

COMUNE DI DELLO

PROVINCIA DI BRESCIA

NUOVO MAGAZZINO LOGISTICO

**PROGETTO PER L'INVARIANZA IDRAULICA E
IDROLOGICA**

COMMITTENTE: SBARAINI TRASPORTI SRL

RELAZIONE



 geologia geotecnica e dati	01010101010 110110110011 1110111011101 0101010101010	Elaborato	Data	Rev.	Pag.
	Relazione geologica	Luglio 2018	0	1 di 39	
A. & P. sas di Dr. Corrado Aletti – GEOLOGO O.G.L. n.900					

INDICE

1. Introduzione	3
2. Inquadramento geografico	5
3. Classificazione intervento	6
4. Inquadramento idrologico	8
4.1. Ietogramma di progetto	13
4.1.1. Calcolo del tempo di corrivazione	14
5. Inquadramento idrogeologico e piezometrico	16
5.1. Litostratimetria dell'area	18
5.2. Prova di permeabilità	19
5.2.1. Interpretazione della Prova di permeabilità	23
5.3. Distanza da pozzi idropotabili	24
6. Calcolo degli afflussi - metodo dettagliato	26
6.1. Calcolo dell'idrogramma di progetto	27
7. Calcolo dei deflussi	30
7.1. Calcolo della dispersione della trincea drenante	30
7.1.1. Descrizione della trincea	31
8. Calcolo del bacino di laminazione	32
8.1. Dimensionamento dei bacini di laminazione	32
8.2. Calcolo del tempo di svuotamento	34
9. Verifica bacino	35
10. Dimensionamento impianto di raccolta acque	36
11. Manutenzione	38

1. INTRODUZIONE

La nuova Legge regionale sulla difesa del suolo, sulla prevenzione e mitigazione del rischio idrogeologico e sulla gestione dei corsi d'acqua (l.r. n. 4 del 15 marzo 2016) ha come scopo principale l'attenuazione del livello di rischio idrogeologico al fine della tutela dei cittadini e delle attività economiche, attraverso iniziative capaci di mettere in sicurezza il territorio. La legge specifica e disciplina le attività di competenza di Regione Lombardia riguardanti la difesa del suolo, la gestione dei corsi d'acqua e del demanio idrico nel territorio regionale. Inoltre, stabilisce gli strumenti utili a realizzare tali attività per raggiungere gli obiettivi legati alla difesa del suolo, alla gestione del demanio idrico fluviale e al riassetto idraulico e idrogeologico. I principali temi che la legge affronta sono:

- gestione coordinata del reticolo idrico minore, di competenza comunale, e dei reticoli principale e consortile
- rispetto dell'invarianza idraulica, dell'invarianza idrogeologica e del drenaggio urbano sostenibile
- attività di polizia idraulica nel demanio idrico fluviale
- manutenzione continuata e diffusa del territorio, dei corsi d'acqua, delle opere di difesa del suolo, delle strutture e dei sistemi agroforestali di difesa del suolo
- ripristino delle condizioni di maggiore naturalità dei corsi d'acqua, recupero delle aree di pertinenza idraulica e riqualificazione fluviale
- riordino delle competenze sulla navigazione interna delle acque
- nuove competenze in tema di difesa del suolo per i Consorzi di bonifica e irrigazione.

Nel caso in studio, il tema d'interesse riguarda l'invarianza idraulica e idrologica che in sintesi consiste nella limitazione dei deflussi delle acque verso il reticolo idrico in caso di realizzazione di nuovi edifici civili e industriali, di parcheggi e strade e di interventi di riqualificazione. Nello specifico l'articolo di riferimento è il n.7 che introduce il concetto ed apporta modifiche al testo della legge regionale n.12/2005 (Legge per il Governo del Territorio). Al comma 5, l'articolo fa riferimento al Regolamento contenete i metodi e i criteri per il rispetto

 geologia geotecnica e dati	Elaborato	Data	Rev.	Pag.
	Relazione geologica	Luglio 2018	0	3 di 39
A. & P. sas di Dr. Corrado Aletti – GEOLOGO O.G.L. n.900				

dell'invarianza idraulica ed idrogeologica. Il Regolamento è stato pubblicato sul Bollettino Ufficiale della Regione Lombardia il 28 novembre 2017 e quindi pienamente operativo dal 28 maggio 2018. Con la delibera della Giunta Regionale n.IX/128 del 21/05/2018 l'applicazione è stata prorogata di ulteriori 6 mesi per tutti gli interventi ad esclusione delle nuove costruzioni/opere. Questa tematica è infatti dibattuta da diversi anni, ed ha preso forza dopo la direttiva del Parlamento europeo del Consiglio 23 ottobre 2000, n. 2000/60/CE in materia di acque e dal decreto legislativo 23 febbraio 2010, n. 49 che ne rappresenta l'attuazione. La legge regionale 4/2016 disegna un ulteriore passo nella direzione della riduzione del rischio idraulico. Oltre alla legge sopracitata si è fatto riferimento alla legge regionale 12 dicembre 2003, n. 26 (Disciplina dei servizi locali di interesse economico generale. Norme in materia di gestione dei rifiuti, di energia, di utilizzo del sottosuolo e di risorse idriche), alla legge regionale 11 marzo 2005, n. 12 (Legge per il governo del territorio), al PTUA 2016.

	Elaborato	Data	Rev.	Pag.
	Relazione geologica	Luglio 2018	0	4 di 39
A. & P. sas di Dr. Corrado Aletti – GEOLOGO O.G.L. n.900				

2. INQUADRAMENTO GEOGRAFICO

L'area d'imposta dei nuovi fabbricati è localizzata nel settore meridionale del territorio comunale di Dello, a margine della zona industriale del comune di Barbariga, così come rappresentato in Figura 1.

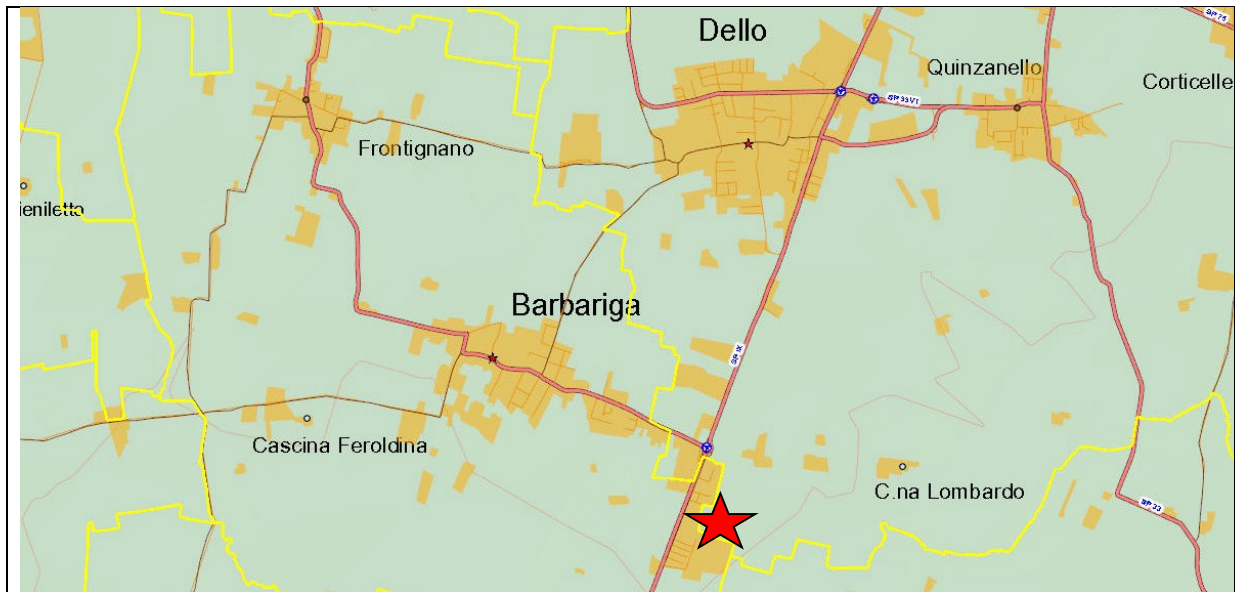


Figura 1 – Ubicazione dell'area in studio

Il progetto prevede la realizzazione di un nuovo insediamento industriale con superficie in pianta di 16512 m², compresi marciapiedi piazzali e strade interne, ed una superficie totale dell'insediamento pari a 21403 m². La differenza è destinata a verde per 4891 m². Attualmente il lotto è destinato ad attività agricole e quindi totalmente ineditato con superficie permeabile.

 geologia geotecnica e dati	01010101010 110110110011 1110111011101 010101010101010	Elaborato	Data	Rev.	Pag.
	Relazione geologica	Luglio 2018	0	5 di 39	
A. & P. sas di Dr. Corrado Aletti – GEOLOGO O.G.L. n.900					

3. CLASSIFICAZIONE INTERVENTO

Il Regolamento Regionale indica le modalità di calcolo dei volumi da gestire per il rispetto dell'invarianza idraulica e idrologica attraverso i disposti dell'articolo 9. I parametri da valutare riguardano la superficie dell'intervento, il coefficiente di deflusso medio ponderale e l'ambito territoriale in cui si inserisce l'intervento. In riferimento a quest'ultimo aspetto il territorio regionale è stato suddiviso in tre macro aree in funzione del livello di criticità dei bacini dei corsi d'acqua recettori. Le aree sono le seguenti (Figura 2):

- Aree A - alta criticità idraulica
- Aree B - media criticità idraulica
- Aree C - bassa criticità idraulica

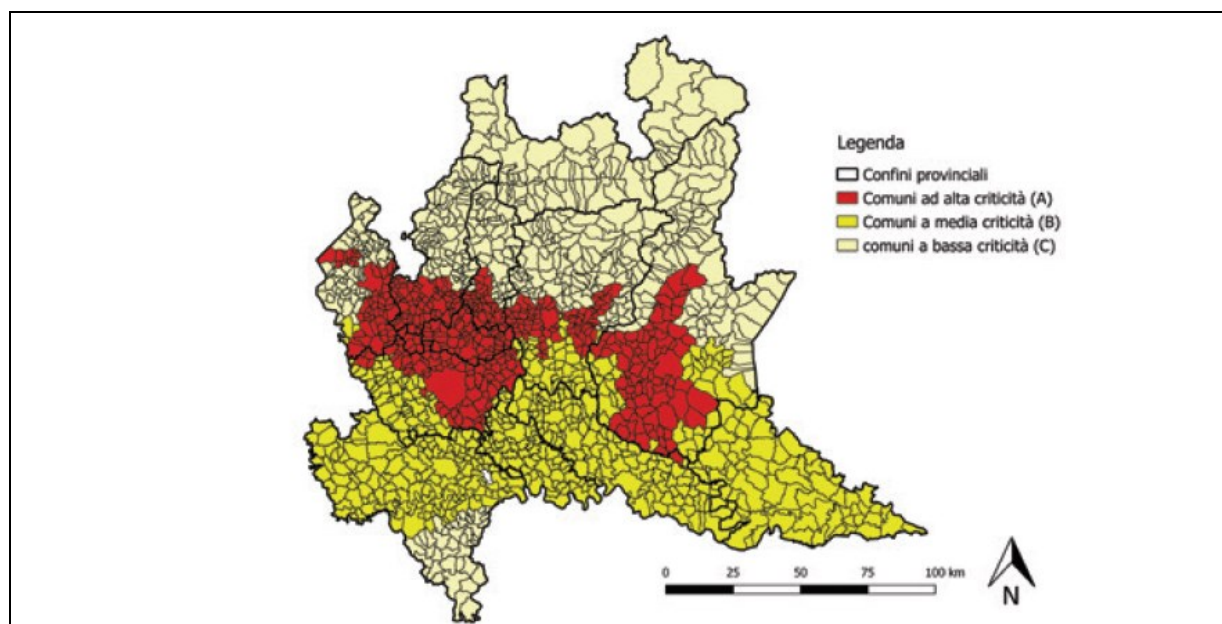


Figura 2 - Classificazione criticità idraulica

Il comune di Dello ricade nella classe A, ovvero a alta criticità.

Altro parametro che entra nella matrice di classificazione è la superficie di intervento, che risulta pari a 21403 m². Infine è stato calcolato il coefficiente di deflusso medio ponderale che rappresenta il risultato dei diversi apporti per tipologia di superficie (impermeabile, semipermeabile, permeabile) che nel caso in studio sono così suddivisi:

16512 m² superficie impermeabile

	01010101010 110110110011 1110111011101 0101010101010	Elaborato	Data	Rev.	Pag.
		Relazione geologica	Luglio 2018	0	6 di 39
A. & P. sas di Dr. Corrado Aletti – GEOLOGO O.G.L. n.900					

4891 m² superficie permeabile

Il coefficiente di deflusso medio ponderale risultante è pari a 0.84. Le modalità di calcolo da applicare per ogni intervento sono definite nella Tabella 1 dell'art. 9 (Figura 3). In generale il regolamento prescrive che nel caso di impermeabilizzazione potenziale media, in ambiti territoriali a criticità alta o media, deve essere adottato il metodo delle sole piogge, ferma restando la facoltà del professionista di adottare la procedura di calcolo dettagliata. Nel caso di impermeabilizzazione potenziale alta, in ambiti territoriali a criticità alta o media, deve essere adottata la procedura di calcolo dettagliata. Il caso in studio ricade nella classe 3 (impermeabilizzazione potenzialmente alta) e quindi la procedura da adottare sarà la procedura dettagliata.

CLASSE DI INTERVENTO	SUPERFICIE INTERESSATA DALL'INTERVENTO	COEFFICIENTE DEFUSSO MEDIO PONDERALE	MODALITÀ DI CALCOLO		
			AMBITI TERRITORIALI (articolo 7)		
			Aree A, B	Aree C	
0	Impermeabilizzazione potenziale qualsiasi	≤ 0,01 ha (≤ 100 mq)	qualsiasi	Requisiti minimi articolo 12 comma 2	
1	Impermeabilizzazione potenziale bassa	da > 0,01 a ≤ 0,1 ha (≤ 1.000 mq)	≤ 0,4	Requisiti minimi articolo 12 comma 2	
2	Impermeabilizzazione potenziale media	da > 0,01 a ≤ 0,1 ha (≤ 1.000 mq)	> 0,4	Metodo delle sole piogge (vedi articolo 11, comma 2, lettera d)	Requisiti minimi articolo 12 comma 2
		da > 0,1 a ≤ 1 ha (da > 1.000 a ≤ 10.000 mq)	qualsiasi		
		da > 1 a ≤ 10 ha (da > 10.000 a ≤ 100.000 mq)	≤ 0,4		
3	Impermeabilizzazione potenziale alta	da > 1 a ≤ 10 ha (da > 10.000 a ≤ 100.000 mq)	> 0,4	Procedura dettagliata (vedi articolo 11, comma 2, lettera d)	
		> 10 ha (> 100.000 mq)	qualsiasi		

Figura 3 – Tabella 1 - RR 07/2017

I sistemi di laminazione devono inoltre rispettare i criteri minimi di dimensionamento così come definiti dall'art.12:

- aree A alta criticità idraulica: 800 m³ per ettaro di superficie scolante impermeabile
- aree B media criticità idraulica: 600 m³ per ettaro di superficie scolante impermeabile
- aree C bassa criticità idraulica: 400 m³ per ettaro di superficie scolante impermeabile

Trattandosi di una nuova espansione il Regolamento prevede che l'area sia considerata di classe A a prescindere dalla effettiva classificazione comunale.

	Elaborato	Data	Rev.	Pag.
	Relazione geologica	Luglio 2018	0	7 di 39
	A. & P. sas di Dr. Corrado Aletti – GEOLOGO O.G.L. n.900			

4. INQUADRAMENTO IDROLOGICO

Per qualsiasi valutazione di tipo idrologico è necessario eseguire una quantificazione degli apporti, ovvero delle precipitazioni ritenute significative. Infatti non tutte le precipitazioni concorrono nel calcolo, in quanto eventi prolungati e di modesta entità, come la maggior parte dei casi, non sviluppano quantitativi significativi da smaltire. Sono infatti le cosiddette "precipitazioni intense" che forniscono la principale sollecitazione idrometeorologica sul territorio; la loro previsione è un requisito essenziale per valutare il rischio idrologico dal punto di vista strettamente alluvionale. Per eseguire queste elaborazioni sono indispensabili serie storiche di osservazioni che attualmente sono condotte da diversi enti sul territorio. I dati raccolti devono poi essere elaborati statisticamente e probabilisticamente per potere individuare la distribuzione spaziale e temporale dei valori delle precipitazioni, e i probabili valori futuri di notevole intensità. I più importanti dati, normalmente raccolti nelle reti pluviometriche dei vari servizi idrologici nazionali, riguardano le precipitazioni giornaliere misurate ogni 24 ore e le registrazioni continue. Da queste registrazioni continue vengono ricavate le precipitazioni di notevole intensità di varia durata. Elaborando probabilisticamente i valori delle precipitazioni di notevole intensità si ricavano le relazioni che permettono di formulare previsioni sui valori particolarmente intensi, in funzione della durata e per un prefissato tempo di ritorno T_r . Va specificato che il tempo di ritorno T_r è l'intervallo massimo di tempo, in anni, che può trascorrere probabilisticamente affinché il valore di una precipitazione o di un'altra grandezza idrologica possa essere uguagliato o superato. Il tempo di ritorno è pertanto un indicatore di rischio e il suo valore è prefissato dal progettista. Le informazioni sulla pluviometria dell'area di interesse, sono riassunte nei parametri "a" ed "n" della curva segnalatrice di possibilità climatica, che relaziona le altezze di pioggia con le durate di pioggia per un dato tempo di ritorno, attraverso la nota formula:

$$h = a t^n$$

dove:

h è l'altezza di pioggia espressa in mm;

 geologia geotecnica e dati	Elaborato	Data	Rev.	Pag.
	Relazione geologica	Luglio 2018	0	8 di 39
A. & P. sas di Dr. Corrado Aletti – GEOLOGO O.G.L. n.900				

t é la durata dell'evento in ore;

a (mm/ora) ed n sono i parametri caratteristici della curva.

Per curva di possibilità climatica si intende quella curva che rappresenta l'insieme dei punti con la stessa probabilità di non essere superati. Per la determinazione della *curva segnalatrice di probabilità pluviometrica* relativa all'area d'interesse, si é eseguita un'elaborazione statistica dei dati pluviometrici della stazione più rappresentativa, attraverso i dati del servizio meteorologico di Arpa. Attraverso l'applicativo dell'Agenzia di protezione dell'Ambiente é possibile definire i diversi parametri idrologici necessari all'elaborazione per tutto il territorio lombardo. Per i dettagli teorici e statistici utilizzati nell'applicativo si rimanda alle note informative del sito idro.arpalombardia.it. L'analisi dei dati é stata effettuata mediante *la prima legge asintotica del massimo valore di Gumbel* con la quale, data una serie di valori sufficientemente grande della variabile idrologica considerata (x), si determina la probabilità di non superamento legata al tempo di ritorno:

$$P(x) = e^{-e^{-y}}$$

dove:

$P(x)$: probabilità di non superamento della variabile idrologica x ;

$y = \alpha(x - N)$: variabile ridotta associata alla variabile idrologica x ;

$\alpha = 1.283 / \sigma$: parametro della distribuzione stimato con il metodo dei momenti;

$N = x - 0.450\sigma$: parametro della distribuzione stimato con il metodo dei momenti;

$x = \sum_i x_i / n$: media delle osservazioni x_i , in numero pari a n ;

$\sigma = ((\sum_i x_i^2 / n - 1) - (\sum_i x_i / n(n - 1)))^{1/2}$: scarto quadratico medio del campo osservato.

Mediante la relazione $P(x) = (Tr - 1)/Tr$ si lega il tempo di ritorno con la probabilità di non superamento. Tale legge é stata applicata per le piogge della durata di 10, 15, 20, 30, minuti e 1, 3, 6, 12 e 24 ore, ottenendo le rispettive altezze di pioggia massima con tempi di ritorno pari a 2, 5, 10, 20, 50, 100 e 200 anni, per la stazione pluviografica considerata. Nel campo bilogaritmico la curva segnalatrice di possibilità climatica ha una forma lineare, con coefficiente angolare pari ad "n" ed ordinata corrispondente ad un tempo unitario pari ad "a". E' quindi

	Elaborato	Data	Rev.	Pag.
	Relazione geologica	Luglio 2018	0	9 di 39
A. & P. sas di Dr. Corrado Aletti – GEOLOGO O.G.L. n.900				

possibile procedere al calcolo di tali curve, per i diversi tempi di ritorno, stimando i parametri “a” ed “n” tramite regressione lineare con il metodo dei minimi quadrati. I risultati delle interpolazioni e le curve segnalatrici di possibilità climatica per la stazione considerata e per i diversi tempi di ritorno sono di seguito riportati (Figura 4).

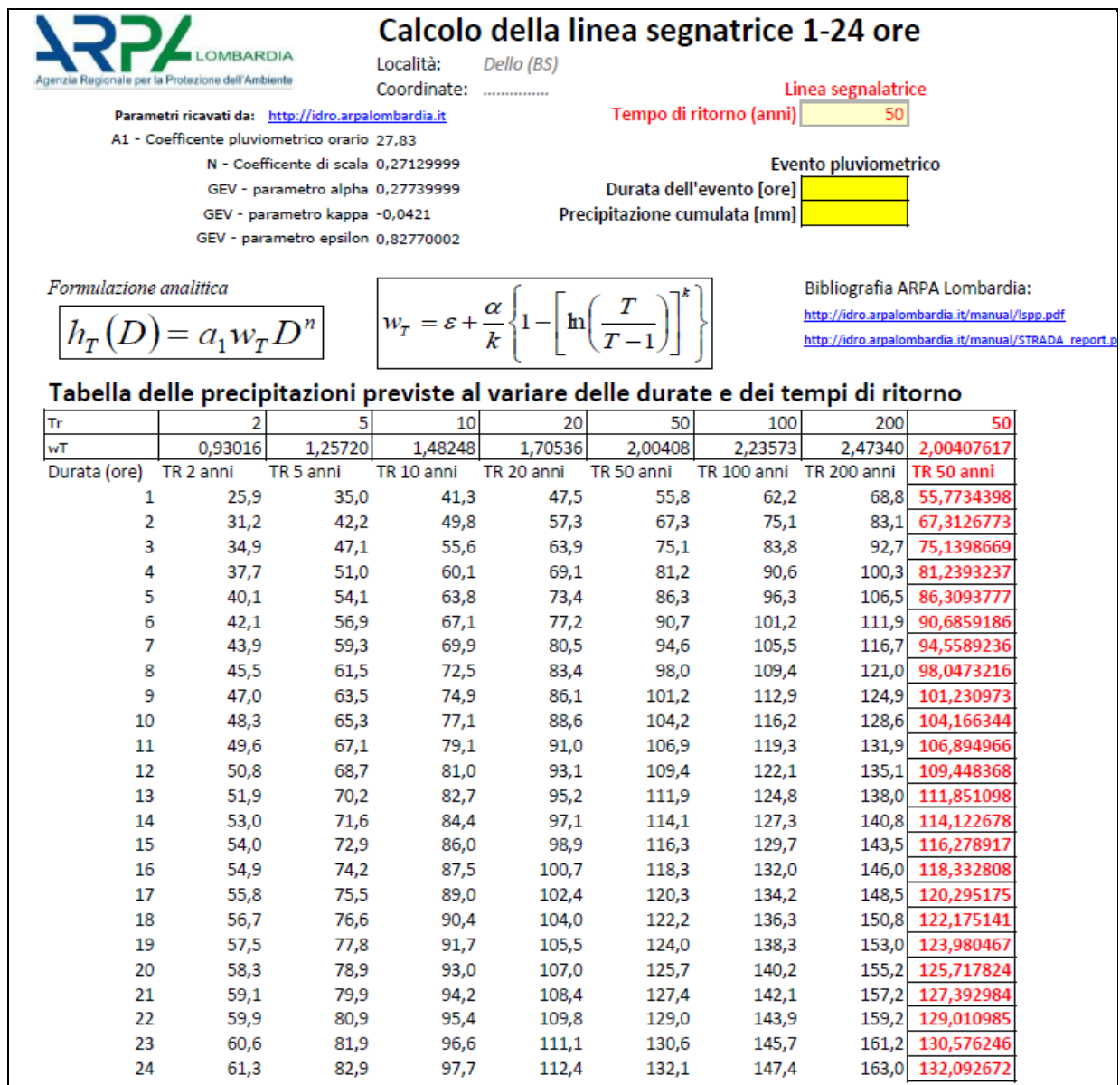


Figura 4 - Calcolo della linea segnalatrice

La rappresentazione delle curve è riportata in Figura 5. Considerate le finalità dello studio, il contesto in cui è inserito l'insediamento, le condizioni al contorno e i disposti normativi l'evento meteorico di riferimento ha **tempo di ritorno di 50 anni**.

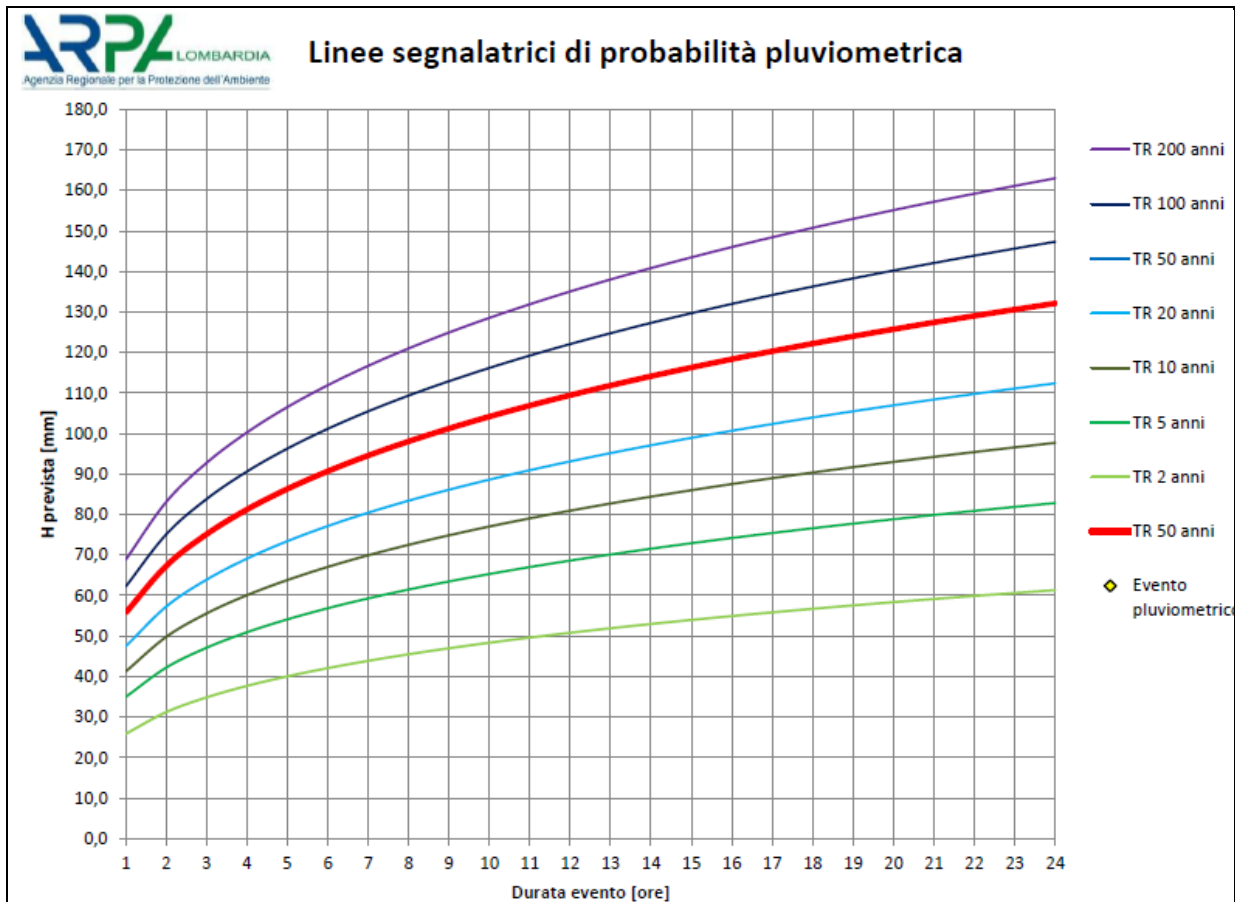


Figura 5 - Rappresentazione della linea segnalatrice

La pioggia di riferimento va poi riferita al bacino in studio, che in questo caso è molto contenuto e corrisponde al nuovo insediamento. Per ottenere i valori di piogge più brevi di un'ora si è ricorsi alla formula di Bell rappresentata dalla seguente espressione:

$$h_{dt}/h_{60t} = 0.54 \times d^{0.25} - 0.5$$

In Figura 6 è rappresentato l'andamento cumulativo delle precipitazioni calcolato sul lotto in studio. Il metodo dettagliato prevede l'elaborazione dello ietogramma di riferimento su cui eseguire i calcoli idrologici funzionali al dimensionamento delle vasche di laminazione. Solitamente le precipitazioni che si protraggono per ore sono caratterizzate da intensità minori e dunque le reti di drenaggio non risultano sovraccaricate da tali eventi.

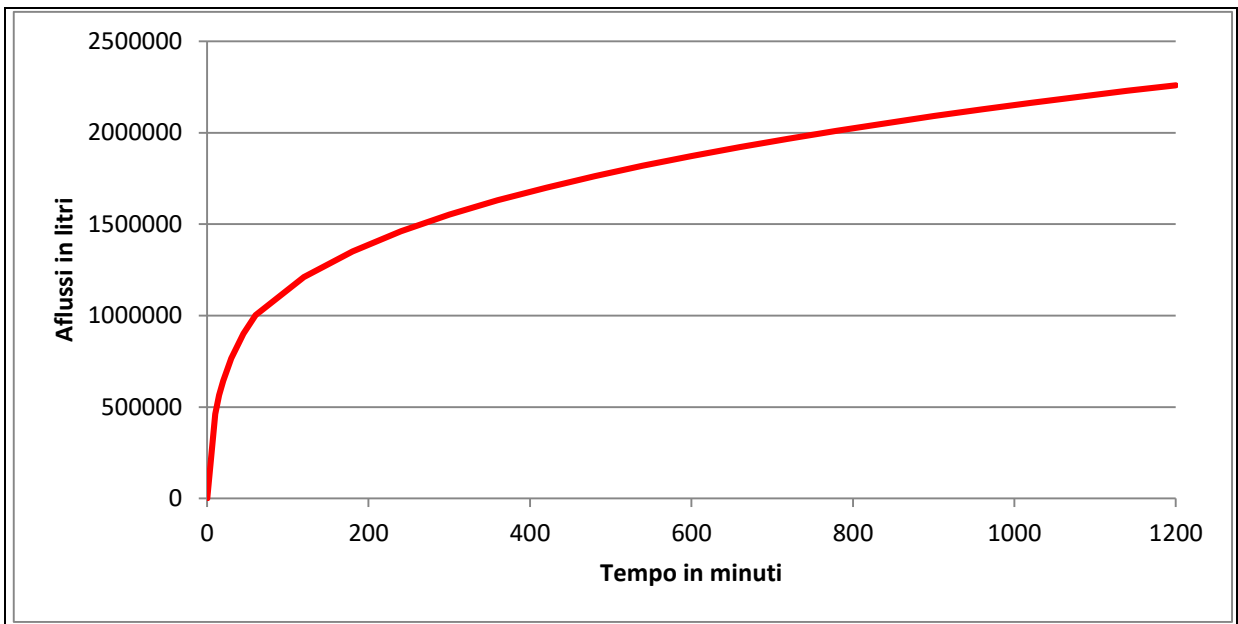


Figura 6 - Andamento degli afflussi (precipitazioni) sul lotto con tempo di ritorno di 50 anni

Queste sono, appunto, le ragioni che hanno indotto a valutare gli eventi più brevi generalmente nell'ordine di un'ora. Costruendo numerosi ietogrammi di prova si è confermato che gli eventi più gravosi, in termini di portate istantanee, avvenivano per durate inferiori all'ora. Inoltre facendo una prima verifica speditiva sulla base del metodo delle sole piogge, nell'ipotesi di scarico in CIS e nel sottosuolo (come meglio specificato nei capitoli a seguire) si è notato che il valore critico dell'invaso si raggiunge per piogge di circa 4/5 ore (Figura 7).

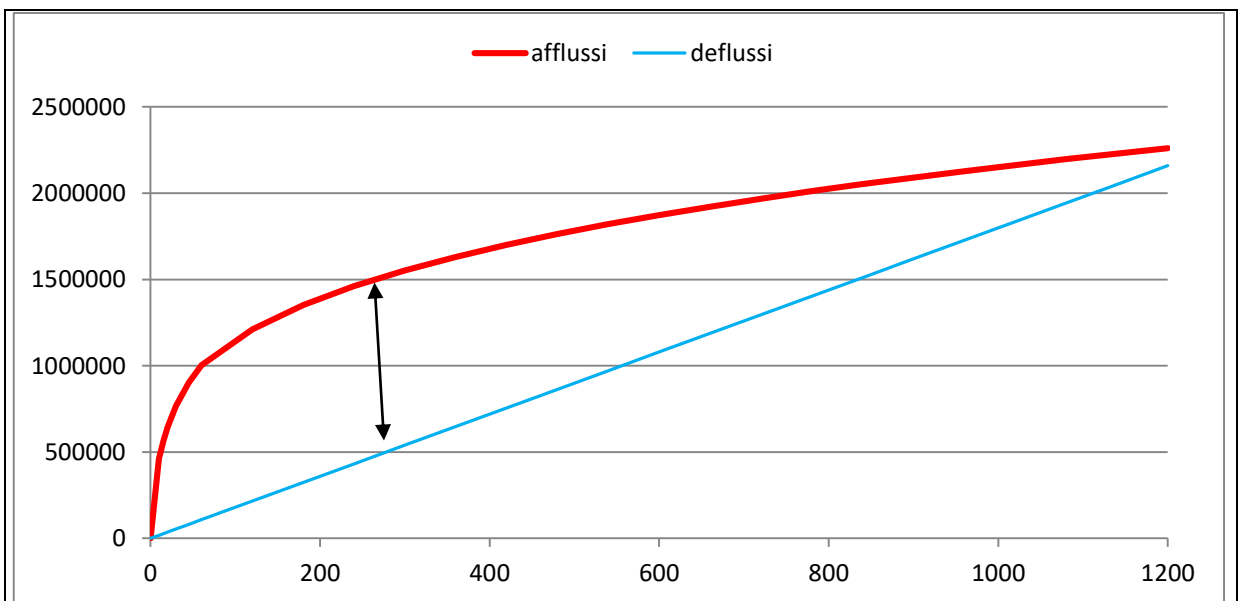


Figura 7 – Metodo delle sole piogge

4.1. Ietogramma di progetto

Per la determinazione degli eventi meteorologici di progetto è stato utilizzato uno ietogramma di tipo Chicago, caratterizzato da un picco di intensità massima i_{max} e da una intensità media uguale a quella definita dalla curva di possibilità pluviometrica; se tale curva è espressa con la consueta formula monomia a due parametri $[h(t)=a \cdot t^n]$, l'intensità $i(t)$ è data dalle equazioni:

$$i(t) = n \cdot a \cdot \left(\frac{t_r - t}{\kappa} \right)^{n-1} \quad \text{per } t \leq t_r$$
$$i(t) = n \cdot a \cdot \left(\frac{t - t_r}{1 - \kappa} \right)^{n-1} \quad \text{per } t \geq t_r$$

dove t_r è l'istante di tempo in cui si verifica il picco. La posizione del picco all'interno della durata complessiva dell'evento può essere scelta sulla base di indagini statistiche relative alla zona in esame oppure si può porre pari a 0,4, valore medio che risulta dagli studi in materia riportati in letteratura. L'intensità massima è stata calcolata per un intervallo pari a 6 minuti, ovvero nell'ordine del tempo di corrvazione. Lo ietogramma Chicago rappresenta una pioggia critica per tutte le durate, nel senso che a tutte le durate corrisponde la stessa probabilità cumulata. Quindi nel dimensionamento di una rete di scolo è possibile utilizzare un unico ietogramma Chicago per tutte le sezioni. Inserendo nella formula i valori di a , n e la durata dell'evento è possibile determinare in modo univoco la funzione $i(t)$. Come indicato in precedenza la pioggia di durata 1 ora risulta la più gravosa in termini di portate istantanee, mentre piogge di durata maggiore sono critiche per la vasca di laminazione. In Figura 8 si riporta lo ietogramma di progetto tipo Chicago discretizzato (10 minuti) per tempo di ritorno pari a 50 anni di durata 1 ora utilizzato per le simulazioni idrauliche. In Figura 9 si riporta lo ietogramma di progetto tipo Chicago discretizzato per precipitazioni fino a 10 ore. E' stata scelta questa durata dopo numerosi tentativi su durate maggiori o minori al fine di ottenere la situazione più critica per il dimensionamento dei bacini di laminazione. Nel primo grafico il picco si rileva nella

 geologia geotecnica e dati	Elaborato	Data	Rev.	Pag.
	Relazione geologica	Luglio 2018	0	13 di 39
A. & P. sas di Dr. Corrado Aletti – GEOLOGO O.G.L. n.900				

porzione centrale con un'intensità di circa 200 mm/ora. Sulla base di questi ietogramma sono stati calcolati gli idrogrammi corrispondenti a ciascuna area, per le diverse condizioni.

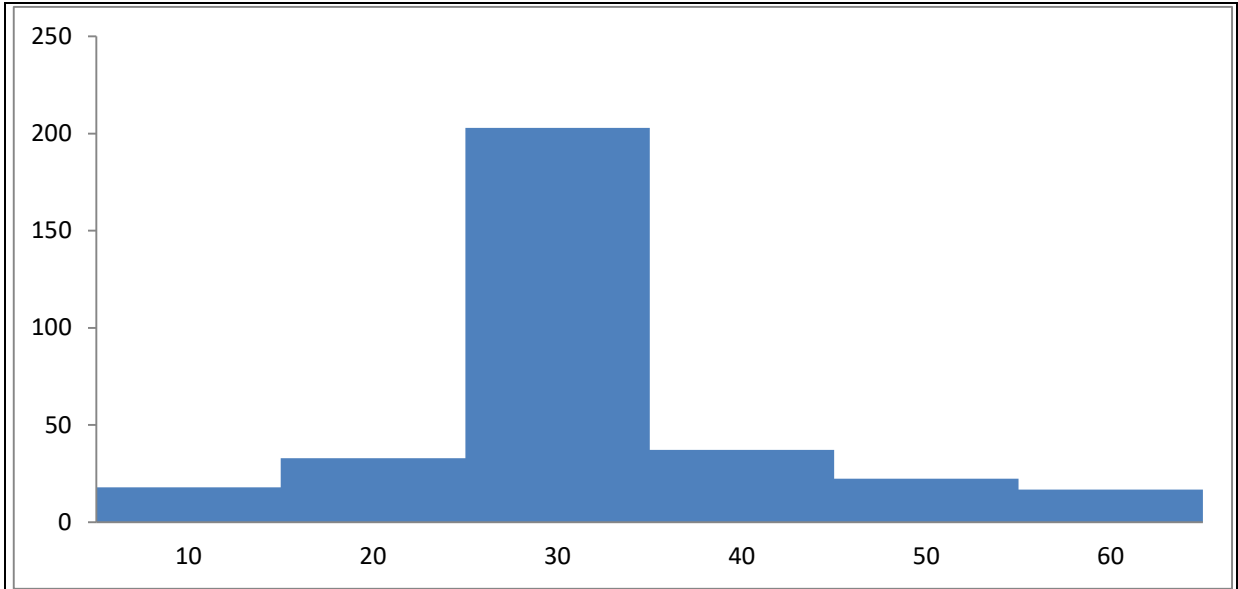


Figura 8 - Ietogramma Chicago piogge inferiori a 1 ora

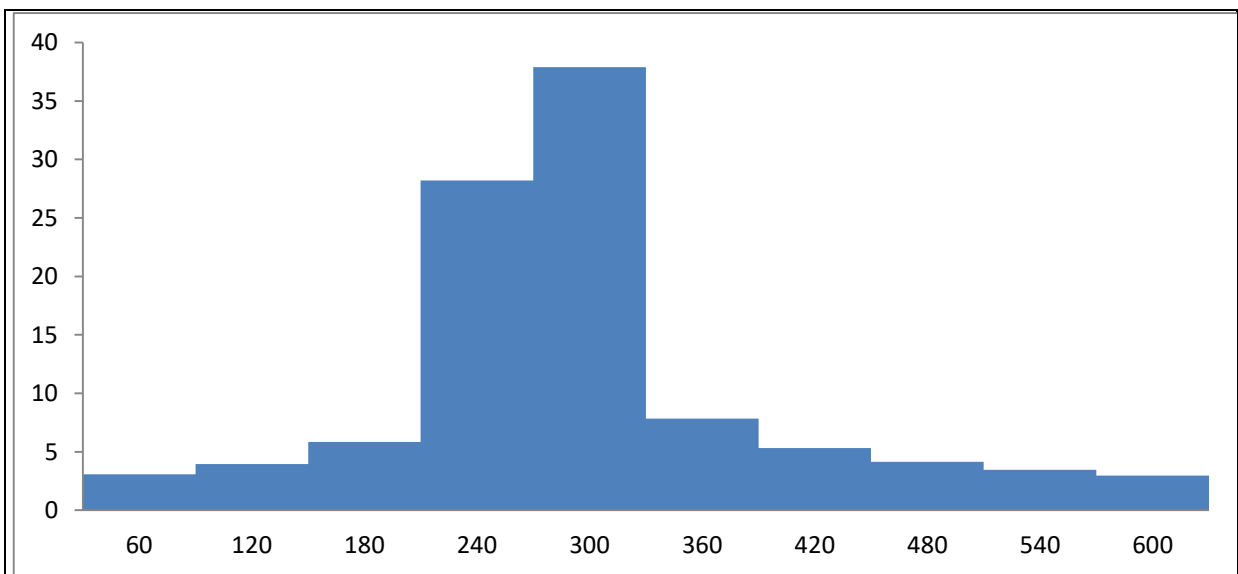


Figura 9 - Ietogramma Chicago piogge fino a 10 ore

4.1.1. Calcolo del tempo di corrivazione

Il tempo di corrivazione corrisponde all'intervallo di tempo impiegato da una ipotetica particella d'acqua a percorrere l'intero bacino, partendo dal punto più lontano sino a giungere

alla sezione di chiusura. Il sistema di raccolta acque è molto semplice e prevede la messa in opera di una gronda oltre ad alcune caditoie ed una condotta per raggiungere il bacino di raccolta. Come è noto la durata della pioggia di riferimento corrisponde al tempo di corrivazione, che in caso di bacini urbani generalmente è molto ridotto. Dall'istante t_c in poi alla portata defluente Q contribuisce tutto il bacino e quindi Q assume il suo valore massimo. La portata rimane costante fino al momento in cui si esaurisce l'evento piovoso. Il tempo di corrivazione può essere stimato con la relazione proposta da Boyd per aree sub-pianeggianti di limitata estensione:

$$T_c = t_0 + t_r$$

Dove: $t_r = 1/v \times (1.5xA)^{0.5}$ e $t_0 = kA^d$

Con t_0 si intende il tempo di ruscellamento per raggiungere la rete fognaria e con t_r il tempo di percorrenza nella rete fognaria. Con questa formula si ottiene un tempo di corrivazione $T_c = 643$ s, corrispondente a circa 10 minuti. Il valore sembra coerente con la situazione in esame dove la distanza maggiore tra l'ingresso nelle condotte di scolo e la chiusura del bacino sarà di circa 300/350 metri. Considerando velocità media nell'ordine di circa 1 m/s nelle condotte ed un tempo di ruscellamento (t_0) non superiore a 5 minuti il valore trova coerenza con quanto calcolato.

Per il progetto in questione, vista la dimensione del comparto è stato considerato un tempo di corrivazione pari a 10 minuti.

	Elaborato	Data	Rev.	Pag.
	Relazione geologica	Luglio 2018	0	15 di 39
A. & P. sas di Dr. Corrado Aletti – GEOLOGO O.G.L. n.900				

5. INQUADRAMENTO IDROGEOLOGICO E PIEZOMETRICO

L'assetto geologico dell'area d'intervento è stato determinato durante il Quaternario continentale dagli intensi eventi deposizionali che hanno portato a colmamento il bacino Padano. In particolare, ci si riferisce al Pleistocene e all'Olocene, in cui la nota climatica dominante fu rappresentata da un ripetuto alternarsi di climi caldi e freddi, con una netta tendenza al progressivo raffreddamento, reso evidente con l'avvento delle glaciazioni. I depositi di quest'area sono legati alle dinamiche caratteristiche dell'ambiente fluvio-glaciale e fluviale riferibili come età al Wurm (Alluvioni fluviali Wurm – cfr. Figura 10) e costituenti il "**livello fondamentale della pianura**" (S. Tagliavini e F. Petrucci – Carta Geologica d'Italia Foglio "Cremona").

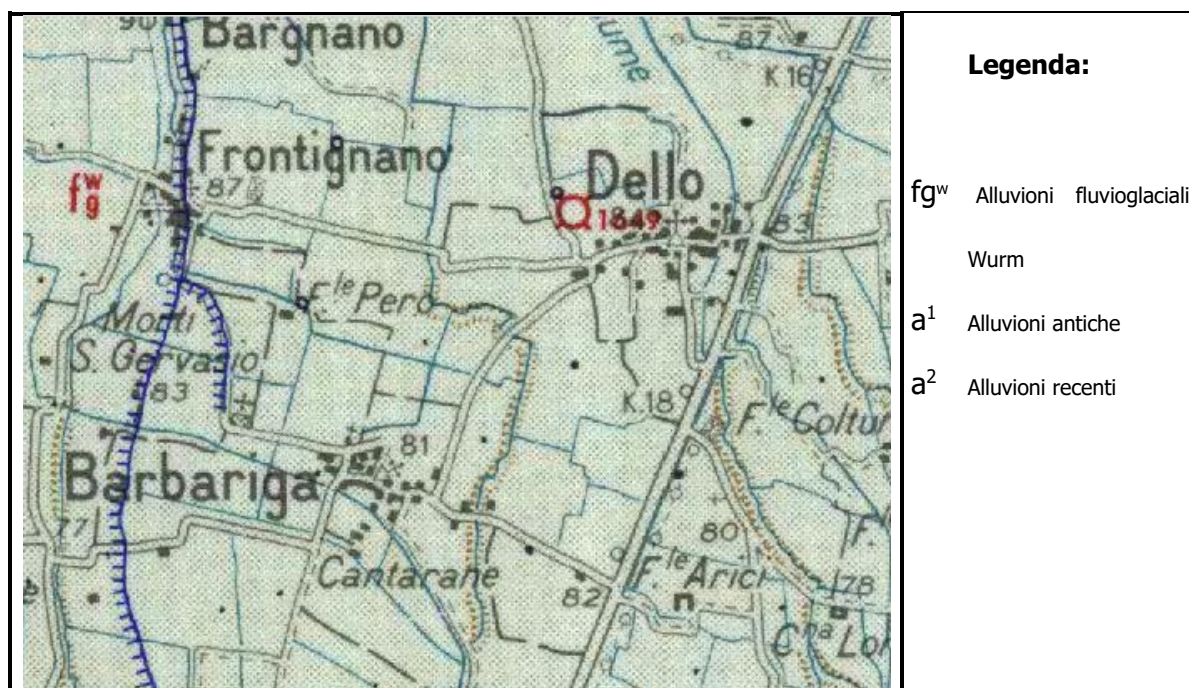


Figura 10 – Stralcio della Carta Geologica d'Italia foglio Brescia

La fase fluviale würmiana ha originato l'ultimo esteso colmamento della pianura nel Pleistocene. La successiva fase erosiva, iniziata nell'Olocene, è responsabile della zona ribassata delimitata da scarpate entro cui oggi scorre il fiume Mella. La geologia profonda (sedimenti pre-quaternari), le cui strutture non condizionano le forme superficiali, è

 01010101010 110110110011 1110111011101 0101010101010	Elaborato	Data	Rev.	Pag.
	Relazione geologica	Luglio 2018	0	16 di 39
A. & P. sas di Dr. Corrado Aletti – GEOLOGO O.G.L. n.900				

caratterizzata da un'ampia monoclinale che immerge verso Sud, con pendenza decrescente all'aumentare della profondità. La diminuzione della pendenza della monoclinale è localmente favorita dall'intersezione di sedimenti pliocenici, che risultano aver smussato le irregolarità dovute all'antecedente tettonica alpina. Importanti anomalie all'andamento regolare della monoclinale sono rappresentate dalla dorsale orientata SW-NE ovvero da Orzinuovi a Mazzano. Detta dorsale sepolta è responsabile dell'emergenza dei rilievi di Pievedizio-Monte Netto-Castenedolo-Ciliverghe. Allo stato attuale si può affermare che il territorio comunale di Barbariga è interessato soltanto da una debole subsidenza che per il suo carattere regionale, non influenza i manufatti già realizzati o da realizzarsi. Dal punto di vista litologico dominano le sabbie accompagnate da coperture limoso sabbiose dello spessore di circa 1.00 metro.

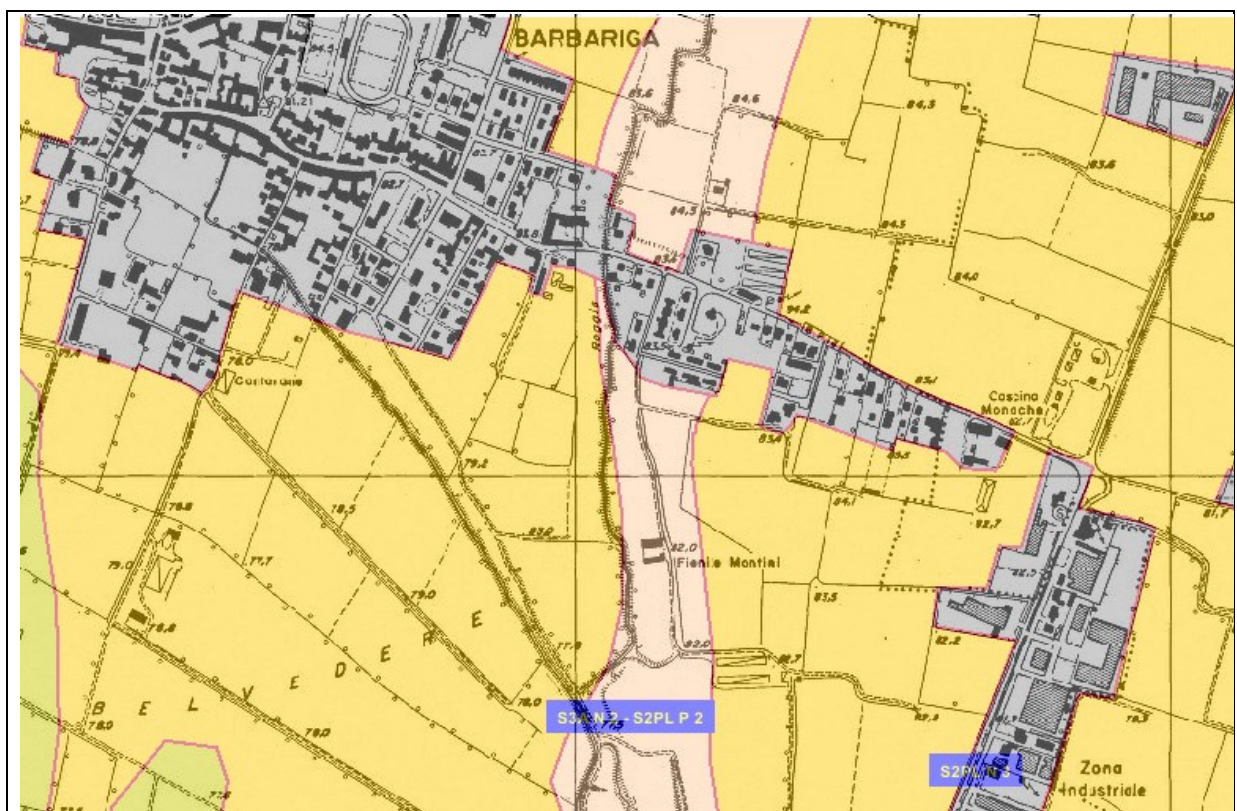


Figura 11 – Stralcio della Carta della litologia di superficie (rosa=sabbie limose giallo=sabbie)

Sull'area si alternano livelli prevalentemente sabbiosi o sabbioso limosi, quest'ultimi organizzati generalmente lungo geometrie allungate in direzione nord-sud. L'andamento dei

 01010101010 110110110011 111011101101 0101010101010	Elaborato	Data	Rev.	Pag.
	Relazione geologica	Luglio 2018	0	17 di 39
A. & P. sas di Dr. Corrado Aletti – GEOLOGO O.G.L. n.900				

depositi è rappresentata in Figura 11. L'attuale assetto del territorio è correlato ai processi legati all'azione delle acque superficiali prevalentemente incanalate ovvero all'azione di erosione, deposito e trasporto dei corsi d'acqua, variamente influenzati dalle oscillazioni climatiche e dalla tettonica. Morfologicamente l'area risulta pianeggiante alla quota di circa 80.0 m.s.m. con cadente topografica verso S e gradiente nell'ordine dello 0.15 %. L'idrografia al contorno è rappresentata dalla rete irrigua e scolante fitta e ben articolata seguendo un percorso corrispondente alle necessità di colo e irrigazione. I canali principali sono stati catalogati dallo studio del reticolo idrico minore a cui si rimanda per ogni dettaglio. L'area è esterna alle zone allagabili cartografate dal PGRA della Regione Lombardia.



Figura 12 – Stralcio della Carta litologica della Regione Lombardia

5.1. Litostratimetria dell'area

La litostratimetria dell'area indagata è stata desunta da studi effettuati nella zona, e dalle interpretazioni di prove penetrometriche eseguite nel dicembre 2010 per il medesimo Committente. L'assetto stratigrafico si configura conforme all'ambiente ed all'evoluzione deposizionale a cui è andata soggetta l'area, fortemente condizionata dalla dinamica fluvio-glaciale e fluviale legata ad ambienti ad alta energia, con significative variazioni d'alveo e ad elevata competenza. Al di sotto di una copertura di circa 1.00 metro si rinvengono alternanze di sabbie e sabbie fini per uno spessore totale di circa 6.00 metri. Proseguendo in profondità si assiste ad aumento della granulometria passando a sabbie grossolane talora accompagnate da

 01010101010 110110110011 1110111011101 0101010101010 <i>geologia geotecnica e dati</i>	Elaborato	Data	Rev.	Pag.
	Relazione geologica	Luglio 2018	0	18 di 39
A. & P. sas di Dr. Corrado Aletti – GEOLOGO O.G.L. n.900				

ghiaie minute. L'assetto stratigrafico rilevato dalla prova penetrometrica si sovrappone alla sezione idrogeologica del sito, redatta sulla base delle stratigrafie dei pozzi (Figura 13).

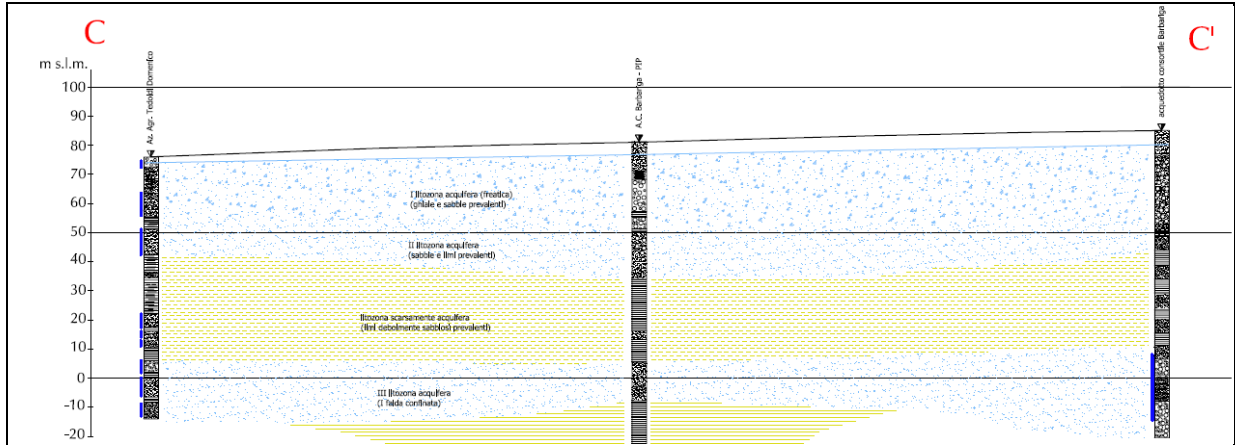


Figura 13 – Sezione idrogeologica da PGT di Barbariga

La superficie freatica è stata individuata alla quota di circa 4.00 m da p.c. nel dicembre 2010 in occasione della campagna geognostica. Il valore trova coerenza con la cartografia idrogeologica della zona (Figura 14), che indica una soggiacenza superiore ai 3.00 metri per il sito in studio.

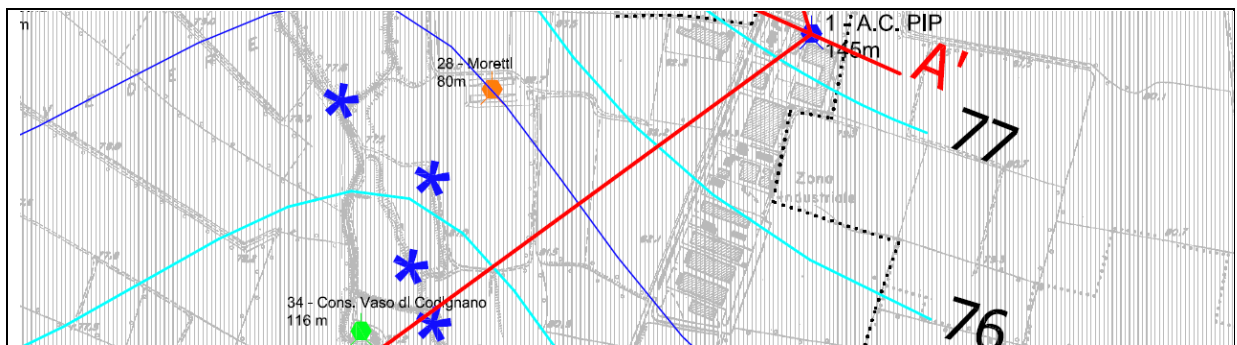


Figura 14 – Stralcio della Carta idrogeologica del PGT di Barbariga

5.2. Prova di permeabilità

Sono state eseguite quattro prove di permeabilità a carico variabile in pozzetto nell'area in studio. Le prove in pozzetto consentono di determinare in modo molto semplice la permeabilità di un terreno superficiale al di sopra del livello della falda idrica. Operativamente si

	01010101010 110110110011 1110111011101 0101010101010	Elaborato	Data	Rev.	Pag.
		Relazione geologica	Luglio 2018	0	19 di 39
A. & P. sas di Dr. Corrado Aletti – GEOLOGO O.G.L. n.900					

realizza uno scavo, lo si riempie d'acqua e si valuta la portata necessaria per mantenere un livello costante (prove a carico costante) o si valuta l'abbassamento dell'acqua all'interno dello scavo (prove a carico variabile). Il pozzetto di prova può essere di forma quadrata o circolare e le dimensioni possono essere scelte basandosi sugli strumenti di scavo disponibili. In linea di principio comunque le dimensioni devono aumentare all'aumentare delle dimensioni dei granuli del terreno. In particolare il lato del quadrato (nel caso di pozzetti a base quadrata) o il diametro del cerchio (per pozzetti circolari) deve essere superiore a 10-15 volte la dimensione della frazione granulometrica significativa. La profondità del pozzetto è a discrezione dell'operatore. Occorre comunque evitare di avvicinarsi eccessivamente alla superficie di falda perché, secondo le raccomandazioni AGI, deve risultare (Figura 15):

$$H \geq 7 \cdot h$$

Nel caso in studio non è stato possibile rispettare questa condizione per la vicinanza della falda al piano campagna. La prova è comunque da considerarsi significativa. Nella prova a carico variabile si porta il livello dell'acqua alla quota h_1 e poi si misura in quanto tempo l'acqua scende al livello h_2 .

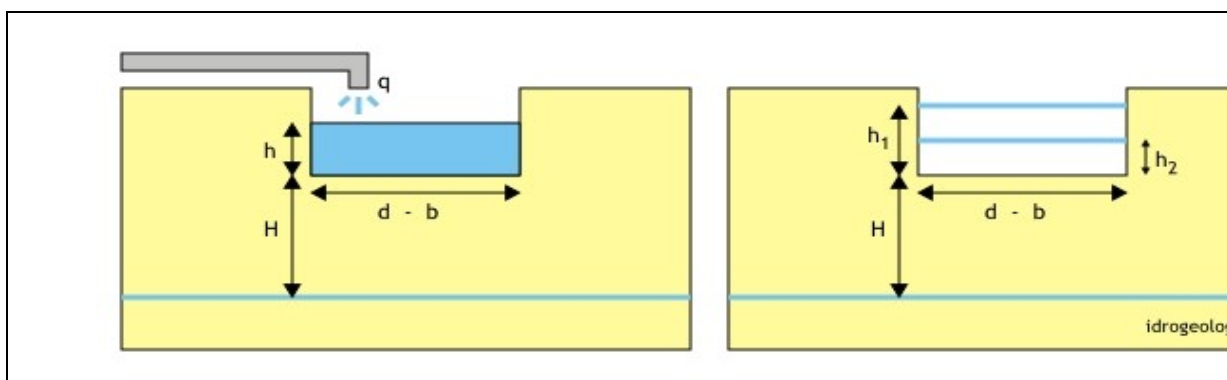


Figura 15 – Schema per prove di permeabilità a carico costante e variabile

Nel caso in esame, considerata la natura sabbiosa dei depositi, è stato posizionato un tubo aperto da 200 mm di diametro spinto ad una profondità di circa 1.80/2.00 metri da p.c.. E' stata scelta questa profondità in modo da caratterizzare gli strati dove avverrà la dispersione. Vista la profondità non è stato possibile realizzare un pozzetto con pareti libere, ma è stato inserito il tubo per di ridurre gli eventuali errori dovuti al franamento delle pareti dello scavo nel

 01010101010 110110110011 111011101101 0101010101010	Elaborato	Data	Rev.	Pag.
	Relazione geologica	Luglio 2018	0	20 di 39
A. & P. sas di Dr. Corrado Aletti – GEOLOGO O.G.L. n.900				

corso della prova. Il tubo è stato poi riempito di acqua, avendo cura di effettuare la saturazione dei depositi sottostanti, e in seguito sono stati misurati i tempi di abbassamento del livello all'interno del tubo (Figura 17). Sono state eseguite 4 prove ubicate come riportato in Figura 16 per una durata di circa 15 minuti.

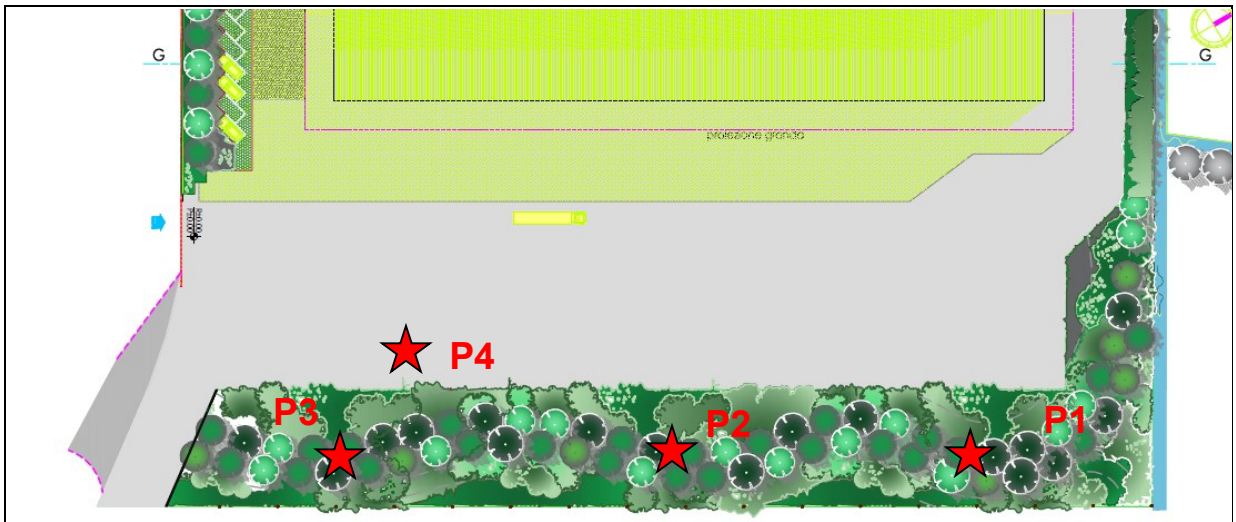


Figura 16 – Ubicazione prove permeabilità



Figura 17 - Predisposizione del pozzetto di prova

Le prove sono state ubicate nella porzione a verde destinata alla dispersione. La prova P4 è stata eseguita in corrispondenza del futuro piazzale. I grafici degli abbassamenti rilevati in

campagna sono riportati in Figura 18. I valori riportati al medesimo riferimento sono riportati in Figura 19.

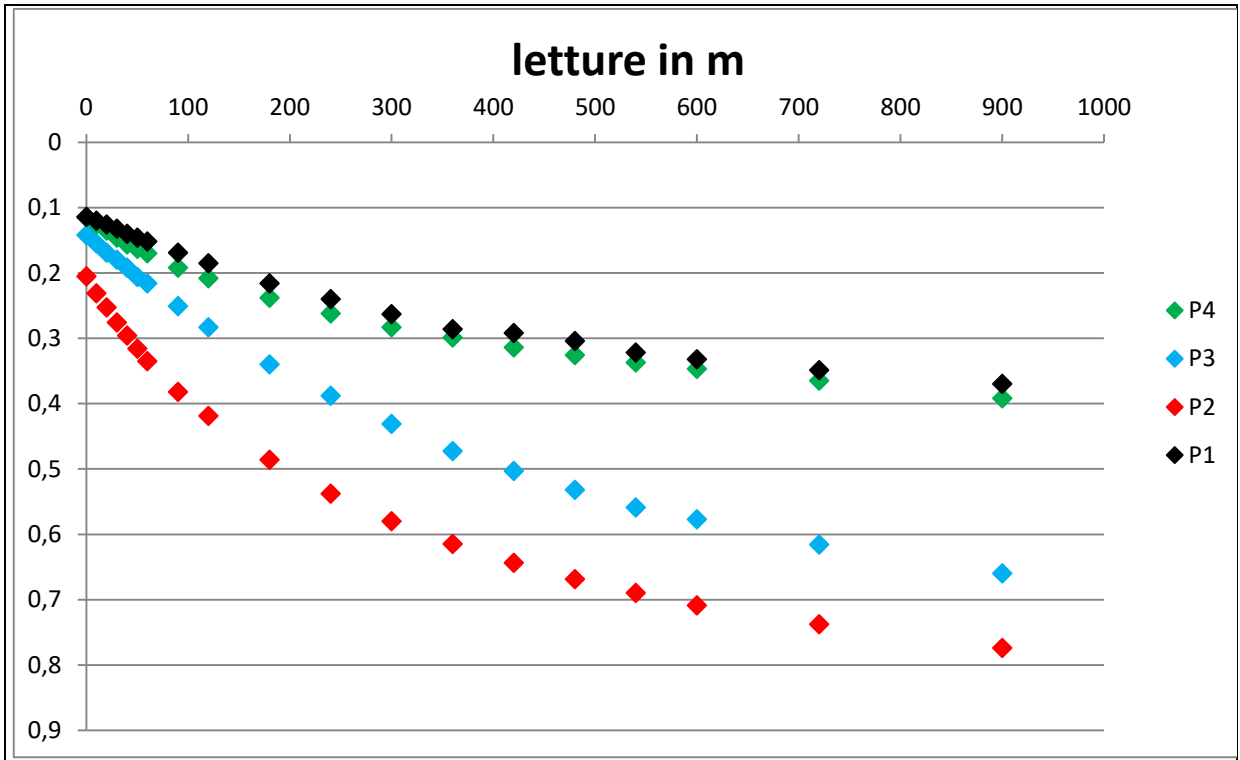


Figura 18 - Letture di campagna

Come si può notare si assiste ad una certa variabilità degli andamenti delle curve di abbassamento, in particolare sull'allineamento P1 – P3 si nota un aumento della permeabilità in direzione sud, che raggiunge il culmine nel settore centrale. La prova P1 e P4 restituiscono valori sovrapponibili. Questo andamento è coerente con le evidenze di campagna relative alla litologia rilevata negli scavi; tutte le prove sono state intestate nel substrato sabbioso, che evidentemente a luoghi presenta matrici fini più o meno abbondanti. Questo aspetto non è stato possibile rilevarlo in campagna, dove i depositi sono apparsi del tutto omogenei, ad eccezione della prova P1 dove effettivamente sono state rilevate sabbie più fini.

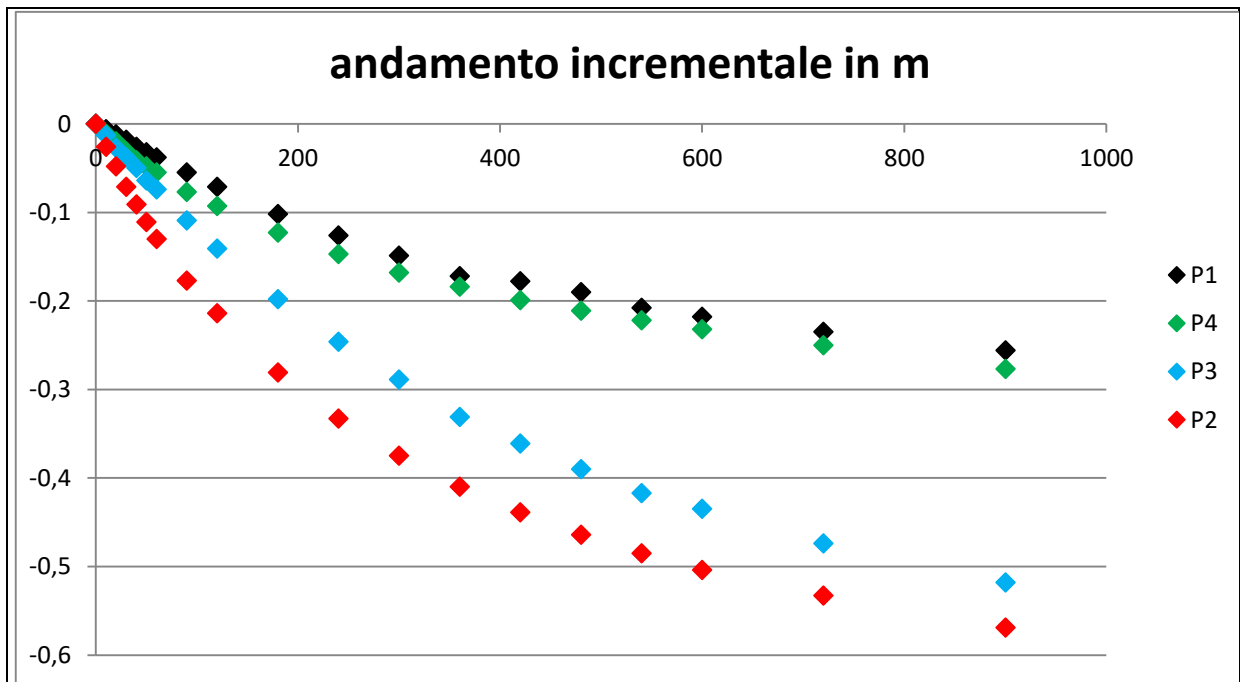


Figura 19 - Elaborazione letture

5.2.1. Interpretazione della Prova di permeabilità

La formula tipica riportata nelle raccomandazioni AGI per il calcolo della permeabilità k è la seguente:

$$k = \frac{d}{32} \cdot \frac{h_1 - h_2}{t_2 - t_1} \cdot \frac{1}{h_m}$$

dove:

h_m = altezza media dell'acqua nel pozzetto ($h_m > d/4$);

$h_1 - h_2$ = abbassamento;

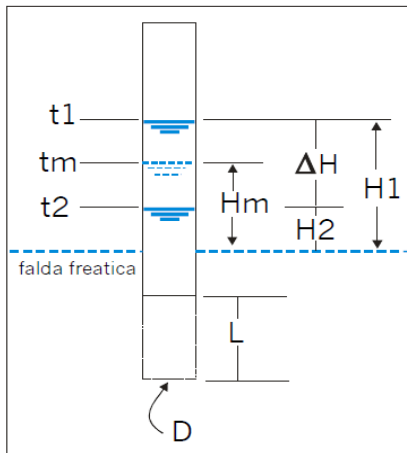
$t_2 - t_1$ = intervallo di tempo;

d diametro pozzetto.

Tuttavia la formula e le modalità di prova sopra riportate prevedono la realizzazione di uno scavo con pareti permeabili. Nel caso in studio per impedire franamenti e per avere una forma regolare del pozzetto di prova è stato inserito un tubo in PVC che di fatto ha reso impermeabili del superfici laterali, permettendo la percolazione solo dal fondo. Per questo motivo appare più

opportuno utilizzare le classiche formule impiegate per le prove in foro di sondaggio (prova Lefranc) con lunghezza della tasca pari a 0.00 metri:

Schema della prova Lefranc



Per le prove a carico costante la conducibilità idraulica è:

$$K = Q / CH$$

Q = portata a regime (cm³/sec)

H = carico idraulico a regime (cm)

C = coefficiente di forma (cm), in funzione della tasca inferiore di diametro D e lunghezza L



Per prove a carico idraulico variabile la conducibilità idraulica è:

$$K = AdH / C dt Hm$$

A = area di base della tasca filtrante

dH = H₁ - H₂ = differenza di carico idraulico

dt = t₂ - t₁ = intervallo di tempo corrispondente a dH

Hm = carico idraulico corrispondente al tempo medio (t₁ + t₂) / 2

C = coefficiente di forma

Nel caso di foro aperto inferiore:

$$C = 2.85 D$$

La permeabilità calcolata con la formula sopra riportata restituisce il seguente valore:

$$P1 k = 5.9 \times 10^{-5} \text{ m/sec}$$

$$P2 k = 7.3 \times 10^{-5} \text{ m/sec}$$

$$P3 k = 7.9 \times 10^{-5} \text{ m/sec}$$

$$P4 k = 6.6 \times 10^{-5} \text{ m/sec}$$

Per i calcoli dei sistemi disperdenti è stata scelta una permeabilità pari a $k = 6 \times 10^{-5} \text{ m/sec}$ anche in ragione della loro posizione sul lotto.

5.3. Distanza da pozzi idropotabili

In considerazione della presenza a nord di un pozzo dell'acquedotto di Barbariga, è stata effettuata una verifica sulle distanze tra i dispositivi di dispersione e le zone di rispetto del pozzo. Il raggio della zona di rispetto del pozzo è pari a 200 metri come indicato nella normativa di riferimento: D.P.R. n° 236 del 24 maggio 1988, recepito dalla Regione Lombardia nella deliberazione di Giunta Regionale n° 6/15137 dell'1 agosto 1996 e richiamato dalle disposizioni contenute nel D.LGS. 152/99 e successive modifiche e integrazioni (D.LGS. 258/00). Nella zona di rispetto (200 metri con criterio geometrico) valgono le prescrizioni contenute nel comma 5 art. 5 del D.LGS. 258/00.

	01010101010 110110110011 111011101101 0101010101010	Elaborato	Data	Rev.	Pag.
		Relazione geologica	Luglio 2018	0	24 di 39
A. & P. sas di Dr. Corrado Aletti – GEOLOGO O.G.L. n.900					

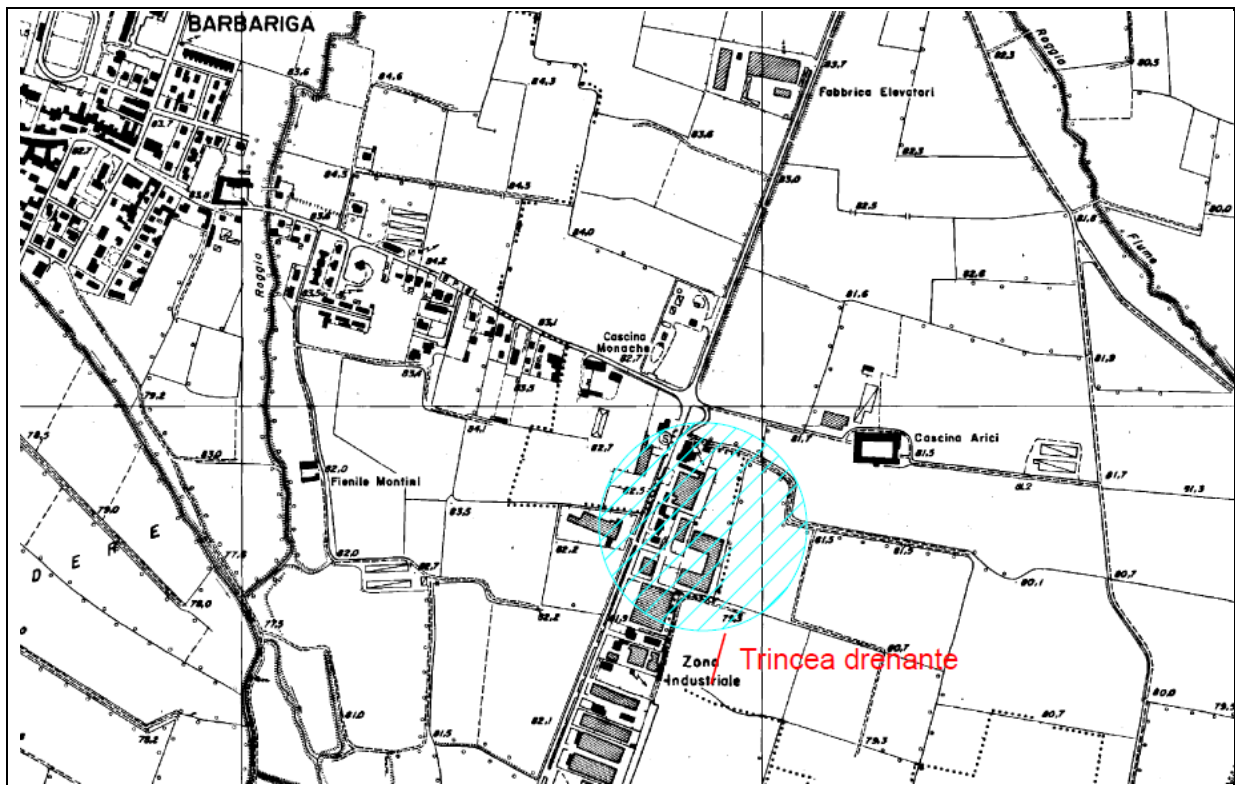


Figura 20 – Posizione trincea rispetto a pozzo acquedotto

La trincea drenante in progetto è esterna alla zona di rispetto del pozzo dell'acquedotto di Barbariga.

 01010101010 110110110011 1110111011101 0101010101010	Elaborato	Data	Rev.	Pag.
	Relazione geologica	Luglio 2018	0	25 di 39
A. & P. sas di Dr. Corrado Aletti – GEOLOGO O.G.L. n.900				

6. CALCOLO DEGLI AFFLUSSI - METODO DETTAGLIATO

La progressiva impermeabilizzazione delle superfici incide sugli afflussi secondo due elementi fondamentali:

- riduzione della capacità filtrante del terreno con conseguente aumento della portata ai recapiti finali
- riduzione dei tempi di corrivazione

Il primo aspetto è ben rappresentato dall'immagine di Figura 21 dove si può notare che il passaggio ad ambienti via via più impermeabili comporta una riduzione importante dell'infiltrazione ed un incremento del ruscellamento, che convoglia le acque nel reticolo idrico. A livelli maggiori di impermeabilizzazione le dispersioni per infiltrazione diminuiscono ulteriormente sino a valori nell'ordine del 5%.

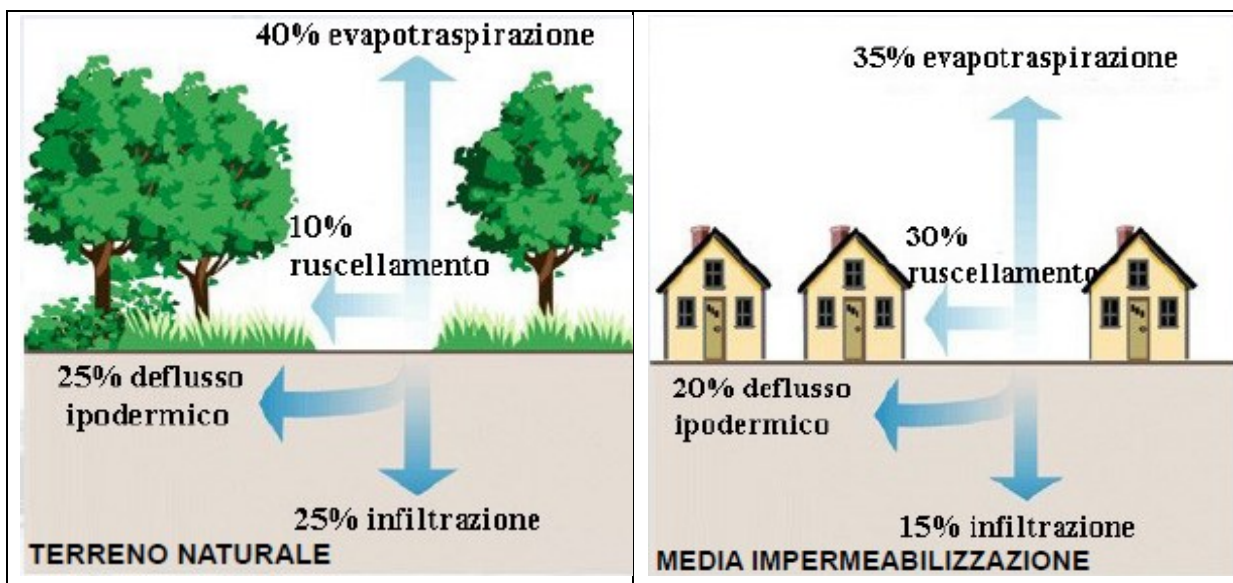


Figura 21 - Percentuali di recapito delle acque meteoriche

La riduzione del tempo di corrivazione determina invece una maggiore velocità delle acque di ruscellamento e quindi colmi di piena più rapidi ed importanti. La procedura dettagliata prevede uno studio idrologico del deflusso sulla superficie di trasformazione che deve essere condotto facendo riferimento ai tradizionali modelli afflusso-deflusso riportati in letteratura. Nel regolamento è citato (solo a titolo esemplificativo) il metodo cinematico (altresì detto della

	01010101010 110110110011 1110111011101 010101010101010	Elaborato	Data	Rev.	Pag.
		Relazione geologica	Luglio 2018	0	26 di 39
A. & P. sas di Dr. Corrado Aletti – GEOLOGO O.G.L. n.900					

corrivazione) con ietogramma Chicago. Solo una parte della precipitazione si trasforma in deflusso superficiale sul bacino. Questa parte viene chiamata precipitazione efficace e lo ietogramma corrispondente ietogramma efficace. La parte restante non produce deflusso a causa delle cosiddette perdite idrologiche dovute a vari fenomeni come l'evaporazione, l'intercettazione fogliare, l'immagazzinamento in avvallamenti, l'infiltrazione nel terreno ecc. I fenomeni più rilevanti da un punto di vista quantitativo sono solitamente gli ultimi due spesso gli unici di cui si tiene conto. Si definisce quindi, pioggia/precipitazione totale (o pioggia/precipitazione lorda) l'intera quantità di pioggia che cade sul bacino durante l'intero evento meteorico. Si definisce pioggia/precipitazione efficace la sola quota parte della precipitazione totale che genera il deflusso diretto (ovvero il deflusso superficiale e quello sottosuperficiale più rapido). In considerazione del preponderante contributo dato dalla parte impermeabile si è proceduto all'applicazione dei coefficienti di afflusso previsti dal Regolamento senza un calcolo più dettagliato delle perdite per infiltrazione nelle aree verdi o semipermeabili.

6.1. Calcolo dell'idrogramma di progetto

Per costruire l'idrogramma conseguente ad un certo ietogramma occorre procedere con un modello matematico di trasformazione afflussi-deflussi. Una classe particolarmente importante di modelli è quella dei modelli lineari stazionari in cui la relazione ingresso uscita è descritta da un'equazione differenziale lineare a coefficienti costanti. Il modello cinematico o metodo della corrivazione è un modello afflussi-deflussi che mette in conto, nel calcolo dei deflussi di piena, esclusivamente il fenomeno di trasferimento della massa liquida, ovvero la pioggia efficace che si forma in un generico punto sulla superficie del bacino trasla semplicemente verso la sezione di chiusura in un tempo prefissato, dipendente dalle caratteristiche del percorso idraulico che unisce il punto di formazione del deflusso alla sezione di chiusura. Il modello pertanto prescinde dai fenomeni di laminazione della massa liquida lungo il percorso o imputabili ad un momentaneo accumulo in alcune zone (per esempio quelle più depresse) del bacino. Il metodo si basa sul presupposto che l'evento meteorico inizi

 geologia geotecnica e dati	Elaborato	Data	Rev.	Pag.
	Relazione geologica	Luglio 2018	0	27 di 39
A. & P. sas di Dr. Corrado Aletti – GEOLOGO O.G.L. n.900				

istantaneamente e continui con intensità costante nel tempo mentre la portata uscente aumenta sino ad un tempo pari al tempo di corrivazione t_c , quando l'area A_b di tutto il bacino contribuisce al deflusso. La portata al colmo sarà espressa dalla seguente equazione:

$$Q_{c,T} = \psi \text{ ARF } i_T(t_c) A_b$$

- $Q_{c,T}$ = portata al colmo con tempo di ritorno T . Le unità di misura sono date dal prodotto delle unità di misura di i e A_b .
- ψ = coefficiente di afflusso (o coeff. adimensionale di proporzionalità)
- ARF = coefficiente di ragguaglio all'area
- $i_T(t_c)$ = intensità media di precipitazione di durata t_c e tempo di ritorno T (ad esempio ricavata da curva di possibilità pluviometrica)
- t_c = tempo di corrivazione del bacino
- A_b = area del bacino

Sulla base di quanto esposto sono stati calcolati gli idrogrammi dei bacini, intesi come porzione impermeabile, semipermeabile e permeabile (Figura 22), per piogge sino a 10 ore.

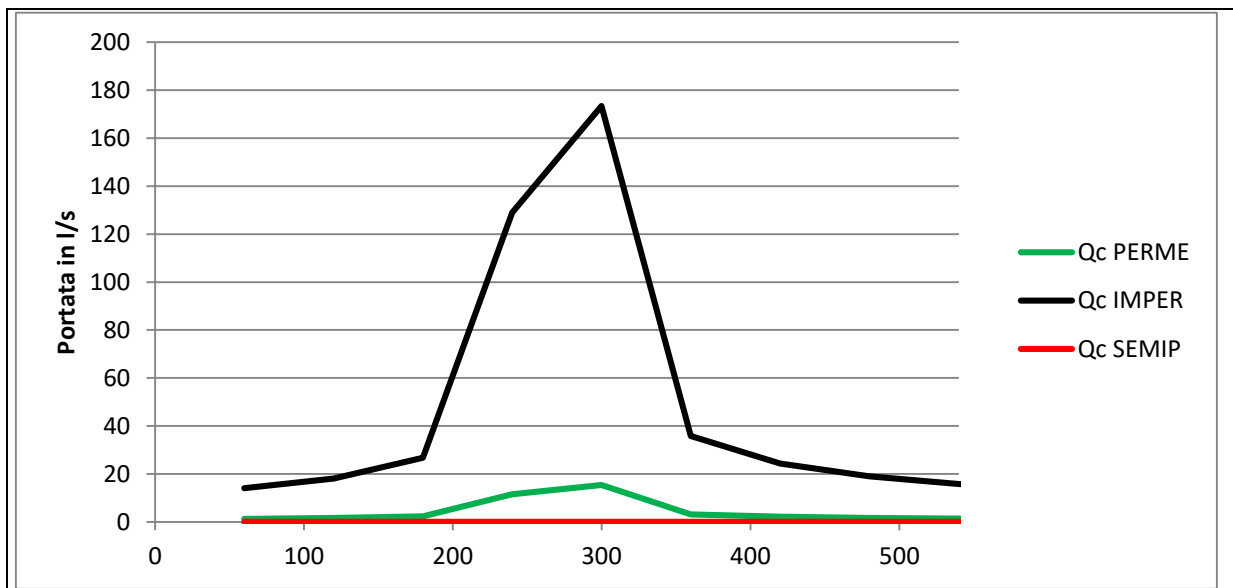


Figura 22 - Idrogrammi

La somma dei tre idrogrammi di Figura 22 determina l'idrogramma di progetto sulla base del quale sono stati calcolati i volumi di accumulo necessari a soddisfare i disposti del Regolamento.

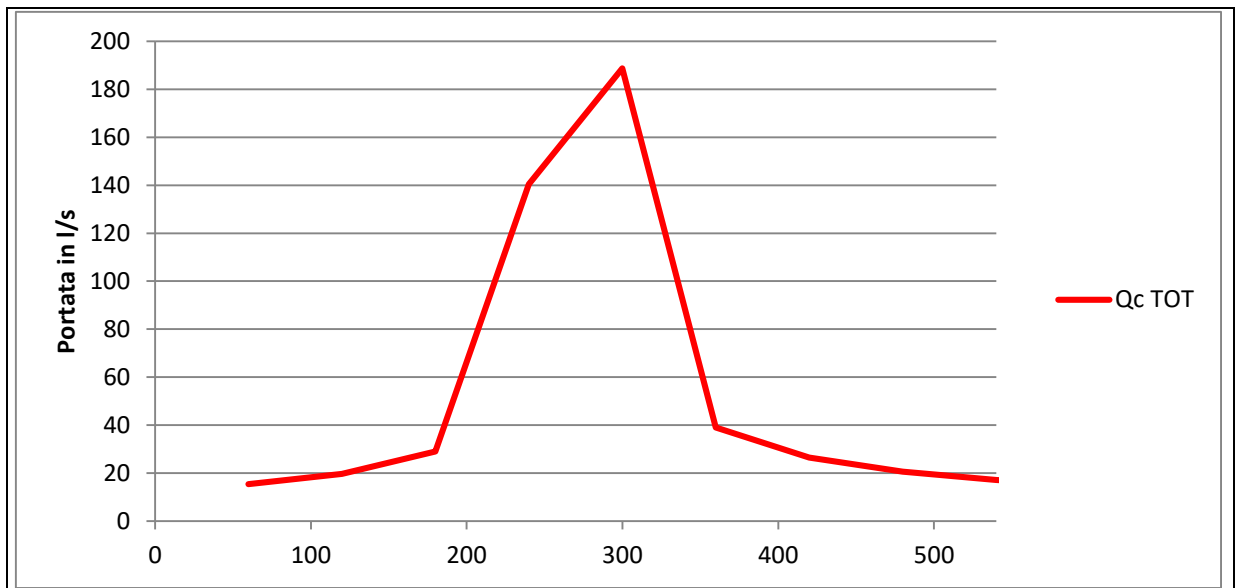


Figura 23 - Idrogramma di progetto

7. CALCOLO DEI DEFLUSSI

Sono previsti due sistemi di smaltimento delle acque meteoriche, in corpo idrico superficiale e nel sottosuolo attraverso la dispersione di una trincea drenante. La portata del deflusso nel corpo idrico superficiale sarà regolata in modo da rispettare i limiti imposti dal regolamento, ovvero 10 l/s per ettaro di superficie impermeabile equivalente, che nel caso in questione vale 17.5 l/s. Una parte sarà smaltita anche attraverso una trincea drenante con lunghezza di 100 metri e sezione 1x1 metri. La portata smaltita considerando la permeabilità calcolata precedentemente raggiunge i 12 l/s. Nell'ipotesi che entrambe le tipologie di scarico siano attive sin dall'inizio delle precipitazioni, la portata totale del deflusso uscente dal bacino sarà pari a 25.5 l/s.

7.1. Calcolo della dispersione della trincea drenante

La portata di infiltrazione può essere stimata in prima approssimazione attraverso la relazione di Darcy:

$$Q_{inf} = k J A$$

dove

k = coefficiente di permeabilità del substrato [mc/s]

J = cadente piezometrica [m/m]

A = superficie netta infiltrante [mq]

E' stata prevista una trincea drenante con larghezza di un metro ed altezza di un metro con lunghezza di 100 metri. Oltre che dal fondo la trincea disperderà anche in modo modesto dalle pareti laterali. Per il calcolo della permeabilità si è fatto riferimento ai valori riportati nei paragrafi precedenti, ovvero 6×10^{-5} m/s. Nell'equazione sopra riportata l'incognita diventa pertanto la portata (Q), dal momento che tutte le altre variabili sono note. La capacità di dispersione risulta pari a 12.0 l/s considerando un battente di un metro rispetto al fondo della trincea.

 geologia geotecnica e dati	01010101010 110110110011 1110111011101 010101010101010	Elaborato	Data	Rev.	Pag.
	Relazione geologica	Luglio 2018	0	30 di 39	
A. & P. sas di Dr. Corrado Aletti – GEOLOGO O.G.L. n.900					

7.1.1. Descrizione della trincea

La trincea sarà realizzata mediante uno scavo in sezione per raggiungere una profondità di circa 2.00 metri rispetto al piano campagna attuale (situazione ante urbanizzazione). Questa profondità è indispensabile per raggiungere le sabbie sottostanti la copertura limoso sabbiosa con scarsa permeabilità, presente sull'intero areale con spessori variabili sino a 1.50 metri. Il fondo sarà quindi riempito con materiale arido grossolano, preferibilmente poco classato costituito da ghiaie pulite. Su questo letto sarà posata la tubazione disperdente con diametro di 400 mm opportunamente forata o fessurata. La tubazione sarà poi ricoperta con materiale arido grossolano (ghiaie e sabbie) protetto con tessuto non tessuto al contatto con il terreno circostante. A intervalli di 25 metri dovranno essere collocati dei pozzetti ispezionabili per le eventuali operazioni di controllo e manutenzione. L'alimentazione della trincea potrà avvenire in più punti secondo le caratteristiche dell'impianto fognario dell'insediamento. La trincea, in corrispondenza dei pozzetti di ispezione avrà delle tubazioni di troppo pieno che permetteranno il deflusso delle acque in eccedenza direttamente nel bacino di laminazione. Queste soglie di troppo pieno saranno collocate ad una quota tale per cui le acque dei bacini non possano rigurgitare all'interno della trincea se non in casi eccezionali. Questa soluzione eviterà l'ingresso di eventuali materiali in sospensione raccolti dalle acque nel bacino di laminazione. E' infatti indispensabile per la corretta funzionalità che non avvenga accumulo di detriti all'interno della trincea e che i fori di dispersione si mantengano liberi.

	01010101010 110110110011 1110111011101 010101010101010	Elaborato	Data	Rev.	Pag.
	Relazione geologica	Luglio 2018	0	31 di 39	
A. & P. sas di Dr. Corrado Aletti – GEOLOGO O.G.L. n.900					

8. CALCOLO DEL BACINO DI LAMINAZIONE

Il volume del bacino di laminazione si ottiene dalla differenza tra afflussi e deflussi. In via semplificativa è stato considerato che i deflussi si attiveranno in modo costante all'inizio della precipitazione. Il volume invasato W sarà dato dall'Equazione $W = (W_e - W_u)_d$ dove il volume da assegnare all'invaso è il valore cumulato nella durata d della differenza tra i contributi degli afflussi (W_e) e dei deflussi (W_u). L'idrogramma risultante è riportato in Figura 24 (in ordinate sono indicati i l/s in ascisse minuti), calcolato sulla base dello ietogramma Chicago di 10 ore.

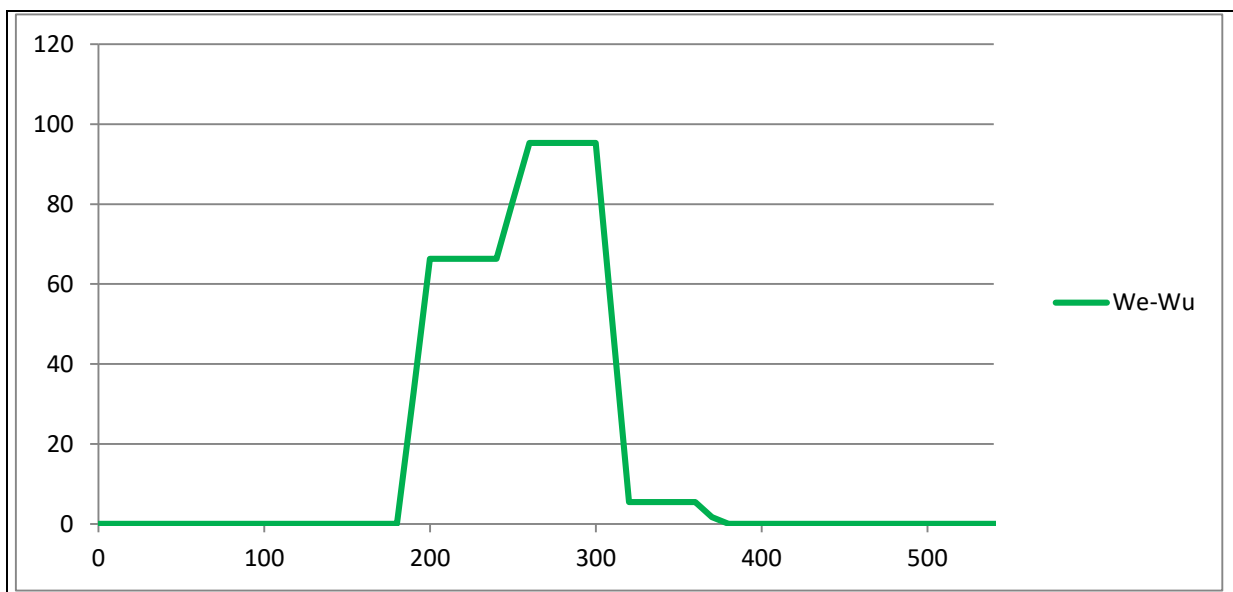


Figura 24 - Idrogramma afflussi – deflussi (in ordinate i m³)

8.1. Dimensionamento dei bacini di laminazione

Sulla base di quanto esposto in precedenza è stato calcolato il volume dei bacini di laminazione necessari ad immagazzinare l'eccedenza non smaltita dai sistemi di deflusso attivati. Il volume di laminazione è stato ottenuto direttamente dall'idrogramma di Figura 24 sommando i valori cumulati. L'andamento degli accumuli nel tempo è rappresentato in Figura 25. **Il volume dei bacini deve essere pari ad almeno 1001 m³.** In realtà dopo il massimo raggiunto nel grafico i volumi iniziano a diminuire (non rappresentato nel grafico). Per completezza si riportano i volumi calcoli anche per altri scenari con durate minori.

	Elaborato	Data	Rev.	Pag.
	Relazione geologica	Luglio 2018	0	32 di 39
A. & P. sas di Dr. Corrado Aletti – GEOLOGO O.G.L. n.900				

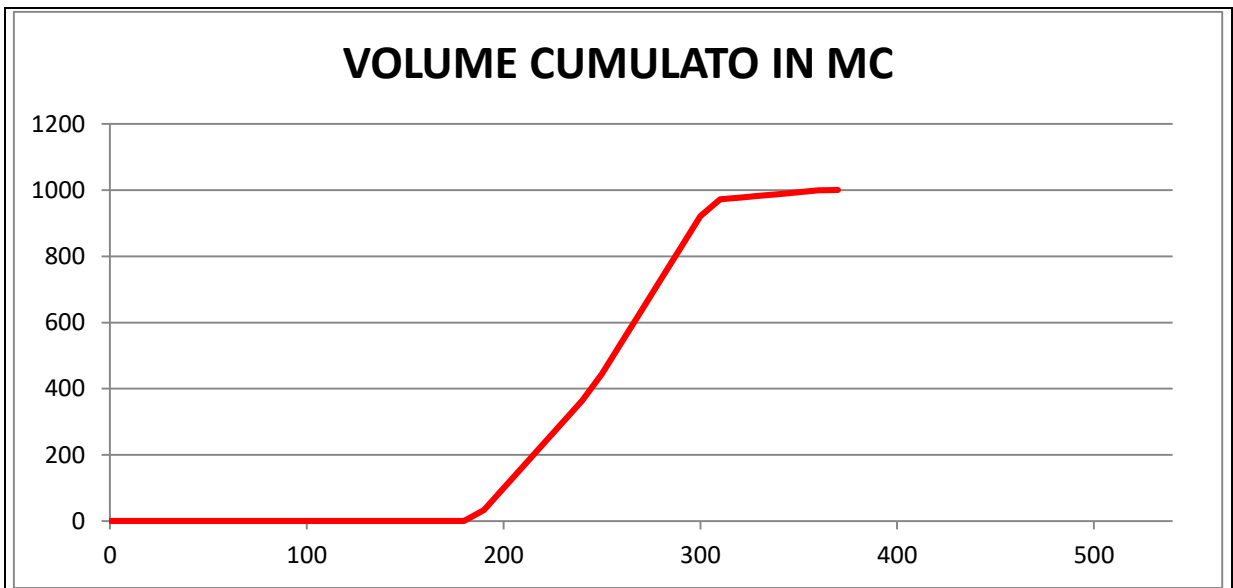


Figura 25 - Andamento del volume cumulato

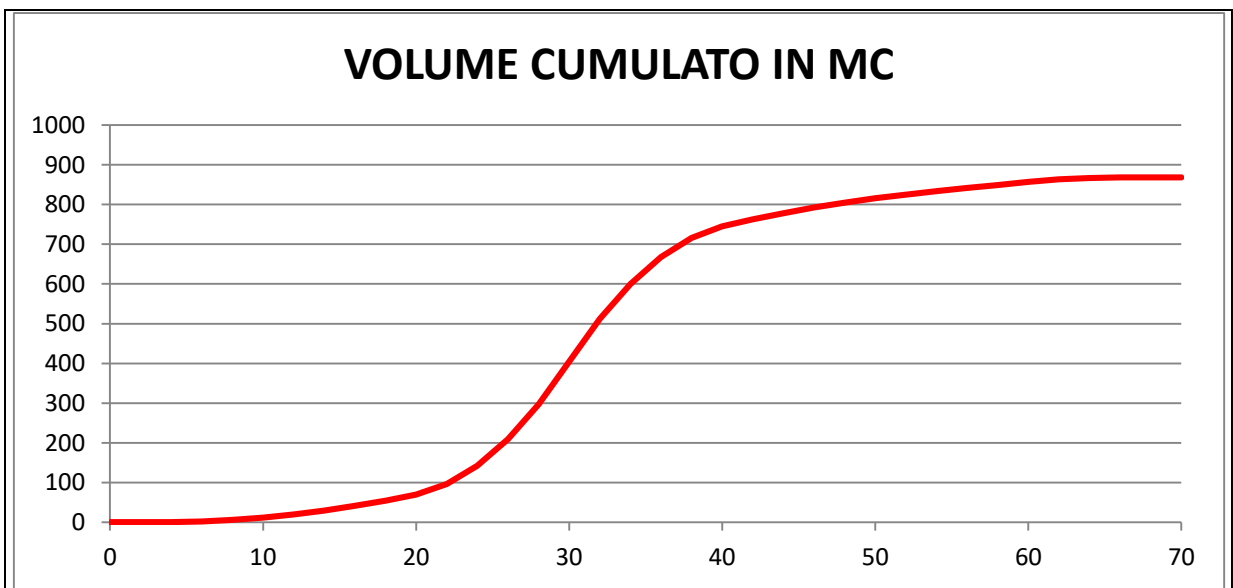


Figura 26 - Andamento del volume cumulato per piogge di un'ora

Sulla base dell'art 12 del regolamento Regionale i requisiti minimi delle vasche di laminazione per le aree A devono avere un volume di 800 m³ per ettaro di superficie scolante impermeabile. Nel caso in studio questo volume è pari a $21403 \times 0.84 \times 800 / 10000 = 1438.34 \text{ m}^3$ che risulta superiore rispetto a quanto calcolato. Secondo i disposti normativi dovrà essere preso a riferimento il maggiore tra i due, quindi 1438.34 m³.

I volumi di laminazione saranno ricavati nelle aree verdi poste lungo il lato est del lotto, attraverso la creazione di zone ribassate in una quota parte destinata a verde (circa 4000 m²). Oltre a tale volume dovrà essere computato anche il volume della trincea, quantomeno della porzione sotto battente, stimato in un massimo di 40 m³. Le parti ribassate del bacino saranno collegate in modo da far confluire le acque verso il settore nord orientale, dove sarà predisposto uno scarico a portata costante entro il canale confinante. In questo modo le acque meteoriche provenienti dall'insediamento prima allagheranno la trincea ed una volta superata la sua capienza affluiranno nei bacini realizzati nel verde. I bacini potranno quindi svuotarsi grazie allo scarico nel corpo idrico superficiale ed eventualmente per infiltrazione diretta nel sottosuolo (quantità non calcolata in via conservativa).

8.2. Calcolo del tempo di svuotamento

Allo svuotamento del bacino di laminazione contribuirà lo scarico in corpo idrico superficiale con una portata massima di 17.5 l/s. Il volume massimo di invaso previsto (1438.34 m³) potrà essere svuotato in poco più di 22 ore e quindi entro i termini previsti dalla normativa. Il tempo di svuotamento del volume calcolato avverrà in poco meno di 16 ore. In entrambe i casi i tempi sono coerenti con i disposti del Regolamento Regionale.

	01010101010 110110110011 1110111011101 0101010101010	Elaborato	Data	Rev.	Pag.
	Relazione geologica	Luglio 2018	0	34 di 39	
A. & P. sas di Dr. Corrado Aletti – GEOLOGO O.G.L. n.900					

9. VERIFICA BACINO

L'art. 11 del Regolamento Regionale prevede la verifica dei franchi di sicurezza delle opere realizzate con un tempo di ritorno pari a 100 anni. Al fine di verificare la rispondenza alla normativa vigente è stata valutata la curva delle differenze positive tra afflussi e deflussi (Figura 27 – metodo sole piogge) e il dettaglio delle differenze positive (Figura 28). Si nota che il volume di laminazione necessario somma a circa 1197 m³, comunque inferiore del bacino previsto pari a 1438.34 m³. Il franco di sicurezza rispetto al ciglio del bacino, calcolato sull'intera superficie verde, è pari a circa 6 cm. **Il bacino è verificato ai fini del R.R. 07/2017.**

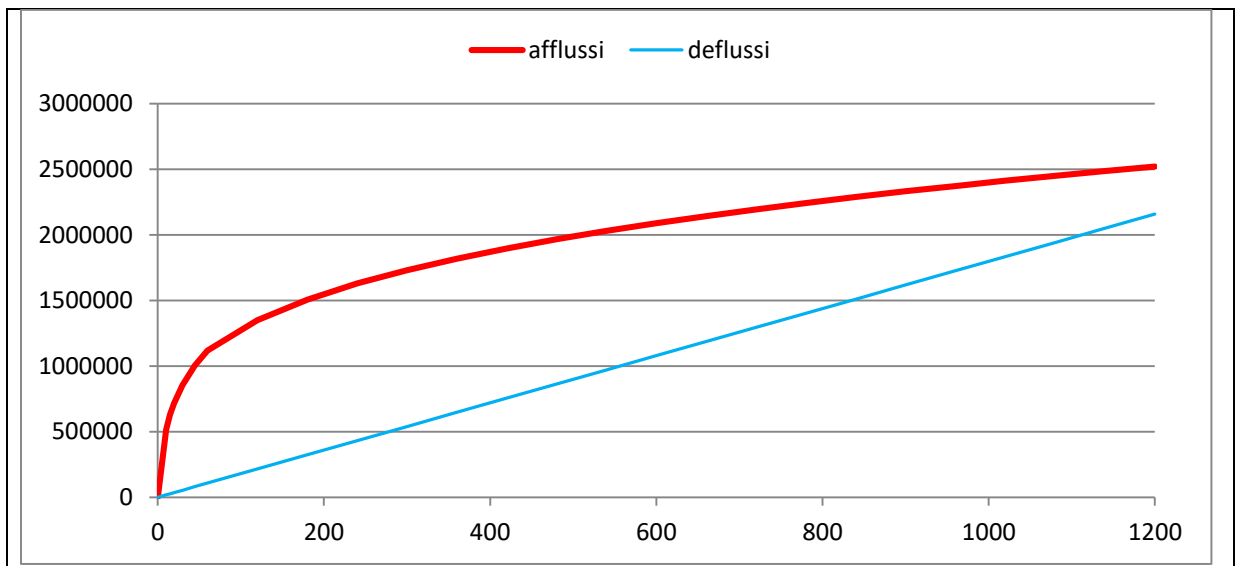


Figura 27 - Andamento afflussi-deflussi con Tr=100 anni

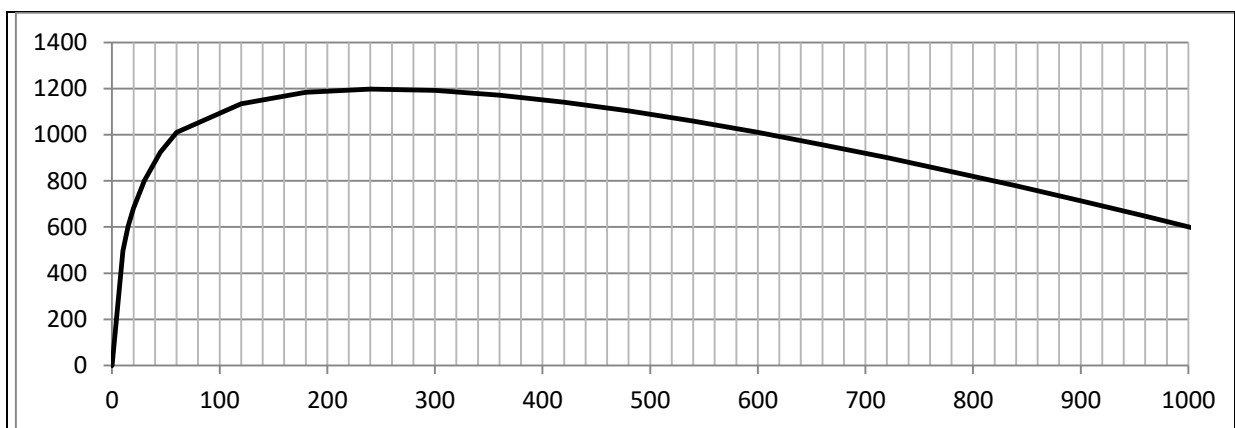


Figura 28 - Volume di invaso necessario per Tr=100 anni

10. DIMENSIONAMENTO IMPIANTO DI RACCOLTA ACQUE

Il sistema di raccolta acque è molto semplice e prevede la messa in opera di una gronda oltre ad alcune caditoie ed una o più condotte per raggiungere prima la trincea drenante e quindi il bacino di raccolta. Come è noto la durata della pioggia di riferimento corrisponde al tempo di corrivazione, che in caso di bacini urbani generalmente è molto ridotto. Il tempo di corrivazione è stato calcolato nei paragrafi precedenti ed pari a 10 minuti. Per ottenere l'altezza di pioggia di un evento intenso di 10 minuti con tempo di ritorno di 50 anni si può ricorrere alla formula di Bell rappresentata dalla seguente espressione:

$$h_{dt}/h_{60t} = 0.54 \times d^{0.25} - 0.5$$

Utilizzando l'altezza di pioggia riferita a 10 minuti si ottiene il seguente valore di portata massima in uscita dal bacino: **Q = 706 l/s (tempo di ritorno 50 anni)**.

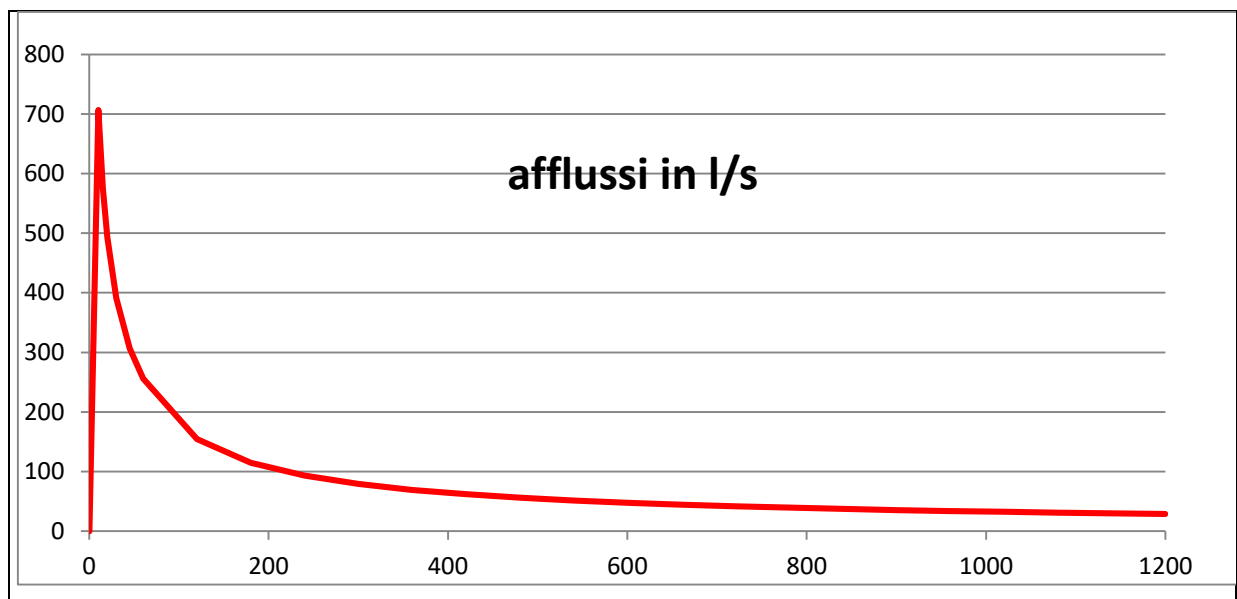


Figura 29 – Andamento degli afflussi

E possibile anche un'altra elaborazione attraverso lo ierogramma Chicago riportato in Figura 8. In questo caso la portata massima, calcolata con il metodo razionale, risulta pari a **Q = 928 l/s (tempo di ritorno 50 anni)**.

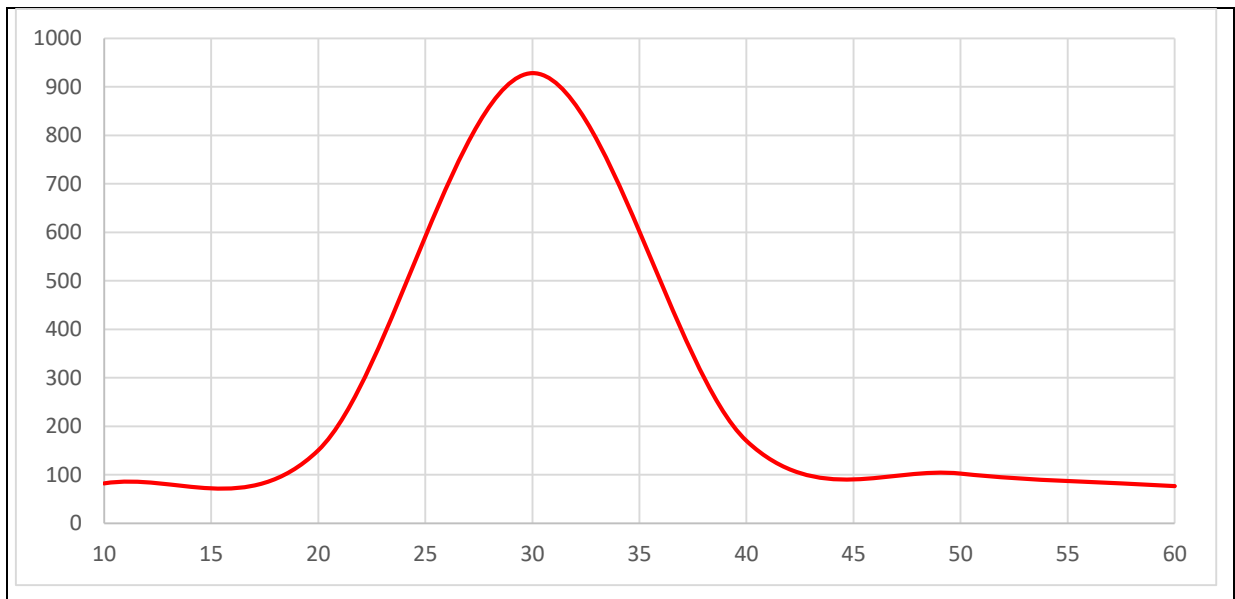


Figura 30 – Andamento degli afflussi elaborazione da ietogramma Chicago

Gli impianti di raccolta dovranno essere dimensionati sulla base delle portate sopra indicate.

Il manufatto idraulico per la regolazione e restituzione al corpo idrico superficiale della portata di acque meteoriche ammessa al recapito dovrà essere costituito da un pozzetto a doppia camera, o comunque tale da consentire l'ispezionabilità dello scarico e la misura delle portate scaricate e delle tubazioni di collegamento con il ricettore.

11. MANUTENZIONE

In riferimento all'art.13 del Regolamento Regionale, la manutenzione è fondamentale per garantire il mantenimento in efficienza delle strutture e degli elementi realizzati per le funzioni di drenaggio delle acque meteoriche; serve ad assicurare alle strutture stesse un periodo di vita più lungo, permettendo di intervenire periodicamente nell'individuazione di eventuali malfunzionamenti che, se trascurati, ne potrebbero pregiudicare irrimediabilmente le funzioni. Si ricorda che i costi di gestione e manutenzione, sia ordinaria che straordinaria, ricadono interamente ed esclusivamente sul proprietario dell'opera.

A seconda delle tipologie di elementi di drenaggio si presentano ovviamente livelli differenti di complessità nella manutenzione. La prima e più semplice distinzione riguarda sicuramente gli **interventi ordinari**, da svolgersi periodicamente seguendo un calendario prestabilito, dagli **interventi straordinari**, necessari al ripristino delle funzioni in caso di malfunzionamento, guasto o successivamente ad eventi meteorici o di altra natura (per esempio terremoti, sversamenti abusivi, incidenti rilevanti) che interessino direttamente o indirettamente le strutture. Si possono inoltre distinguere, per alcune tipologie di soluzioni quali le aree di ritenzione vegetate e le fitodepurazioni, gli **interventi di supporto** necessari all'attecchimento delle essenze vegetate nelle primissime fasi della vita degli impianti, non più necessari quando gli invasi avranno raggiunto la fase in esercizio con il completo equilibrio delle componenti ecologiche presenti.

Per quanto riguarda gli interventi che prevedono la rimozione dei sedimenti occorrerà prevedere adeguate operazioni di pulizia *ad-hoc* in relazione alle caratteristiche fisico-chimiche del sedimento e alla sua potenzialità inquinante. Rispetto a quanto descritto, risulta evidente che a seconda del livello e complessità degli interventi di manutenzione gli stessi potranno essere svolti da personale con formazione adeguata. Tutto ciò dovrà essere realizzato seguendo un programma di manutenzione periodico strutturato secondo un piano nel quale siano individuate le diverse attività da svolgere e i relativi soggetti incaricati. Per quanto

	01010101010 110110110011 1110111011101 010101010101010	Elaborato	Data	Rev.	Pag.
	Relazione geologica	Luglio 2018	0	38 di 39	
A. & P. sas di Dr. Corrado Aletti – GEOLOGO O.G.L. n.900					

concerne il progetto specifico le attività di verifica e controllo possono essere riassunte nei seguenti punti:

- Verifica del corretto afflusso delle acque
- Verifica dell'integrità degli elementi strutturali
- Verifica della pulizia interna del pozzo
- Pulizia scorrimento
- Piccola manutenzione edile

Di seguito è riportata la matrice del piano di manutenzione.

attività	cadenza	Esecutore	Osservazioni
Verifica corretto afflusso al bacino	Semestrale	Titolare	Verifica visiva
Verifica corretto afflusso scarico CIS	Semestrale	Titolare	Verifica visiva
Verifica integrità strutturale linea e pozzetti	Quinquennale	Titolare	Verifica visiva
Rimozione detriti grossolani dal bacino	Annuale o su segnalazione	Titolare	
Rimozione detriti fini dalla trincea	Triennale o su segnalazione	Personale specializzato	
Pulizia scarico CIS e pozzetto	Annuale o su segnalazione	Titolare	
Sostituzione elementi ammalorati	Su segnalazione	Personale specializzato	

All'interno del bacino dovrà essere mantenuta anche la vegetazione in modo da evitare lo sviluppo di essenze eccessivamente rigogliose e mantenendole sfalciate regolarmente in modo da non compromettere la volumetria del bacino. La frequenza dei tagli sarà regolata in base alla stagione.

Dr. Geol. Corrado Aletti

Seniga 31.10.2018



 geologia geotecnica e dati	Elaborato	Data	Rev.	Pag.
	Relazione geologica	Luglio 2018	0	39 di 39
A. & P. sas di Dr. Corrado Aletti – GEOLOGO O.G.L. n.900				