



COMUNE DI CONCESIO

PROVINCIA DI BRESCIA

Progettazione esecutiva ed esecuzione dei lavori sulla base del progetto definitivo di ampliamento e ristrutturazione con demolizione della sede municipale

CUP: D45E20005980006

CIG: 9552151C5C

R.U.P: Arch. Flavia Gusberti

RESPONSABILE INTEGRAZIONE DISCIPLINE SPECIALISTICHE

Arch. Giovanni Albani

RAGGRUPPAMENTO TEMPORANEO DI PROFESSIONISTI

PROGETTO OPERE ARCHITETTONICHE

Arch. Nicola Cuoco

Arch. Anna Cuomo

PROGETTO STRUTTURALE

Ing. Maurizio Colasante

Ing. Vincenzo Bisogno (collaboratore)

PROGETTO IMPIANTI ELETTRICI

Ing. Stefano Greco

PROGETTO IMPIANTO MECCANICI

Ing. Antonio Salza

COORDINAMENTO SICUREZZA IN PROGETTAZIONE

Arch. Giovanni Albani

GEOLOGIA

Dott. Geol. Antonio Cuomo



Sede Legale:
Nocera Superiore (SA), Via J.F. Kennedy, 2 - 84015
C.F./P. IVA 05721420650
Tel. +39 08118088196 - Fax +39 0815142899
E-mail: info@gruppoverifica.it
WEB: www.gruppoverifica.it

Ing. Antonio Salza

Sede Legale:

Ariano Irpino (AV) Via Gaudiello 23/A
C.F./ Partita IVA: 01561550649

Elaborato IMPIANTI MECCANICI Descrittivo

RELAZIONE TECNICA DI INVARIANZA IDRAULICA

cod. commessa

2 3 E 1 6 0 0 8

opera

0 4

doc. e prog.

I I 1 8

fase

1

rev.

0

File Name: 23E16008_04_II18_10.PDF					
2					
1					
0	Progetto Esecutivo	28/07/2023	SALZA	COLASANTE	ALBANI
Rev.	Descrizione	DATA	REDATTO	VERIFICATO	APPROVATO

CENTRALE UNICA DI COMMITTENZA AREA VASTA BRESCIA

**COMUNE DI CONCESIO
PROVINCIA DI BRESCIA**

**“APPALTO INTEGRATO: AFFIDAMENTO DELLA PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED
ESECUZIONE DEI LAVORI SULLA BASE DEL PROGETTO DEFINITIVO DI AMPLIAMENTO E
RISTRUTTURAZIONE CON DEMOLIZIONE DELLA SEDE MUNICIPALE NEL COMUNE DI
CONCESIO”**

RELAZIONE TECNICA DI INVARIANZA IDRAULICA

SOMMARIO

1	Premessa	2
2	Ubicazione ed inquadramento geografico	4
3	Normativa e documenti di riferimento	5
4	Programmi di calcolo utilizzati	5
5	Invarianza idraulica delle opere edilizie.....	6
5.1	Schema esemplificativo dell'intervento secondo R.R. 7/2017 e smi	6
5.2	Individuazione nuove superfici scolanti.....	7
5.3	Ipotesi di lavoro.....	8
5.4	Curve di possibilità pluviometrica al variare del tempo di ritorno.....	10
5.5	Verifica dei requisiti minimi	13
5.6	Applicazione del metodo delle sole piogge.....	13
5.7	Volume minimo di invaso da garantire	15
6	Opere idrauliche di progetto per l'invarianza	16
7	Dimensionamento opere idrauliche di progetto.....	17
7.1	Verifica tubazioni pluviali.....	17
7.2	Serbatoi interrati (n.3 pedonali + n.1 carrabile)	18
7.3	Volumi garantiti dai manufatti idraulici.....	19
7.4	Stazioni di sollevamento dei pluviali per svuotamento manufatti.....	20
7.5	Tempo svuotamento manufatti	24
8	Conclusioni.....	26

1 Premessa

Per conto dell'Amministrazione Comunale di Concesio, è stata eseguita una stima dei volumi minimi di invaso per consentire la gestione delle acque bianche di pertinenza della nuova sede municipale ubicata in Piazza Paolo VI n.1 – 25062 Concesio (BS).

Sono previsti lavori di ampliamento ed interventi di ristrutturazione con demolizione della sede esistente ubicata nel comune catastale C948, foglio 22, mappale 218.

Il presente progetto è stato redatto ai sensi del Regolamento Regionale n.7 del 23 novembre 2017 – Supplemento n.48 del 27/11/2017 e smi.

Infatti, ai sensi dell'art.3 del regolamento, le misure di invarianza idraulica ed idrologica si applicano alla superficie del comparto interessato da una riduzione della permeabilità del suolo rispetto alla condizione preesistente all'urbanizzazione. Sulla base delle prescrizioni fornite dal R.R, sono soggetti al rispetto dei principi di invarianza idraulica e idrogeologica gli interventi di:

- nuova costruzione, compresi ampliamenti;
- demolizione, totale o parziale fino al piano terra, e ricostruzione indipendentemente dalla modifica o dal mantenimento della superficie edificata preesistente;
- ristrutturazione urbanistica comportante un ampliamento della superficie edificata o una variazione della permeabilità rispetto alla condizione preesistente all'urbanizzazione.

La progettazione esecutiva degli interventi deve comprendere il progetto di invarianza idraulica ed idrologica redatto e firmato da un tecnico abilitato, qualificato e di esperienza nell'esecuzione delle stime idrologiche e nei calcoli idraulici. Il progetto dovrà essere allegato alla domanda di permesso di costruire, o alla segnalazione certificata di inizio attività (SCIA) o alla comunicazione di inizio lavori asseverata (CILA).

Nello specifico, ai sensi dell'art. 11 del regolamento, devono essere prodotti i seguenti elaborati:

- 1) Relazione tecnica: comprendente la soluzione progettuale di invarianza, delle opere di raccolta/convogliamenti/invaso/infiltrazione e scarico costituenti il sistema di raccolta delle acque pluviali fino al punto terminale di scarico nel

ricettore (o mediante dispersione nel terreno). Devono essere riportati i calcoli delle precipitazioni di progetto, del processo di laminazione negli invasi e dei tempi di svuotamento degli invasi. Infine, devono essere forniti i calcoli di dimensionamento di tutte le componenti del sistema di drenaggio delle acque pluviali fino al punto terminale di scarico

- 2) Elaborati grafici: planimetrie, profili in scala adeguata, sezioni e particolari costruttivi
- 3) Piano di manutenzione ordinaria e straordinaria dell'intero sistema delle opere idrauliche di invarianza
- 4) Asseverazione del professionista in merito alla conformità del progetto ai contenuti del R.R. 7/2017 e smi.

Ciò premesso, sulla base delle indicazioni fornite dal Regolamento Regionale n.7/2017 e smi, la presente relazione di invarianza idraulica affronterà i seguenti approfondimenti idrologici ed idraulici

- individuazione delle ipotesi di lavoro: aree scolanti, criticità idraulica, classe di intervento;
- definizione dei coefficienti a, n secondo i dati forniti da Idro ArpaLombardia;
- calcolo del volume minimo di invaso mediante l'applicazione del principio di invarianza idraulica ed idrogeologica;
- dimensionamento e verifiche idrauliche delle opere per l'invarianza.

2 Ubicazione ed inquadramento geografico

L'area in oggetto è ubicata in Piazza Paolo VI n.1 nel Comune di Concesio (comune catastale C948 foglio 22 mappale 218). Dal punto di vista cartografico il sito ricade nella sezione D5B4 – Concesio della Carta Tecnica Regionale ed è posto a quota 215m slm.



Figura 1 Stralcio immagine non in scala C.T.R. sezione D5B4 e stralcio immagine Viewer Grafico R.L. con individuazione area oggetto di intervento [fonte: Geoportale Regione Lombardia]

3 Normativa e documenti di riferimento

Il presente elaborato è stato redatto ai sensi del Regolamento Regionale 23 novembre 2017 n.7 *Regolamento recante criteri e metodi per il rispetto del principio di invarianza idraulica ed idrogeologica ai sensi dell'art. 58 bis della legge regionale 11 marzo 2005 n.12 (Supplemento n.48 – lunedì 27 novembre 2017)* e smi.

I documenti e gli strumenti cartografici consultati nell'ambito del presente studio al fine di approfondire le varie tematiche trattate sono i seguenti:

- [1] Documenti ed elaborati relativi allo Studio geologico del PGT vigente del Comune di Concesio (BS);
- [2] Documenti ed elaborati relativi al Piano delle Regole e al Documento di Piano del PGT vigente del Comune di Concesio (BS);
- [3] Strumenti di cartografia digitale della Regione Lombardia in materia di Territorio, Urbanistica e difesa del Suolo (PGT Web, Studi geologici Comunali, Geoportale della Regione Lombardia ecc);
- [4] ARPA Lombardia www.idro.arpalombardia.it.

4 Programmi di calcolo utilizzati

Le verifiche idrauliche sono state condotte con l'ausilio di codici di calcolo con consolidata validità, quali:

SOFTWARE / MODULO DI CALCOLO E VERSIONE	PRODUTTORE	AMBITO DI APPLICAZIONE/ FINALITA'
Autocad 2011	Autodesk	Disegno tecnico
Foglio Excell	Microsoft	Verifiche idrauliche manufatti di progetto. Calcolo volumi ex R.R. 7/2017 e smi

Tabella 1 Softwares utilizzati per la realizzazione dell'elaborato

La riproducibilità dei modelli di calcolo è garantita dai dati riportati nella presente relazione e dai disegni esecutivi strutturali ai quali si è fatto esplicito riferimento.

5 Invarianza idraulica delle opere edilizie

Nel presente capitolo si riporta lo studio di invarianza idraulica eseguito ai sensi del Regolamento Regionale n.7 del 23 novembre 2017 (Supplemento n.48 del 27/11/2017) e smi.

5.1 Schema esemplificativo dell'intervento secondo R.R. 7/2017 e smi

Sono previsti lavori di ampliamento ed interventi di ristrutturazione con demolizione della sede municipale esistente, pertanto, si tratta di interventi di nuova costruzione (art.3, comma 1, lettera e del D.P.R: 380/2001) derivanti da una demolizione totale, almeno fino alla quota più bassa del piano campagna e ricostruzione con aumento di volume.

Si propone uno stralcio immagine dello schema esemplificativo dell'intervento, così come riportato nell'Allegato A del regolamento:

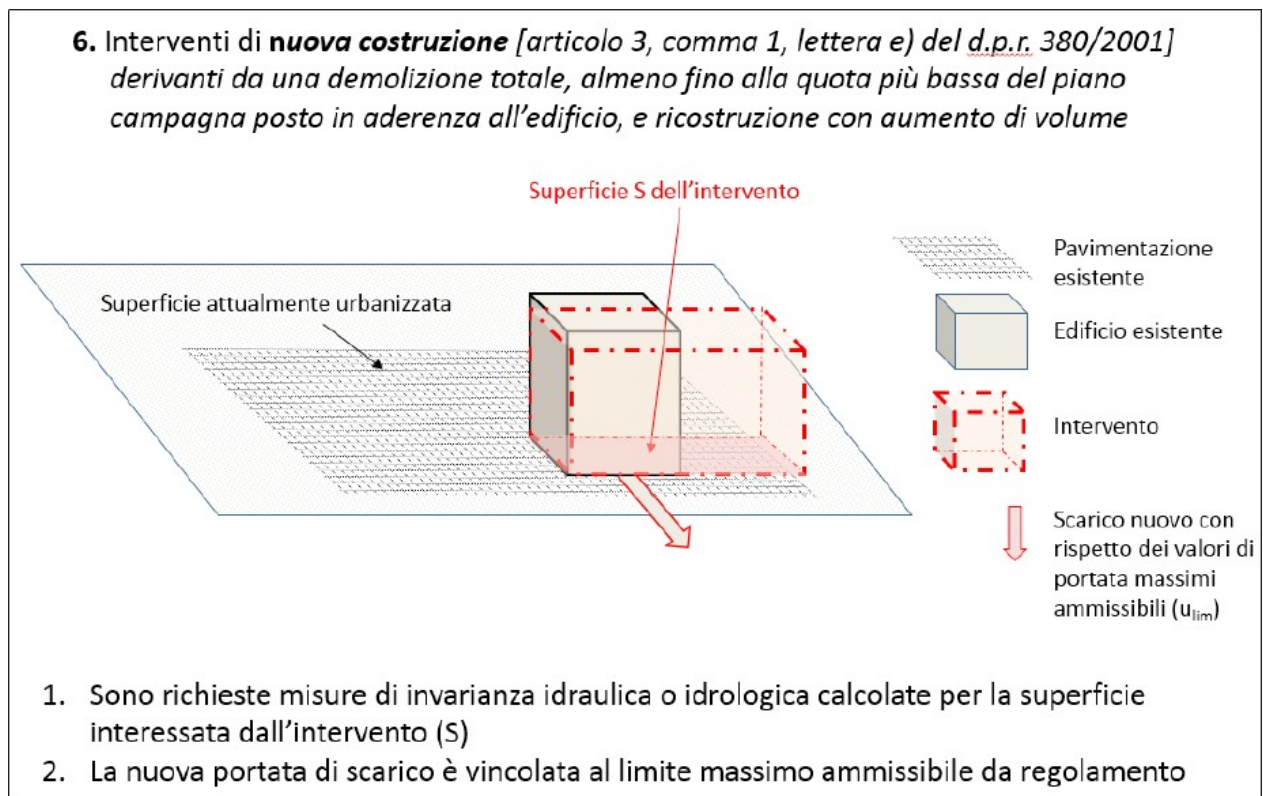


Figura 2 Schema esemplificativo dell'intervento al quale applicare le misure di invarianza idraulica e idrologica (fonte: pag.16/103 del R.R)

5.2 Individuazione nuove superfici scolanti

L'individuazione delle nuove superfici scolanti è stata eseguita sulla base delle tavole di progetto fornite dai progettisti architettonici delle opere edilizie e riassunte in Tabella 2. Preme sottolineare che il regolamento impone che la riduzione della permeabilità del suolo sia calcolata facendo riferimento alla permeabilità originaria del sito (quindi alla condizione preesistente all'urbanizzazione del comparto) e non alla condizione urbanistica precedente all'intervento (ex art.3, comma 4 del R.R), pertanto tutte le nuove superfici scolanti sono state stimate sulla base di tali prescrizioni.

Per semplicità di esposizione, si è valutato opportuno distinguere le superfici scolanti come di seguito:

INDIVIDUAZIONE SUPERFICIE	SUPERFICIE INTERVENTO	COEFF. DEFLUSSO	SUPERFICIE IMPERMEABILE
S _X	S _{INT}	C	S _{IMP}
[-]	[m ²]	[-]	[m ²]
S _{C1} (coperture Sud)	363	1,0	363
S _{C2} (coperture Nord)	776	1,0	776
S _{P1} (pavimentazione Sud+ingombro manufatti interrati)	225	1,0	225
S _{P2} (pavimentazione Nord+ ingombro manufatti interrati))	658	1,0	658
S_{TOT}	2'022	1,0	2'022

Tabella 2 Superfici scolanti di progetto con individuazione del coefficiente di deflusso e stima del coefficiente di deflusso medio ponderale

Tutte le superfici di progetto sono state considerate come completamente impermeabili, quindi con coefficiente di deflusso C=1,0 (ai sensi dell'art.11, comma 2, lettera d del regolamento).

Si ottiene una superficie impermeabile scolante pari a:

$$\begin{aligned}
 S_{\text{IMPERMEABILE}} &= S_{\text{INTERVENTO}} \times C = 2'022 \text{ m}^2 \\
 &= (2'022 \text{ m}^2) / (10'000 \text{ m}^2/\text{ha}) \approx 0,202 \text{ ha}_{\text{IMPERMEABILE}}
 \end{aligned}$$

Si ricorda che ai sensi dell'art.3, comma 7bis, "non sono soggetti all'applicazione del presente regolamento gli interventi relativi alla realizzazione di aree verdi di qualsiasi estensione, se non sovrapposte a nuove solette comunque costituite e se prive di sistemi di raccolta e convogliamento delle acque, anche se facenti parte di un intervento di cui ai commi 2, 2bis lettera a) e 3".

Ciò premesso, le aree adibite a verde per la mitigazione ambientale ed il verde profondo non saranno soggette all'applicazione del regolamento.

5.3 Ipotesi di lavoro

Di seguito si elencano le ipotesi di lavoro adottate per la stima dei volumi minimi di invaso:

- 1) Sito: Comune di Concesio (BS);
- 2) Criticità idraulica: in funzione del comune, si tratta di alta criticità A con coefficiente riduttivo $P=0,8$ (ex Allegato C del R.R) e limite allo scarico $u_{LIM}=10 \text{ l/s/ha}_{IMPERMEABILE}$ (ex art.8, comma 1, lettera a);
- 3) Classe di intervento 2: “impermeabilizzazione potenziale media” con superficie interessata dall'intervento $0,1 \text{ ha} \leq S_{INTERVENTO} \leq 1,0 \text{ ha}$ ($S_{INTERVENTO} = 0,202 \text{ ha}$, §5.2) e con coefficiente di deflusso medio ponderale qualsiasi ($C=1,0$, §5.2) (art.9, tabella 1 del regolamento);
- 4) Modalità di calcolo: “Metodo delle sole piogge” (art.11 ed Allegato G);
- 5) Requisito minimo: applicazione del valore parametrico per le aree a criticità alta $A=800 \text{ mc/ha}_{IMP}$ (art.12, comma 2, lettera a).

Tali ipotesi di lavoro si fondano sulle indicazioni e sulle prescrizioni fornite dalla tabella 1 del R.R.

7/2017 e smi e di seguito riportata:

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 $\leq 0,03 \text{ ha}$ ($\leq 300 \text{ mq}$)	qualsiasi	Requisiti minimi articolo 12 comma 1	
1	Impermeabilizzazione potenziale bassa da $> 0,03 \text{ a } \leq 0,1 \text{ ha}$ (da $> 300 \text{ mq a } \leq 1.000 \text{ mq}$)	$\leq 0,4$	Requisiti minimi articolo 12 comma 2	
2	Impermeabilizzazione potenziale media da $> 0,03 \text{ a } \leq 0,1 \text{ ha}$ (da $> 300 \text{ a } \leq 1.000 \text{ mq}$)	$> 0,4$	Metodo delle sole piogge (vedi articolo 11 e allegato G)	Requisiti minimi articolo 12 comma 2
	da $> 0,1 \text{ a } \leq 1 \text{ ha}$ (da $> 1.000 \text{ a } \leq 10.000 \text{ mq}$)	qualsiasi		
3	Impermeabilizzazione potenziale alta da $> 1 \text{ a } \leq 10 \text{ ha}$ (da $> 10.000 \text{ a } \leq 100.000 \text{ mq}$)	$> 0,4$	Procedura dettagliata (vedi articolo 11 e allegato G)	
	$> 10 \text{ ha}$ ($> 100.000 \text{ mq}$)	qualsiasi		

Figura 3 Tabella 1 del R.R. 7/2017 e smi (fonte: pag.6/103 del regolamento)

**APPALTO INTEGRATO: AFFIDAMENTO DELLA PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED
ESECUZIONE DEI LAVORI SULLA BASE DEL PROGETTO DEFINITIVO DI AMPLIAMENTO
E RISTRUTTURAZIONE CON DEMOLIZIONE DELLA SEDE MUNICIPALE NEL COMUNE DI CONCESIO**

<i>Comune</i>	<i>Provincia</i>	<i>Criticità idraulica</i>	<i>Coefficiente P</i>
COMUN NUOVO	BG	B	
CONCESIO	BS	A	0,8
CONCOREZZO	MB	A	1
CONFIENZA	PV	B	
COPIANO	PV	B	

Figura 4 Allegato C del R.R. 7/2017 e smi – Comune di Concesio (fonte: pag.31/103 del regolamento)

5.4 Curve di possibilità pluviometrica al variare del tempo di ritorno

L'elaborazione delle curve di possibilità pluviometrica è stata eseguita utilizzando i dati forniti dal portale di Arpa Regione Lombardia (idro.arpalombardia.it) il quale permette di costruire, mediante l'utilizzo di un foglio di calcolo, le linee segnalatrici di pioggia per i vari tempi di pioggia e per i diversi tempi di ritorno T_r .

La parametrizzazione delle linee segnalatrici (di seguito LSPP) sviluppata da Arpa Lombardia utilizza la distribuzione di probabilità del valore estremo a tre parametri, la General Extreme Value (GEV), considerata analiticamente più appropriata rispetto alla distribuzione di Gumbel (a due parametri) per la descrizione statistica.

Il foglio di calcolo Excel utilizzato, facilmente reperibile dal sito citato in precedenza, è stato redatto da Arpa Lombardia in collaborazione con il Politecnico di Milano e descrive il modello di previsione delle precipitazioni (modellazione statistica) di forte intensità e breve durata.

Per lo studio in esame si è fatto riferimento alle curve che considerano l'intervallo di tempo 14 h poiché si vuole valutare l'altezza di pioggia per il tempo di precipitazione che mette in crisi il bacino, che, secondo le ipotesi del modello razionale, coincide proprio con il tempo di corrivazione. Per tempo di corrivazione di un punto del bacino si intende il tempo necessario affinché la goccia d'acqua caduta in quel punto possa raggiungere la sezione di chiusura del bacino considerato.

La formula generale per il calcolo dell'altezza di pioggia secondo la distribuzione GEV assume la seguente forma:

$$h_T(D) = a_1 \cdot w_t \cdot D^n$$

Dove sono indicati con:

a_1 = coefficiente pluviometrico orario

n = coefficiente di scala

D = durata evento.

Il fattore di crescita viene determinato applicando a scala regionale il modello probabilistico del valore estremo, ossia ipotizzando per la variabile aleatoria w_t la distribuzione a tre parametri:

$$w_t = \varepsilon + \frac{\alpha}{k} \left\{ 1 - \left[\ln \left(\frac{T}{T-1} \right) \right]^k \right\}$$

Dove:

T = tempo

α = parametro di scala

k = parametro di forma

ε = parametro di posizione.

Tutti i valori dei parametri sopra citati, anch'essi facilmente reperibili nel portale cartografico, sono riportati sinteticamente nella seguente tabella e fanno riferimento al sito in oggetto:

Coeff.	Definizione	Valore
a ₁	coefficiente pluviometrico orario	28
n	coefficiente di scala	0,2902
a	GEV- parametro	0,2866
k	GEV- parametro	-0,0118
e	GEV- parametro	0,8311

Tabella 3 Valore dei coefficienti secondo il metodo GEV per l'area in esame (fonte: Idro Arpa Lombardia)

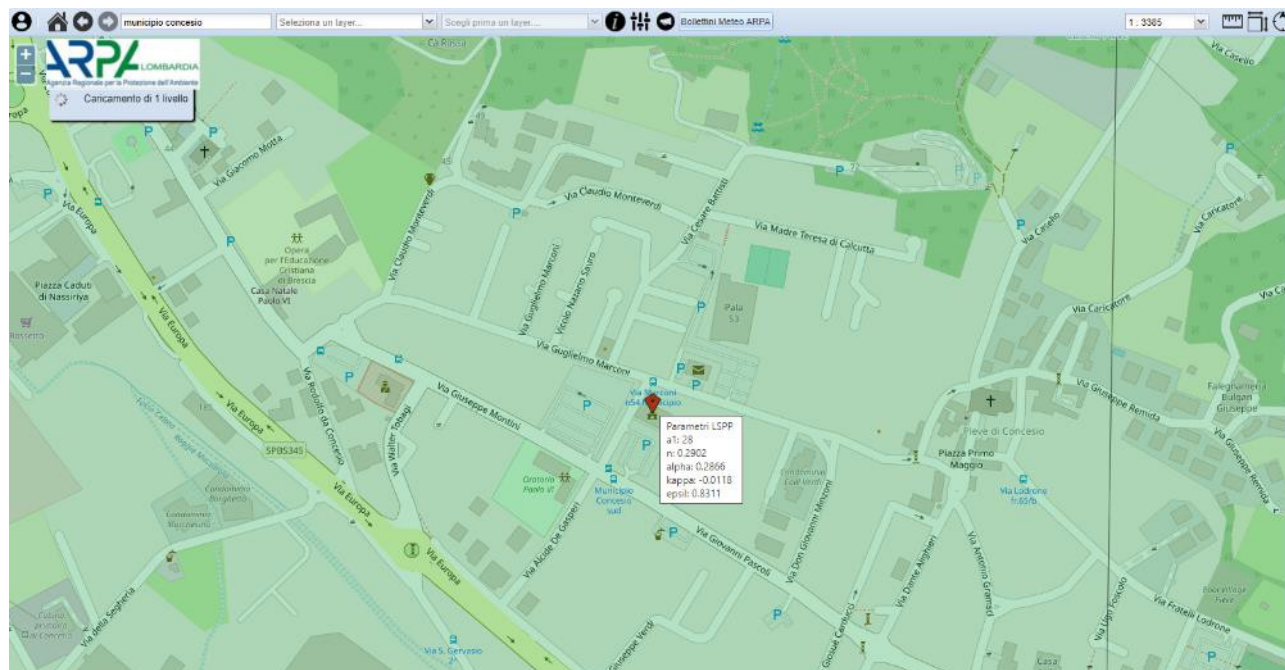


Figura 5 Stralcio mappa portale idrologico geografico di ARPA Lombardia riferito all'area in esame (fonte: Idro Arpa Lombardia)

Una volta ottenuti i dati sopra elencati, essi vengono inseriti nel foglio di calcolo delle LSPP 1 - 24 ore (fornito da Arpa) e si ottengono le seguenti informazioni:

- parametri pluviometrici per il territorio di Concesio;
- precipitazioni previste al variare della durata e dei tempi di ritorni;
- linee segnalatrici di probabilità pluviometrica (LSPP 1 -24 ore);
- altezze di pioggia al variare della durata dell'evento intenso.

Nella pagina seguente si riporta l'elaborazione eseguita con l'applicativo di Arpa Lombardia.

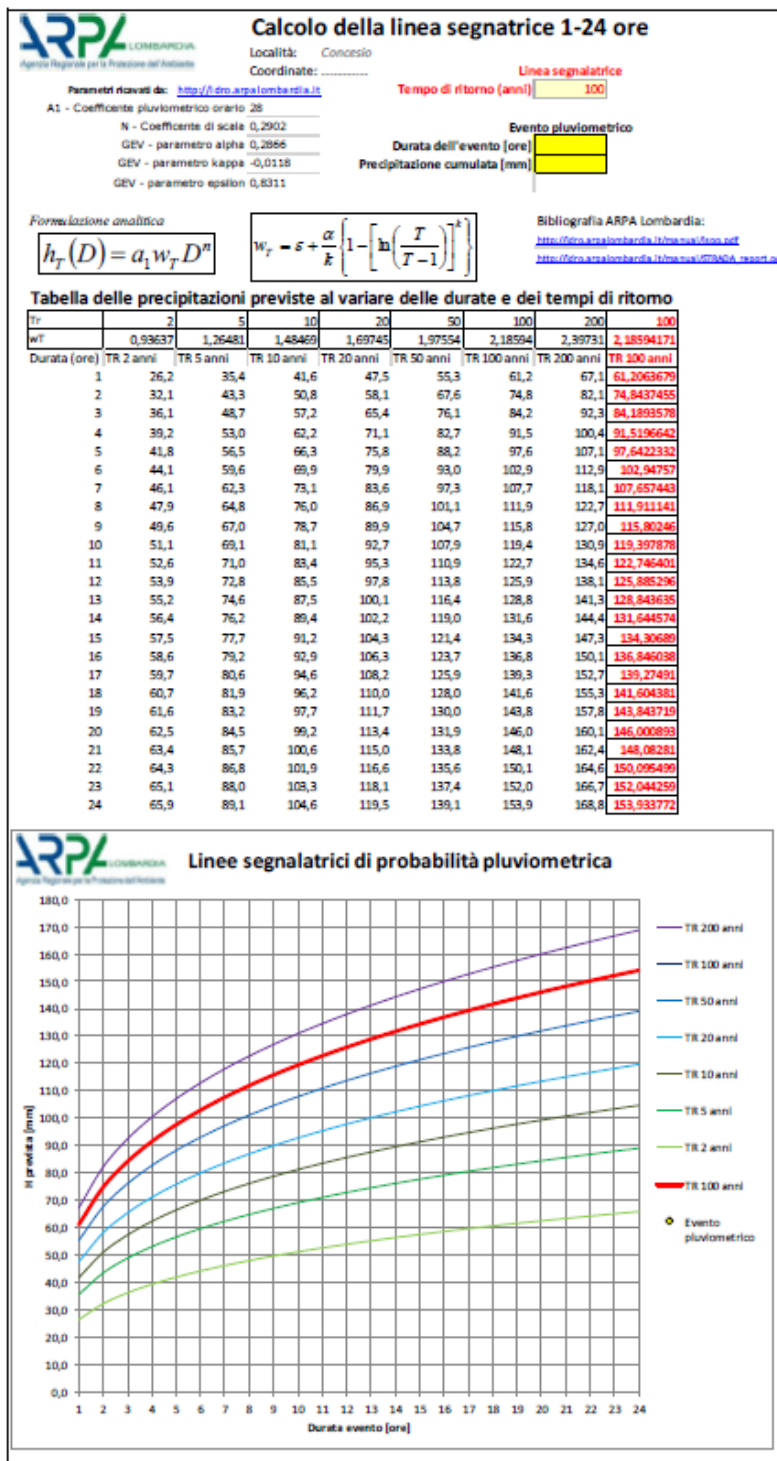


Figura 6 Calcolo della linea segnaltrice 1-24 ore e linee segnaltrici di probabilità pluviometrica (fonte: elaborazione eseguita mediante applicativo di Idro Arpa Lombardia)

5.5 Verifica dei requisiti minimi

Dall'applicazione di cui all'articolo 12, comma 2 e comma 3 del Regolamento Regionale, considerando la superficie di intervento $S_{\text{INTERVENTO}}=0,202\text{ha}$ ed un coefficiente di deflusso $C=1,0$ (§5.3) si adotta un vaso di volume minimo pari a:

$$V_{\text{REQUISITO MINIMO}} = (800 \text{ m}^3/\text{ha}_{\text{IMP}} \times S_{\text{INTERVENTO}} \times \text{ha}_{\text{IMP}} \times C \times P)$$

$$= 800 \text{ m}^3/\text{ha}_{\text{IMP}} \times 0,202\text{ha} \times 1,0 \times 0,8 = 129,3\text{m}^3$$

dove $800 \text{ m}^3/\text{ha}_{\text{IMP}}$ è il valore parametrico da utilizzare per gli interventi ad alta criticità, P il coefficiente riduttivo previsto da regolamento valido per il Comune di Concesio, e si ottiene un volume di vaso totale pari a $V_{\text{REQUISITO MINIMO}}=129,3\text{m}^3$.

5.6 Applicazione del metodo delle sole piogge

La durata critica D_w ed il volume di laminazione W_0 sono stati stimati considerando le due equazioni fornite dal R.R. (equazioni 4' e 5' di pagina 63 del regolamento) e di seguito riportate:

$$D_w = \left(\frac{Q_{u, \text{lim}}}{2,78 \cdot S \cdot \varphi \cdot a \cdot n} \right)^{\left(\frac{1}{n-1} \right)}$$

$$W_0 = 10 \cdot S \cdot \varphi \cdot a \cdot D_w^n - 3,6 \cdot Q_{u, \text{lim}} \cdot D_w$$

dove:

- $S_{\text{INTERVENTO}} = 0,202\text{ha}$ (§5.25.3);
- $\varphi = C = 1,0$ coefficiente di deflusso (§5.25.3);
- a: $55,3\text{mm}/\text{ora}^n$ (da curva di possibilità pluviometrica valida localmente per un tempo di ritorno pari a 50 anni; §5.4);
- a: $61,2\text{mm}/\text{ora}^n$ (da curva di possibilità pluviometrica valida localmente per un tempo di ritorno pari a 100 anni; §5.4);
- n: 0,2902 per durata $D \geq 1$ ora (da curva di possibilità pluviometrica valida localmente, §5.4);
- u_{lim} : 10 l/s per ha_{IMP} (art.8, comma 1, lettera a).

Dall'applicazione delle due equazioni sopra riportate, per il caso in esame si ottengono i seguenti valori:

$$D_{w(\text{TR}50)} \approx 8\text{ore}$$

$$W_{0(\text{TR}50)} = 146\text{m}^3$$

Il volume di laminazione calcolato mediante l'applicazione del metodo delle sole piogge ($T_r=50$ anni) è pari a $W_{0(TR50)}=146\text{m}^3$.

Come richiesto da regolamento, è opportuno che il volume effettivo di laminazione sia cautelativamente maggiorato rispetto a quello sopra calcolato per rispondere alla misura di sicurezza per tempo di ritorno pari a 100 anni, verificandone anche le modalità ed il tempo di svuotamento, nel rispetto delle indicazioni di normativa. Ciò premesso, è stato stimato il volume di laminazione considerando il tempo di ritorno pari a $T_r=100$ anni (a: $61,2\text{mm/ora}^n$):

$$D_{w(TR100)} \approx 9\text{ore (per } T_r=100 \text{ anni)}$$

$$W_{0(TR100)}=168\text{m}^3 \text{ (per } T_r=100 \text{ anni)}$$

Il volume di laminazione calcolato mediante l'applicazione del metodo delle sole piogge con $T_r=100$ anni è pari a $W_{0(TR100)}=168\text{m}^3$.

5.7 Volume minimo di invaso da garantire

Dalle analisi precedenti risulta che il volume minimo di accumulo da adottare è pari a $W_{0(TR100)} = 168m^3$ derivante dall'applicazione della metodologia che restituisce il valore massimo tra:

- verifica dei requisiti minimi (§5.5): $129,3m^3$
- metodo delle sole piogge – $Tr=100$ anni (§5.6): $168m^3$.

Sulla base del progetto architettonico, si è valutato opportuno prevedere due manufatti per l'invaso dei pluviali: il “manufatto n.1” sarà di pertinenza delle coperture e delle pavimentazioni esterne posta a Sud, mentre il “manufatto n.2” sarà di pertinenza delle superfici scolanti a Nord.

Ciò premesso, i volumi di invaso vengono così distinti:

INDIVIDUAZIONE SUPERFICIE	SUPERFICIE INTERVENTO	VOLUME DI INVASO
S_X	S_{INT}	V_{INVASO}
[-]	[m ²]	[m ³]
$S_{C1} + S_{P1}$ (coperture + pavimentazione Sud)	588 (363+225)	49
$S_{C2} + S_{P2}$ (coperture + pavimentazione Nord)	1'434 (776+658)	119
S_{TOT}	2'022	168

Tabella 4 Volume di invaso distinto in funzione dei manufatti idraulici 1 e 2.

6 Opere idrauliche di progetto per l'invarianza

In linea con la conformazione dell'area di intervento, sono state dimensionate e verificate le reti delle acque bianche per l'invarianza che saranno costituite dai seguenti manufatti:

- pozzetti carrabili in CAV di dimensioni interne minime 0,8x0,8m e altezza variabile (raccolta caditoie, derivazione e ispezione della rete) e n.5 canalette carrabili con griglia;
- stazioni di sollevamento (pompe) per il rilancio dei pluviali;
- tubazioni in PVC con DEXT =200,0mm e DIN =188,2mm, classe di rigidità minima SN8 e pendenza minima 1%;
- n.1 serbatoio interrato carrabile e n.3 serbatoi interrati pedonali di diametro D=2,5m.

7 Dimensionamento opere idrauliche di progetto

7.1 Verifica tubazioni pluviali

Per il seguente progetto sono state dimensionate tutte le reti di tubazioni in PVC, con DEXT =200,0mm e DIN =188,2mm, classe di rigidità minima SN8 (8 kN/m²).

Le ipotesi di progetto adottate per il dimensionamento delle tubazioni sono le seguenti:

- sezione tubo: diametro DIN =188,2mm;
- pendenza minima delle tubazioni: p=1,0%
- coefficiente di scabrezza di Strickler: $k=90 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$ (valore conservativo per tubazioni in PVC)
- portata di progetto: $Q_{\text{NODI } z-z} = S_{z-z} \times C \times i$ dove S è stata distinta in funzione delle varie superfici di pertinenza, mentre l'intensità di pioggia come da dati Idro Arpa Lombardia con $T_r=100$ anni ($i=61,2\text{mm}/h=1,7 \times 10^{-5} \text{ m/s}$).

In generale, il criterio utilizzato per la scelta della tubazione di progetto è quello di non superare il 75% del grado di riempimento (si vedano dati forniti da letteratura, Becciu e Paoletti 2010). Si ricorda che ai sensi della norma UNI EN 752:2018 la norma non esclude a priori che il sistema possa andare in pressione.

Di seguito si riporta una tabella riepilogativa con le verifiche dei vari nodi idraulici: al deflusso delle portate di progetto $Q_{\text{NODI } z-z}$ si osserva un **riempimento del tubo sempre inferiore a 75% -> verificato.**

Si rimanda all'ALLEGATO A per la visione dei calcoli eseguiti.

VERIFICA TRATTI PLUVIALI					
NODI IDRAULICI	SUPERFICIE DI PERTINENZA	PORTATA	PENDENZA MINIMA	RIEMPIMENTO	VERIFICA RIEMPIMENTO <75%
[n.]	[m2]	[m3/s]	[%]	[%]	[-]
1/2/3	160	0.003	1	14	Verificato (14%<75%)
8'	170	0.003	1	14	Verificato (14%<75%)
4/5/6/7	220	0.004	1	17	Verificato (17%<75%)
8/9	350	0.006	1	23	Verificato (23%<75%)
10/11/12	100	0.002	1	11	Verificato (11%<75%)
16/17/18	330	0.006	1	22	Verificato (22%<75%)
19/20	100	0.002	1	11	Verificato (11%<75%)

Tabella 5 Tabella riepilogativa delle verifiche idrauliche dei nodi: per le verifiche si rimanda ad ALLEGATO A

7.2 Serbatoi interrati (n.3 pedonali + n.1 carrabile)

Per consentire l'invaso temporaneo dei volumi minimi richiesti da regolamento, verranno posizionati all'interno della proprietà dei serbatoi interrati: data l'estensione dell'intervento, si è valutato opportuno individuare due zone distinte, una a Nord e una a Sud. I serbatoi orizzontali a parete singola saranno realizzati in vetroresina e avranno un diametro D=2,5m e lunghezza variabile (si rimanda alla tavola di progetto).

Per la parte a Nord verranno posizionati n.3 serbatoi pedonali per un volume pari a $V_{SERBATOI I+II+III} = 120m^3$ ($40m^3 \times n.3$ serbatoi): ciascuna serbatoio avrà D=2,5m e lunghezza 8,7m (per una lunghezza totale L= 26,07m).

Per la zona Sud verrà posizionato n.1 serbatoio carrabile di volume pari a $V_{SERBATOIO VI} = 50m^3$ (diametro D=2,5m, lunghezza L=10,75m).

Per la corretta installazione si rimanda alle schede tecniche fornite dal produttore, mentre per il rinfianco dei serbatoi si rimanda a progetto strutturale.

7.3 Volumi garantiti dai manufatti idraulici

Nel complesso i manufatti idraulici di progetto garantiranno un volume di invaso dato dalla somma di $V_{\text{MANUFATTI}}=184,4\text{m}^3$

MANUFATTO IDRAULICO	DIMENSIONI/GEOMETRIA	VOLUME GARANTITO
[-]	[m]	[m ³]
SERBATOI I+II+III	Diametro D=2,5 Lunghezza L= 26,07	120,0
SERBATOI IV	Diametro D=2,5 Lunghezza L= 10,75	50,0
TUBAZIONI	Diametro D=0,188 Lunghezza L=95	2,6
POZZETTI	Lato l=0,8 n. 22 pozzetti	11,3
CANALETTE	Larghezza = 0,25 Altezza = 0,13 Lunghezza totale =15,6	0,5
VOLUME TOTALE MANUFATTI $V_{\text{MANUFATTI}}$		184,4

Tabella 6 Tabella riepilogativa volumi garantiti da manufatti idraulici

I volumi minimi richiesti da regolamento sono verificati con un fattore di sicurezza sul volume di +10%:

$$V_{\text{MANUFATTI}} > W_0 \text{ Tr}=100 \text{ anni}$$

$$184,4 \text{ m}^3 / 168,0\text{m}^3 \text{ con } \text{FS}=1,10 > 1,00$$

7.4 Stazioni di sollevamento dei pluviali per svuotamento manufatti

Nel complesso verranno posizionate n.4 stazioni di sollevamento, individuate in funzione dei nodi idraulici:

- Pompa nodo 7 (per rilancio interno dei pluviali all'interno del serbatoio interrato, portata stimata per $T_r=100$ anni);
- Pompa nodo 11 (per rilancio interno dei pluviali all'interno del serbatoio interrato, portata stimata per $T_r=100$ anni);
- Pompa nodo 14 (per svuotamento serbatoio, portata nel rispetto dei limiti allo scarico di 10l/s/haIMP imposto da R.R.);
- Pompa nodo 18 (per svuotamento serbatoio, portata nel rispetto dei limiti allo scarico di 10l/s/haIMP imposto da R.R.).

Per poter dimensionare i condotti che convogliano i pluviali e per determinare le caratteristiche degli organi motore, si rende necessario stimare le perdite di carico. Le perdite all'interno del circuito idraulico sono *continue* (cioè si manifestano lungo tutti i tratti lineari delle tubazioni) e/o *localizzate* (si manifestano in corrispondenza dei pezzi speciali che fanno variare la direzione: derivazioni, curve, confluenze, valvole, ecc.).

Nel caso in esame, per la stima delle perdite, sono state fatte le seguenti ipotesi di lavoro:

- Diametro DNM GAS: 2";
- Diametro interno: 56mm;
- Temperatura del fluido: 20° C;
- Lunghezza tubazione (valore stimato da rilievo): variabile in funzione delle pompe;
- Raccordi curvilinei: $n=4$ ($k=0,29$ per curva a 90°).

L'espressione che lega la perdita di carico J per unità di lunghezza L della condotta

per un fluido incomprimibile è quella fornita dalla legge di Darcy – Weisbach:

$$J = \frac{\lambda v^2}{2g D}$$

Dove λ è un coefficiente adimensionale di resistenza funzione della scabrezza relativa al tubo e funzione del numero di Reynolds Re :

$$R_e = \rho v D / \mu$$

Il calcolo del coefficiente adimensionale viene eseguito mediante l'utilizzo della formula di Colebrook – White di seguito riportata:

$$\frac{1}{\sqrt{\lambda}} = -2 \log \left(\frac{2.51}{R_e \sqrt{\lambda}} + \frac{\varepsilon / D}{3.71} \right)$$

Dall'applicazione delle formule sopra riportate, si ottengono i seguenti valori:

- Scabrezza relativa: ε = vedi ALLEGATO B;
- Numero di Reynolds: R_e = vedi ALLEGATO B;
- Coefficiente di resistenza con formula di Colebrook: $\lambda=0,02$;
- Velocità: v = vedi ALLEGATO B m/s;
- Perdita di carico distribuita (o cadente) con formula di Darcy: J = vedi ALLEGATO B m/m.

Per la perdita di carico localizzata, supponendo la presenza di n.4 curve a 90°, si applica la seguente formula:

$$\Delta H_{\text{localizzate}} = k v^2 / (2 \times g)$$

con v la velocità media (stabilita per la sezione caratteristica) e k un parametro adimensionale ($k=0,29$ per curve a 90°) si ottiene una perdita di carico localizzata pari a $\Delta H_{\text{localizzate}} \approx$ vedi ALLEGATO B.

Le perdite di carico per l'intero circuito idraulico sono date dalle somme dei due contributi sopra stimati (perdite di carico continue J e localizzate $\Delta H_{\text{localizzate}}$) stimate pari a:

$$\Delta H_{\text{perdite di carico}} = (J \times L) + \Delta H_{\text{localizzate}} = \text{vedi ALLEGATO B}$$

Si riporta una tabella riepilogativa dei risultati ottenuti (per i calcoli si rimanda a ALLEGATO B):

POMPE PER IL RILANCIO INTERNO					
NODO POMPA	SUPERFICIE DI PERTINENZA	PORTATA	ΔH geodetica	ΔH perdite carico	ΔH
[n]	[mq]	[mc/s]	[m]	[m]	[m]
7	220	0,004	4,5	1,2	5,7
11	100	0,002	4,5	0,3	4,8
POMPE PER SVUOTAMENTO MANUFATTI (RISPETTO DEI LIMITI DA R.R.)					
NODO POMPA	SUPERFICIE DI PERTINENZA	PORTATA	ΔH geodetica	ΔH perdite carico	ΔH
14	1434	0,00143	3,0	0,4	3,4
18	588	0,00059	4,0	0,1	4,1
TOTALI	2022	<u>0,00202</u>	<u>RISPETTO DEI LIMITI 10l/s/haIMP da R.R.</u>		

Tabella 7 Riepilogo stima portate e perdite di carico per la scelta delle pompe di progetto

Ciò premesso, il modello della stazione di sollevamento (pompa) dovrà essere scelto in funzione dei seguenti parametri:

- Portata minima: $Q_{\text{MIN}} = 0,002 \text{ m}^3/\text{s}$;
- Portata massima: $Q_{\text{MIN}} = 0,004 \text{ m}^3/\text{s}$;
- Prevalenza minima 3,4m;
- Prevalenza massima: 5,7m.

Per completezza di esposizione si riporta il grafico della curva la curva caratteristica di una elettropompa (commerciale) modello FEKA (della DAB Pump) o equivalente, sommersibile automatica per acque torbide con uscita verticale:

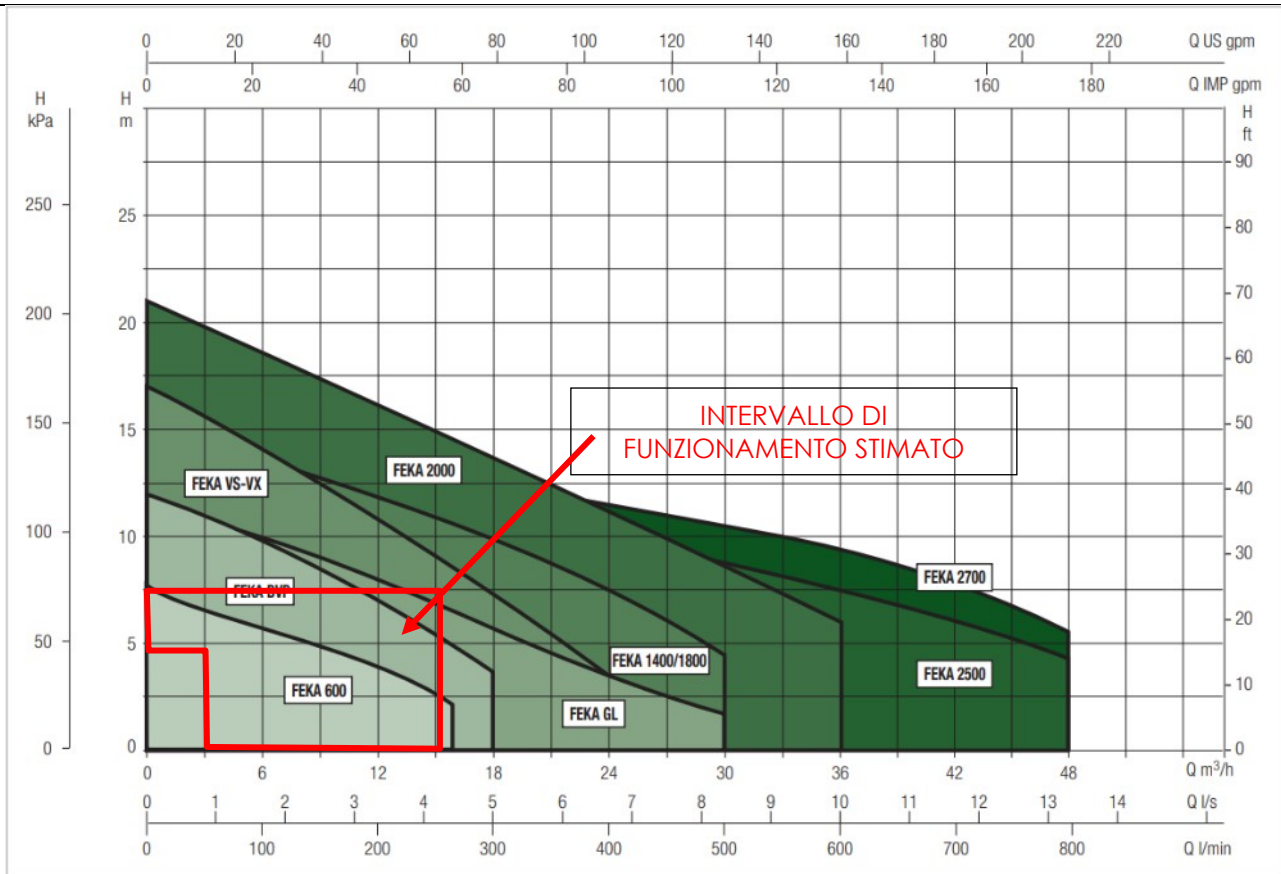


Figura 7 Curva caratteristica di una elettropompa sommergibile automatica con indicazioni della portata di progetto QLIM

Le caratteristiche della pompa sommergibile sono le seguenti:

- campo di funzionamento: 2 - 32 m³/h;
- prevalenza massima: 14m;
- passaggio libero: 50mm;
- massima profondità di immersione: 7m con cavo di lunghezza 10m;
- tipo di liquido pompato: acque di scarico chiare (grigie e meteoriche);
- temperatura del liquido supportata: da +0° C a +35° C;
- materiale costruzione: materiali anti-corrosione e anti-ossidazione, motore con protezione termica anti-surriscaldamento, albero motore e girante antiusura.

Sulla base di tali ipotesi di progetto, ciascuna pompa funzionerà al massimo per 24 ore (ad evento meteorologico) e comunque fino allo svuotamento completo dei manufatti. Ogni sistema di sollevamento presenterà un meccanismo automatico di accensione e spegnimento. Infine, **si consiglia l'installazione di una seconda pompa ausiliaria in caso di mancato funzionamento di quella principale, per un totale di 4+4 pompe.**

7.5 Tempo svuotamento manufatti

Il R.R. 7/2017 e s.m.i all'art. 11, comma 2, lettera f) prevede che “il tempo di svuotamento dei volumi calcolati secondo quanto indicato alla lettera e) non deve superare le 48 ore, in modo da ripristinare la capacità d'invaso quanto prima possibile”. Dal rapporto tra il volume di invaso di laminazione ($W_{0(TR100)} = 169\text{m}^3$) e la massima portata ammissibile in rete esistente (previa autorizzazione dell'Ente gestore, con $u_{LIM} = 10$ l/s per ha_{IMP} , ai sensi dell'art.8, comma 1, lettera a del R.R.) si ottiene che i manufatti si svuotano in un tempo stimato pari a:

$$T_{SVUOTAMENTO\ MANUFATTI} = W_{0\ Tr=100\ anni} / Q_{LIMITE\ R.R.}$$

$$= 168\text{ m}^3 / 7,2\text{ m}^3/\text{h} \approx 23\text{ ore} < 48\text{ ore } \underline{\text{verificato}}$$

dove:

$$Q_{LIM} = u_{LIM} \times S_{INTERVENTO} = 10\text{ l/s/ha} \times 0,202\text{ ha} = 2,02\text{ l/s} (=7,2\text{ m}^3/\text{h})$$

La prescrizione fornita dal Regolamento Regionale in merito al tempo di svuotamento (che avverrà collegamento dei manufatti alla rete esistente, previa autorizzazione Ente Gestore) delle opere idrauliche di progetto è verificata: 23 ore < 48 ore.

La condotta delle acque nere è costituita da una tubazione in CLS di diametro 600mm come da seguente schema fornito:

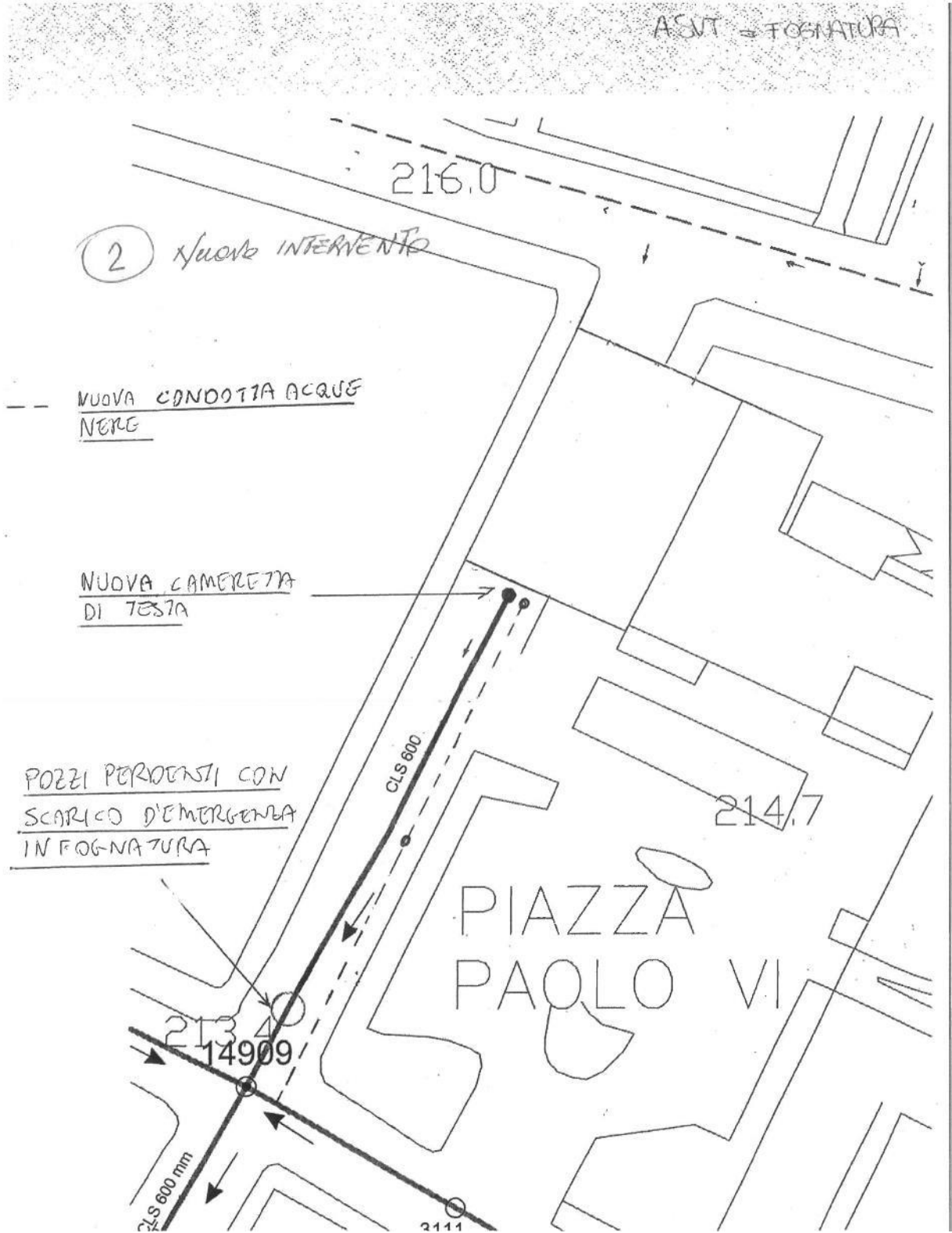


Figura 8 Stralcio immagine schema condotta acque nere

8 Conclusioni

Per conto dell'Amministrazione Comunale di Concesio, è stata eseguita una stima dei volumi minimi di invaso per consentire la gestione delle acque bianche di pertinenza della nuova sede municipale ubicata in Piazza Paolo VI n.1 – 25062 Concesio (BS).

Sono previsti lavori di ampliamento ed interventi di ristrutturazione con demolizione della sede esistente ubicata nel comune catastale C948, foglio 22, mappale 218.

Il presente progetto è stato redatto ai sensi del Regolamento Regionale n.7 del 23 novembre 2017 – Supplemento n.48 del 27/11/2017 e smi.

Tutto ciò premesso, le opere idrauliche di progetto così come dimensionate garantiranno:

- **volume minimo di invaso:** $V_{\text{MANUFATTI}} > W_0 \text{ Tr}=100 \text{ anni}(184,4 \text{ m}^3 / 168,0\text{m}^3)$ **con FS=1,10** i volumi minimi richiesti da regolamento sono verificati con un fattore di sicurezza sul volume di +10%(ex art. 12 comma 2 lettera a e comma 3);
- **tempo svuotamento:** $t_{\text{SVUOTAMENTO MANUFATTI}} = W_0 \text{ Tr}=100 \text{ anni}/Q_{\text{LIMITE R.R.}}=168\text{m}^3/ 7,2\text{m}^3/\text{h} \approx 23$ ore < 48 ore **verificato** (ex all'art. 11, comma 2, lettera f).

Tutti i manufatti dovranno essere ispezionabili e dovranno essere eseguite le manutenzioni periodiche così come previsto nel documento “Piano di manutenzione” allegato al presente progetto.

Al termine della esecuzione delle opere, il Direttore dei lavori incaricato del Committente dovrà compilare e trasmettere a Regione Lombardia l'allegato D, ai sensi del RR7/2017 e smi.

Indice delle figure

Figura 1 Stralcio immagine non in scala C.T.R. sezione D5B4 e stralcio immagine Viewer Grafico R.L. con individuazione area oggetto di intervento [fonte: Geoportale Regione Lombardia]	4
Figura 2 Schema esemplificativo dell'intervento al quale applicare le misure di invarianza idraulica e idrologica (fonte: pag.16/103 del R.R.).....	6
Figura 3 Tabella 1 del R.R. 7/2017 e smi (fonte: pag.6/103 del regolamento).....	8
Figura 4 Allegato C del R.R. 7/2017 e smi – Comune di Concesio (fonte: pag.31/103 del regolamento)	9
Figura 5 Stralcio mappa portale idrologico geografico di ARPA Lombardia riferito all'area in esame (fonte: Idro Arpa Lombardia)	11
Figura 6 Calcolo della linea segnalatrice 1-24 ore e linee segnalatrici di probabilità pluviometrica (fonte: elaborazione eseguita mediante applicativo di Idro Arpa Lombardia).....	12
Figura 7 Curva caratteristica di una elettropompa sommersibile automatica con indicazioni della portata di progetto QLIM.....	23
Figura 8 Stralcio immagine schema condotta acque nere	25

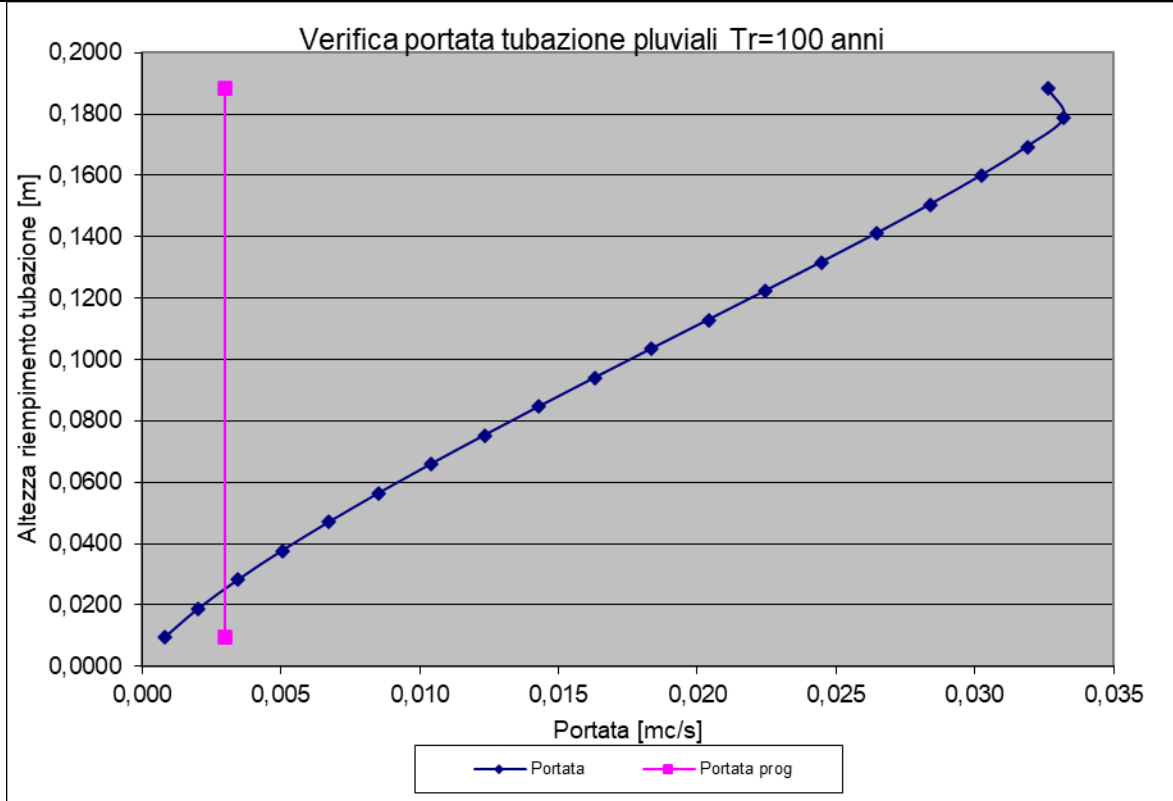
Indice delle tabelle

Tabella 1 Softwares utilizzati per la realizzazione dell'elaborato	5
Tabella 2 Superfici scolanti di progetto con individuazione del coefficiente di deflusso e stima del coefficiente di deflusso medio ponderale.....	7
Tabella 3 Valore dei coefficienti secondo il metodo GEV per l'area in esame (fonte: Idro Arpa Lombardia)	11
Tabella 4 Volume di invaso distinto in funzione dei manufatti idraulici 1 e 2.	15
Tabella 5 Tabella riepilogativa delle verifiche idrauliche dei nodi: per le verifiche si rimanda ad ALLEGATO A	18
Tabella 6 Tabella riepilogativa volumi garantiti da manufatti idraulici	19
Tabella 7 Riepilogo stima portate e perdite di carico per la scelta delle pompe di progetto	22

ALLEGATO A: verifica tubazione di progetto

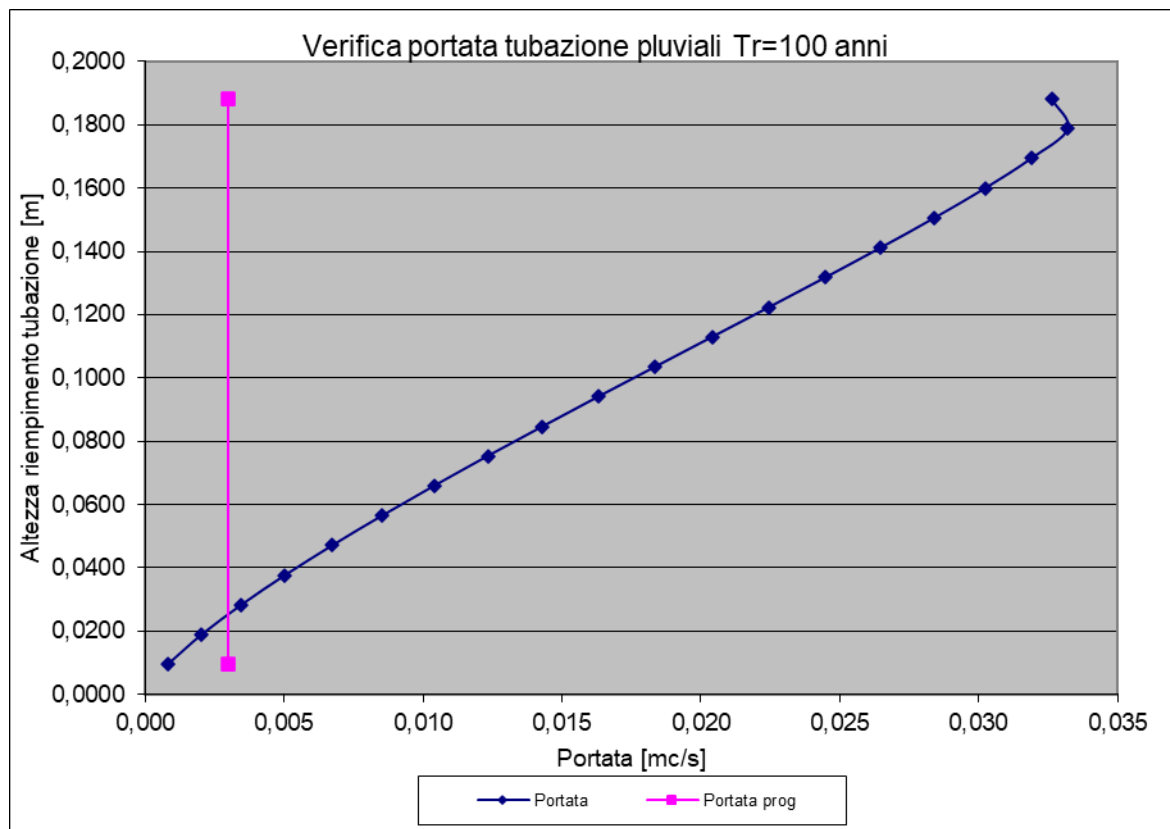
NODO 1-2

Tubo collettore 1-2								
Dati canale:	Diametro=	0,1882	metri					
	Area	0,0278182	mq					
	Pendenza canale=	0,01	m/m	in %	1			
	Coeff ScabrezzaG.-Strickler=	90						
	Portata di progetto=	0,003	mc/s					
% riempimento	gradi	rad.	Area defl.	Cont. Bagn.	R idr.	Portata (mc/s)	H riemp	Veloc m/s
5%	51,68	0,90	0,0014	0,08	0,02	0,00081	0,0094	0,581
10%	73,74	1,29	0,0028	0,12	0,02	0,00202	0,0188	0,727
15%	91,15	1,59	0,0042	0,15	0,03	0,00345	0,0282	0,827
20%	106,26	1,85	0,0056	0,17	0,03	0,00503	0,0376	0,905
25%	120,00	2,09	0,0070	0,20	0,04	0,00673	0,0471	0,968
30%	132,84	2,32	0,0083	0,22	0,04	0,00853	0,0565	1,022
35%	145,08	2,53	0,0097	0,24	0,04	0,01040	0,0659	1,068
40%	156,93	2,74	0,0111	0,26	0,04	0,01232	0,0753	1,108
45%	168,52	2,94	0,0125	0,28	0,05	0,01430	0,0847	1,142
50%	180,00	3,14	0,0139	0,30	0,05	0,01631	0,0941	1,173
55%	191,48	3,34	0,0153	0,31	0,05	0,01835	0,1035	1,199
60%	203,07	3,54	0,0167	0,33	0,05	0,02040	0,1129	1,222
65%	214,92	3,75	0,0181	0,35	0,05	0,02245	0,1223	1,241
70%	227,16	3,96	0,0195	0,37	0,05	0,02448	0,1317	1,257
75%	240,00	4,19	0,0209	0,39	0,05	0,02647	0,1412	1,269
80%	253,74	4,43	0,0223	0,42	0,05	0,02840	0,1506	1,276
85%	268,85	4,69	0,0236	0,44	0,05	0,03023	0,1600	1,279
90%	286,26	5,00	0,0250	0,47	0,05	0,03189	0,1694	1,274
95%	308,32	5,38	0,0264	0,51	0,05	0,03322	0,1788	1,257
100%	360,00	6,28	0,0278	0,59	0,05	0,03263	0,1882	1,173



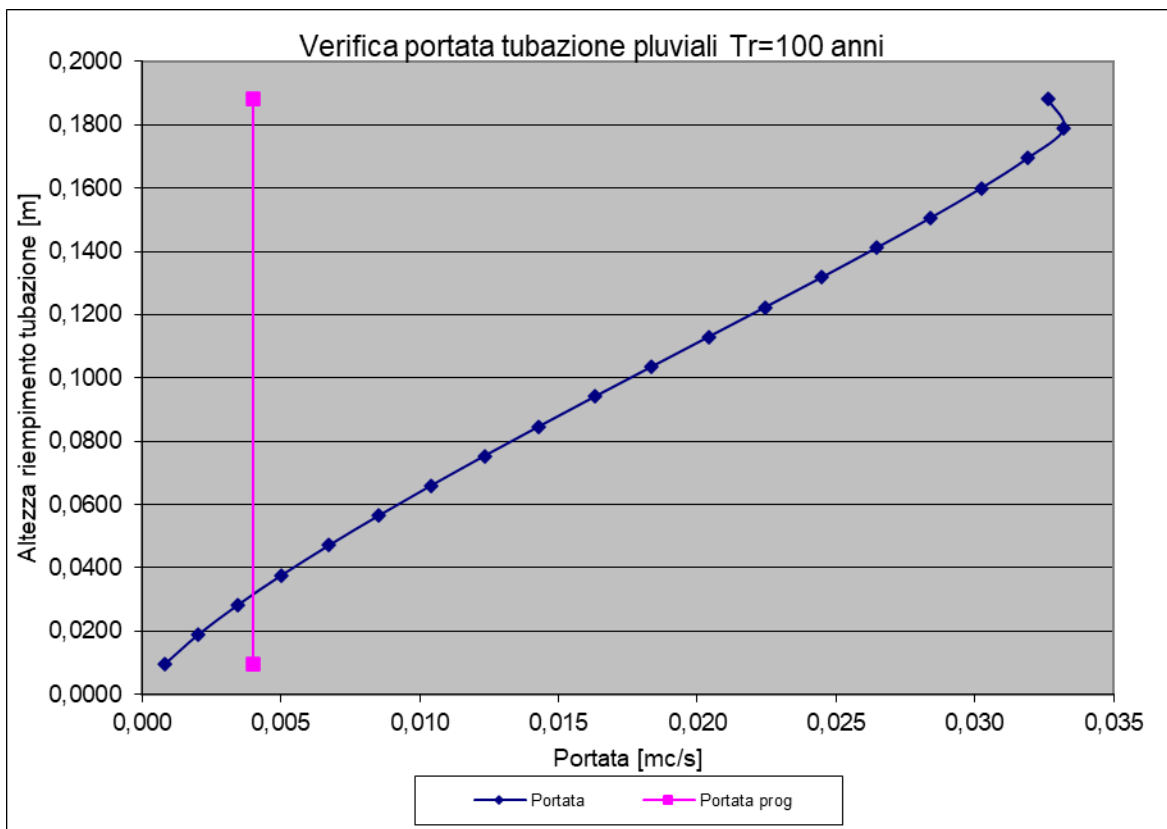
NODO 3

Tube collettore 3								
Dati canale:		Diametro=	0,1882	metri				
		Area	0,0278182	mq				
		Pendenza canale=	0,01	m/m	in %	1		
		Coeff ScabrezzaG.-Strickler=	90					
		Portata di progetto=	0,003	mc/s				
% riempimento	gradi	rad.	Area defl.	Cont. Bagn.	R idr.	Portata (mc/s)	H riemp	Veloc m/s
5%	51,68	0,90	0,0014	0,08	0,02	0,00081	0,0094	0,581
10%	73,74	1,29	0,0028	0,12	0,02	0,00202	0,0188	0,727
15%	91,15	1,59	0,0042	0,15	0,03	0,00345	0,0282	0,827
20%	106,26	1,85	0,0056	0,17	0,03	0,00503	0,0376	0,905
25%	120,00	2,09	0,0070	0,20	0,04	0,00673	0,0471	0,968
30%	132,84	2,32	0,0083	0,22	0,04	0,00853	0,0565	1,022
35%	145,08	2,53	0,0097	0,24	0,04	0,01040	0,0659	1,068
40%	156,93	2,74	0,0111	0,26	0,04	0,01232	0,0753	1,108
45%	168,52	2,94	0,0125	0,28	0,05	0,01430	0,0847	1,142
50%	180,00	3,14	0,0139	0,30	0,05	0,01631	0,0941	1,173
55%	191,48	3,34	0,0153	0,31	0,05	0,01835	0,1035	1,199
60%	203,07	3,54	0,0167	0,33	0,05	0,02040	0,1129	1,222
65%	214,92	3,75	0,0181	0,35	0,05	0,02245	0,1223	1,241
70%	227,16	3,96	0,0195	0,37	0,05	0,02448	0,1317	1,257
75%	240,00	4,19	0,0209	0,39	0,05	0,02647	0,1412	1,269
80%	253,74	4,43	0,0223	0,42	0,05	0,02840	0,1506	1,276
85%	268,85	4,69	0,0236	0,44	0,05	0,03023	0,1600	1,279
90%	286,26	5,00	0,0250	0,47	0,05	0,03189	0,1694	1,274
95%	308,32	5,38	0,0264	0,51	0,05	0,03322	0,1788	1,257
100%	360,00	6,28	0,0278	0,59	0,05	0,03263	0,1882	1,173



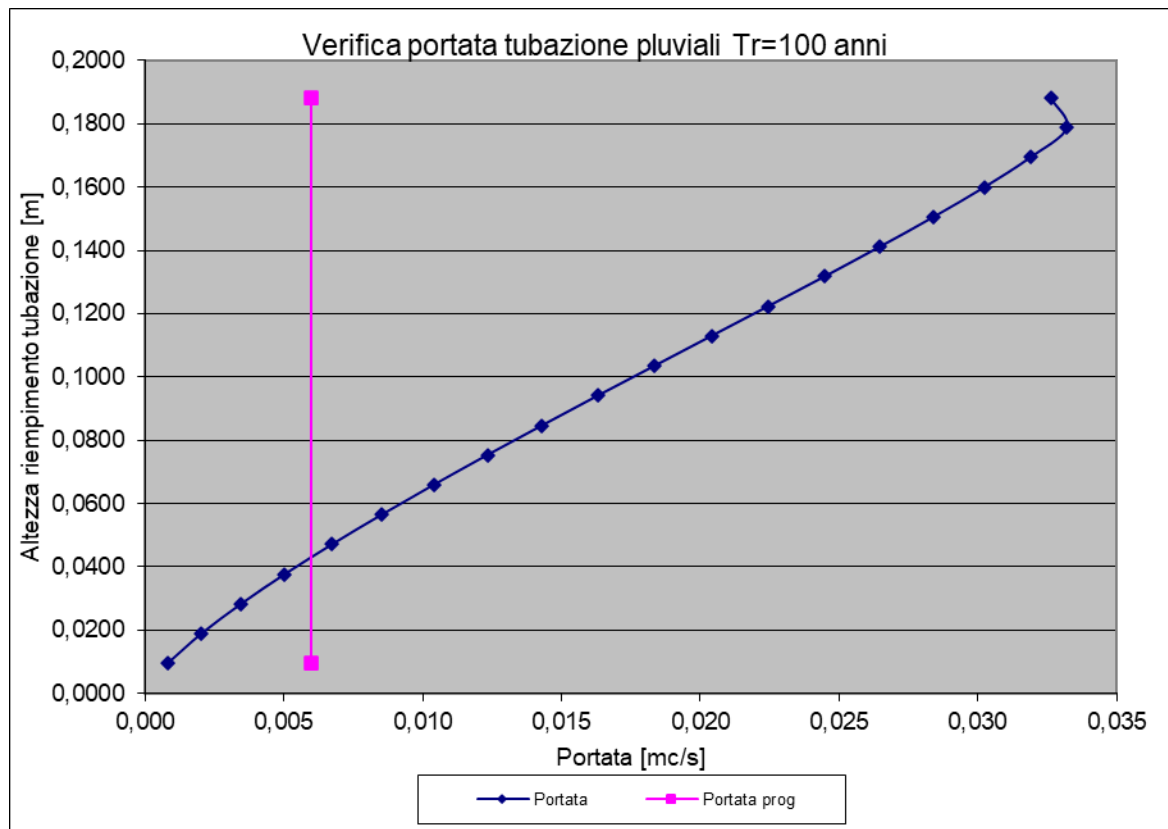
NODO 4/5/6/7

Tube collettore 4/5/6/7								
Dati canale:		Diametro=	0,1882	metri				
		Area	0,0278182	m ²				
		Pendenza canale=	0,01	m/m	in %	1		
		Coeff ScabrezzaG.-Strickler=	90					
		Portata di progetto=	0,004	mc/s				
% riempimento	gradi	rad.	Area defl.	Cont. Bagn.	R idr.	Portata (mc/s)	H riemp	Veloc m/s
5%	51,68	0,90	0,0014	0,08	0,02	0,00081	0,0094	0,581
10%	73,74	1,29	0,0028	0,12	0,02	0,00202	0,0188	0,727
15%	91,15	1,59	0,0042	0,15	0,03	0,00345	0,0282	0,827
20%	106,26	1,85	0,0056	0,17	0,03	0,00503	0,0376	0,905
25%	120,00	2,09	0,0070	0,20	0,04	0,00673	0,0471	0,968
30%	132,84	2,32	0,0083	0,22	0,04	0,00853	0,0565	1,022
35%	145,08	2,53	0,0097	0,24	0,04	0,01040	0,0659	1,068
40%	156,93	2,74	0,0111	0,26	0,04	0,01232	0,0753	1,108
45%	168,52	2,94	0,0125	0,28	0,05	0,01430	0,0847	1,142
50%	180,00	3,14	0,0139	0,30	0,05	0,01631	0,0941	1,173
55%	191,48	3,34	0,0153	0,31	0,05	0,01835	0,1035	1,199
60%	203,07	3,54	0,0167	0,33	0,05	0,02040	0,1129	1,222
65%	214,92	3,75	0,0181	0,35	0,05	0,02245	0,1223	1,241
70%	227,16	3,96	0,0195	0,37	0,05	0,02448	0,1317	1,257
75%	240,00	4,19	0,0209	0,39	0,05	0,02647	0,1412	1,269
80%	253,74	4,43	0,0223	0,42	0,05	0,02840	0,1506	1,276
85%	268,85	4,69	0,0236	0,44	0,05	0,03023	0,1600	1,279
90%	286,26	5,00	0,0250	0,47	0,05	0,03189	0,1694	1,274
95%	308,32	5,38	0,0264	0,51	0,05	0,03322	0,1788	1,257
100%	360,00	6,28	0,0278	0,59	0,05	0,03263	0,1882	1,173



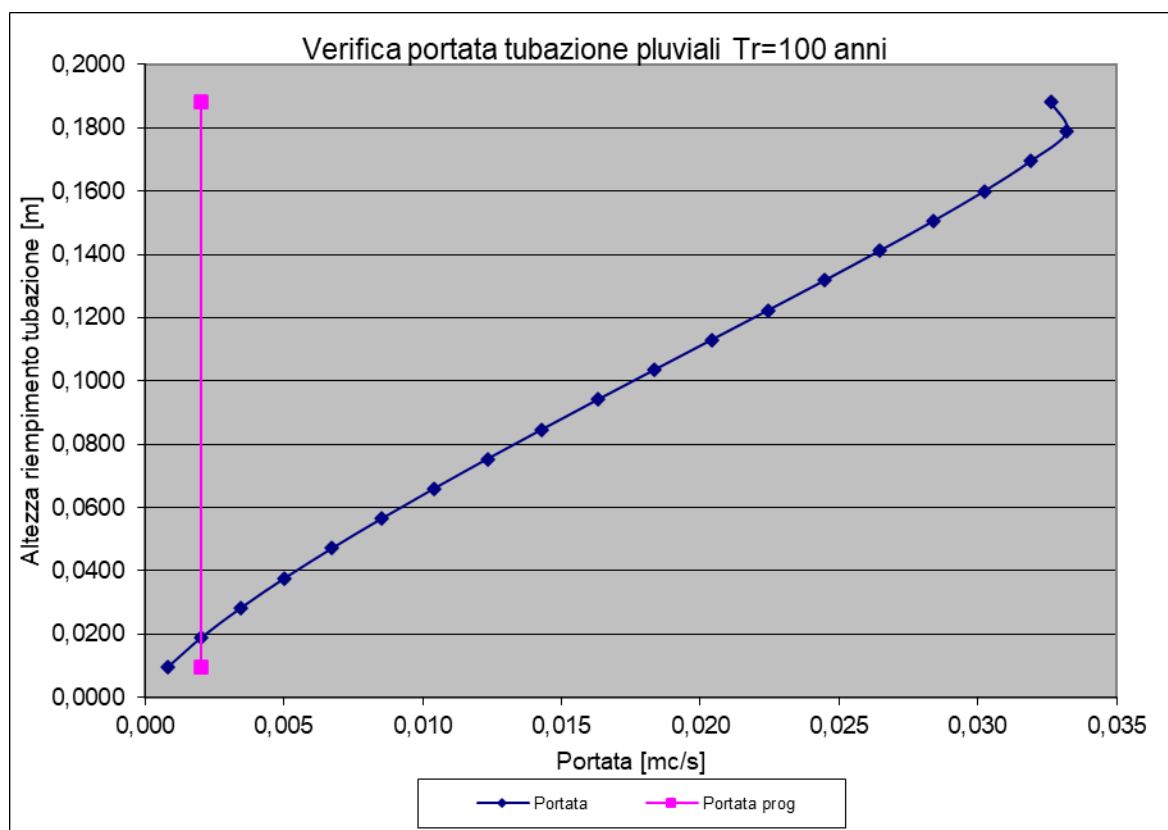
Nodo 8/9

Tubo collettore 8/9								
Dati canale:		Diametro=	0,1882	metri				
		Area	0,0278182	m ²				
		Pendenza canale=	0,01	m/m	in %	1		
		Coeff ScabrezzaG.-Strickler=	90					
		Portata di progetto=	0,006	mc/s				
% riempimento	gradi	rad.	Area defl.	Cont. Bagn.	R idr.	Portata (mc/s)	H riemp	Veloc m/s
5%	51,68	0,90	0,0014	0,08	0,02	0,00081	0,0094	0,581
10%	73,74	1,29	0,0028	0,12	0,02	0,00202	0,0188	0,727
15%	91,15	1,59	0,0042	0,15	0,03	0,00345	0,0282	0,827
20%	106,26	1,85	0,0056	0,17	0,03	0,00503	0,0376	0,905
25%	120,00	2,09	0,0070	0,20	0,04	0,00673	0,0471	0,968
30%	132,84	2,32	0,0083	0,22	0,04	0,00853	0,0565	1,022
35%	145,08	2,53	0,0097	0,24	0,04	0,01040	0,0659	1,068
40%	156,93	2,74	0,0111	0,26	0,04	0,01232	0,0753	1,108
45%	168,52	2,94	0,0125	0,28	0,05	0,01430	0,0847	1,142
50%	180,00	3,14	0,0139	0,30	0,05	0,01631	0,0941	1,173
55%	191,48	3,34	0,0153	0,31	0,05	0,01835	0,1035	1,199
60%	203,07	3,54	0,0167	0,33	0,05	0,02040	0,1129	1,222
65%	214,92	3,75	0,0181	0,35	0,05	0,02245	0,1223	1,241
70%	227,16	3,96	0,0195	0,37	0,05	0,02448	0,1317	1,257
75%	240,00	4,19	0,0209	0,39	0,05	0,02647	0,1412	1,269
80%	253,74	4,43	0,0223	0,42	0,05	0,02840	0,1506	1,276
85%	268,85	4,69	0,0236	0,44	0,05	0,03023	0,1600	1,279
90%	286,26	5,00	0,0250	0,47	0,05	0,03189	0,1694	1,274
95%	308,32	5,38	0,0264	0,51	0,05	0,03322	0,1788	1,257
100%	360,00	6,28	0,0278	0,59	0,05	0,03263	0,1882	1,173



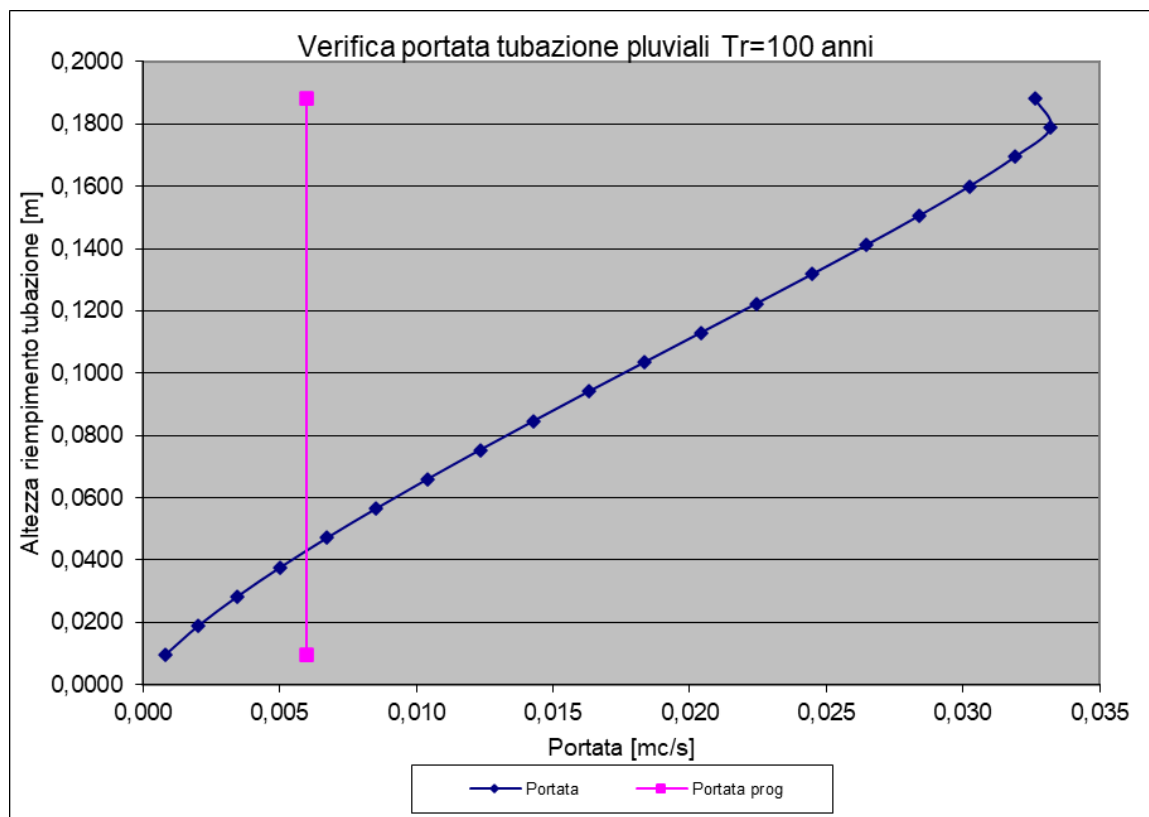
Nodo 10/11/12

Tubo collettore 10/11/12								
Dati canale:		Diametro=	0,1882	metri				
		Area	0,0278182	mq				
		Pendenza canale=	0,01	m/m	in %	1		
		Coeff ScabrezzaG.-Strickler=	90					
		Portata di progetto=	0,002	mc/s				
% riempimento	gradi	rad.	Area defl.	Cont. Bagn.	R idr.	Portata (mc/s)	H riemp	Veloc m/s
5%	51,68	0,90	0,0014	0,08	0,02	0,00081	0,0094	0,581
10%	73,74	1,29	0,0028	0,12	0,02	0,00202	0,0188	0,727
15%	91,15	1,59	0,0042	0,15	0,03	0,00345	0,0282	0,827
20%	106,26	1,85	0,0056	0,17	0,03	0,00503	0,0376	0,905
25%	120,00	2,09	0,0070	0,20	0,04	0,00673	0,0471	0,968
30%	132,84	2,32	0,0083	0,22	0,04	0,00853	0,0565	1,022
35%	145,08	2,53	0,0097	0,24	0,04	0,01040	0,0659	1,068
40%	156,93	2,74	0,0111	0,26	0,04	0,01232	0,0753	1,108
45%	168,52	2,94	0,0125	0,28	0,05	0,01430	0,0847	1,142
50%	180,00	3,14	0,0139	0,30	0,05	0,01631	0,0941	1,173
55%	191,48	3,34	0,0153	0,31	0,05	0,01835	0,1035	1,199
60%	203,07	3,54	0,0167	0,33	0,05	0,02040	0,1129	1,222
65%	214,92	3,75	0,0181	0,35	0,05	0,02245	0,1223	1,241
70%	227,16	3,96	0,0195	0,37	0,05	0,02448	0,1317	1,257
75%	240,00	4,19	0,0209	0,39	0,05	0,02647	0,1412	1,269
80%	253,74	4,43	0,0223	0,42	0,05	0,02840	0,1506	1,276
85%	268,85	4,69	0,0236	0,44	0,05	0,03023	0,1600	1,279
90%	286,26	5,00	0,0250	0,47	0,05	0,03189	0,1694	1,274
95%	308,32	5,38	0,0264	0,51	0,05	0,03322	0,1788	1,257
100%	360,00	6,28	0,0278	0,59	0,05	0,03263	0,1882	1,173



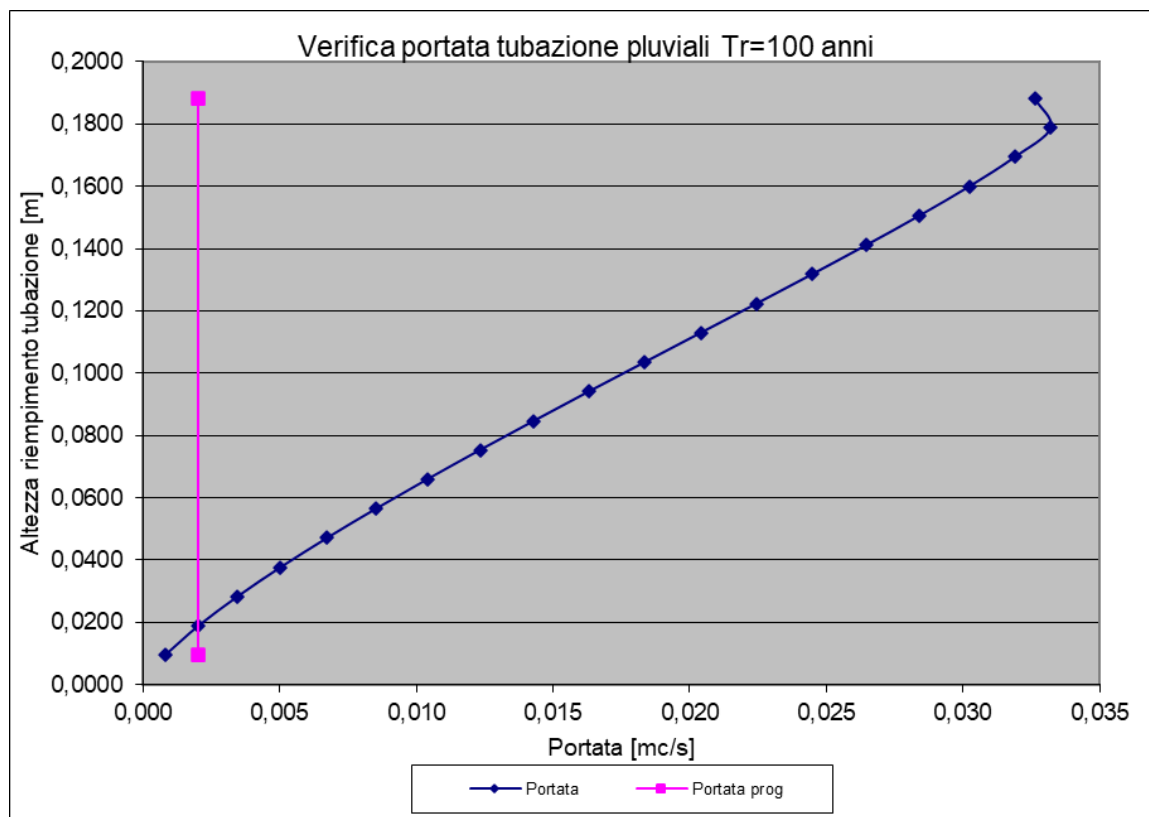
Nodo 16/17/18

Tubo collettore 16/17/18								
Dati canale:		Diametro=	0,1882	metri				
		Area	0,0278182	mq				
		Pendenza canale=	0,01	m/m	in %	1		
		Coeff ScabrezzaG.-Strickler=	90					
		Portata di progetto=	0,006	mc/s				
% riempimento	gradi	rad.	Area defl.	Cont. Bagn.	R idr.	Portata (mc/s)	H riemp	Veloc m/s
5%	51,68	0,90	0,0014	0,08	0,02	0,00081	0,0094	0,581
10%	73,74	1,29	0,0028	0,12	0,02	0,00202	0,0188	0,727
15%	91,15	1,59	0,0042	0,15	0,03	0,00345	0,0282	0,827
20%	106,26	1,85	0,0056	0,17	0,03	0,00503	0,0376	0,905
25%	120,00	2,09	0,0070	0,20	0,04	0,00673	0,0471	0,968
30%	132,84	2,32	0,0083	0,22	0,04	0,00853	0,0565	1,022
35%	145,08	2,53	0,0097	0,24	0,04	0,01040	0,0659	1,068
40%	156,93	2,74	0,0111	0,26	0,04	0,01232	0,0753	1,108
45%	168,52	2,94	0,0125	0,28	0,05	0,01430	0,0847	1,142
50%	180,00	3,14	0,0139	0,30	0,05	0,01631	0,0941	1,173
55%	191,48	3,34	0,0153	0,31	0,05	0,01835	0,1035	1,199
60%	203,07	3,54	0,0167	0,33	0,05	0,02040	0,1129	1,222
65%	214,92	3,75	0,0181	0,35	0,05	0,02245	0,1223	1,241
70%	227,16	3,96	0,0195	0,37	0,05	0,02448	0,1317	1,257
75%	240,00	4,19	0,0209	0,39	0,05	0,02647	0,1412	1,269
80%	253,74	4,43	0,0223	0,42	0,05	0,02840	0,1506	1,276
85%	268,85	4,69	0,0236	0,44	0,05	0,03023	0,1600	1,279
90%	286,26	5,00	0,0250	0,47	0,05	0,03189	0,1694	1,274
95%	308,32	5,38	0,0264	0,51	0,05	0,03322	0,1788	1,257
100%	360,00	6,28	0,0278	0,59	0,05	0,03263	0,1882	1,173



NODO 19/20

Tube collettore 19/20								
Dati canale:		Diametro=	0,1882	metri				
		Area	0,0278182	mq				
		Pendenza canale=	0,01	m/m	in %	1		
		Coeff ScabrezzaG.-Strickler=	90					
		Portata di progetto=	0,002	mc/s				
% riempimento	gradi	rad.	Area defl.	Cont. Bagn.	R idr.	Portata (mc/s)	H riemp	Veloc m/s
5%	51,68	0,90	0,0014	0,08	0,02	0,00081	0,0094	0,581
10%	73,74	1,29	0,0028	0,12	0,02	0,00202	0,0188	0,727
15%	91,15	1,59	0,0042	0,15	0,03	0,00345	0,0282	0,827
20%	106,26	1,85	0,0056	0,17	0,03	0,00503	0,0376	0,905
25%	120,00	2,09	0,0070	0,20	0,04	0,00673	0,0471	0,968
30%	132,84	2,32	0,0083	0,22	0,04	0,00853	0,0565	1,022
35%	145,08	2,53	0,0097	0,24	0,04	0,01040	0,0659	1,068
40%	156,93	2,74	0,0111	0,26	0,04	0,01232	0,0753	1,108
45%	168,52	2,94	0,0125	0,28	0,05	0,01430	0,0847	1,142
50%	180,00	3,14	0,0139	0,30	0,05	0,01631	0,0941	1,173
55%	191,48	3,34	0,0153	0,31	0,05	0,01835	0,1035	1,199
60%	203,07	3,54	0,0167	0,33	0,05	0,02040	0,1129	1,222
65%	214,92	3,75	0,0181	0,35	0,05	0,02245	0,1223	1,241
70%	227,16	3,96	0,0195	0,37	0,05	0,02448	0,1317	1,257
75%	240,00	4,19	0,0209	0,39	0,05	0,02647	0,1412	1,269
80%	253,74	4,43	0,0223	0,42	0,05	0,02840	0,1506	1,276
85%	268,85	4,69	0,0236	0,44	0,05	0,03023	0,1600	1,279
90%	286,26	5,00	0,0250	0,47	0,05	0,03189	0,1694	1,274
95%	308,32	5,38	0,0264	0,51	0,05	0,03322	0,1788	1,257
100%	360,00	6,28	0,0278	0,59	0,05	0,03263	0,1882	1,173



ALLEGATO B: stima perdite di carico per dimensionamento pompe

POMPA NODO 7:

$$\frac{1}{\sqrt{\lambda}} = -2 \log \left(\frac{2.51}{Re \sqrt{\lambda}} + \frac{\epsilon/D}{3.71} \right)$$

Dati di calcolo

D m = Diametro della condotta
 Q m³/s = Portata della condotta
 E mm = Scabrezza

Scabrezza (assoluta):

0.00 - 0.02 Tubi nuovi PE. PVC. Rame. Inox

Il calcolo è riferito al fluido acqua con temperatura di 20 °C.

Risultati del calcolo:

Scabrezza Relativa	0.000357142
Area sezione [m ²]	0.002463008
Velocità [m/s]	1.624030453
Viscosità cinematica [m ² /s] (Nota: come fluido si è assunta l'acqua a 20 °C)	1.006E-6
Numero di Reynolds	90403.285654075
Coefficiente di resistenza con formula di Colebrook	0.020018699594894
Perdita di Carico (cadente) con la formula di Darcy [m/m]	0.048074446

POMPA NODO 11:

$$\frac{1}{\sqrt{\lambda}} = -2 \log \left(\frac{2.51}{Re \sqrt{\lambda}} + \frac{\epsilon/D}{3.71} \right)$$

Dati di calcolo

D m = Diametro della condotta
 Q m³/s = Portata della condotta
 E mm = Scabrezza

Scabrezza (assoluta):

0.00 - 0.02 Tubi nuovi PE, PVC, Rame, Inox

Il calcolo è riferito al fluido acqua con temperatura di 20 °C.

Risultati del calcolo:

Scabrezza Relativa	0.000357142
Area sezione [m ²]	0.002463008
Velocità [m/s]	0.812015226
Viscosità cinematica [m ² /s] (Nota: come fluido si è assunta l'acqua a 20 °C)	1.006E-6
Numero di Reynolds	45201.642799204
Coefficiente di resistenza con formula di Colebrook	0.022526129631095
Perdita di Carico (cadente) con la formula di Darcy [m/m]	0.013523995

POMPA NODO 14:

$$\frac{1}{\sqrt{\lambda}} = -2 \log \left(\frac{2.51}{Re \sqrt{\lambda}} + \frac{\epsilon/D}{3.71} \right)$$

Dati di calcolo

D m = Diametro della condotta
 Q m³/s = Portata della condotta
 E mm = Scabrezza

Scabrezza (assoluta):

0.00 - 0.02 Tubi nuovi PE, PVC, Rame, Inox

Il calcolo è riferito al fluido acqua con temperatura di 20 °C.

Risultati del calcolo:

Scabrezza Relativa	0.000357142
Area sezione [m ²]	0.002463008
Velocità [m/s]	0.60901142
Viscosità cinematica [m ² /s] (Nota: come fluido si è assunta l'acqua a 20 °C)	1.006E-6
Numero di Reynolds	33901.232127236
Coefficiente di resistenza con formula di Colebrook	0.023820698092187
Perdita di Carico (cadente) con la formula di Darcy [m/m]	0.008044433

POMPA NODO 18:

$$\frac{1}{\sqrt{\lambda}} = -2 \log \left(\frac{2.51}{Re \sqrt{\lambda}} + \frac{\epsilon/D}{3.71} \right)$$

Dati di calcolo

D m = Diametro della condotta

Q m³/s = Portata della condotta

E mm = Scabrezza

Scabrezza (assoluta):

0.00 - 0.02 [Tubi nuovi PE, PVC, Rame, Inox](#)

Il calcolo è riferito al fluido acqua con temperatura di 20 °C.

Risultati del calcolo:

Scabrezza Relativa	0.000357142
Area sezione [m ²]	0.002463008
Velocità [m/s]	0.243604568
Viscosità cinematica [m ² /s] (Nota: come fluido si è assunta l'acqua a 20 °C)	1.006E-6
Numero di Reynolds	13560.492850894
Coefficiente di resistenza con formula di Colebrook	0.029159426914335
Perdita di Carico (cadente) con la formula di Darcy [m/m]	0.001575578