



*Intervento di ampliamento dello stabilimento
di Corte Tegge a Cavriago*

- via Lama 2/A -

RELAZIONE di COMPATIBILITA' IDRAULICA



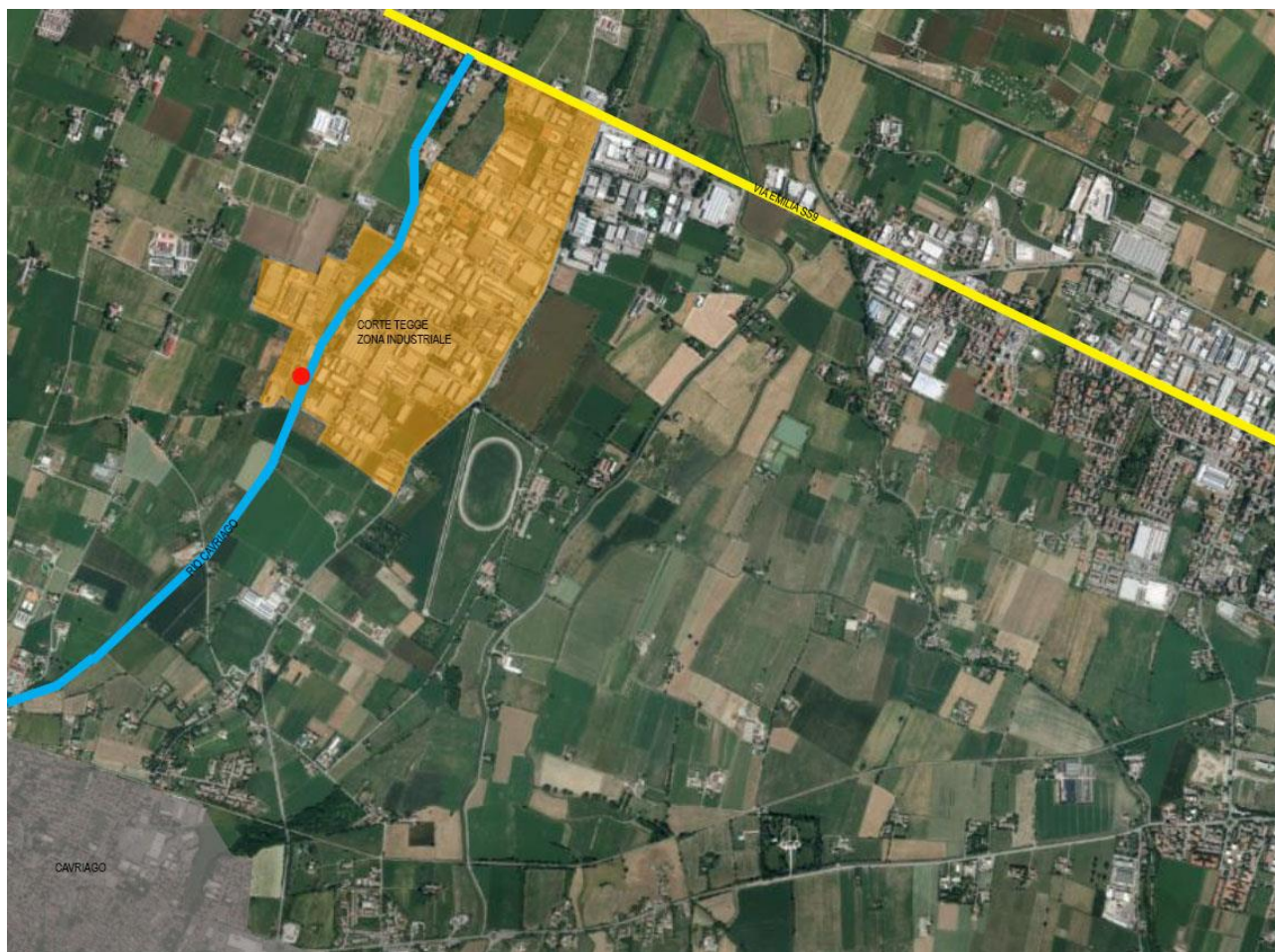
PROGETTISTA: ING. FERNANDO SASSI

PROVINCIA DI REGGIO EMILIA
COMUNE DI CAVRIAGO

INDICE

INQUADRAMENTO TERRITORIALE	3
PGRA	5
CALCOLO DELLE PORTATE METEORICHE	7
LAMINAZIONE	12
CONSIDERAZIONI SULLA LAMINAZIONE	12
MODALITA' DI SCAVO, POSA, RINFIANCO E RINTERRO	13
MANUFATTI	14
NORMATIVA	14
<i>ALLEGATI</i>	16

INQUADRAMENTO TERRITORIALE



● AREA DI INTERVENTO

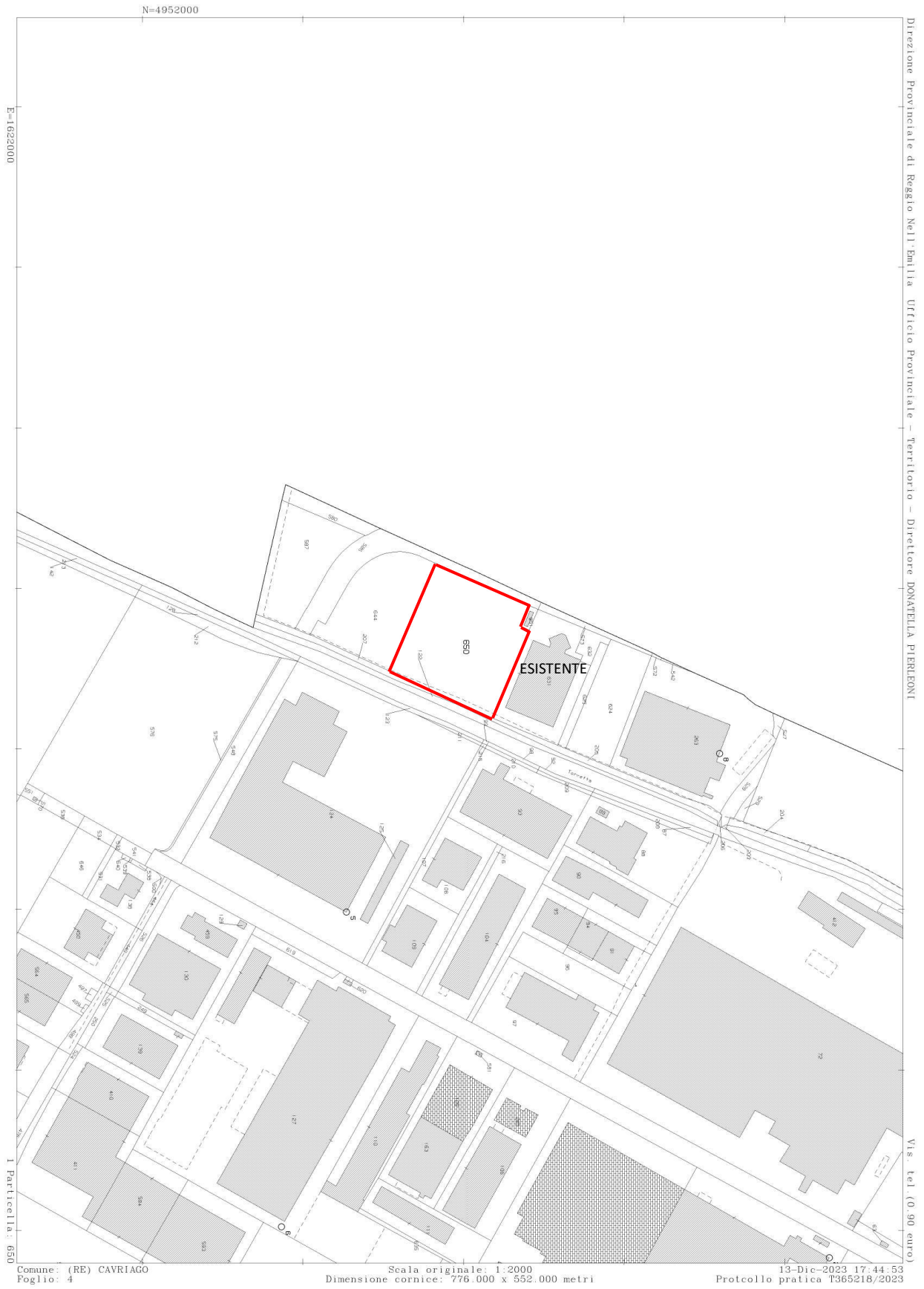
L'area di intervento è localizzata all'interno della zona industriale di Corte Tegge, tra l'infrastruttura viaria della via Emilia ed il centro del Comune di Cavriago, in un contesto di pianura. Vicino scorre il Rio Cavriago.

Si tratta dell'ampliamento di un immobile esistente, per il quale nel 2014 era stata ottenuta autorizzazione allo scarico.

I dati catastali di riferimento sono: Foglio 4, mappale 631 (fabbricato esistente) e 650 (area di intervento).

Nel seguito della relazione si riporta analisi del calcolo delle portate e del volume di laminazione realizzati in analogia con quanto eseguito nel 2014.

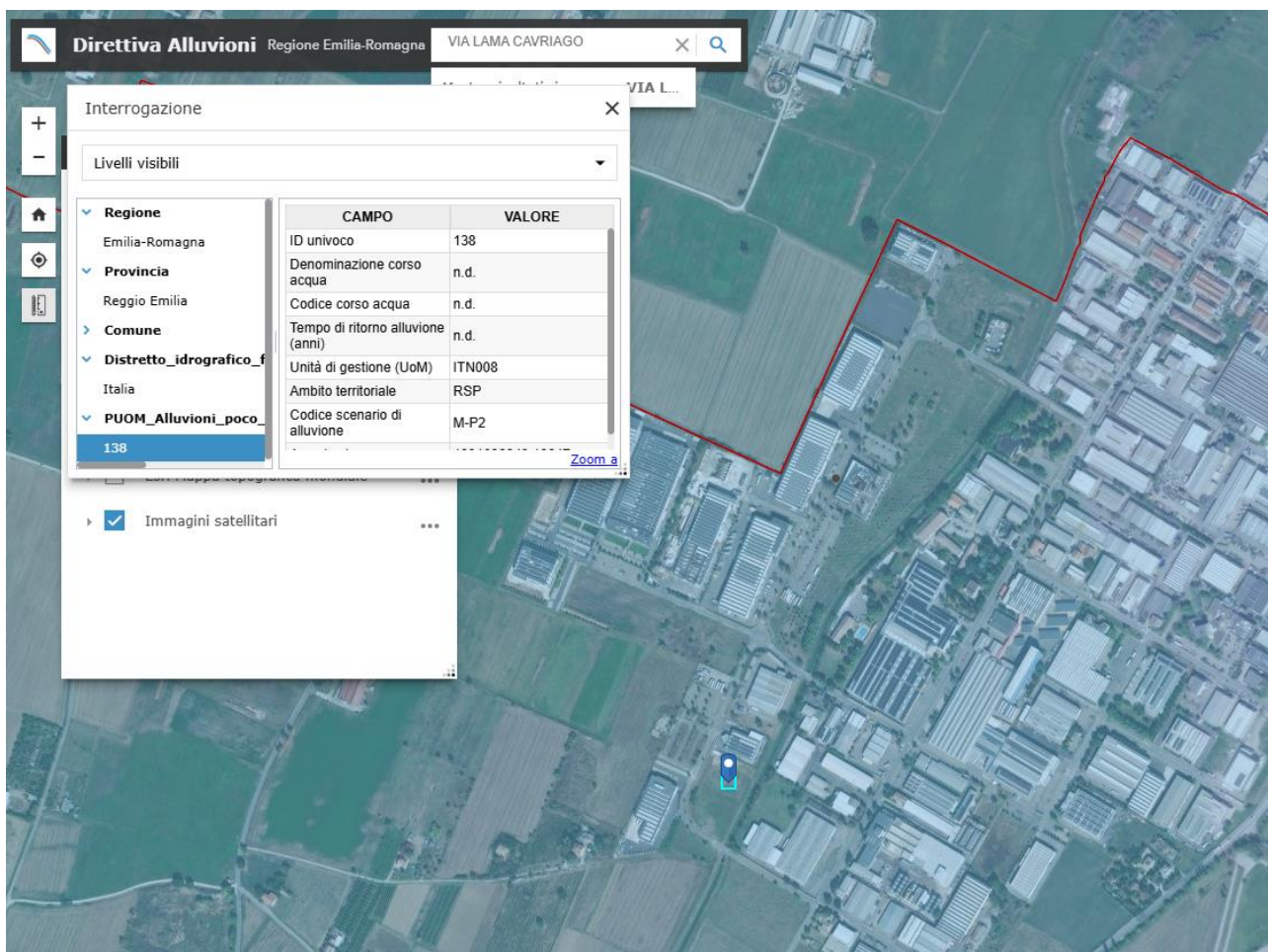
In particolare si evidenzia che la richiesta del Consorzio di Bonifica dell'Emilia Centrale di una portata massima pari a 8 l/s per ettaro di superficie territoriale pare di difficile attuazione in quanto si è in presenza di un singolo lotto avente una superficie fondiaria pari a 5052 mq; desumere una superficie territoriale per il calcolo della portata ammissibile da quella fondiaria pare una astrazione complessa e di difficile attuazione, ma nelle considerazioni di pag. 10 si ipotizza un raffronto.



PGRA

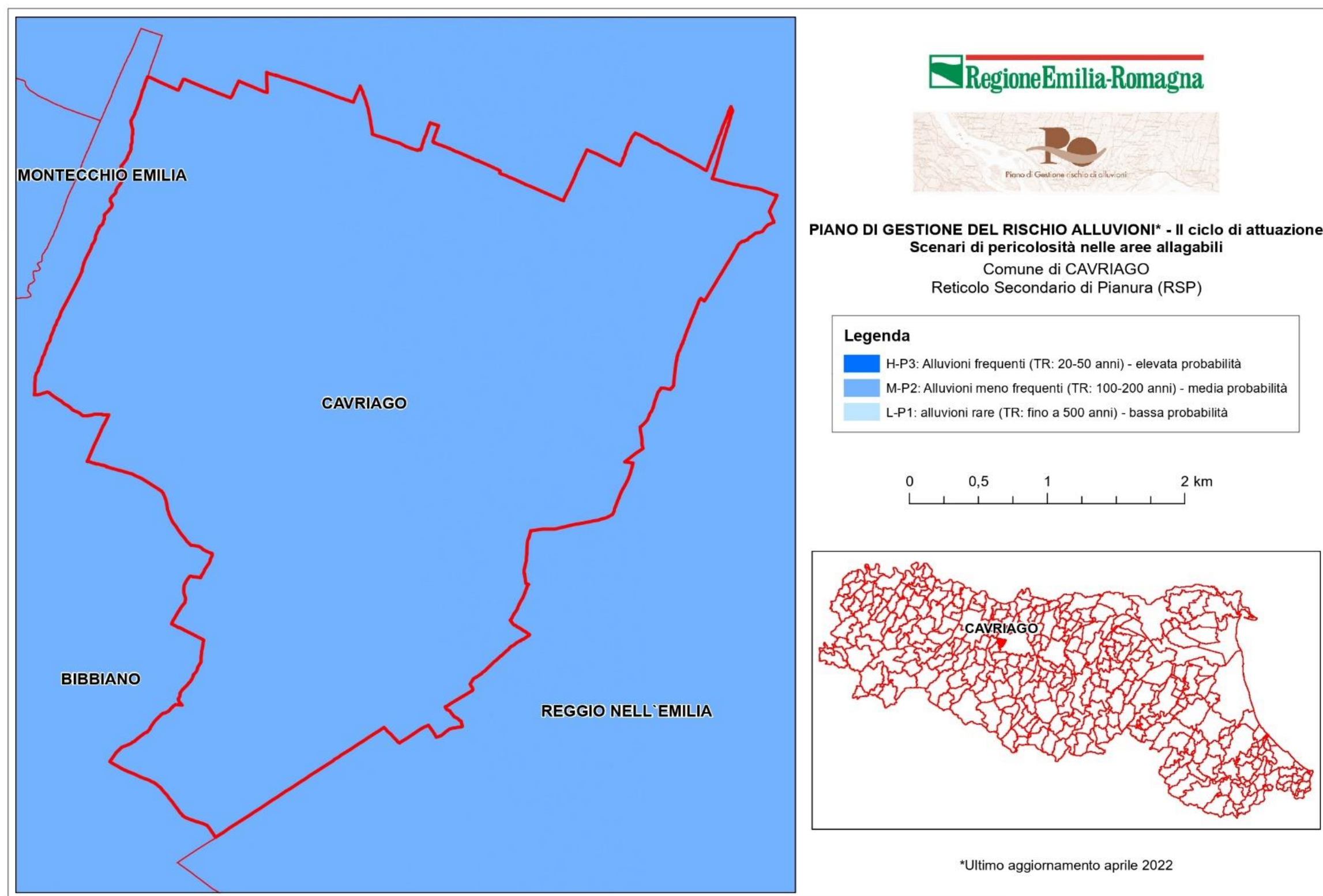
Si riporta:

- Immagine desunta dalla cartografia interattiva:



- Tavola del PGRA del Comune di Cavriago:

L'intero territorio del comune di Cavriago rientra nello scenario di pericolosità P2 (alluvioni poco frequenti con tempo di ritorno 100-200 anni)



CALCOLO DELLE PORTATE METEORICHE

La stima delle portate meteoriche addotte dalle superfici urbane ai recapiti è stata effettuata con procedimenti basati sulla formula razionale o su modelli ad essa equivalenti:

$$Q = u \bullet A \bullet \phi \quad (1)$$

ove ϕ è il coefficiente d'assorbimento medio ponderale del bacino di area $A[\text{ha}]$ sotteso dalla sezione di calcolo, $Q[\text{l/s}]$ è la portata di dimensionamento, u è il coefficiente udometrico $[\text{l/s.ha}]$ in caso di perdite nulle.

Nella moderna interpretazione della (1) si ritiene opportuno applicare la metodologia descritta ed adottata dalla Regione Lombardia nell'ambito del Piano Regionale di Risanamento delle Acque in cui viene fornita una opportuna tabella per la valutazione del coefficiente u/a in funzione della costante temporale K del bacino sotteso e dell'esponente n della curva di possibilità pluviometrica espressa nella forma:

$$h = a \bullet t^n \quad (2)$$

rappresentativa del regime pluviometrico della zona in esame.

I valori del coefficiente u/a della suddetta tabella, di cui se ne allega debita copia alla presente relazione (Tabella 1), sono stati ricavati adottando uno ietogramma sintetico ad intensità variabile (tipo Chicago) ed il modello dell'invaso lineare con valore K della costante temporale.

Dal punto di vista operativo si è così proceduto:

1. Scelta del tempo di ritorno T a cui riferire l'evento meteorico di sollecitazione del sistema; nel caso specifico, viste le caratteristiche e l'importanza dell'opera viene adottato $T=10$ anni.

2. Valutazione della curva di possibilità pluviometrica (2) caratterizzante la zona in esame e riferita al tempo di ritorno $T=10$ anni. A tale proposito è da osservare che l'esponente n generalmente assume valori differenti al variare della durata t della pioggia; nella predisposizione della Tabella 1 riportata è stato tenuto conto di ciò calcolando il coefficiente u in funzione di curve di possibilità pluviometrica caratterizzate da un unico valore di a e di due esponenti n_1 e n_2 , indicati nella tabella stessa, validi rispettivamente per le durate inferiori e superiori all'ora.

Le linee segnalatrici prese a riferimento nel presente lavoro sono quelle ufficiali allegate al RUE di Parma, datato 2021, con elaborazione di dati pluviometrici fino al 2017, la più aggiornata disponibile nei dintorni della zona di interesse. Da tale pubblicazione si evince che per un tempo di ritorno $T=10$ anni i coefficienti a ed n valgono rispettivamente:

$T < 1 \text{ ora}$

$a \text{ (mm ora}^{-n}\text{)} = 41.96$

$n(-) = 0.367$

$T > 1 \text{ ora}$

$a \text{ (mm ora}^{-n}\text{)} = 41.50$

$n(-) = 0.279$

Sempre da tale pubblicazione si evince che per un tempo di ritorno $T=25$ anni i coefficienti a ed n valgono rispettivamente:

$T < 1 \text{ ora}$

$a \text{ (mm ora}^{-n}\text{)} = 50.44$

$n(-) = 0.350$

$T > 1 \text{ ora}$

$a \text{ (mm ora}^{-n}\text{)} = 49.54$

$n(-) = 0.288.$

3. Stima della costante temporale K del bacino: essa viene assunta pari al 70% del tempo di corrivazione del bacino, il quale a sua volta è stato calcolato attraverso la relazione:

$$T_0 = T_{\text{rete}} + T_{\text{base}} \quad (3)$$

in cui $T_{\text{rete}}[\text{s}]$ è il tempo di corrivazione della rete di drenaggio e $T_{\text{base}}[\text{s}]$ è il cosiddetto tempo di entrata. Il T_{rete} è calcolabile come rapporto tra la lunghezza $L[\text{m}]$ del percorso idraulicamente più lungo della rete e la velocità $V[\text{m/s}]$ di riferimento della corrente che, viste le pendenze dei condotti della zona in esame, può essere assunta pari a 1,0 m/s. Il tempo base viene ragionevolmente assunto pari a 12 minuti.

4. Valutazione del rapporto u/a per mezzo della Tabella 1a riportata con i valori di n_1 , n_2 e K calcolati come sopra. Si deve tener presente che nei bacini urbani il rapporto u/a dipende essenzialmente dal picco di precipitazione che a sua volta è legato all'esponente n_1 relativo alle brevi durate. Ne consegue che la Tabella 1a riportata dovrebbe essere utilizzata facendo riferimento al valore n_1 (ove questo sia attendibile); nel caso in esame si è utilizzato solamente il valore n_2 .

Moltiplicando il rapporto u/a interpolato nella tabella per il valore della costante $a[\text{mm}]$ si è ottenuto il coefficiente udometrico $u[\text{l/s.ha}]$ corrispondente a perdite nulle ($\phi = 1$).

k	n1=0.40	n1=0.50	n1=0.60
[min]	n2=0.20	n2=0.30	n2=0.40
0	7.5	6.5	5.4
10	5.8	5.1	4.4
20	4.1	3.7	3.4
30	2.9	2.7	2.5
40	2.3	2.2	2.2
50	2.0	1.9	1.9
60	1.6	1.6	1.6
70	1.4	1.4	1.4
80	1.3	1.3	1.3
90	1.1	1.1	1.1

Tabella 1 - Valori di u/a [l/s·ha·mm]: rapporto tra il coefficiente udometrico u [l/s·ha] in caso di perdite nulle ($\phi = 1$) e la costante a [mm] della curva delle piogge.
(da P.R.R.A Regione Lombardia - Criteri di pianificazione)

5. Valutazione del coefficiente ϕ di assorbimento medio ponderale con la seguente formula (4).

$$\phi = \sum_{i=1}^n \frac{\phi_i A_i}{A} \quad (4)$$

dove A_i è la superficie del sottobacino omogeneo i -esimo con coefficiente di assorbimento ϕ_i ed A la superficie totale.

A tale proposito secondo le recenti proposte di alcuni autori esso può essere considerato indipendente dalla durata della pioggia e uguale al rapporto ponderato fra le superfici impermeabili e l'area totale del bacino. Interpretando i valori indicati dal Marchetti sono stati assunti per ciascuna tipologia i seguenti valori:

- 0,95 per le superfici di copertura dei fabbricati;
- 0.90 per le superfici cortilive asfaltate;
- 0.05 per le superfici adibite a verde, parcheggio pubblico (garden) e simili.

La metodologia applicata consiglia di non applicare valori del coefficiente di assorbimento medio ponderato, che rappresenta le perdite, inferiori a 0.10 o superiori a 0.60; a favore di sicurezza, tuttavia, sono stati utilizzati anche coefficienti di assorbimento superiori a 0.60.

6. Valutazione della portata Q [l/s] applicando la formula razionale (1).

Le Tabelle 2 e 3 riportano la sintesi delle operazioni descritte ai precedenti punti 1, 2, 3, 4, 5, 6 rispettivamente per le 3 aree in cui è stato suddiviso l'intervento denominate rispettivamente A, B e C.

TABELLA 2: SUPERFICI E COEFFICIENTI DI ASSORBIMENTO - ampliamento

SEZIONE/ TRATTO	SUPERFICIE								ASSORBIMENTO MEDIO
	privata				pubblica			totale	
	tetti [mq]	piazzali [mq]	verde/autoblocc anti/garden [mq]	totale [mq]	strade/parcheggi [mq]	parcheggi/garden [mq]	giardini/parco [mq]		PONDERATO [-]
zona A	0.00	490.00	544.00	1'034.00	0.00	0.00	0.00	1'034.00	0.45
zona B	1'027.00	168.00	67.00	1'262.00	0.00	0.00	0.00	1'262.00	0.90
zona C	1'671.00	210.00	859.00	2'740.00	0.00	0.00	0.00	2'740.00	0.66

laminazione zona A	0.00	490.00	544.00	1'034.00	0.00	0.00	0.00	1'034.00	0.45
laminazione zona B+C	2'698.00	378.00	926.00	4'002.00	0.00	0.00	0.00	4'002.00	0.74
comparto	2'698.00	868.00	1'470.00	5'036.00	0.00	0.00	0.00	5'036.00	0.68

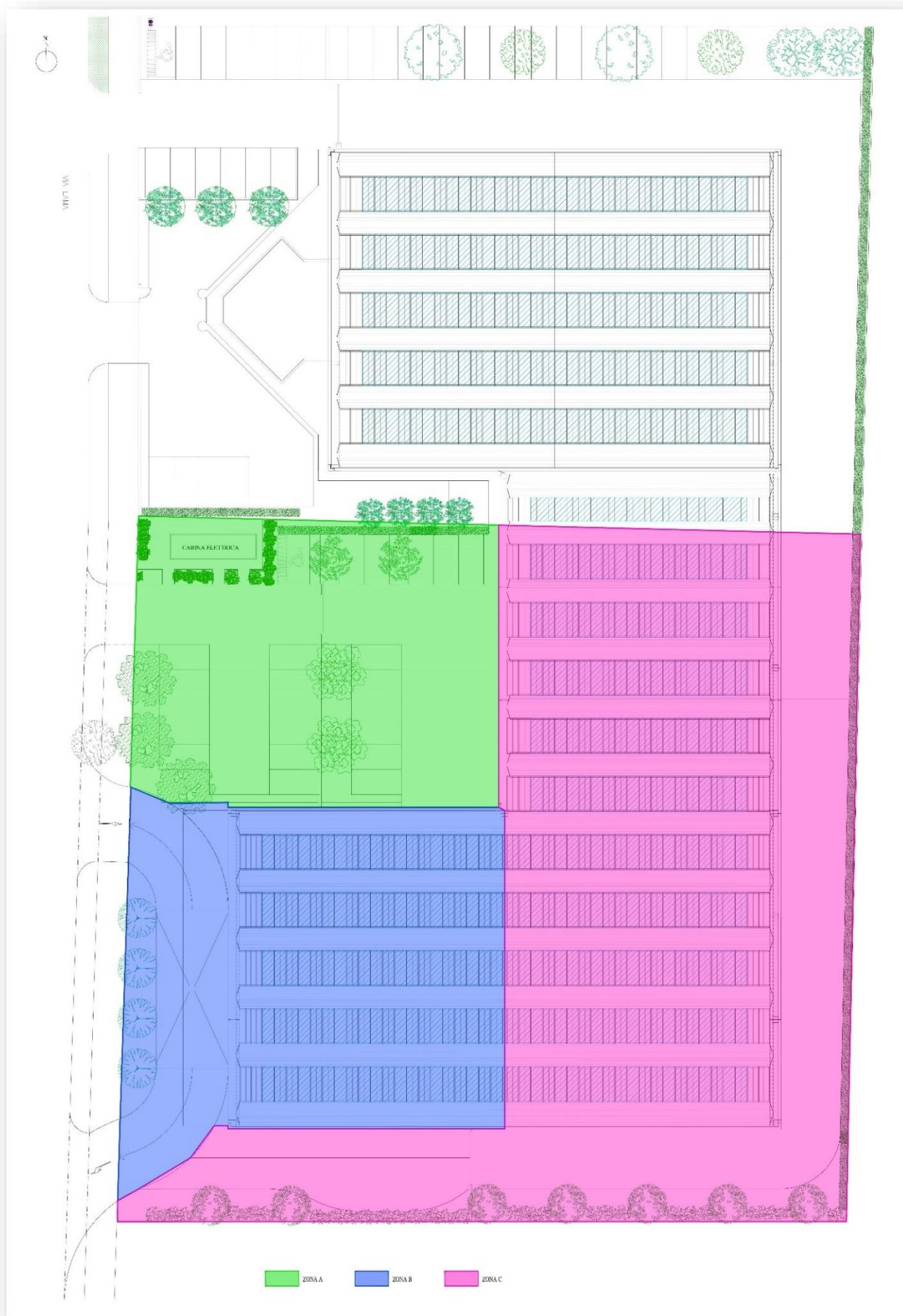
0.95	0.90	0.05
------	------	------

0.90	0.35	0.05
------	------	------

TABELLA 3: PORTATE AL COLMO E VERIFICHE IDRAULICHE - ampliamento

SEZIONE/ TRATTO	SUPERFICIE		L	T. DI CORRIVAZIONE				K	TABELLA A				LSPP (T=10)		C.UDOM. u	PORTAT [l/s]	TUBO							coefficiente di sicurezza	PORTATA limite scaricata da RUE [l/s]	
	totale	coef. di ass.		base	rete	totale				u/a	a	n	materiale- tipo	diametro nominale [m]			diametro interno [m]	pendenza [-]	K	portata massima [l/s]						
	[mq]	medio pond. [-]		[min]	[min]	[min]	[min]			[l/s.ha.mm]	[mm]			[l/s.ha]			[l/s]	[l/s]	[l/s]	[l/s]						
N.																										
zona A	1'034.00	0.45	46.0	12.0	0.8	12.8	9.0	9.0	6.5	5.1	5.2	41.5	0.28	217.71	10.2	P.V.C.-SN4	0.200	0.190	0.0020	90	16.1	1.58				
zona B	1'262.00	0.90	36.0	12.0	0.6	12.6	8.8	8.8	6.5	5.1	5.3	41.5	0.28	218.50	24.7	P.V.C.-SN4	0.315	0.300	0.0020	90	54.2	2.19				
zona C	2'740.00	0.66	98.0	12.0	1.6	13.6	9.5	9.5	6.5	5.1	5.2	41.5	0.28	214.43	39.0	P.V.C.-SN4	0.400	0.380	0.0020	90	102.4	2.62				
laminazione zona A	1'034.00	0.45	46.0	12.0	0.8	12.8	9.0	9.0	6.5	5.1	5.2	41.5	0.28	217.71	10.2	P.V.C.-SN4	0.200	0.190	0.0020	90	16.1	1.58	50 l/s.ha.imp	2.3		
laminazione zona B+C	4'002.00	0.74	98.0	12.0	1.6	13.6	9.5	9.5	6.5	5.1	5.2	41.5	0.28	214.43	63.2	P.V.C.-SN4	0.400	0.380	0.0020	90	102.4	1.62	50 l/s.ha.imp	14.7		
comparto	5'036.00	0.68	98.0	12.0	1.6	13.6	9.5	9.5	6.5	5.1	5.2	41.5	0.28	214.43	73.3	P.V.C.-SN4	0.500	0.475	0.0020	90	185.6	2.53	50 l/s.ha.imp	17.1		

Le zone A, B e C si riferiscono allo schema riportato nella pagina seguente.



LAMINAZIONE

La stima del volume di laminazione necessario per ridurre le portate massime di piena al valore di 50 l/s*ha per tempo di ritorno pari a 20 anni è stato definito applicando diverse metodologie di calcolo riportate in Appendice A.

Per la conformazione scelta le laminazioni vengono calcolate per ciascuno dei punti di recapito della rete fognaria meteorica di progetto nello scatolare pubblico esistente. In particolare per la zona A e per la zona B+C.

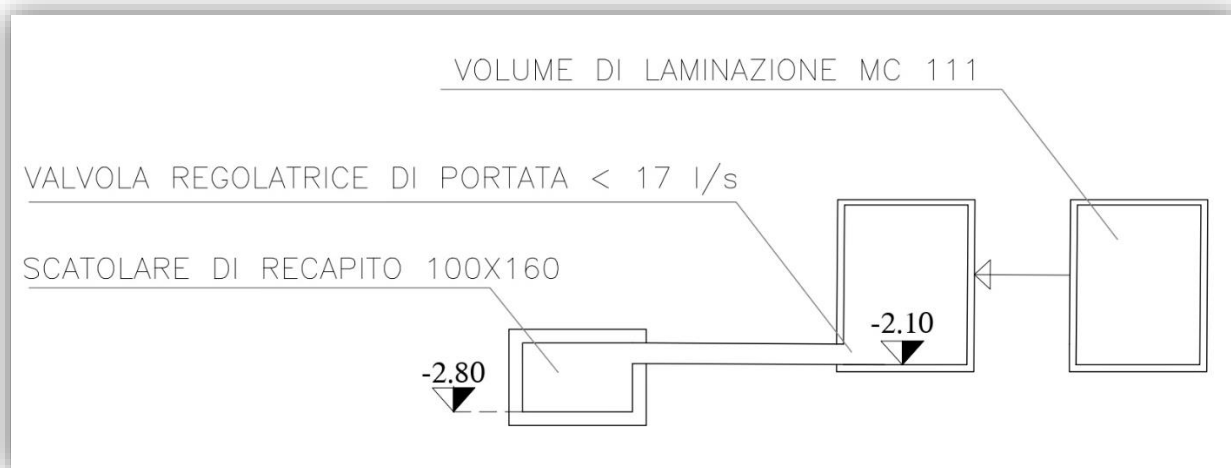
Applicando tali metodologie, per un tempo di ritorno pari a 25 anni, emerge un volume di laminazione necessario pari a:

zona A: valore medio 15 mc; valore massimo fra i metodi utilizzati 19 mc;

zona B+C: valore medio 96 mc; valore massimo fra i metodi utilizzati 122 mc.

CONSIDERAZIONI SULLA LAMINAZIONE

Lo scatolare di recapito finale secondo lo schema a blocchi sotto indicato presenta quindi una portata indicativa e cautelativa di 2500 l/s. La laminazione in progetto con la relativa valvola regolatrice consente di trasferire complessivamente una portata non superiore ai 20 l/s (portata che potrebbe sottendere ad superficie territoriale di poco superiore ai 2 ettari, accettabile nel raffronto con la fondiaria) per un incremento percentuale inferiore **1%** della portata complessiva, compatibile con la tipologia di intervento.



SCHEMA A BLOCCHI

MODALITA' DI SCAVO, POSA, RINFIANCO E RINTERRO

La rete in progetto sarà completamente realizzata in P.V.C. SN4 con condotte del diametro da 140 mm a 630 mm con pendenza minima del 2 per mille.

Il tratto terminale del ramo sud viene invece realizzato con uno scatolare in c.a. 100 x 160 cm per una lunghezza di oltre 60 m al fine di contenere il volume di laminazione necessario prima dell'immissione nella pubblica fognatura.

La rete meteorica di progetto si sviluppa con due rami nell'area di parcheggio della zona A mentre l'altro ramo della zona C parte dal lato est del fabbricato dirigendosi verso sud e poi, giunto sul lato sud del fabbricato di progetto, si dirige verso ovest; in prossimità della via Lama si congiunge con la rete della zona B ed insieme si immettono nello scatolare pubblico di via Lama. Prima dell'immissione nel collettore comunale il deflusso delle acque meteoriche sarà oggetto di opportuna laminazione allo scopo di convogliare nel collettore comunale una portata limitata a 50 l/s*ha, se possibile costante. Tale laminazione sarà realizzata mediante la realizzazione di un adeguato volume di invaso all'interno delle condotte stesse. Il tutto regolato con opportuna apparecchiatura costituita da regolatore di portata automatico in acciaio AISI304 posizionato nella cameretta 1A per la zona A e nella cameretta 2BC per la zona B+C. Al fine di evitare l'ingresso di acque e soprattutto di materiale solido nella condotta di progetto durante eventuali potenziali condizioni di riflusso della condotta comunale, la condotta di progetto viene dotata di una valvola a clapet in acciaio inox e polietilene, posta in opera all'interno di una specifica cameretta appena prima dell'immissione nella pubblica fognatura.

La rete fognaria in progetto verrà posata lungo i tracciati indicati nelle tavole allegate, attraverso la realizzazione di apposita trincea di scavo, di opportuna profondità, e larghezza minima pari a $D+15+15$ cm (15 cm per ciascun lato della condotta).

In prima istanza si è ipotizzato di effettuare i rinfianchi delle condotte in PVC con sabbia; tuttavia, in relazione alle ridotte coperture delle condotte in taluni tratti, le verifiche di stabilità delle condotte medesime in tali condizioni hanno dato esito negativo (deformazione relativa $D_x/D > 10\%$).

Pertanto, nei tronchi di condotte in PVC posti ad una quota in cui la copertura delle condotte è modesta (meno di 100 cm ma mai inferiore a 50 cm), si è optato per il rinfianco della condotta con calcestruzzo Rck 250 fino a 20 cm sopra la generatrice superiore del tubo; anche la posa del condotto avverrà su un letto di calcestruzzo Rck 250 di 15 cm. Nei rimanenti tratti in cui è possibile un adeguato ricoprimento, il rinfianco avverrà con sabbia. Per quanto riguarda invece il rinterro della restante porzione di scavo, per quanto riguarda i tratti al di sotto delle sedi stradali esso avverrà con materiale arido mentre nelle aree verdi verrà utilizzato il terreno proveniente dagli scavi. Nelle zone pavimentate verrà superficialmente realizzato l'apposito

pacchetto bitumato e sarà altresì inserito nel getto di rinfiacco superiore (ricoprimento) una rete elettrosaldata del diametro di 8 mm e maglia 15x15 cm.

MANUFATTI

Per quanto riguarda le *camerette di ispezione* esse saranno del tipo prefabbricato di dimensioni interne adeguate alle condotte previste; saranno dotate di soletta carrabile per carichi di I categoria e dotate di chiusino in ghisa sferoidale classe D400 e sezione circolare di 60 cm. La cameretta sarà poi dotata di un mezzo tubo di fondo delle stesse dimensioni e caratteristiche di quello di linea opportunamente sigillato.

Per quanto riguarda poi le *caditoie* esse saranno tutte del tipo stradale realizzate con camerette del tutto analoghe a quelle di ispezione che assolveranno al doppio ruolo di raccolta ed ispezione. In sostanza la cameretta d'ispezione descritta in precedenza sarà dotata di una griglia in luogo dei chiusini delle medesime dimensioni e classe (D400).

NORMATIVA

Nella progettazione si è fatto riferimento anche al rispetto delle seguenti norme:

- art. 20 del RUE di Cavriago: "PRESCRIZIONI RELATIVE ALLE SEDI DI ATTIVITÀ PRODUTTIVE (AGRICOLE, ARTIGIANALI E INDUSTRIALI) IN TERRITORIO URBANIZZATO O RURALE"

6. Territorio classificato a Vulnerabilità Elevata ed Estremamente Elevata Al fine di limitare l'inquinamento delle acque sotterranee dovuto all'insediamento residenziale e produttivo, si prescrivono le seguenti modalità costruttive per gli insediamenti produttivi entro ambiti territoriali classificati a Vulnerabilità Elevata ed Estremamente Elevata: a) Realizzare il solaio del piano interrato oppure del piano terreno (secondo i casi) in modo che risulti impermeabile e consenta la raccolta delle acque di lavaggio e dei fluidi eventualmente dispersi all'interno. La raccolta dovrà avvenire con apposite condutture o, eventualmente, canalette coperte da griglie, ricavate direttamente nel solaio di pavimentazione, oppure nell'eventuale platea di fondazione impermeabilizzata; in ogni caso non dovranno essere realizzate fognature direttamente a contatto con il terreno sotto gli edifici. I pozzetti di raccolta dovranno essere realizzati con impermeabilizzazione (geotessili) di fondo e delle pareti. b) Realizzare i tratti di fognatura in allontanamento dagli edifici, almeno per i primi 20 metri, con alloggiamento a fondo impermeabilizzato, finalizzato ad evitare sia eventuali perdite della fognatura entro la falda, sia drenaggi operati dalla fognatura sulla falda, fino al collettore comunale. Le pendenze di esercizio non saranno inferiori allo 0,5 %, al fine di garantire un facile e veloce scorrimento delle acque nere per condurle rapidamente a distanza dalla zona a maggior rischio di inquinamento (quella vicina alle strutture di fondazione, anche se superficiali). c) Impermeabilizzare la superficie intorno agli edifici per

una distanza di almeno due metri. I piazzali adibiti a carico e scarico merci è opportuno siano impermeabilizzati (asfalto) e che i pozzetti di raccolta convogliano in una vasca impermeabile dotata di saracinesca facilmente manovrabile dal piazzale stesso. Detta saracinesca dovrà essere azionata in caso di sversamento accidentale per contenere la dispersione dei fluidi. d) In caso di realizzazione di vani interrati sarà indispensabile siano predisposti opportuni alloggiamenti per l'impianto di sollevamento delle acque di lavaggio e di eventuali fluidi, e relative condutture, sia per le acque nere, sia per le acque disperse sui pavimenti dei vani sotterranei, fino alla quota utile all'immissione nella rete fognante ed al collettore comunale. Tutti questi impianti, comprese le condutture, dovranno essere realizzati all'interno dell'edificio, in vani ispezionabili ed impermeabilizzati. e) In tutti i casi in cui, nel ciclo produttivo o lavorativo, sia previsto l'uso o lo stoccaggio, anche temporaneo, di sostanze idroinquinanti in fase liquida o solida solubile è opportuno che i serbatoi o i depositi siano realizzati "fuori terra", in opportune strutture facilmente ispezionabili.”

In aggiunta all'osservanza di tutti gli adempimenti previsti dal RUE, la proprietà si impegna a tenere periodicamente pulito il collettore di laminazione.

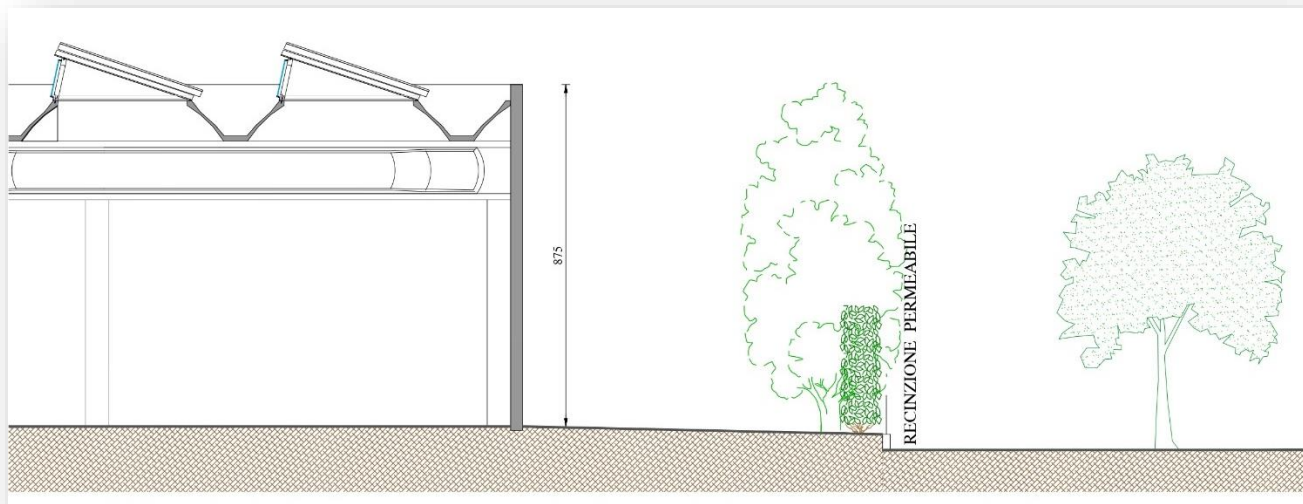
- DGR 1300/2016 – par. 5.2:

“Nell'ambito dei procedimenti inerenti richiesta/rilascio di permesso di costruire e/o segnalazione certificata di inizio attività, si riportano di seguito, a titolo di esempio e senza pretesa di esaustività, alcuni dei possibili accorgimenti che devono essere utilizzati per la mitigazione del rischio e che devono essere assunti in sede di progettazione al fine di garantire la compatibilità degli interventi con le condizioni di pericolosità di cui al quadro conoscitivo specifico di riferimento, demandando alle Amministrazioni Comunali la verifica del rispetto delle presenti indicazioni in sede di rilascio del titolo edilizio.

a. Misure per ridurre il danneggiamento dei beni e delle strutture:

a.1. la quota minima del primo piano utile degli edifici deve essere all'altezza sufficiente a ridurre la vulnerabilità del bene esposto ed adeguata al livello di pericolosità ed esposizione;

IL PIANO INTERNO DEL CAPANNONE SI TROVA AD UNA QUOTA MAGGIORE RISPETTO ALL'INVASO NATURALE COSTITUITO DALL'AREA DI VERDE PUBBLICO POSTA A SUD DELL'INTERVENTO.



a.2. é da evitare la realizzazione di piani interrati o seminterrati [...]

NON SONO PREVISTI PIANI INTERRATI NEL PROGETTO

a.3. favorire il deflusso/assorbimento delle acque di esondazione, evitando interventi che ne comportino l'accumulo ovvero che comportino l'aggravio delle condizioni di pericolosità/rischio per le aree circostanti"

IL PIANO CAMPAGNA DELL'APPEZZAMENTO A VERDE CONFINANTE CON IL LOTTO DI PROGETTO HA UNA QUOTA INFERIORE RISPETTO AL PIANO INTERNO SIA DELL'ATTUALE CHE DEL FUTURO FABBRICATO. LE PENDENZE DEL PIAZZALE INOLTRE CONFLUISCONO VERSO DI ESSO IN MODO TALE DA FAVORIRE IL DEFLUSSO DELLE ACQUE ED EVITARNE L'EVENTUALE ACCUMULO. IL LOTTO ADIACENTE, QUINDI, COSTITUISCE UNA NATURALE VASCA DRENANTE, ESSENDO COPERTO A PRATO STABILE, PER LE ACQUE IN ECCESSO.

ALLEGATI

- Appendice A (Dimensionamento manufatto di laminazione)
- TAV 13: Progetto rete fognaria - acque meteoriche.
- TAV 13P: Profili rete fognaria.

Appendice A: Dimensionamento manufatto di laminazione

Generalità

Si riportano di seguito i procedimenti di calcolo per la stima del volume delle laminazioni quale un invaso temporaneo dei volumi dell'onda di piena in arrivo dalla rete afferente rilasciati successivamente in modo graduale al ricettore.

Secondo la buona pratica progettuale per opere di questo tipo, è sempre consigliabile produrre stime delle portate con più metodi diversi e considerare ai fini delle decisioni i valori più cautelativi. In tal senso sono stati applicati alla fattispecie i seguenti metodi:

Metodo P.R.R.A.;

Metodo cinematico;

Metodo Marone;

Metodo delle sole piogge.

I risultati e le analisi sono riportati al paragrafo finale della presente appendice.

Metodo P.R.R.A

La metodologia di stima del volume della vasca volano proposta dal Piano di Risanamento Regionale della Regione Lombardia viene effettuata sulla base della Tabella 2 del P.R.R.A. stesso, che viene di seguito riportata: tale tabella fornisce la capacità volumetrica specifica (per ettaro di superficie impermeabile del bacino complessivo sotteso) per diversi valori della portata massima scaricabile q_{max} (vedi paragrafo **Errore. L'origine riferimento non è stata trovata.**), in funzione della costante d'invaso K del bacino. La costante temporale del bacino è stata assunta pari al 70% del tempo di corrivazione t_c .

La metodologia proposta è stata messa a punto dall'Istituto di Idraulica del Politecnico di Milano in questa sede viene ovviamente applicata con riferimento alle piogge e quindi ai relativi parametri statistici della stazione pluviometrografica di riferimento riportati al paragrafo 3.1.2.

Portata in uscita $q_{u_{max}}$ [l/s·ha _{imp}]	Costante di invaso K [min]		
	10	30	60
5	1080	1075	1070
10	780	770	760
20	460	435	405
30	390	370	335
40	345	315	275
50	310	290	230
70	270	215	150
100	220	135	25

Note:

- 1) I valori sono determinati sulla base di elaborazioni della pluviometria milanese per tempo di ritorno 10 anni.
- 2) I dati della tabella definiscono la capacità delle vasche, per ogni ettaro impermeabile di bacino sotteso, in funzione della costante temporale K [min] del bacino e della portata $q_{u_{max}}$ massima ammissibile in uscita dalle vasche, espressa in l/s per ettaro impermeabile di bacino sotteso.
- 3) La superficie scolante impermeabile (ha_{imp}) è pari al prodotto dell'effettiva area scolante A per il coefficiente d'assorbimento medio ponderale ϕ .

Tabella 1b: Capacità [mc/ha imp] delle vasche volano (da P.R.R.A. Regione Lombardia – Criteri di pianificazione)

I valori in tabella riferiscono di analisi per T=10 anni, pertanto, la capacità specifica corrispondente è stata riportata al tempo di ritorno di riferimento mediante il rapporto tra i rispettivi parametri a delle LSPP della stazione di misura.

Metodo cinematico

Questo approccio schematizza il processo di trasformazione afflussi-deflussi nel bacino a monte che in questo caso si ipotizza di tipo cinematico. Sulla base di questa impostazione Alfonsi e Orsi [1987] hanno sviluppato un metodo pratico per il calcolo del volume della vasca. Le ipotesi semplificate adottate sono le seguenti:

- ietogrammi netti di pioggia a intensità costante;

- curva aree tempi lineare;
- svuotamento della vasca a portata costante pari a $Q_{\max}$ (laminazione ottimale).

Sotto queste ipotesi si può scrivere l'espressione del volume W [m³] invasato nella vasca in funzione della durata della pioggia Q [ore], del tempo di corrivazione del bacino t_c [ore], della portata uscente dalla vasca Q_u max [l/s] del coefficiente di afflusso j , dell'area del bacino S [ha] e dei parametri a' [mm/ora-n'] ed n' della curva di possibilità pluviometrica:

$$W = 10 \cdot \varphi \cdot S \cdot a' \cdot \theta^{n'} + 1,295 \cdot t_c \cdot Q_u^2 \cdot \frac{\theta^{1-n'}}{\varphi \cdot S \cdot a'} - 3,6 \cdot Q_u \cdot t_c$$

Imponendo la condizione al massimo per il volume W si trovano le relazioni:

$$n' \cdot \varphi \cdot S \cdot a' \cdot \theta_w^{n'-1} + (1-n') \cdot t_c \cdot Q_u^2 \cdot \frac{\theta_w^{-n'}}{\varphi \cdot S \cdot a'} - Q_u = 0$$

$$2,78 \cdot n' \cdot \varphi \cdot S \cdot a' \cdot \theta_w^{n'-1} + 0,36 \cdot (1-n') \cdot t_c \cdot Q_u^2 \cdot \frac{\theta_w^{-n'}}{\varphi \cdot S \cdot a'} - Q_u = 0$$

dalla quale si ricava la durata critica Q_w per la vasca, ed il volume W_o da assegnare alla vasca.

Metodo di Marone

Uno dei metodi approssimati più semplici è quello basato sulla formula dovuta a Marone [1971], che esprime il rapporto di laminazione h tra la portata massima uscente $Q_u \max = Q_u$ e quella massima entrante Q_c in funzione del volume massimo $W_{\max} = W_o$ invasabile e del volume W_p dell'onda di piena in ingresso. Questa formula è stata ricavata sotto l'ipotesi che la portata uscente vari in funzione del livello idrico nella vasca con la legge delle luci a stramazzo e che l'idrogramma entrante segua una equazione del tipo:

$$q_e(t) = q_c \cdot \frac{t}{t_c} \cdot e^{1-t/t_c}$$

Sebbene il tipo di ipotesi alla base della formula di Marone, soprattutto quella sulla portata in uscita, la rendano adatta a valutare la laminazione soprattutto nelle dighe, essa si presta comunque bene per valutazioni di massima del volume delle vasche volano delle fognature.

Nell'applicazione di tale metodo, si è ipotizzato un idrogramma in ingresso alla vasca di tipo triangolare, con picco (Q_c = portata massima) in corrispondenza del tempo di corrivazione t_c .

Metodo delle sole piogge

Questo metodo, che generalmente fornisce una valutazione per eccesso molto cautelativa del volume W_o della vasca, 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. In tali condizioni applicando uno ietogramma netto di pioggia a intensità costante il volume entrante risulta pari a

$$W_e = S \cdot f \cdot a \cdot q^n$$

dove S è la superficie del bacino, mentre il volume uscente con evacuazione della vasca a portata costante $Q_u = Q_{u\max}$ risulta

$$W_u = Q_{\max} q^n$$

Il volume massimo da accumulare nella vasca è pari alla massima differenza tra le due curve e può essere individuato graficamente riportando sul piano (h,q) la curva di possibilità pluviometrica netta:

$$h_{\text{net}} = f a' q n'$$

e la retta rappresentante il volume, riferito all'unità di area del bacino a monte uscente dalla vasca:

$$h_u = \frac{Q_{u\max}}{S} \cdot \theta$$

Esprimendo matematicamente la condizione di massimo, ossia derivando la differenza

$DW = W_e - W_u$, si ricava la durata critica per la vasca:

$$\theta_w = \left(\frac{Q_{u\max}}{S \cdot \varphi \cdot a' \cdot n'} \right)^{\frac{1}{n'-1}}$$

$$W_o = S \cdot \varphi \cdot a' \cdot \left(\frac{Q_{u\max}}{S \cdot \varphi \cdot a' \cdot n'} \right)^{\frac{n}{n'-1}} - Q_{u\max} \cdot \left(\frac{Q_{u\max}}{S \cdot \varphi \cdot a' \cdot n'} \right)^{\frac{1}{n'-1}}$$

Risultati ottenuti

Si riporta di seguito una tabella riassuntiva dei valori ottenuti coi metodi precedentemente descritti.

Zona A

portata uscente	2.34 l/s	
	T=10	T=25
metodo prra	16.2	19.4
metodo cinematico	10.0	13.8
metodo marone	9.8	12.6
metodo sole piogge	11.4	15.2
MEDIA	10.4	15.2

Zona B+C

portata uscente	14.75 l/s	
	T=10	T=25
metodo prra	101.8	122.3
metodo cinematico	62.5	86.3
metodo marone	62.6	80.3
metodo sole piogge	71.7	95.8
MEDIA	65.6	96.2

Considerazioni conclusive

Le metodologie sopra descritte hanno consentito di dimensionare i volumi di laminazione pari a 15 e 96 mc rispettivamente per la zona A e la zona B+C. L'elevata variabilità dei dimensionamenti svolti con le diverse metodologie non deve indurre a ritenere insufficiente la vasca quanto a considerare il fenomeno particolarmente aleatorio in relazione alle modalità di pioggia che possono instaurarsi. Tuttavia, i franchi progettuali ed il contesto territoriale possono tranquillamente essere considerati resilienti rispetto a sollecitazioni maggiori a quelle di progetto.