

# COMUNE DI SAN GIORGIO IN BOSCO

PROVINCIA DI PADOVA

PROGETTO PER L'AMPLIAMENTO  
DI UNA ATTIVITÀ ARTIGIANALE

## RELAZIONE DI INVARIANZA IDRAULICA (REV03)

DITTA: F.LLI NALON S.R.L.

8 SETTEMBRE 2014

## ***PREMESSA***

L'area oggetto dell'intervento si colloca in via Buonarroti all'interno della zona industriale di Paviola in Comune di San Giorgio in Bosco (PD). L'attività della ditta F.lli Nalon s.r.l. consiste nella lavorazione della lamiera e schiumatura con poliuretano. Il progetto riguarda l'ampliamento del capannone per l'attività artigianale realizzato mediante la costruzione di un capannone in aderenza all'esistente. Il progetto prevede anche la completa pavimentazione in asfalto dell'area di pertinenza dell'ampliamento.

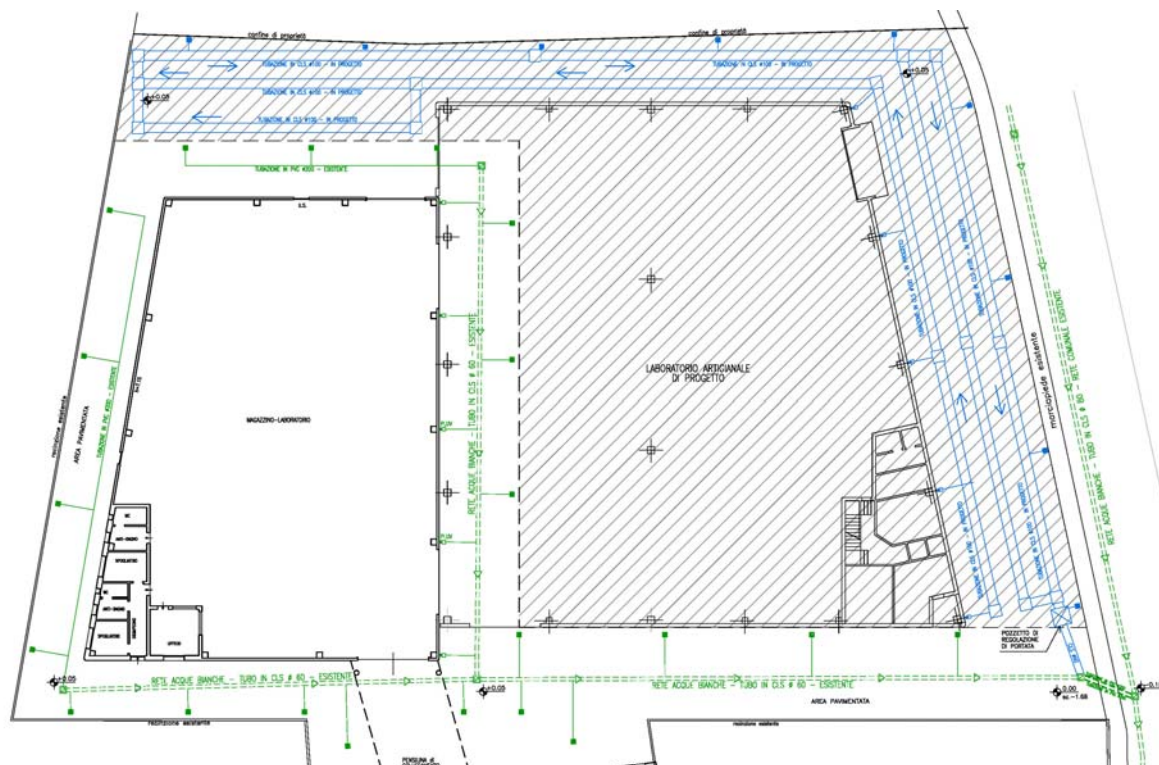
La proprietà interessata dal progetto è identificata al Foglio 36 del NCT mappali 764, 769 e parte del mappale 178.

La superficie reale, relativa alle aree che danno un apporto per il calcolo dell'invarianza idraulica, in totale è di circa *2.450 m<sup>2</sup>*.

*La presente valutazione idraulica ha lo scopo di individuare le modificazioni all'assetto idrogeologico in seguito alla realizzazione dell'edificazione, ovvero alla trasformazione territoriale con lo scopo di valutare le misure e gli accorgimenti necessari per non aggravare l'attuale regime idraulico. Verrà evidenziato, per l'intervento previsto, il procedimento che permette di rilevare qualitativamente la trasformazione idraulica del territorio, la trasformazione afflussi deflussi conseguente all'esecuzione delle opere e le soluzioni di mitigazione per invarianza idraulica da adottare.*

## RETE DI PROGETTO

Il capannone esistente e l'area di pertinenza sono attualmente serviti da due reti di raccolta delle acque meteoriche, la prima recapita le acque in via Buonarroti, mentre la seconda le recapita in via Brunelleschi. Per quanto riguarda l'ampliamento, la rete di raccolta delle acque meteoriche del piazzale completamente asfaltato sarà realizzata con una tubazione in CLS  $\phi = 100\text{ cm}$ , con pendenza minima (1‰) verso il manufatto di regolazione di portata per limitare la portata in uscita (**5 l/s/ha**). Saranno realizzati inoltre, per quanto riguarda le acque incontaminate di copertura, dei pozzetti drenanti senza fondo in corrispondenza dei pluviali del capannone in ampliamento. Il recapito delle acque è la tubazione comunale di fognatura bianca posta lungo via F. Brunelleschi. Il recapito finale della rete di raccolta delle acque meteoriche comunale è il **Canale Piovetta**. Dal momento che la restituzione alla rete di raccolta delle acque bianche comunale avviene attraverso uno sfioratore posto ad una quota maggiore rispetto le tubazioni, si ammette che la rete interna debba necessariamente riempirsi prima di scolare a valle. La seguente figura descrive il bacino di calcolo considerato e la schematizzazione della rete di raccolta delle acque meteoriche.



La situazione idrogeologica della zona in progetto si configura come segue:

- ✓ Terreno: la situazione stratigrafica nel complesso omogenea sia orizzontalmente che in profondità è caratterizzata da terreni prevalentemente coesivi, lo strato di terreno vegetale si estende per una profondità di circa 40÷50 cm, i successivi 4,00 m sono costituiti da sabbia e faglie limose, da tale profondità in poi il terreno è prevalentemente costituito da limo argilloso e sabbioso, a strati ghiaioso;
- ✓ Situazione falda: il livello medio della falda freatica non supera, se non per eventi di carattere eccezionale, la profondità di 3,00 m rispetto il piano campagna;
- ✓ Il coefficiente di permeabilità stimato nella relazione geotecnica è pari a  $K = 0,45 \cdot 10^{-4} \text{ m/s}$ .

Vediamo quindi che, sia la stratigrafia, la permeabilità del terreno e la posizione della falda, non consentono un sistema di smaltimento dell'acqua meteorica attraverso il terreno.

## VALUTAZIONE DEI PARAMETRI IDRAULICI

Per le analisi di tipo idraulico, il dimensionamento di reti di smaltimento di acque bianche, di manufatti idraulici e di canali, è necessario conoscere la legge che lega le precipitazioni alle portate idrauliche generate.

L'intensità di pioggia è legata alla variabile tempo secondo alcune funzioni di regolarizzazione statistico-probabilistica proposte da vari autori tra i quali si prenderà in esame l'equazione di possibilità pluviometrica secondo la distribuzione di Gumbel:

$$h = a t^n$$

dove:

$h$             *altezza della precipitazione in mm*

$t$              *durata della precipitazione in ore*

$a$  e  $n$         *parametri adimensionali*

Questa legge fornisce, per un assegnato tempo di pioggia  $t$ , il valore massimo di altezza di pioggia  $h$  per il periodo pari al tempo di ritorno  $T_r$  (frequenza).

L'equazione di possibilità pluviometrica fornisce una previsione sull'entità delle massime precipitazioni entro un arco di tempo, uguale al tempo di ritorno, durante il quale non dovrebbe verificarsi alcun evento eccezionale di entità superiore al massimo evento previsto.

Nel calcolo idraulico si farà riferimento alle curve contenute nello studio "*Analisi regionalizzata delle precipitazioni per l'individuazione di curve segnalatrici di possibilità pluviometrica di riferimento*" commissionato dal

*Commissario Delegato per l'emergenza idraulica conseguente l'evento del 26 Settembre 2007 (OPCM n. 3621 del 18/10/2007).*

Per la determinazione della “pioggia di progetto” e il dimensionamento della rete si è fatto riferimento ai dati della *zona Sud Occidentale* (area definita dall'analisi regionalizzata), zona di cui fa parte il comune di san Giorgio in Bosco:

Tr (anni)	tp≈30 minuti			tp≈45 minuti			tp≈1 ora			tp≈3 ore		
	DA 10 MIN A 1 ORA			DA 15 MIN A 3 ORE			DA 30 MIN A 6 ORE			DA 45 MIN A 12 ORE		
	a	n	Δ%	a	n	Δ%	a	n	Δ%	a	n	Δ%
50	64.96	0.358	5.6	65.55	0.278	1.8	69.59	0.252	1.4	70.59	0.243	1.1

## IL COEFFICIENTE DI DEFLUSSO

Della portata determinata mediante la curva di possibilità pluviometrica  $h = a \cdot t^n$ , solamente una sua frazione viene raccolta dalle rete di collettori. Tale frazione è individuata da un coefficiente di deflusso  $\varphi$ , inteso come il rapporto tra il volume defluito attraverso una determinata sezione in un definito intervallo di tempo e il volume meteorico precipitato nell'intervallo stesso.

Detto  $\varphi_i$  il coefficiente di deflusso relativo alla superficie  $S_i$ , il valore medio del coefficiente relativo ad aree caratterizzate da differenti valori di  $\varphi$  si ottiene con una media ponderale:

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

Tipi di superficie	$\varphi$
Tetti metallici	0,95
Tetti a tegole	0,90
Tetti piani con rivestimento in calcestruzzo	0,70-0,80
Pavimentazioni asfaltate	0,85-0,90
Strade in terra	0,40-0,60
Zone con ghiaia non compressa	0,15-0,25
Giardini	0,05-0,25
Terreni coltivati	0,20-0,60

L'area individuata dal progetto in ampliamento è di circa  $2.450 \text{ m}^2$  complessivi. Attualmente l'area ha destinazione di standard a verde. Per quanto riguarda il progetto, che la rende edificabile, si individuano  $1.500 \text{ m}^2$  di copertura ( $\varphi=0,90$ ) e  $950 \text{ m}^2$  di piazzale completamente asfaltato ( $\varphi=0,85$ ).

Calcolando la media ponderata delle superfici, il coefficiente di deflusso medio è pari a  $\phi_{med} = 0,88$ .

### **IL COEFFICIENTE UDOMETRICO E IL TEMPO DI CORRIVAZIONE**

La portata defluente attraverso una definita sezione (corso d'acqua, fognatura, ecc.) dipende dalle caratteristiche geometriche e superficiali del bacino sotteso alla sezione stessa e da quelle dell'evento pluviometrico in quanto la portata generata è legata alla durata della precipitazione.

Il coefficiente udometrico permette di esprimere la risposta idrologica di un terreno in termini di trasformazione degli afflussi in deflussi. Esso è così definito:

$$u = Q/S = [l/s\cdot ha] \text{ (litri al secondo per ettaro)}$$

L'impermeabilizzazione del suolo e la riduzione degli invasi conseguenti ad una urbanizzazione, alterano l'assetto idrogeologico dell'area, aumentandone notevolmente il coefficiente udometrico (contributo specifico alla formazione della portata di piena).

La stima del coefficiente udometrico, per bacini scolanti di relativamente limitata estensione, può essere svolta mediante il metodo cinematico o del ritardo di corrivazione.

Se in un bacino di superficie  $S$  cade, per una pioggia uniforme di durata  $t$ , una precipitazione di altezza  $h$ , solo una frazione  $\varphi$  del volume meteorico  $S\cdot h$  risulta efficace agli effetti del deflusso; il valore massimo della portata  $Q$ , si ottiene quando nella sezione considerata arrivano i contributi di tutte le parti del bacino stesso. Il tempo necessario affinché questo avvenga, è definito tempo di corrivazione  $\tau_c$  (pari anche alla durata della fase d'esaurimento della piena):

$$Q = \varphi \cdot S \cdot h / \tau_c$$

da cui:

$$u = Q/S = \varphi \cdot h / \tau_c$$

la stima del tempo  $\tau_c$ , essendo un elemento caratteristico del bacino, può essere ottenuta mediante formule empiriche che derivano da osservazioni sperimentali semplificate.

### **VALUTAZIONE DELLA PORTATA DI PROGETTO**

La stima del coefficiente udometrico, per bacini scolanti di relativa limitata estensione, come abbiamo già detto, può essere svolta mediante il metodo

cinematico. Se in un bacino di superficie  $S$  cade, per una durata  $t$ , una precipitazione di altezza  $h$ , solo una frazione  $\phi$  del volume meteorico ( $S \cdot h$ ) risulta efficace agli effetti del deflusso.

Questo metodo, detto anche metodo razionale, è largamente usato per il calcolo della portata conseguente ad una assegnata precipitazione per bacini scolanti di limitata estensione.

Il valore della portata massima  $Q_{max}$ , essendo  $\tau$  il ritardo di corrvazione, e  $t$  la durata della pioggia, è:

$$Q_{max} = \frac{\phi S h}{\tau} = \phi \cdot S \cdot a \tau^{n-1}$$

Per quanto riguarda le piogge assumeremo come tempo di ritorno  $Tr=50$  anni per il quale l'equazione di possibilità pluviometrica assume i seguenti valori (considerando che l'area abbia un tempo critico di circa un'ora):

$$h = a \cdot t^n = 69,59 \cdot t^{0,252}$$

Durante una precipitazione una parte dell'acqua si infiltra nel terreno e va ad alimentare le falde acquifere sotterranee, una parte viene trattenuta dal terreno, una parte scorre superficialmente e viene raccolta dai corsi d'acqua, una parte evapora sia durante che dopo la precipitazione ed infine una parte viene trattenuta dalla vegetazione e dagli avvallamenti del terreno.

Questi percorsi vengono cambiati radicalmente nel loro aspetto quantitativo nell'ipotesi di terreno urbanizzato, per quanto riguarda il coefficiente di deflusso dovremo prendere il valore medio rispetto alle diverse superfici del bacino, in questo caso il coefficiente si considera pari a  $\phi_{med}=0,88$ .

Calcoliamo ora le portate generate dal bacino in corrispondenza della sezione di chiusura prima e dopo l'intervento, per un tempo di corrvazione pari a  $15$  minuti (valore plausibile per la lunghezza del ramo principale). Applicando al bacino in esame, il metodo esposto, il risultato, per deflusso libero dell'acqua, nella sezione di chiusura, è il seguente:

$$Q_{max} = \frac{\phi S h}{\tau} = \phi \cdot S \cdot a \tau^{n-1} = 0,88 \cdot 2.450 \cdot 69,59 \cdot \frac{\left(\frac{15}{60}\right)^{0,278-1}}{1000} = 384 \text{ m}^3/\text{ora}$$

ovvero:  $384 \text{ m}^3/\text{ora} \cong 107 \text{ l/s} = Q_{max}$

Il coefficiente udometrico è pari a circa  $u_{max} = 436 \text{ l/s}\cdot\text{ha}$

## MODELLO E VERIFICA DELLA TUBAZIONE

Scopo del modello è la verifica, mediante simulazione in moto permanente ed uniforme, dei collettori primari delle fognature che, funzionanti a pelo libero, devono provvedere all'allontanamento delle acque meteoriche.

Verifichiamo che il tratto finale della rete sia in grado di smaltire la portata di progetto. La portata, nell'ipotesi di moto a pelo libero è determinato con la relazione di Gauckler-Strickler che in funzione del grado di riempimento è:

$$Q = A \cdot K_s \cdot R_H^{2/3} \cdot i^{1/2}$$

dove:

$Q$  = portata massima da convogliare;

$$A = \frac{1}{4} D^2 \left[ \frac{\pi}{2} - \sin^{-1} \left( 1 - \frac{2Y}{D} \right) - 2 \left( 1 - \frac{2Y}{D} \right) \sqrt{\frac{Y}{D} \left( 1 - \frac{Y}{D} \right)} \right] =$$

= area della sezione liquida in funzione del grado di riempimento ( $Y/D$ );

$Y$  = altezza liquida o tirante d'acqua;

$D$  = diametro tubazione;

$K_s$  = coeff. di scabrezza di Gauckler-Strickler funzione del materiale della tubazione;

$R_H$  = raggio idraulico della sezione bagnata funzione del grado di riempimento =  $A/P$ ,

$$P = \text{perimetro bagnato in funzione } (Y/D) = D \left[ \pi - \cos^{-1} \left( \frac{2Y}{D} - 1 \right) \right];$$

$i$  = pendenza da dare alla tubazione.

Nota la portata viene determinata la velocità mediante l'applicazione dell'equazione di continuità che, nell'ipotesi di moto uniforme, è la seguente:

$$Q = V \cdot A \quad \text{dove} \quad V = \text{velocità fluido alla portata massima.}$$

Diametro condotta a monte pozzetto $D$ (m) =	1
Pendenza condotta $i$ (m/m) =	0,001
Coeff. scabrezza Gauckler-Strickler $K_s$ (m <sup>1/3</sup> s <sup>-1</sup> ) =	70

Grado riemp. $Y/D$	Altez. liquida $Y$ (m)	Area liquida $A$ (m <sup>2</sup> )	Raggio idra. $R_h$	Portata $Q$ (l/s)	Velocità $V$ (m/s)	Tau al fondo $T$ (kg/m <sup>2</sup> )
0,05	0,05	0,015	0,033	3,313	0,226	0,033
0,1	0,1	0,041	0,064	14,405	0,352	0,064
0,15	0,15	0,074	0,093	33,538	0,454	0,093
0,2	0,2	0,112	0,121	60,419	0,540	0,121
0,25	0,25	0,154	0,147	94,510	0,616	0,147
0,3	0,3	0,198	0,171	135,113	0,682	0,171
0,35	0,35	0,245	0,193	181,414	0,741	0,193
0,4	0,4	0,293	0,214	232,503	0,793	0,214
0,45	0,45	0,343	0,233	287,383	0,838	0,233
0,5	0,5	0,393	0,250	344,973	0,878	0,250
0,55	0,55	0,443	0,265	404,108	0,913	0,265
0,6	0,6	0,492	0,278	463,533	0,942	0,278
0,65	0,65	0,540	0,288	521,880	0,966	0,288
0,7	0,7	0,587	0,296	577,648	0,984	0,296
0,75	0,75	0,632	0,302	629,146	0,996	0,302
0,8	0,8	0,674	0,304	674,399	1,001	0,304
0,85	0,85	0,712	0,303	710,947	0,999	0,303
0,9	0,9	0,745	0,298	735,342	0,988	0,298
0,95	0,95	0,771	0,286	741,356	0,962	0,286
1	1	0,785	0,250	689,945	0,878	0,250



## ***DIMENSIONAMENTO DEL VOLUME DI LAMINAZIONE***

Si vuole dimensionare il volume di laminazione secondo la relazione che regola i serbatoi. Dobbiamo calcolare il volume di invaso necessario per mantenere la portata in uscita pari a **5 l/s/ha (coefficiente udometrico, per lo scarico, imposto dal Consorzio Acque Risorgive)**. Quindi nel nostro caso (superficie di  $2.450 m^2$ ) il dimensionamento del volume terrà conto di una portata in uscita dalla rete pari a circa **1,22 l/s**.

A partire dalle relazioni di possibilità pluviometrica si può stimare il volume di afflusso relativo all'area modificata chiamato  $V_{aff}$ . Il volume di laminazione, chiamato  $V_{lam}$  si ottiene dall'equazione dei serbatoi ovvero dalla differenza tra la curva del volume di afflusso  $V_{aff}$  e il volume defluente  $V_{def}$ .

$$V_{lam}(t) = V_{aff}(t) - V_{def}$$

Il volume affluito al tempo t si ottiene dalla:

$$V_{aff}(t) = Q \cdot S = \phi \cdot S \cdot h(t)$$

mentre il volume costante:

$$V_{def} = u \cdot S \cdot t = Q_{def} \cdot t$$

L'equazione dei serbatoi diventa la seguente:

$$V_{lam} = \phi \cdot S \cdot h(t) - Q_{def} \cdot t$$

Per ottenere il massimo della funzione sopra, ovvero per calcolare il volume di invaso massimo, si deriva rispetto al tempo e si eguaglia a zero la funzione ottenuta:

$$\frac{d(V_{lam}(t))}{dt} = \phi \cdot S \cdot \frac{dh(t)}{dt} - Q_{def} = 0$$

sapendo che  $h = a \cdot t^n$ , l'equazione sopra diventa:

$$\phi \cdot S \cdot a \cdot n \cdot t^{n-1} - Q_{def} = 0$$

da cui il tempo  $t_{max}$  che massimizza l'equazione dei serbatoi:

$$t_{max} = \left[ \left( \frac{3600}{10^4} \right) \cdot \left( \frac{Q_{def}}{\phi \cdot S \cdot a \cdot n} \right) \right]^{\frac{1}{(n-1)}} ; t [ore], Q [l/s], S [ha], a [mm/ore^n]$$

Verifichiamo ora lo stesso metodo dell'invaso, inserendo nel calcolo l'equazione di possibilità pluviometrica a tre parametri. Da tale calcolo si ricava un volume minimo di invaso pari a **270 m<sup>3</sup> corrispondente a 1.105 m<sup>3</sup>/ha di volume di invaso specifico**.

### PARAMETRI IN INGRESSO

San Giorgio in Bosco	50
----------------------	----

Coefficiente d'afflusso k	0.9	[-]
Coefficiente udometrico imposto allo scarico	5	[l/s, ha]
Esponente $\alpha$ della scala delle portate	1	[-]
Superficie intervento	2'450	[m <sup>2</sup> ]

### RISULTATI

Parametri della curva di possibilità pluviometrica 
$$h = \frac{a \cdot t}{(t + b)^c}$$

Comune di	San Giorgio in Bosco	a	39.5	[mm min <sup>0.1</sup> ]
Zona	SUD OCCIDENTALE	b	14.5	[min]
Tempo di ritorno [anni]	50	c	0.817	[-]

Volume specifico richiesto per l'invarianza	1105	[m <sup>3</sup> ha <sup>-1</sup> ]
Volume richiesto per l'invarianza	270.6	[m <sup>3</sup> ]

Calcoliamo ora il volume di invaso di progetto che garantisce che le precipitazioni di carattere eccezionale vengano trattenute e smaltite in tempi differiti. Calcoleremo gli invasi a disposizione dell'area in progetto ovvero, la capacità di trattenere il più a lungo possibile l'acqua delle precipitazioni. La capacità di invaso della rete di progetto è data: dal volume profondo della rete sovradimensionata, dalle opere accessorie (derivazioni, pozzetti di ispezione, pozzetti di raccolta) determinato in via approssimativa pari al 10% di quello della condotta principale e da un velo d'acqua superficiale di 4 mm.

Di seguito i volumi ricavabili:

	CAPACITÀ DI INVASO DELLA RETE	
Invaso profondo disponibile della rete	0,7850 x 310 =	243,00 m <sup>3</sup>
Opere accessorie	243,00 x 0,10 =	24,00 m <sup>3</sup>
Invaso superficiale	2.450 x 0,004 =	10,00 m <sup>3</sup>
<b>TOTALE VOLUME &gt; VOLUME MINIMO DI INVASO RICHIESTO</b>		<b>277,00 m<sup>3</sup></b>

Pari ad a circa **1.130 m<sup>3</sup>/ha** di volume di invaso specifico.

## CONCLUSIONI

L'analisi delle condizioni al contorno e le elaborazioni eseguite hanno permesso di concludere quanto segue:

- Il progetto riguarda l'ampliamento del capannone per l'attività della Ditta Nalon F.lli di San Giorgio in Bosco. Attualmente l'area in ampliamento ha destinazione di standard a verde. Il progetto proposto, che la rende edificabile, interessa in totale una superficie di circa  $2.450 m^2$ .
- per lo studio e la verifica del dimensionamento delle opere idrauliche, si sono utilizzati gli studi predisposti dal *Commissario Delegato per l'Emergenza concernente gli eventi meteorologici che hanno colpito parte del territorio della Regione Veneto nel Settembre 2007 (OPCM n. 3621 del 18.10.2007)*. Zona sud occidentale (distribuzione regionalizzata delle piogge) e un tempo di ritorno di *50 anni*;
- la rete di raccolta delle acque meteoriche sarà realizzata con tubazioni in CLS  $\phi = 100 cm$  con pendenza minima (1%) verso il manufatto di regolazione della portata in direzione della rete comunale. Il recapito finale delle acque della rete comunale è il *Canale Piovetta*;
- calcolando la media ponderata delle superfici impermeabilizzate, il coefficiente di deflusso medio è pari a  $\phi_{med} = 0,88$ ;
- la portata massima generata dall'area in ampliamento, nella situazione di progetto, è di circa  $Q_{max} = 107 l/s$ ;
- il volume minimo di laminazione da realizzare, per l'evento critico che lo massimizza, è pari a  $270 m^3$ , mentre complessivamente il volume di invaso ricavato è di circa  $277 m^3$  corrispondente a circa  $1.130 m^3/ha$  di volume di invaso specifico.

La soluzione proposta e i provvedimenti descritti, sono idonei a conservare l'equilibrio esistente prima dell'intervento. Deve essere posta particolare attenzione al corretto funzionamento della rete e quindi sarà necessario procedere alla pulizia periodica delle tubazioni (canaljet) in particolar modo prima dell'inizio delle piogge autunnali.

**Particolare attenzione va dedicata alle strutture autoportanti interrato, essendo questa tipologia di manufatto facilmente soggetta ad intasamento. La verifica ed eventuale pulizia devono essere effettuate dopo ogni evento significativo.**

***Si può ritenere quindi che la struttura sia dimensionata correttamente e che consenta di assorbire eventi meteorologici con i tempi di ritorno***

***richiesti dalla normativa vigente. Il progetto di trasformazione descritto quindi diviene idraulicamente compatibile con il territorio.***

San Giorgio in Bosco, 8 settembre 2014

Il tecnico  
*Anita Scalco*  
  
ORDINE  
DEGLI  
INGEGNERI  
DELLA  
PROVINCIA  
DI PADOVA  
Ing. ANITA SCALCO  
n° 3220