli invasi può essere assunto pari a $35 \text{ m}^3/\text{ha}$. È possibile pertanto depurare il volume complessivo del valore corrispondente ai piccoli invasi, ottenendo un volume pari a

$$V_0' = 410 \text{ m}^3/\text{ha} \cdot 0,8666 \text{ ha} \approx 355 \text{ m}^3$$

Nelle fasi esecutive della progettazione, quando saranno dunque note nel dettaglio la geometria della rete e le caratteristiche degli elementi di progetto, sarà possibile definire compiutamente le opere di mitigazione idraulica, che verranno realizzate secondo le direttive e prescrizioni del Consorzio di Bonifica Bacchiglione e del gestore designato dal Comune.

In via preliminare è stata ipotizzata la realizzazione di:

- Cisterne di raccolta delle acque piovane, che potranno essere utilizzate per l'irrigazione delle aree a verde, da collocare in prossimità degli edifici destinati a aule (nuova realizzazione e ristrutturazione);
- Sovradimensionamento della rete di smaltimento delle acque a integrazione dei volumi offerti dalle tubazioni di raccolta.

In particolare è stata ipotizzata una tubazione interrata, posta al di sotto dei marciapiedi e delle zone a parcheggio di nuova realizzazione, di diametro 1000 mm in calcestruzzo turbo-vibro compresso resinato all'interno con incastro a bicchiere ed anello di tenuta in gomma sintetica all'origine, in opera su letto di sabbia. La condotta partirà indicativamente da un pozzetto posto in corrispondenza delle aule di nuova realizzazione: un tratto di tale tubazione convoglierà le acque verso via Canal e un tratto verso via Campagnola, raccogliendo, tramite appositi pozzetti sifonati, le acque provenienti dai pluviali degli edifici destinati a aule e dalle caditoie che saranno sistemate in corrispondenza delle pavimentazioni delle nuove aree pedonali e dei nuovi parcheggi. Prima dell'immissione nella rete, le acque raccolte dalle caditoie sistemate in corrispondenza dell'area destinata a parcheggio, saranno convogliate verso un disoleatore. Le condotte secondarie di raccolta delle acque meteoriche nei parcheggi e nei marciapiedi sono previste con tubature in PVC, poste su letto di sabbia opportunamente costipata e complete di pozzetti stradali sifonati con caditoie in ghisa sferoidale ad asola larga del tipo antiscippo, che nel parcheggio saranno posti ad interasse di massimo 20 m. In corrispondenza delle aree carrabili le condutture saranno opportunamente rinfiancate e protette al fine di sopportare i carichi stradali. Per quel che riguarda gli edifici destinati a residenze, i relativi pluviali risultano già collegati alla rete di smaltimento esistente.

Il contributo massimo (riempimento all'80%) di tale invaso può essere stimato pari a:

$$A = 0,67 \text{ m}^2 \times L = 135 \text{ m} = 90 \text{ m}^3$$

- Bacino interrato di accumulo al di sotto della pavimentazione dei parcheggi per le biciclette a servizio delle aule e della pavimentazione delle aree scoperte di pertinenza residenziale.

Il bacino sarà collegato agli altri manufatti previsti e avrà una profondità contenuta, riducendo così anche la profondità degli scavi. L'intervento potrà essere realizzato con un sistema tipo Drainpanel della Geoplast o equivalente e potrà garantire un contributo massimo pari a:

pavimentazione parcheggi biciclette aule: $A = 120 \text{ m}^2 \times H = 1,5 \text{ m} = 175 \text{ m}^3$

pavimentazione pertinenze abitazioni: $A = 65 \text{ m}^2 \times H = 1,5 \text{ m} = 90 \text{ m}^3$

È previsto un manufatto di controllo della portata, in corrispondenza dell'innesto della rete alla pubblica fognatura.

In totale è pertanto possibile stimare un volume di invaso compatibile con il volume necessario all'invarianza.

Come detto in precedenza, la fase di richiesta di "Permesso a Costruire" dovrà essere accompagnata da un ulteriore parere idraulico contenente una valutazione di compatibilità specifica, una volta definiti tutti gli aspetti di progettazione esecutiva (invasi, aree trasformate, relativi coefficienti di afflusso, volumi compensativi e manufatti di laminazione), che dovranno essere verificati e concordati con il Consorzio di Bonifica competente, che dovrà rilasciare parere positivo.

Il Tecnico
ing. Marco Munari

