

COMUNE DI COLOGNOLA AI COLLI

PROVINCIA DI VERONA

Oggetto:

**NUOVO P.U.A. "CA' DELLA GUARDIA" LUNGO LA S.R. 11 IN
LOCALITA' COLOMBA – OPERE DI URBANIZZAZIONE.**

Committenti:

Immobil Tre S.r.l.

Immer S.r.l.

VALUTAZIONE DI COMPATIBILITA' IDRAULICA

Revisione: nota del Consorzio di Bonifica Alta Pianura Veneta - prot. n. 699 del 26/01/2022.

Verona, 11/03/2022



Dott. geol. Simone dal Forno

Dott. geol Simone Dal Forno

Via L. Dorigo, 21 - 37132 VERONA – cell:347-7345155

Mail: simonedalforno@gmail.com - PEC: geol.simonedalforno@epap.sicurezzapostale.it



SOMMARIO

1.0	PREMESSA.....	2
2.0	INQUADRAMENTO GENERALE DELL'INTERVENTO.....	4
2.1	Localizzazione	4
2.2	Inquadramento geologico.....	6
2.3	Inquadramento geomorfologico.....	6
2.4	Inquadramento idrogeologico ed idraulico	7
3.0	VALUTAZIONE DI COMPATIBILITA' IDRAULICA.....	10
3.1	Norme e Piani di riferimento.....	10
3.1.1	Delibere di Giunta Regionale	10
3.1.2	Variante n. 8 al P.I.....	11
3.2	Valutazione di massima piovosità	11
3.3	Valutazione del coefficiente di deflusso	14
3.3.1	Calcolo del coefficiente di deflusso	15
3.4	Metodo per la stima delle portate massime o di progetto	16
3.4.1	Metodo razionale.....	17
3.4.2	Metodo dell'invaso	18
3.5	Stima dei volumi di invasore	19
4.0	MISURE DI MITIGAZIONE.....	20
5.0	CONCLUSIONI	21
6.0	BIBLIOGRAFIA.....	21
7.0	ALLEGATI.....	22
7.1	Risultati metodo d'invaso (dati pioggia ARPAV)	23
7.2	Risultati metodo razionale (dati pioggia ARPAV).....	24
7.3	Risultati metodo razionale (dati pioggia ANBI Veneto)	24
7.4	Risultati metodo d'invaso per strade e parcheggi (dati pioggia ARPAV)	25
7.5	Risultati metodo d'invaso per aree verdi (dati pioggia ARPAV).....	26

1.0 PREMESSA

Nel giugno 2012, lo scrivente presentò uno studio d'invarianza idraulica: sull'ambito previsto dalla pianificazione territoriale comunale di un'area calcolata di 101.750 mq suddivisa in due comparti: il comparto "A" zona D2/6 di 71.750 mq e il comparto "B" Scheda di Piano Norma n. 6 denominata area produttiva "Colomba 2008" di 30.000 mq.

Il consorzio di bonifica Alta Pianura Veneta con nota n. 14063 del 01/10/2012 esprimeva parere favorevole con prescrizioni allo studio.

Attualmente, le ditte IMMOBILTRE S.R.L. e IMMER S.R.L. intendono realizzare la sola area produttiva "Colomba 2008" - ex comparto B.

Nell'aprile del 2021, lo scrivente ha aggiornato lo studio d'invarianza idraulica: aggiornando i dati di pioggia con le nuove serie temporali (2004-2019) -tratte dai bollettini dei dati storici per le precipitazioni di massima intensità forniti da ARPAV per la stazione di Colognola ai Colli- e, mantenendo il coefficiente udometrico precedentemente approvato pari a 10 l/s per ha.

Con nota n. 699 del 26/01/2022 il consorzio di bonifica Alta Pianura Veneta comunicava:

1. si denota la necessita di aggiornare i dati pluviometrici utilizzati per il calcolo del deflusso, e di conseguenza per il dimensionamento delle opere di progetto, utilizzando i dati riportati nell' *"analisi regionalizzata delle precipitazioni per l'individuazione di curve segnalatrici di possibilità pluviometrica di riferimento"* condotta per conto di ANBI Veneto;
2. dall'analisi della relazione di compatibilità idraulica del Professionista, a seconda della destinazione d'uso delle aree sono stati adottati i rispettivi Volumi specifici:
 - a. per le opere di urbanizzazione: 457 mc/ha (nella fattispecie, si tiene a precisare che, nella realizzazione delle strade l'adeguamento delle misure di mitigazione dovrà essere calcolato sulla base di un volume specifico pari a 1.000 mc/ha -dato relativo alle strade asfaltate- e pertanto per la superficie data dalla somma della viabilità e dei parcheggi -pari a 4.567 mq- il volume minimo dovrà risultare pari a 457 mc;
 - b. Per i lotti: 785 mc/ha (volume di invaso minimo calcolato pari a 1.043 mc per il Lotto 1 e 991 mc per il Lotto 2).
3. per lo scarico in Dugaletta di Colognola, demaniale in gestione allo scrivente Consorzio, dovrà essere predisposta specifica relazione ed elaborate grafico; la relativa portata specifica non potrà superare il valore di 5 l/s per ettaro (anziché 10 l/s per ettaro come citato in relazione) a fronte delle seguenti caratteristiche territoriali:
 - a. criticità idraulica propria dell'area;
 - b. capacità di portata del reticolo idraulico;
 - c. presenza di manufatti idraulici particolari;
 - d. tipologia del terreno;
 - e. livello d'i falda in fase umida;
 - f. morfologia dell' area (presenza di aree depresse o altro), ecc.,

Inoltre, per le due aree denominate "Lotto 1" e "Lotto 2" il Consorzio chiede:

- a) Creazione di un'unica opera di mitigazione in grado di laminare i volumi derivanti dall'intera superficie oggetto di valutazione (33.000 mq) considerando una futura impermeabilizzazione totale delle aree "Lotto 1" e "Lotto 2";
- b) Presentare separatamente le richieste di parere di compatibilità idraulica. Nella fattispecie, attualmente, lo scrivente Consorzio si potrà esprimere unicamente per l'invarianza idraulica strettamente legata alle "opere di urbanizzazione"; i due lotti, al fine dell'ottenimento del permesso di costruire, dovranno ricevere un parere separato una volta che avranno presentato le relative relazioni di valutazione di compatibilità idraulica;

In risposta alle richieste del Consorzio, con il presente studio si definiscono le misure di mitigazione idraulica, volte a mantenere costante il coefficiente udometrico secondo il principio dell'invarianza idraulica, delle sole opere di urbanizzazione: secondo le indicazioni della nota consortile e delle modalità operative e indicazioni tecniche all'allegato A della D.gr. n. 2948 del 06/10/2009; i calcoli vengono effettuati con i dati di pioggia ARPAV e ANBI Veneto: per riscontrare i risultati più cautelativi.

2.0 INQUADRAMENTO GENERALE DELL'INTERVENTO

2.1 Localizzazione

L’area d’intervento si trova lungo la S.R. 11, in località Colomba, tra Caldiero e lo svincolo autostradale A4 “Casello di Soave”, ed è rappresentata nella Carta d’Italia scala 1:50.000 foglio n. 124 “Verona est” e nella Carta Tecnica Regionale nell’elemento n. 124153 “Caldiero”.

La localizzazione secondo il sistema di riferimento WGS84 è: Lat. 45°24'44.88"N - Long. 11°12'17.54"E.

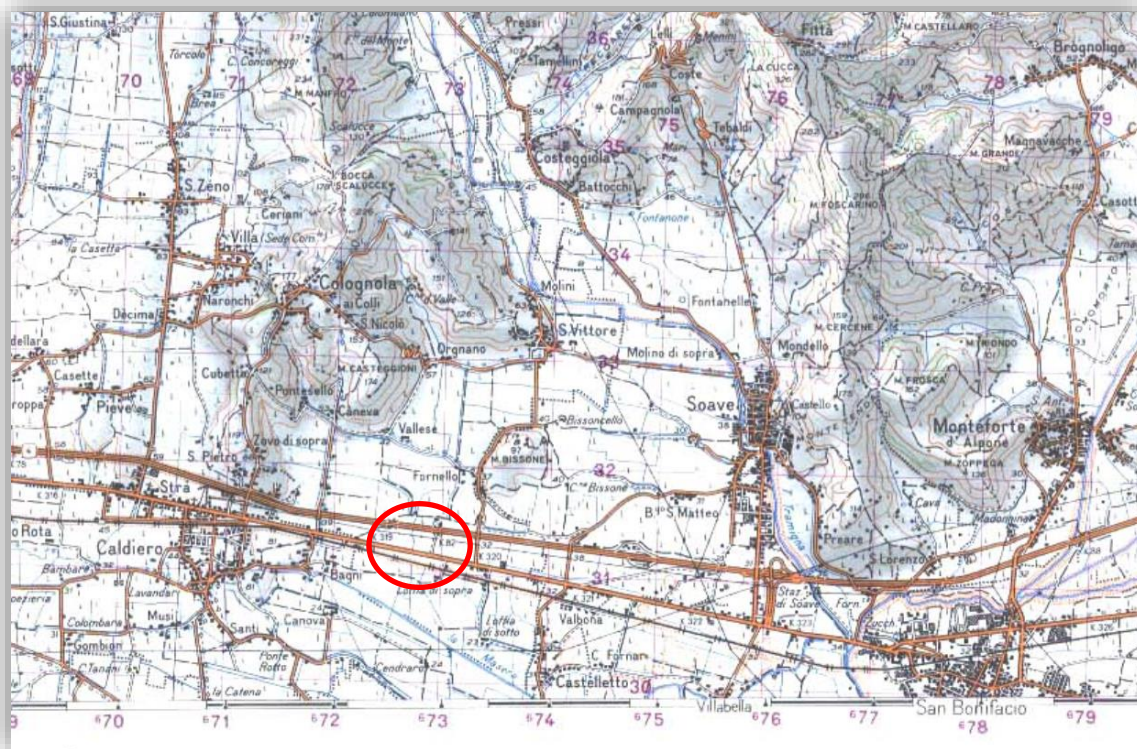


Figura 2-1: Carta d'Italia 1:50.000 Foglio n. 125 “Vicenza”

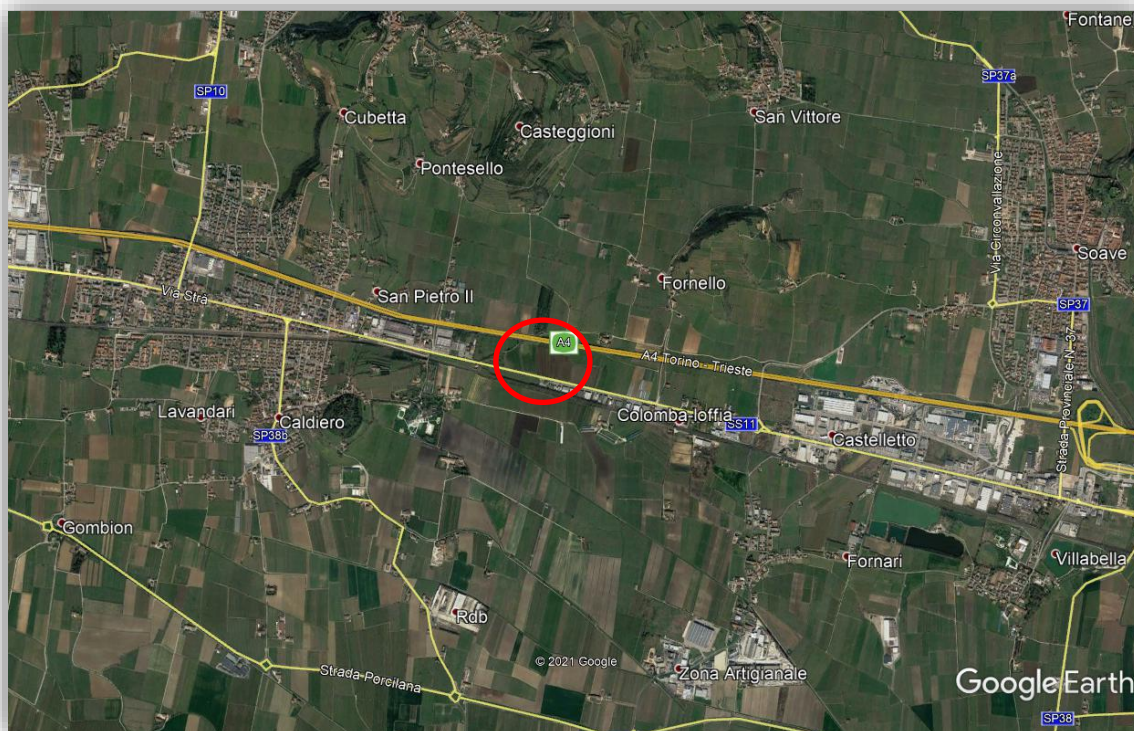


Figura 2-2: Inquadramento area d'intervento (Google Earth)



Figura 2-3: Stralcio della Carta Tecnica Regionale elemento: n. 124153 "Caldiero" – scala 1:10.000

2.2 Inquadramento geologico

Dal punto di vista geologico i litotipi che costituiscono le litologie superficiali nell'area sono costituiti da materiali alluvionali prevalentemente limo-argillosi. Tali materiali presentano scadenti proprietà geotecniche e di drenaggio.

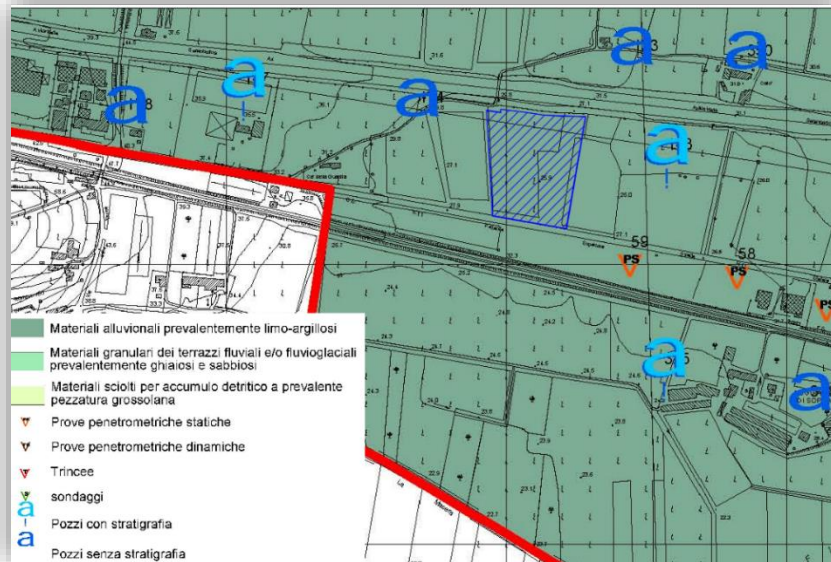


Figura 2-4: Stralcio della Carta Geolitologica - P.A.T.I. Comune di Colognola ai Colli - 1.10.000

2.3 Inquadramento geomorfologico

L'area si presenta pianeggiante a una quota assoluta di circa 26 m.s.l.m. L'elemento morfologico principale è rappresentato da un orlo di scarpata di erosione, di altezza di circa 5m, che corona il lotto dal settore ovest al settore est. Altri elementi morfologici presenti nell'intorno sono di origine antropica: i rilevati stradali della A4 e della S.R. 11 che delimitano a nord e sud il lotto.

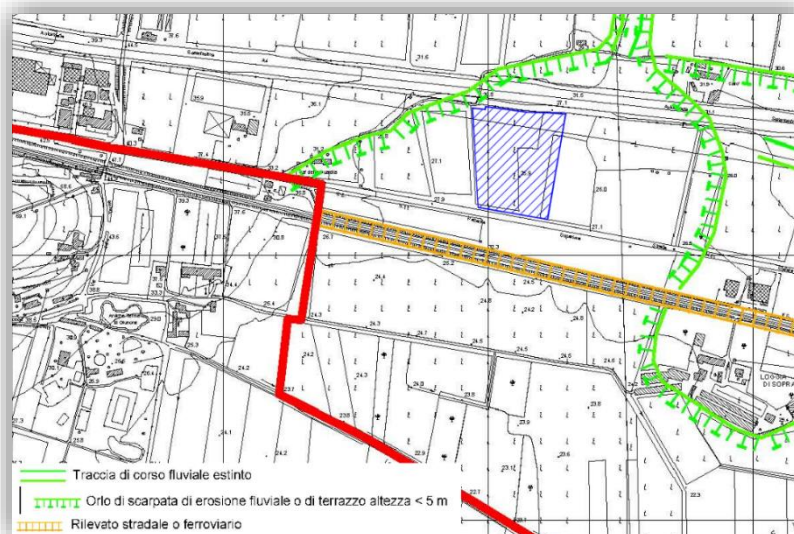


Figura 2-5: Stralcio della Carta Geomorfologica - P.A.T.I. Comune di Colognola ai Colli - 1.10.000

2.4 Inquadramento idrogeologico ed idraulico

La soggiacenza della falda è prossima al piano campagna, a circa 1,0 m, in relazione alle quote della massima escursione della falda (25-26 m s.l.m.) e del piano campagna (26-27 m s.l.m.).

Le isofreatiche della carta idrogeologica sono il risultato delle misure di massima eseguite tra il 4 settembre e il 7 settembre del 1993 per la redazione della *Carta Idrogeologica dell'Alta Pianura Veronese Orientale*; non è da escludere che, anche localmente, ci siano stati dei superamenti in quegli anni caratterizzati da prolungati periodi di piovosità che hanno provocato allagamenti nei piani interrati di edifici nei comuni contermini.

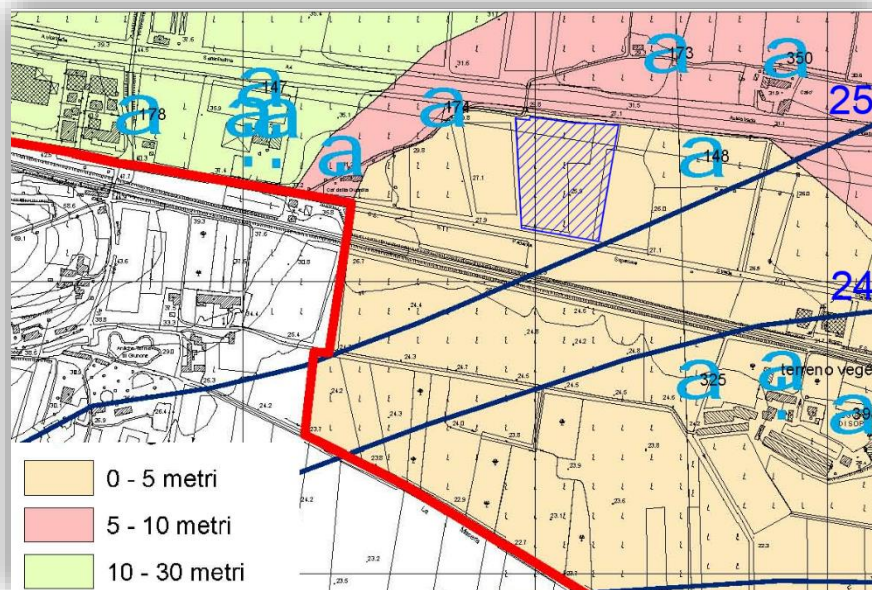


Figura 2-6: Stralcio della Carta Idrogeologica - P.A.T.I. Comune di Colognola ai Colli - 1.10.000

La permeabilità dei materiali superficiali in ragione della loro natura granulometrica con prevalenza di limi e argille si presenta bassa con $k < 10^{-6}$ m/s (R. Lancellotta, 1987).

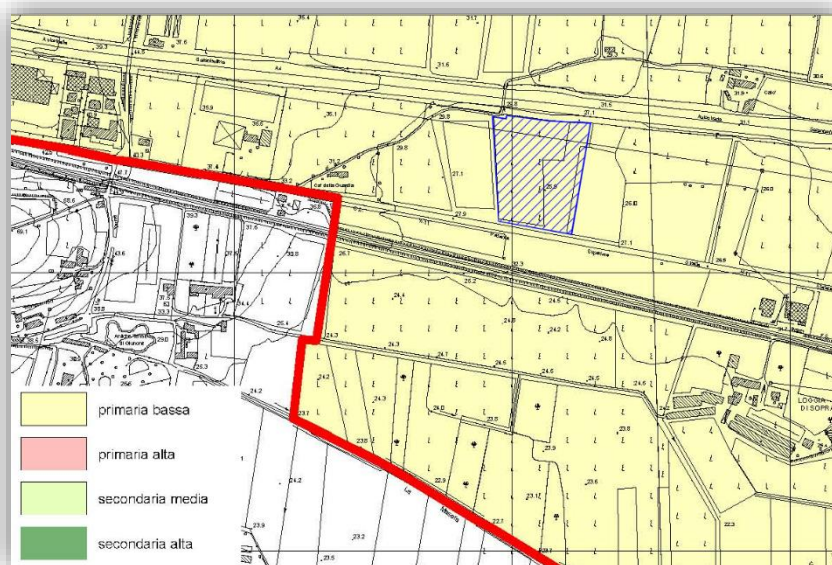


Figura 2-7: Stralcio della Carta della Permeabilità - P.A.T.I. Comune di Colognola ai Colli - 1.10.000

La vulnerabilità della falda, in ragione della bassa soggiacenza della falda, è classificata da alta a elevata.

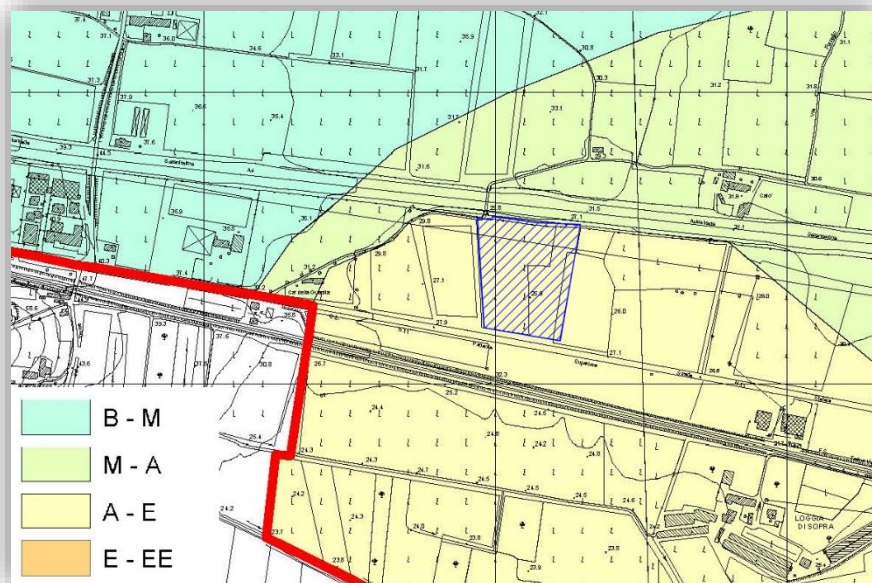


Figura 2-8: Stralcio della Carta Vulnerabilità Intrinseca degli Acquiferi - P.A.T.I. Comune di Colognola ai Colli - 1.10.000

Nella carta dei bacini di bonifica idraulica¹ il lotto ricade nel bacino dello Zerpano ed è servito dalla rete idrica del consorzio.

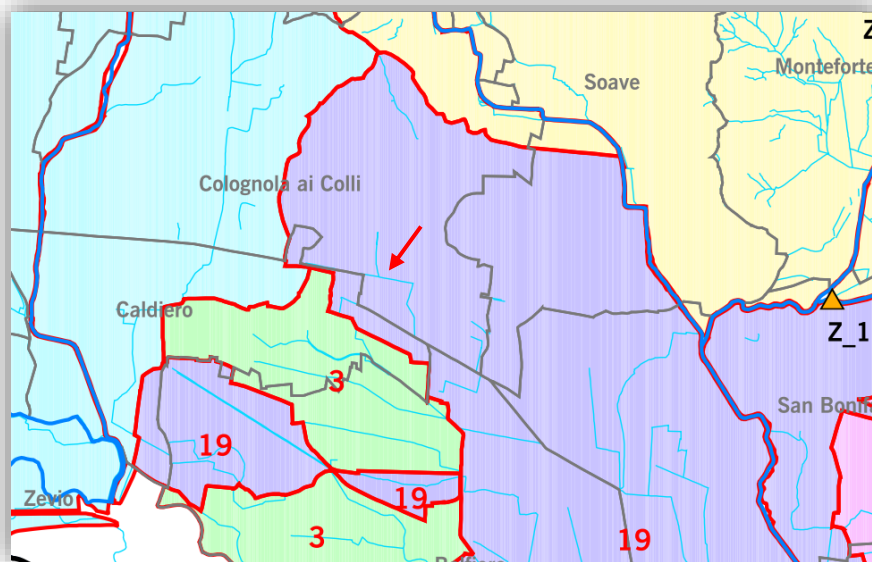


Figura 2-9: Stralcio della carta dei bacini di bonifica idraulica – Tav. 2.7 (Consorzio di Bonifica Alta Pianura Veneta, 2011)

¹ Consorzio di bonifica Alta Pianura Veneta, Piano generale di bonifica e tutela del territorio L.R. 12/2009 art. 23 D.G.R. 102/2010, Bacini di bonifica idraulica, Tav. 2.7, luglio 2011.

L'intera area d'intervento non risulta interessata dalle aree di pericolosità e rischio idraulico così come individuate dall'Autorità di bacino del Fiume Adige.

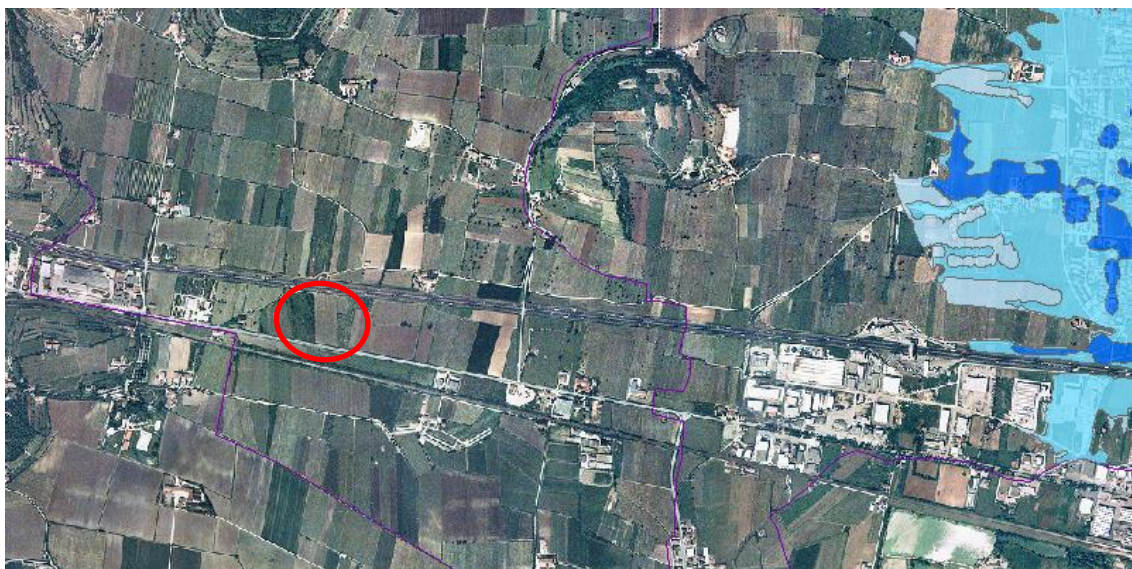


Figura 2-10: Stralcio della Carta Pericolosità Idraulica dell'Autorità di Bacino del Fiume Adige

3.0 VALUTAZIONE DI COMPATIBILITA' IDRAULICA

3.1 Norme e Piani di riferimento

3.1.1 Delibere di Giunta Regionale

La D.G.R.V. n. 1322 del 10/05/2006 definisce le modalità di sviluppo degli studi di compatibilità idraulica e il principio di invarianza idraulica delle trasformazioni del territorio: *"Per trasformazione del territorio a invarianza idraulica si intende la trasformazione di un'area che non provochi un aggravio della portata di piena del corpo idrico ricevente i deflussi superficiali originati dall'area stessa"*.

Nell'allegato A della D.G.R.V. n.2948 del 06/10/2009 *"Modalità operative e indicazioni tecniche"*, si riporta una classificazione degli interventi di trasformazione delle superfici: tale classificazione consente di definire soglie dimensionali in base alle quali si applicano differenti considerazioni in relazione all'effetto atteso dall'intervento.

Classe di intervento	Definizione
Trascurabile impermeabilizzazione potenziale	Intervento su superfici di estensione inferiore a 0,1 ha
Modesta impermeabilizzazione potenziale	Intervento su superfici comprese fra 0,1 e 1 ha
Significativa impermeabilizzazione potenziale	Intervento su superfici comprese fra 1 e 10 ha; interventi su superfici di estensione oltre 10 ha con $Imp < 0,3$
Marcata impermeabilizzazione potenziale	Intervento su superfici superiori a 10 ha con $Imp > 0,3$

Tabella 3-1: Classificazione degli interventi di trasformazione delle superfici

La superficie oggetto di trasformazione è pari a 33.000 mq; secondo la classificazione si tratta di **una significativa impermeabilizzazione potenziale**, dove *"andranno dimensionati i tiranti idrici ammessi nell'invaso e le luci di scarico in modo da garantire la conservazione della portata massima defluente dall'area in trasformazione ai valori precedenti l'impermeabilizzazione"*.

Per l'individuazione e dimensionamento delle misure compensative, l'allegato alla delibera consente:

1. *"In caso di terreni ad elevata capacità di accettazione delle piogge (coefficiente di filtrazione maggiore di 10^{-3} m/s e frazione limosa inferiore al 5%), in presenza di falda freatica sufficientemente profonda e di regola in caso di piccole superfici impermeabilizzate, è possibile realizzare sistemi di infiltrazione facilitata in cui convogliare i deflussi in eccesso prodotti dall'impermeabilizzazione. Questi sistemi, che fungono da dispositivi di re-immissione in falda, possono essere realizzati, a titolo esemplificativo, sotto forma di vasche o condotte disperdenti posizionati negli strati superficiali del sottosuolo in cui sia consentito l'accumulo di un battente idraulico che favorisca l'infiltrazione e la dispersione nel terreno. I parametri assunti alla base del dimensionamento dovranno essere desunti da prove sperimentali. Tuttavia le misure compensative andranno di norma individuate in volumi di invaso per la laminazione di almeno il 50% degli aumenti di portata";*

2. *"Qualora si voglia aumentare la percentuale di portata attribuita all'infiltrazione, fino ad una incidenza massima del 75%, Il progettista dovrà documentare, attraverso appositi elaborati progettuali e calcoli idraulici, la funzionalità del sistema a smaltire gli eccessi di portata prodotti dalle superfici impermeabilizzate rispetto alle condizioni antecedenti la trasformazione, almeno per un tempo di ritorno di 100 anni nei territori di collina e montagna e di 200 anni nei territori di pianura";*
3. *"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 sul terreno, non è necessario prevedere dispositivi di invarianza idraulica in quanto si può supporre ragionevolmente che la laminazione delle portate in eccesso avvenga direttamente sul terreno".*

Essendo in presenza di materiali limo-argillosi dotati di bassa permeabilità, non viene considerata la possibilità di dispersione nel sottosuolo e tutto il volume d'invaso dovrà essere laminato nel corso idrico superficiale.

3.1.2 Variante n. 8 al P.I.

La scheda di piano norma n. 6 prescrive per l'intervento -ATO 11B- di prevedere misure compensative di mitigazione ai fini dell'invarianza idraulica di cui alia D.G.R.V. 2948 del 6 ottobre 2009, tenendo conto delle indicazioni, sviluppate con definizione progettuale a livello preliminare e di studio di fattibilità, nell'allegato B "Prescrizione di Compatibilità Idraulica":

- la portata in uscita dall'area d'intervento non deve superare i 10 l/sec per ettaro di lottizzazione;
- il volume specifico di invaso di laminazione deve essere pari ad almeno 530 mc per ettaro di lottizzazione;
- i parcheggi dovranno essere realizzati su superfici drenanti.

Inoltre, specifica che la progettazione definitiva delle misure compensative deve essere sviluppata nell'ambito del Piano Urbanistico Attuativo e della successiva progettazione esecutiva, verificando le assunzioni preliminari considerate a livello di PI: dove *"La soluzione accertata come ottimale, salvo ulteriori approfondimenti e verifiche in sede di PI, è quella di accumulare le acque dell'intera nuova edificazione in bacini d'invaso per poi convogliarle verso il corso d'acqua il Dugaletta, attualmente disponibile alla ricezione"*².

3.2 **Valutazione di massima piovosità**

Per la stima delle portate massime di progetto, la D.G.R.V. n°2948 del 6 ottobre 2009 specifica che: *"in relazione all'applicazione del principio dell'invarianza idraulica lo studio dovrà essere corredato di analisi pluviometrica con ricerca delle curve di possibilità climatica per durate di precipitazione corrispondenti al tempo di corrvazione critico per le nuove aree da trasformare. Il tempo di ritorno cui fare riferimento viene definito pari a 50 anni"*.

Nel presente studio i dati di pioggia che vengono assunti nei calcoli sono:

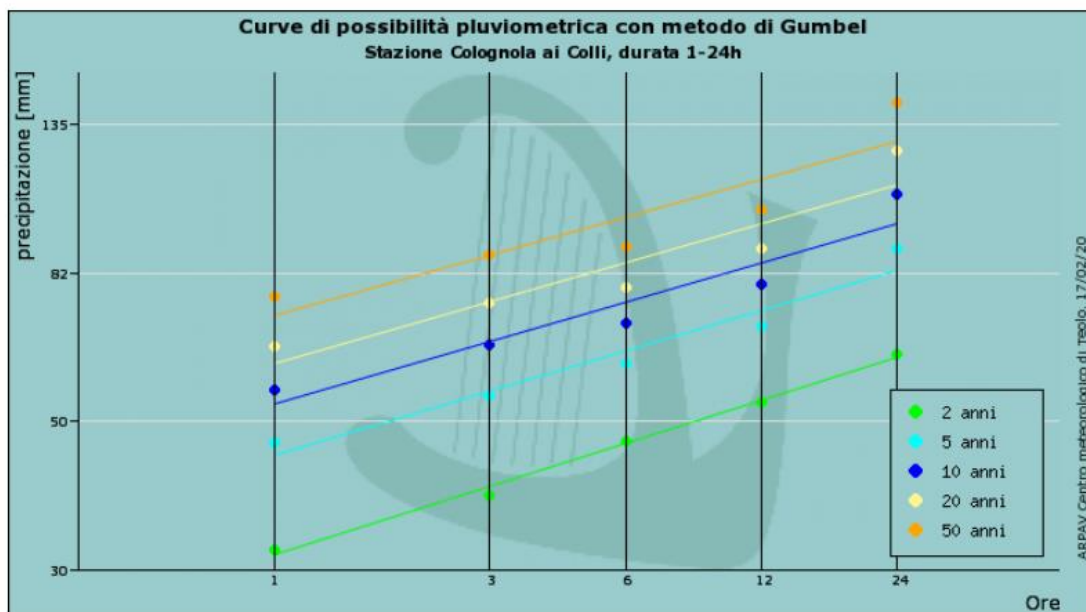
- la serie temporale (2004-2019) tratta dai bollettini dei dati storici per le precipitazioni di massima intensità forniti da ARPAV³ per la stazione di Colognola ai Colli.

² R. Rizzotto - S. Pozzerle, P.A.T.I. comuni di Belfiore Caldiero Colognola ai Colli Lavagno, Relazione di compatibilità idraulica, dicembre 2006, p. 83.

³ ARPAV, Bollettini, Dati storici, Precipitazioni di massima intensità, <https://www.arpa.veneto.it/bollettini/storico/precmax/>

Curve di possibilità pluviometrica per durate 1-24h (espressa in ore)

Stazione	Cognola ai Colli	
Quota	34	m s.l.m.
Coordinata X	1673957	Gauss-Boaga fuso Ovest (EPSG:3003)
Coordinata Y	5032591	
Comune	COGNOLA AI COLLI (VR)	
Inizio attività sensore di pioggia 19/03/2004		
Fine attività sensore di pioggia ancora attivo		



Parametri delle curve di possibilità pluviometriche con durata 1-24h (espressa in ore)		
Tempo di ritorno	a	n
2 anni	31.804	0.210
5 anni	44.417	0.197
10 anni	52.751	0.192
20 anni	60.737	0.188
50 anni	71.068	0.185

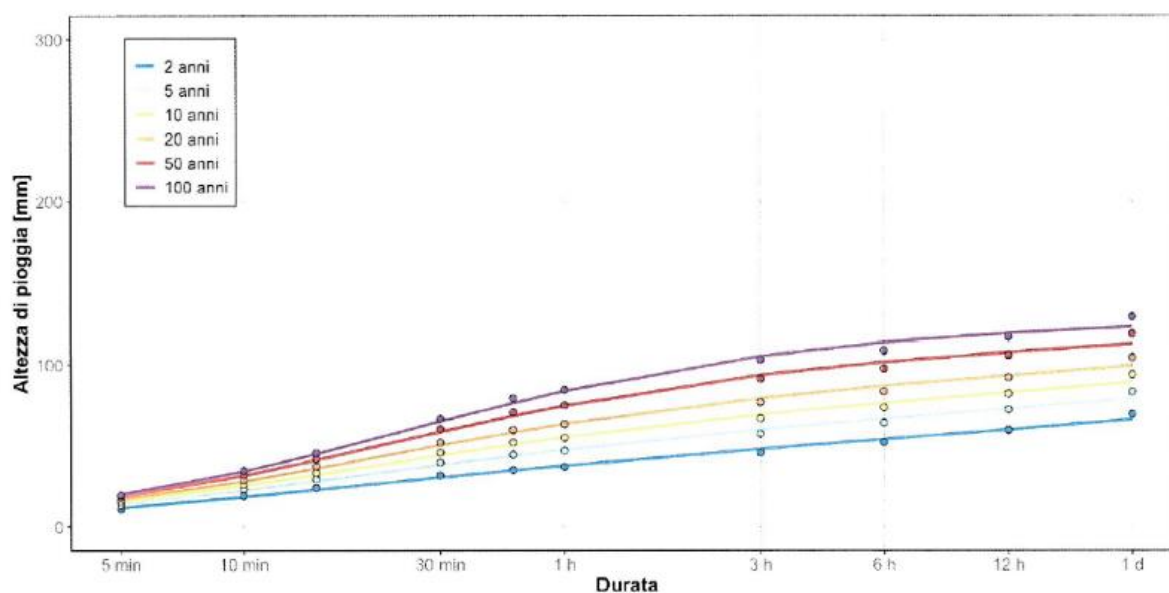
La curva di possibilità pluviometrica è espressa da:

$$h = 71,068 * t^{0.185}$$

- "Analisi regionalizzata delle precipitazioni per l'individuazione di curve segnalatrici di possibilità pluviometrica di riferimento" condotta per conto di ANBI Veneto⁴

Tabella 39. Parametri della curva segnalatrice tri-parametrica per le piogge sub-giornaliere per alcuni valori del tempo di ritorno.

Tr [anni]	a	b	c
2	25.1	10.5	0.866
5	35.8	12.5	0.890
10	46.1	14.4	0.908
20	59.0	16.6	0.927
30	68.1	18.0	0.938
50	81.6	20.1	0.954
100	104.9	23.2	0.976
200	135.9	26.8	1.001



La curva di possibilità pluviometrica è espressa da:

$$h = \frac{81.6}{(t + 20.1)^{0.954}} * t$$

⁴ Studio condotto dalla I4consulting di Padova, p.35.

3.3 Valutazione del coefficiente di deflusso

Individuata l'intensità di precipitazione massima, si deve stimare quale frazione di essa viene raccolta dalla rete di collettori, frazione individuata dal coefficiente di deflusso ϕ .

Il coefficiente di deflusso è inteso come il rapporto tra il volume defluito attraverso un'assegnata sezione in un definitivo intervallo di tempo e il volume meteorico precipitato nell'intervallo stesso.

I due fattori principali che lo influenzano sono:

- il grado di impermeabilità della superficie scolante (coefficiente di impermeabilità f_1);
- il tempo che impiega l'acqua di precipitazione ad arrivare dal punto più lontano idraulicamente al punto di arrivo considerato (coefficiente di ritardo Ψ) e quindi funzione della pendenza media e dell'estensione del bacino.

La DGRV n.2948/2009 propone i seguenti coefficienti deflusso riferiti ad un'ora ($\Psi=1,0$).

Aree agricole	0,1
Aree verdi	0,2
Aree semipermeabili	0,6
Aree impermeabili	0,9

Tabella 3-2: Coefficienti di deflusso ϕ

Il valore medio del coefficiente relativo ad aree caratterizzate da differenti valori di ϕ si ottiene con una media ponderale:

$$\varphi = \sum \phi_i S_i / \sum S_i$$

Il P.U.A. prevede la seguente ripartizione delle superfici:

Tabella 3-3: Ripartizione delle superfici

RIPARTIZIONE SUPERFICI				
DESTINAZIONI	SUPERFICI		TOTALE	TOTALE
LOTTO	L1	mq 13.290	} mq 25.913	mq 25.913
LOTTO	L2	mq 12.623		
VERDE	V1	mq 568	} mq 2.675	} mq 4.379
	V2	mq 268		
	V3	mq 1.565		
	V4	mq 274		
PARCHEGGI	P1	mq 1.704	mq 1.704	
CABINA ENEL	C.E.	mq 38	mq 38	mq 38
PIAZZOLA RIFIUTI (R.S.U.)		mq 13	mq 13	mq 13
VIABILITA'		mq 2.657	mq 2.657	mq 2.657
TOTALE		mq 33.000	mq 33.000	mq 33.000

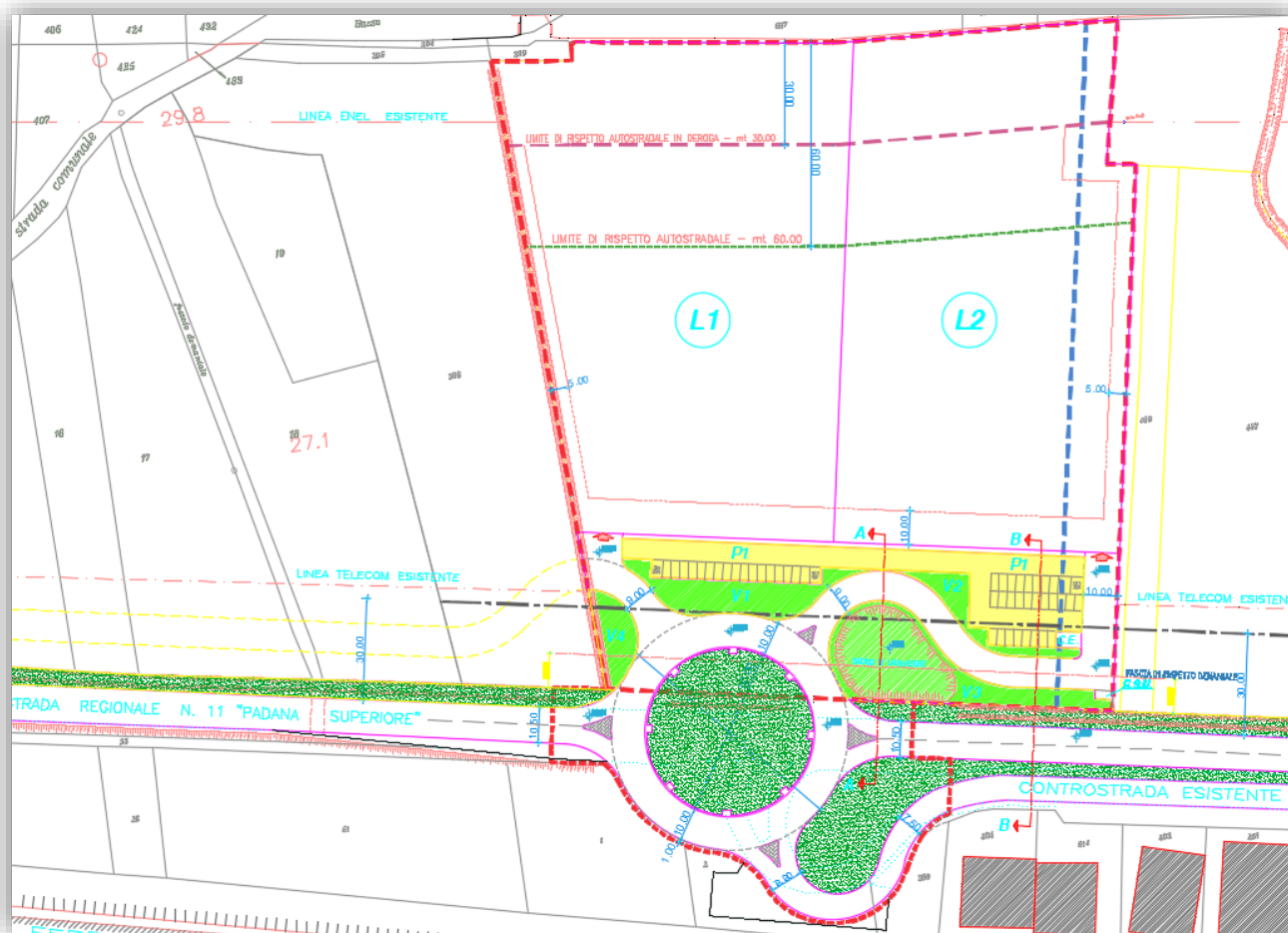


Figura 3-1: Planimetria di progetto

3.3.1 Calcolo del coefficiente di deflusso

Il fosso consortile Dugaletta di Colognola, individuato per lo scarico delle acque bianche, scorrere lungo il confine meridionale d'intervento con direzione est.

Il coefficiente di deflusso medio delle opere di urbanizzazione è stato calcolato considerando:

- strade, marciapiedi, piazzali e parcheggi impermeabili;
- aree verdi permeabili.

Il coefficiente di afflusso medio, dato dalla media ponderale dei coefficienti assegnati per ciascuna destinazione, risulta pari a:

Tabella 3-4: Coefficiente di deflusso medio delle opere di urbanizzazione

Destinazione d'uso	Superficie [ha]	Coefficiente di deflusso
Strade ed aree pavimentate impermeabili	0,2657	0,9
Superfici coperte da edifici, piazzali, marciapiedi	0,0051	0,9
Superfici a parcheggio pavimentato	0,1704	0,9
Superfici a verde	0,2675	0,2
Aree agricole	0,0000	0,1
Altro (parcheggi con grigliati semipermeabili, strade in terra battuta)	0,0000	0,6
TOT.	0,7087	
Coefficiente di deflusso medio		0,6358

Essendo l'intervento in area di primaria tutela degli acquiferi (PTRC 2020), in deroga con le prescrizioni di compatibilità idraulica della Variante n.8 al P.I., i parcheggi non vengono realizzati con pavimentazione in grigliato: trattandosi di un'area produttiva vi è la presenza di mezzi pesanti con il potenziale rischio di sversamenti accidentali di sostanze pericolose che potrebbero inquinare la falda⁵.

3.4 Metodo per la stima delle portate massime o di progetto

Tra i modelli di tipo analitico/concettuale di trasformazione afflussi-deflussi la DGRV fa riferimento a tre che trovano ampia diffusione in ambito internazionale e nazionale:

- il *Metodo Razionale*, che rappresenta nel contesto italiano la formulazione sicuramente più utilizzata a livello operativo;
- il metodo Curve Numbers proposto dal Soil Conservation Service (SCS) americano [1972] ora Natural Resource Conservation Service (NRCS);
- il metodo dell'invaso.

L'Allegato alla DGRV consiglia di produrre stime delle portate con più metodi diversi e considerare ai fini delle decisioni i valori più cautelativi o comunque ritenuti appropriati dal progettista in base alle opportune considerazioni caso per caso.

Come da prescrizione del Consorzio di Bonifica Alta Pianura Veneta si adotta uno scarico massimo di 5 l/s per ettaro nella Dugaletta di Colognola.

⁵ Come indicato dalla nota n. 699 del 26/01/2022 dal Consorzio di Bonifica Alta Pianura Veneta e chiarito dal Dott. For. Enrico Berdin con mail del 16/02/2022.

3.4.1 Metodo razionale

Il metodo presume che l'onda entrante dovuta alla precipitazione piovosa $Q_e(t)$ nell'invaso di laminazione è un'onda rettangolare avente durata D e portata costante Q_e : pari al prodotto dell'intensità media di pioggia - dedotta dalla curva di possibilità pluviometrica valida per l'area oggetto di calcolo in funzione della durata di pioggia -, per la superficie scolante impermeabile dell'intervento afferente all'invaso. Conseguentemente l'onda entrante nell'invaso coincide con la precipitazione piovosa sulla superficie scolante impermeabile dell'intervento. La portata costante entrante è quindi pari a:

$$Q_e = S * \varphi * a * D^{n-1}$$

e il volume di pioggia complessivamente entrante è pari a:

$$W_e = S * \varphi * a * D^n$$

con:

- ϕ coefficiente di deflusso medio ponderale;
- S superficie del bacino;
- $a * D^n$ curva di possibilità pluviometrica;

Il volume in uscita dal sistema nello stesso intervallo sarà:

$$W_u = S * u_{IMP} * D$$

con:

- u_{IMP} è la portata specifica limite ammissibile allo scarico.

il volume massimo ΔW che deve essere trattenuto nell'invaso di laminazione al termine dell'evento di durata generica D (invaso di laminazione) è pari a:

$$\Delta W = W_e - W_u$$

Si tratta ora di trovare la durata di pioggia D_w che massimizza il volume invasato derivando l'espressione precedente.

Quindi la condizione di massimo è così espressa:

$$D_w = \left(\frac{Q_{u,lim}}{S * \varphi * a * n} \right)^{\frac{1}{n-1}}$$

con:

- $Q_{u,lim}$ è la portata imposta allo scarico.

E quindi il volume di laminazione W_0 da assegnare al sistema d'invaso sarà:

$$W_0 = S * \varphi * a * D_w^n - Q_{u,max} * D_w^n$$

3.4.2 Metodo dell'invaso

Il coefficiente udometrico "u" è inteso come il contributo specifico per unità di superficie ed è stimato alla luce della portata massima e della superficie contribuente da urbanizzare.

Il metodo dell'invaso tratta il moto vario in modo semplificato assumendo come equazione del moto quella del moto uniforme e modella il processo con l'equazione dei serbatoi per simulare concettualmente l'effetto dell'invaso.

Brevemente nel seguito saranno richiamate le equazioni generali riferite al metodo dell'invaso in sistemi di reti chiuse ed aperte assumendo che per una adeguata stima del coefficiente udometrico si deve ritenere che il tempo di riempimento dell'invaso sia pari alla durata utile dell'evento meteorico.

La trattazione teorica e lo sviluppo matematico per la derivazione delle suddette equazioni è estesamente approfondita è riportata in Da Deppo e Datei (2005)⁶ da cui sono tratte.

COEFFICIENTE UDOMETRICO - Sezioni idrauliche chiuse

$$u = \left(\frac{K_c}{\nu_0} \right)^{(1-n)/n} \text{ espresso in [l/s/ha]} \quad (\text{equazione A})$$

dove K_c :

$$K_c = \left(\frac{10 \cdot \varphi \cdot a}{\varepsilon \cdot 3,6^n} \right)^{1/(1-n)} \frac{1}{\ln \frac{\varepsilon}{\varepsilon - 1}}$$

e dove:

ν_0 = Volume specifico di invaso in rete o totale [m³/ha];

φ = coefficiente di afflusso medio per l'area contribuente [-];

ε = rapporto tra la portata meteorica in afflusso e la portata, massima di riempimento del sistema, che per valori di n compresi tra 0,25 e 0,50 si può approssimativamente stimare con la seguente relazione: $\varepsilon = 3,94 - 8,21 \cdot n + 6,23 \cdot n^2$;

a ed n = coefficienti della curva di possibilità pluviometrica in cui a [mm/oraⁿ] ed n [-].

COEFFICIENTE UDOMETRICO - Sezioni idrauliche aperte

$$u = 24 \cdot (26 \cdot \alpha + 66) \cdot n \frac{(\varphi \cdot a)^{1/n}}{\nu_0^{(1-n)/n}} \text{ espresso in [l/s/ha]}$$

con α maggiore di 1 (α = scala delle portate che per sezioni aperte può essere assunto pari a 1,5)

con $\alpha = 1$ come per i condotti chiusi;

⁶ L. Da Deppo e C. Datei, FOGNATURE, Libreria Internazionale Cortina, Padova; quinta edizione (2005)

$$u \approx 2000 \cdot n \frac{(\varphi \cdot a)^{1/n}}{v_0^{(1-n/n)}} \text{ espresso in [l/s/ha]} \quad (\text{equazione B})$$

e dove:

v_0 = Volume specifico di invaso in rete o totale [m³/ha];

φ = coefficiente di afflusso medio per l'area contribuyente [-];

a ed n = coefficienti della curva di possibilità pluviometrica in cui a [mm/oraⁿ] ed n [-].

I suddetti volumi di invaso sono stati stimati con u foglio di calcolo predisposto dallo scrivente che implementa il suddetto metodo.

3.5 Stima dei volumi di invaso

Con i dati di pioggia tratti dai bollettini dei dati storici per le precipitazioni di massima intensità forniti da ARPAV⁷ per la stazione di Colognola ai Colli, i volumi specifici e di progetto sono:

Opere di urbanizzazione								
	Sup. (mq)	Φ	Φ medio	μ (l/s/ha)	Metodo invaso		Metodo razionale	
					V. specifico (mc/ha)	V. progetto (mc)	V. specifico (mc/ha)	V. progetto (mc)
Viabilità	2.657	0,90	0,64	5	600	425	579	410
Parcheggi (P1)	1.704	0,90						
Verde (V1, V2, V3, V4)	2.675	0,20						
Cabina ENEL, piazzola RSU	51	0,90						
Superficie totale:	7.087							

I volumi calcolati con il metodo dell'invaso risultano i più cautelativi.

Con i dati di pioggia tratti dall' "Analisi regionalizzata delle precipitazioni per l'individuazione di curve segnalatrici di possibilità pluviometrica di riferimento" condotta per conto di ANBI Veneto, i volumi calcolati con il metodo razionale⁸ sono:

Opere di urbanizzazione								
	Sup. (mq)	Φ	Φ medio	μ (l/s/ha)	Metodo invaso		Metodo razionale	
					V. specifico (mc/ha)	V. progetto (mc)	V. specifico (mc/ha)	V. progetto (mc)
Viabilità	2.657	0,90	0,64	5			577	409
Parcheggi (P1)	1.704	0,90						
Verde (V1, V2, V3, V4)	2.675	0,20						
Cabina ENEL, piazzola RSU	51	0,90						
Superficie totale:	7.087							

I volumi calcolati con le due curve di possibilità pluviometrica sono uguali.

Il volume specifico calcolato per le strade e parcheggi, con il metodo dell'invaso (più cautelativo), risulta inferiore a quello prescritto dalla nota consortile: 920 mc/ha < 1.000 mc/ha.

Opere di urbanizzazione								
	Sup. (mq)	Φ	Φ medio	μ (l/s/ha)	Metodo invaso		Metodo razionale	
					V. specifico (mc/ha)	V. progetto (mc)	V. specifico (mc/ha)	V. progetto (mc)
Viabilità	2.657	0,90	0,90	5	920	406		
Parcheggi (P1)	1.704	0,90						
Cabina ENEL, piazzola RSU	51	0,90						
Verde (V1, V2, V3,V4)	2.675	0,20	0,20	5	146	39		
Superficie totale:	7.087							

Assumendo il volume specifico di 1.000 mc/ha per le strade e parcheggi il volume d'invaso di progetto, delle opere di urbanizzazione, risulta di 480 mc con volume specifico di 677 mc/ha.

⁷ ARPAV, Bollettini, Dati storici, Precipitazioni di massima intensità, <https://www.arpa.veneto.it/bollettini/storico/precmax/>

⁸ In questo caso non si è applicato il metodo d'invaso: perché non si dispongono i parametri della curva segnalatrice bi-parametrica per le durate sub-giornaliere.

4.0 MISURE DI MITIGAZIONE

Nella scelta degli interventi di mitigazione idraulica si fa riferimento a quanto raccomandato nella relazione e nelle prescrizioni relative alla valutazione di compatibilità idraulica del P.A.T.I.⁹, a eccezione delle aree a parcheggio dove non si prevede la pavimentazioni in grigliato: trattandosi di zona industriale, con passaggio di mezzi pesanti, in area di primaria tutela degli acquiferi (PTRC 2020).

Il volume d'acqua da laminare verso il canale consortile, pari a 480 mc, verrà raccolto all'interno di un bacino di laminazione ricavato all'interno del braccio NE della rotatoria sulla S.R.11. Le dimensioni del bacino dovranno consentire un tirante idraulico massimo di un metro e un franco di sicurezza di almeno mezzo metro. Le luci di scarico dovranno limitare la portata specifica massima defluente a 5 l/s per ha.

Nel progetto delle opere idrauliche si dovrà tenere conto della debole soggiacenza della falda (vedi cap.2.4): perché la falda pregiudica la capacità d'invaso del sistema e in particolare quella dei bacini di laminazione.

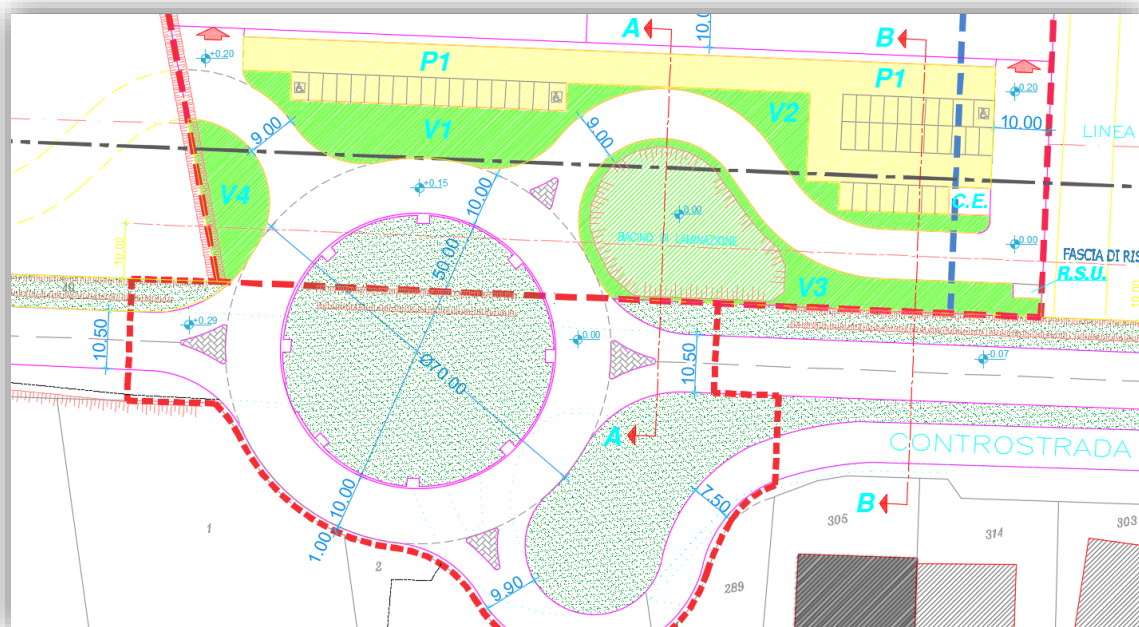


Figura 4-1: Ubicazione del bacino di laminazione

⁹ R. Rizzotto - S. Pozzerle, op. cit., p. 83.

5.0 CONCLUSIONI

Nel presente studio si sono calcolati i volumi d'invaso atti a garantire l'invarianza idraulica delle opere di urbanizzazione: così come definitivo nella D.G.R.V. n.1322 del 10/05/2006 e prescritto nella nota del Consorzio n. 699 del 26/01/2022.

Per la scelta delle misure di mitigazione idraulica si è tenuto conto di quanto raccomandato e prescritto sia nelle delibere regionali sia negli studi specialistici allegati al P.A.T.I. comunale.

Gli elaborati esecutivi delle opere idrauliche dovranno recepire le prescrizioni della nota consortile n. 699 del 26/01/2022.

6.0 BIBLIOGRAFIA

Da Deppo L. – Datei C., Fognature, Libreria Internazionale Cortina, Padova, quinta edizione (2005).

Rizzotto R. – Pozzerle S., P.A.T.I. comuni di Belfiore Caldiero Colognola ai Colli Lavagno, Relazione di compatibilità idraulica, dicembre 2006.

Rizzotto R. et al., P.A.T.I. comuni di Belfiore Caldiero Colognola ai Colli Lavagno, Relazione geologica, gennaio 2007.

7.0 ALLEGATI

7.1 Risultati metodo d'invaso (dati pioggia ARPAV)

PROVINCIA DI VERONA
COLOGNOLA AI COLLI
P.U.A. Cà della Guardia

OPERE DI URBANIZZAZIONE

PROGETTO

ϕ medio	0,64	} curva di possibilità pluviometrica (Tr ₅₀)
a (mm)	71,07	
n (-)	0,185	
ε	2,634372	
S	0,7087	ha superficie oggetto della variante (ettari)

u 5 l/s/ha allo stato attuale

Kc 863,6409

a) Volume di invaso specifico di progetto come da stima

v ₀	599,3373 m ³ /ha	Volume di invaso specifico per assicurare un coefficiente udometrico pari ad "u"
v ₀ /2	m ³ /ha	Volume di invaso in caso di possibilità di infiltrazione

- ☒ impossibilità di infiltrazione nel sottosuolo
☐ possibilità di infiltrare nel sottosuolo

b) Volume di invaso di progetto stimato a partire dai valori definiti al punto a)

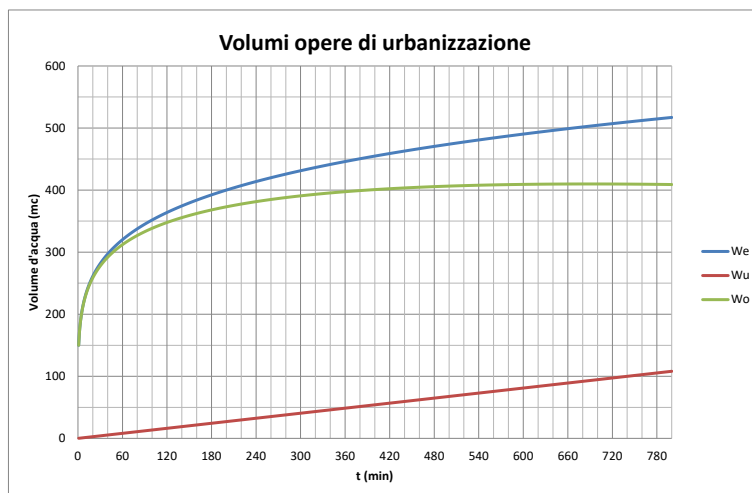
V	424,7504 m ³	volume di invaso richiesto per la invarianza rispetto al valore "u"
V/2	m ³	volume di invaso con "u" stimato per possibilità a disperdere nel sottosuolo

VERIFICA volumi di progetto

V _i	425 m ³	invaso da progettare e realizzare	imposto nel progetto
v _p	599,6896 m ³ /ha	invaso specifico reale sull'area in esame	verificato
u _a	4,987074 l/s/ha	coefficiente udometrico reale in uscita (equazione A)	verificato
u _a	4,803656 l/s/ha	coefficiente udometrico reale in uscita (equazione B)	verificato
v ₀ /v _p	1,00		verificato

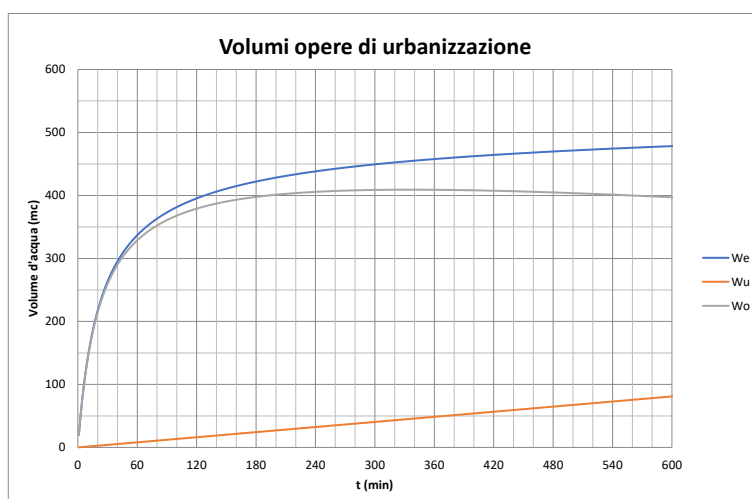
7.2 Risultati metodo razionale (dati pioggia ARPAV)

VOLUME DI LAMINAZIONE W_0 - OPERE DI URBANIZZAZIONE		$Q_{u,lim}$ (l/s)	D_w (h)	W_e (mc)	W_u (mc)	W_0 (mc)
ϕ	0,64	2,25	11,5	503	93	410
S (ha)	0,7087					
a (mm/h)	71,068					
n	0,185					
u (l/s/ha)	5					



7.3 Risultati metodo razionale (dati pioggia ANBI Veneto)

VOLUME DI LAMINAZIONE W_0 - OPERE DI URBANIZZAZIONE		$Q_{u,lim}$ (l/s)	D_w (')	W_e (mc)	W_u (mc)	W_0 (mc)
ϕ	0,64	2,31	336	454	45	409
S (ha)	0,7087					
a	81,6					
b	20,1					
n	0,954					
u (l/s/ha)	5					



7.4 Risultati metodo d'invaso per strade e parcheggi (dati pioggia ARPAV)

PROVINCIA DI VERONA
COLOGNOLA AI COLLI
P.U.A. Cà della Guardia

STRADE E PARCHEGGI

PROGETTO

ϕ medio	0,90	} curva di possibilità pluviometrica (Tr ₅₀)
a (mm)	71,07	
n (-)	0,185	
ε	2,634372	
S	0,4412 ha	superficie oggetto della variante (ettari)

u 5 l/s/ha allo stato attuale

Kc 1322,9

a) Volume di invaso specifico di progetto come da stima

v ₀	918,0476 m ³ /ha	Volume di vasca specifico per assicurare un coefficiente udometrico pari ad "u"
v ₀ /2	m ³ /ha	Volume di vasca in caso di possibilità di infiltrazione

- ☒ impossibilità di infiltrazione nel sottosuolo
☐ possibilità di infiltrare nel sottosuolo

b) Volume di invaso di progetto stimato a partire dai valori definiti al punto a)

V	405,0426 m ³	volume di vasca richiesto per la invarianza rispetto al valore "u"
V/2	m ³	volume di vasca con "u" stimato per possibilità a disperdere nel sottosuolo

VERIFICA volumi di progetto

V _i	406 m ³	invaso da progettare e realizzare	imposto nel progetto
v _p	920,2176 m ³ /ha	invaso specifico reale sull'area in esame	verificato
u _a	4,948267 l/s/ha	coefficiente udometrico reale in uscita (equazione A)	verificato
u _a	4,766275 l/s/ha	coefficiente udometrico reale in uscita (equazione B)	verificato
v ₀ /v _p	1,00		verificato

7.5 Risultati metodo d'invaso per aree verdi (dati pioggia ARPAV)

PROVINCIA DI VERONA
COLOGNOLA AI COLLI
P.U.A. Cà della Guardia

VERDE (V1, V2, V3,V4)

PROGETTO

ϕ medio	0,20	} curva di possibilità pluviometrica (Tr ₅₀)
a (mm)	71,07	
n (-)	0,185	
ε	2,634372	
S	0,2675	ha superficie oggetto della variante (ettari)

u 5 l/s/ha allo stato attuale

Kc 208,9486

a) Volume di invaso specifico di progetto come da stima

v ₀	145,0032 m ³ /ha	Volume di vasca specifico per assicurare un coefficiente udometrico pari ad "u"
v ₀ /2	m ³ /ha	Volume di vasca in caso di possibilità di infiltrazione

- ☒ impossibilità di infiltrazione nel sottosuolo
☐ possibilità di infiltrare nel sottosuolo

b) Volume di invaso di progetto stimato a partire dai valori definiti al punto a)

V	38,78835 m ³	volume di vasca richiesto per la invarianza rispetto al valore "u"
V/2	m ³	volume di vasca con "u" stimato per possibilità a disperdere nel sottosuolo

VERIFICA volumi di progetto

V _i	39 m ³	invaso da progettare e realizzare	imposto nel progetto
v _p	145,7944 m ³ /ha	invaso specifico reale sull'area in esame	verificato
u _a	4,881559 l/s/ha	coefficiente udometrico reale in uscita (equazione A)	verificato
u _a	4,702021 l/s/ha	coefficiente udometrico reale in uscita (equazione B)	verificato
v ₀ /v _p	1,01		verificato