

COMUNE DI NEMBRO  
PROVINCIA DI BERGAMO

## RELAZIONE IDROLOGICA E IDRAULICA

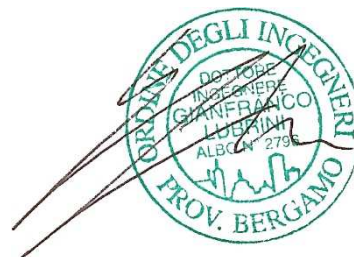
DIMENSIONAMENTO E VERIFICA IDRAULICA DELLA RETE INTERRATA  
DELLE ACQUE METEORICHE (BIANCHE)

LAVORI DI Variante n. 3 al PL 3/1 per la realizzazione di fabbricati  
produttivi/commerciali in via Acqua dei Buoi

COMMITTENTE Prefabbricati Moiola s.p.a., Immobiliare Ste.Fed. s.r.l., Eredi  
Ghilardi Giacomo

IDENTIFICAZIONE Via Acqua dei Buoi

IL TECNICO Dott. Ing. Gianfranco Lubrini  
Clusone, 27 luglio 2017



## Indice

<b>1. PREMESSA</b>	<b>3</b>
1.1 Descrizione intervento proposto	3
<b>2. NORMATIVA DI RIFERIMENTO</b>	<b>4</b>
<b>3. RELAZIONE IDROLOGICA</b>	<b>5</b>
3.2 Premessa	5
3.3 Inquadramento	5
3.4 Definizione del tempo di ritorno degli eventi	6
3.5 Stima della piena di progetto	6
3.5.1 Elaborazione statistica dei massimi annuali delle piogge	6
3.5.2 Definizione dello ietogramma di progetto	6
3.5.3 Calcolo del coefficiente di afflusso	7
3.5.4 Calcolo della portata di piena	7
<b>4. RELAZIONE IDRAULICA</b>	<b>8</b>
<b>5. ALLEGATI</b>	<b>10</b>
5.1 Calcoli idraulici	10
5.2 Elaborati grafici	10

## 1. PREMESSA

La presente relazione è stata commissionata da Prefabbricati Moioli s.p.a., Immobiliare Ste.Fed s.r.l. ed Eredi Ghilardi Giacomo allo scrivente e riguarda la variante n. 3 al PL 3/1 per la realizzazione di fabbricati produttivi/commerciali in via Acqua dei Buoi in Comune di Nembro (BG).

Tale studio riguarda il dimensionamento e la verifica idraulica della rete interrata delle acque meteoriche (bianche). Le attività tecniche che conducono alla risoluzione del problema sono suddivise in:

- RELAZIONE IDROLOGICA (o analisi idrologica) per la valutazione della portata di riferimento;
- RELAZIONE IDRAULICA (o calcoli idraulici) per il calcolo e la verifica delle tubazioni in conseguenza alla portata di riferimento.

La modalità di stesura della presente relazione prevede l'uso e la conseguente citazione di modelli particolarmente noti nei settori trattati. Appare superfluo quindi citare in maniera approfondita le fonti e le ipotesi alla base dei diversi approcci, salvo introdurre quanto necessario alla corretta comprensione del testo.

La parte descrittiva e illustrativa della procedura di calcolo è contenuta nel presente documento, mentre i calcoli, le tabelle e le illustrazioni vengono riportati in allegato.

### 1.1 *Descrizione intervento proposto*

L'intervento proposto prevede la realizzazione di nuovi fabbricati produttivi/commerciali con relative urbanizzazioni primarie su terreni nella disponibilità delle società Committenti. Si veda a tal proposito l'allegata planimetria.

## 2. NORMATIVA DI RIFERIMENTO

I contenuti della presente relazione trovano riferimento nei seguenti documenti, riportati per completezza:

- [1] Delibera della Giunta Regionale Lombarda n. 2616 del 30 novembre 2011  
Aggiornamento dei criteri ed indirizzi per la definizione della componente geologica, idrogeologica e sismica del Piano di Governo del Territorio, in attuazione dell'art. 57, comma 1, della legge regionale 11 marzo 2005 n. 12.
- [2] Delibera della Giunta Regionale Lombarda n. X/4229 del 23 ottobre 2015  
Riordino dei reticoli idrici di Regione Lombardia e revisione dei canoni di polizia idraulica.  
Allegato E - Linee Guida di Polizia Idraulica
- [3] Direttiva 2 - allegata all'elaborato 7 (Norme di Attuazione) del PAI redatto dell'Autorità di Bacino del fiume Po  
Direttiva sulla piena di progetto da assumere per le progettazioni e le verifiche di compatibilità idraulica.
- [4] Direttiva 4 - allegata all'elaborato 7 (Norme di Attuazione) del PAI redatto dell'Autorità di Bacino del fiume Po  
Direttiva contenente i criteri per la valutazione della compatibilità idraulica delle infrastrutture pubbliche e di interesse pubblico all'interno delle fasce "A" e "B".

Il numero fra parentesi quadre a margine del documento costituisce il riferimento utilizzato in tutti gli allegati.

Nel caso di aggiornamenti e/o modifiche alla normativa citata si è mantenuto il riferimento alla norma originaria per brevità, senza citare le fonti legislative di modifica sempreché di non sostanziale importanza (per ciascuna norma si legga pertanto "e successive modifiche e integrazioni").

Inoltre, per i decreti indicati, si è fatto riferimento a tutte le circolari emesse dai competenti ministeri come istruzione agli stessi (non citate integralmente per brevità).

### 3. RELAZIONE IDROLOGICA

#### 3.2 Premessa

Obiettivo della relazione idrologica è la stima delle portate di piena necessarie al fine di poter risolvere il modello idraulico e ottenere i risultati citati in precedenza.

La relazione idrologica si sviluppa nel seguito con l'inquadramento del sito in oggetto, la definizione del tempo di ritorno degli eventi e la stima della piena di progetto mediante l'elaborazione statistica dei massimi annuali delle piogge, il calcolo dell'altezza media di pioggia sul bacino, la definizione dello ietogramma di progetto, il calcolo del coefficiente di afflusso e infine il calcolo della portata di piena.

#### 3.3 Inquadramento

Di seguito si riporta l'estratto ortofoto per inquadrare il sito.



*Estratto con indicazione della posizione del lotto su base ortofoto (non in scala)*

### **3.4 Definizione del tempo di ritorno degli eventi**

Per quanto su esposto ed in considerazione della prassi ricorrente nel dimensionamento delle fognature di questo tipo, le verifiche e le considerazioni di seguito esposte sono formulate tenendo conto di possibili eventi di pioggia eccezionali, cioè conseguenti a tempi di ritorno pari a 10 anni, così da definire i livelli o tiranti idraulici raggiungibili nei siti e di conseguenza accertare la compatibilità idraulica di quanto proposto.

### **3.5 Stima della piena di progetto**

La stima della piena di progetto non può che avvenire per mezzo di modelli afflussi-deflussi, mediante l'elaborazione statistica del dato di pioggia.

#### **3.5.1 Elaborazione statistica dei massimi annuali delle piogge**

I valori dei dati storici pluviometrici permettono di estrapolare delle curve che portano alla conoscenza, anche analitica, del legame esistente tra la durata media dell'evento ( $q$ ) e l'altezza media complessiva dello stesso ( $h$ ) o la sua intensità media ( $i$ ).

$$h = a \vartheta^n$$

Tale procedimento di calcolo viene detto delle curve di possibilità pluviometrica (cpp).

Nel bacino in esame non esistono pluviografi che dispongano di serie storiche sufficientemente lunghe. Pertanto, vista la considerevole distanza da pluviografi attendibili statisticamente si sono utilizzati i valori calcolati nella direttiva 2 allegata alle norme di attuazione del PAI [4] relativamente alla regionalizzazione condotta nell'allegato 3 della stessa.

Tale regionalizzazione è stata svolta sull'intero bacino del fiume Po con il metodo di Kriging tramite un'interpolazione spaziale dei parametri  $a$  e  $n$  ricavati nelle stazioni di misura conosciute.

Per la stima della pioggia sul sito si è utilizzato il dato della singola cella (di lato 2 km) che lo contiene.

#### **3.5.2 Definizione dello ietogramma di progetto**

Per semplicità, e valutato il metodo di stima della portata che si intende usare, si è utilizzato nei calcoli uno ietogramma di progetto con andamento costante nel tempo. Si rammenta che lo

ietogramma è il grafico che rappresenta la dipendenza dell'intensità di pioggia al variare del tempo all'interno dell'evento analizzato.

### 3.5.3 Calcolo del coefficiente di afflusso

La precipitazione efficace è la frazione della precipitazione totale non trattenuta dal terreno e/o dalla vegetazione oppure dall'evaporazione, che partecipa alla formazione del deflusso superficiale e quindi dell'arrivo nella sezione di chiusura. Il rapporto fra precipitazione efficace e precipitazione lorda prende il nome di coefficiente di afflusso ( $\varphi$  o Cd), che rappresenta un rapporto forfaitario per individuare immediatamente la pioggia netta. Il valore della precipitazione efficace dipende principalmente da tre fattori:

- il grado di saturazione del terreno al momento della pioggia: maggiore è il grado di saturazione, legato ad eventi meteorici precedenti, minore è la capacità del terreno di assorbire altra acqua e di conseguenza maggiore è la frazione del volume d'acqua precipitato che può andare ad alimentare il deflusso superficiale;
- la permeabilità delle superfici: una maggiore permeabilità dei terreni superficiali favorisce l'infiltrazione dell'acqua meteorica, comportando una conseguente diminuzione del deflusso superficiale;
- l'uso del suolo: la destinazione del suolo influisce sul volume del deflusso superficiale; una fitta copertura vegetale, per esempio, tende a diminuirlo, un'intensa urbanizzazione, diminuendo la permeabilità superficiale del terreno, tende viceversa ad aumentarlo.

Per il calcolo della pioggia netta nel caso specifico si è utilizzato, prudenzialmente, un valore di 0.95.

### 3.5.4 Calcolo della portata di piena

La procedura per la determinazione della portata di piena da utilizzare per le analisi idrauliche si conclude applicando lo ietogramma di pioggia (costante) sul lotto per mezzo della formula del metodo razionale. Il metodo considera il bacino idrografico come una singola unità e stima il valore al colmo della portata con le seguenti assunzioni:

- la precipitazione è uniformemente distribuita sul lotto;
- la portata stimata ha lo stesso tempo di ritorno  $T_r$  di quello dell'intensità di pioggia;

- il tempo di formazione del colmo di piena è pari a quello della fase di riduzione;
- l'intensità di pioggia ha una durata pari a quella del tempo di corrivazione  $T_c$ .

Stante quanto sopra, si condivide in tal senso quanto indicato nella relazione idrogeologica del dott. Amadio Poloni del 15.06.2017, finalizzata peraltro al dimensionamento dei pozzi di drenaggio nel sottosuolo.

In tale relazione si considera, per la cella di calcolo (DZ68) e per un tempo di ritorno pari a 20 anni, un deflusso di picco di 146.5 l/s ha. Considerata la riduzione forfettaria del 10% del valore (tipico in letteratura) per l'ottenimento del valore con tempo di ritorno di 10 anni si ottiene un valore di 131,8 l/s ha.

## 4. RELAZIONE IDRAULICA

In allegato si trovano le schede per il calcolo i tratti principali delle reti fognarie di evacuazione delle acque meteoriche (bianche).

In particolare si è suddivisa la strada principale (da cedere) in due tratti, ma ottenendo di fatto le medesime risultanze, mentre si è impostato progettualmente il medesimo dimensionamento per le altre reti (parcheggi e strade interne) utilizzando l'area maggiore (punto A2 del lotto 4).



LOTTO	PUNTO	AREA 1	AREA 2	TOT	portata
		[mq]	[mq]	[mq]	[l/s]
strada	B1	1339,43		1339,43	17,66
	B2	1339,43	299,49	1638,92	21,61
	B3	257,85		257,85	3,40
1	E1	639,50		639,5	8,43
	E2	184,11		184,11	2,43
	E3	394,75		394,75	5,20
	E4	687,37		687,37	9,06
	F1	1138,57		1138,57	15,01
2-3	C1	974,28		974,28	12,85
	D1	903,91		903,91	11,92
	D2	1230,88		1230,88	16,23
	D3	1260,13		1260,13	16,61
4	A1	296,45		296,45	3,91
	A2	296,45	1324,11	1620,56	21,37

La risoluzione idraulica immagina pendenza costante e moto uniforme applicato per la portata massima, ponendosi l'obiettivo progettuale di evitare un riempimento maggiore del 70% e una velocità maggiore di 1 m/s.

Per la definizione del moto uniforme si è utilizzata la formula di Chezy.

Si è adottato il coefficiente di resistenza idraulica di Strickler. Lo stesso coefficiente può essere assunto come una misura globale, altamente approssimata, della resistenza al moto.

Clusone, 27 luglio 2017

IL TECNICO

Dott. Ing. Gianfranco Lubrini



## **5. ALLEGATI**

### **5.1 Calcoli idraulici**

- verifica dei tratti principali (n. 3).

### **5.2 Elaborati grafici**

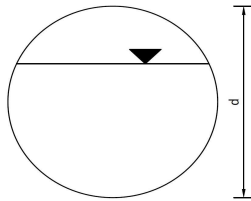
- tavola unica: planimetria generale rete acque bianche e profilo longitudinale tratto principale (strada da cedere).

**VERIFICA DELLA SEZIONE CRITICA - CALCOLO DEI LIVELLI IDRICI**  
**LOTTO 4 - PUNTO A2**

	AREA 1	AREA 2	AREA TOT.
PUNTO A1	296,45		
PUNTO A2	296,45	1324,11	<b>1620,56</b>

$Q_c$             0,02137 mc/s            **(piena di colmo - Tr 10 anni)**  
 $i_{\text{fondo}}$         0,005  
 $k_s$               100 m<sup>1/3</sup>/s

sezione circolare



D	i	Vr	Qr	Qc	Qc/Qr	h/D	h
[m]	[m/m]	[m/s]	[l/s]	[l/s]	[ ]	[ ]	[m]
0,110	0,5%	0,64	6,12	21,37	3,491		
0,125	0,5%	0,70	8,61	21,37	2,482		
0,160	0,5%	0,83	16,63	21,37	1,285		
0,200	0,5%	0,96	30,15	21,37	0,709	0,63	0,126
0,250	0,5%	1,11	54,66	21,37	0,391		
0,315	0,5%	1,30	101,24	21,37	0,211		
0,400	0,5%	1,52	191,44	21,37	0,112		
0,500	0,5%	1,77	347,10	21,37	0,062		
0,630	0,5%	2,06	642,85	21,37	0,033		
1,000	0,5%	2,81	2203,95	21,37	0,010		
2,000	0,5%	4,45	13994,20	21,37	0,002		

h/D	V/V <sub>r</sub>	Q/Q <sub>r</sub>	h/D	V/V <sub>r</sub>	Q/Q <sub>r</sub>
0.05	0.257	0.005	0.55	1.039	0.586
0.10	0.401	0.021	0.60	1.072	0.672
0.15	0.517	0.049	0.65	1.099	0.756
0.20	0.615	0.088	0.70	1.120	0.837
0.25	0.701	0.137	0.75	1.133	0.912
0.30	0.776	0.196	0.80	1.140	0.977
0.35	0.843	0.263	0.85	1.137	1.030
0.40	0.902	0.337	0.90	1.124	1.066
0.45	0.954	0.416	0.95	1.095	1.074
0.50	1.000	0.500	1.00	1.000	1.000

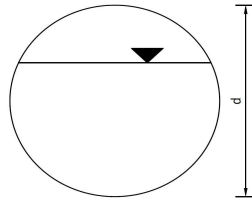
**VERIFICA DELLA SEZIONE CRITICA - CALCOLO DEI LIVELLI IDRICI**  
**STRADA - PUNTO B1**

AREA

PUNTO B1    **1339,43**

Qc                    0,01766 mc/s                    **(piena di colmo - Tr 10 anni)**  
i<sub>fondo</sub>                0,002  
ks                     100 m<sup>1/3</sup>/s

sezione circolare



D	i	Vr	Qr	Qc	Qc/QR	h/D	h
[m]	[m/m]	[m/s]	[l/s]	[l/s]	[ ]	[ ]	[m]
0,110	0,2%	0,41	3,87	17,66	4,561		
0,125	0,2%	0,44	5,44	17,66	3,243		
0,160	0,2%	0,52	10,52	17,66	1,679		
0,200	0,2%	0,61	19,07	17,66	0,926		
0,250	0,2%	0,70	34,57	17,66	0,511	0,50	0,125
0,315	0,2%	0,82	64,03	17,66	0,276		
0,400	0,2%	0,96	121,08	17,66	0,146		
0,500	0,2%	1,12	219,53	17,66	0,080		
0,630	0,2%	1,30	406,57	17,66	0,043		
1,000	0,2%	1,77	1393,90	17,66	0,013		
2,000	0,2%	2,82	8850,71	17,66	0,002		

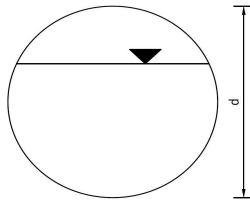
h/D	V/V <sub>r</sub>	Q/Q <sub>r</sub>	h/D	V/V <sub>r</sub>	Q/Q <sub>r</sub>
0.05	0.257	0.005	0.55	1.039	0.586
0.10	0.401	0.021	0.60	1.072	0.672
0.15	0.517	0.049	0.65	1.099	0.756
0.20	0.615	0.088	0.70	1.120	0.837
0.25	0.701	0.137	0.75	1.133	0.912
0.30	0.776	0.196	0.80	1.140	0.977
0.35	0.843	0.263	0.85	1.137	1.030
0.40	0.902	0.337	0.90	1.124	1.066
0.45	0.954	0.416	0.95	1.095	1.074
0.50	1.000	0.500	1.00	1.000	1.000

**VERIFICA DELLA SEZIONE CRITICA - CALCOLO DEI LIVELLI IDRICI**  
**STRADA - PUNTO B2**

	AREA 1	AREA 2	AREA TOT.
PUNTO B1	1339,43		
PUNTO B2	1339,43	299,49	<b>1638,92</b>

Qc	0,02161 mc/s	(piena di colmo - Tr 10 anni)
i <sub>fondo</sub>	0,002	
ks	100 m <sup>1/3</sup> /s	

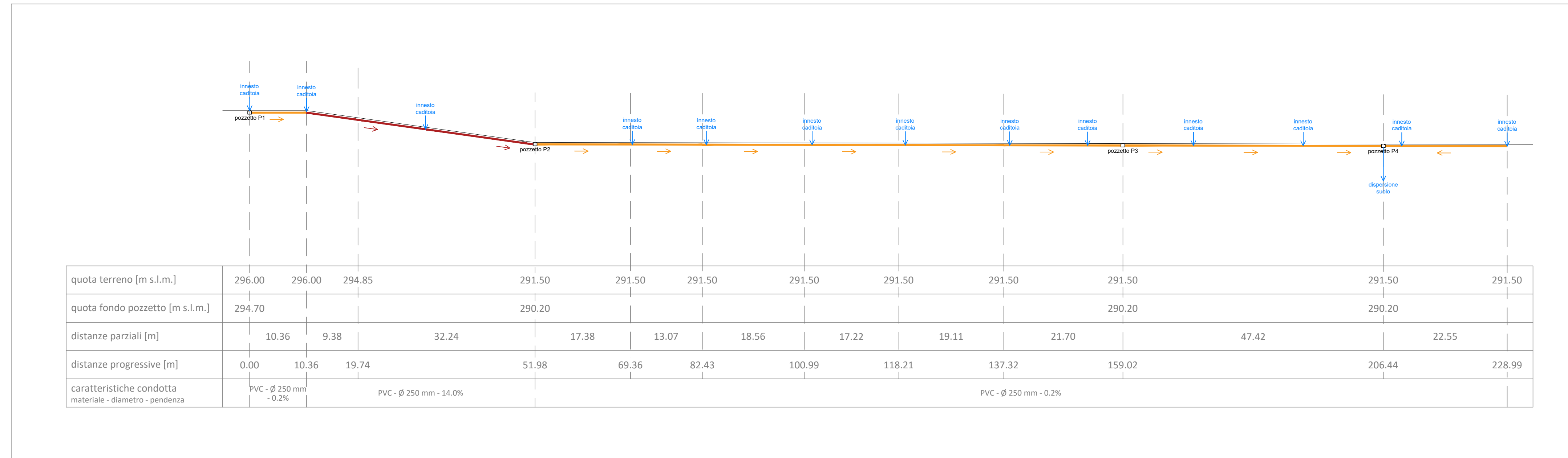
sezione circolare



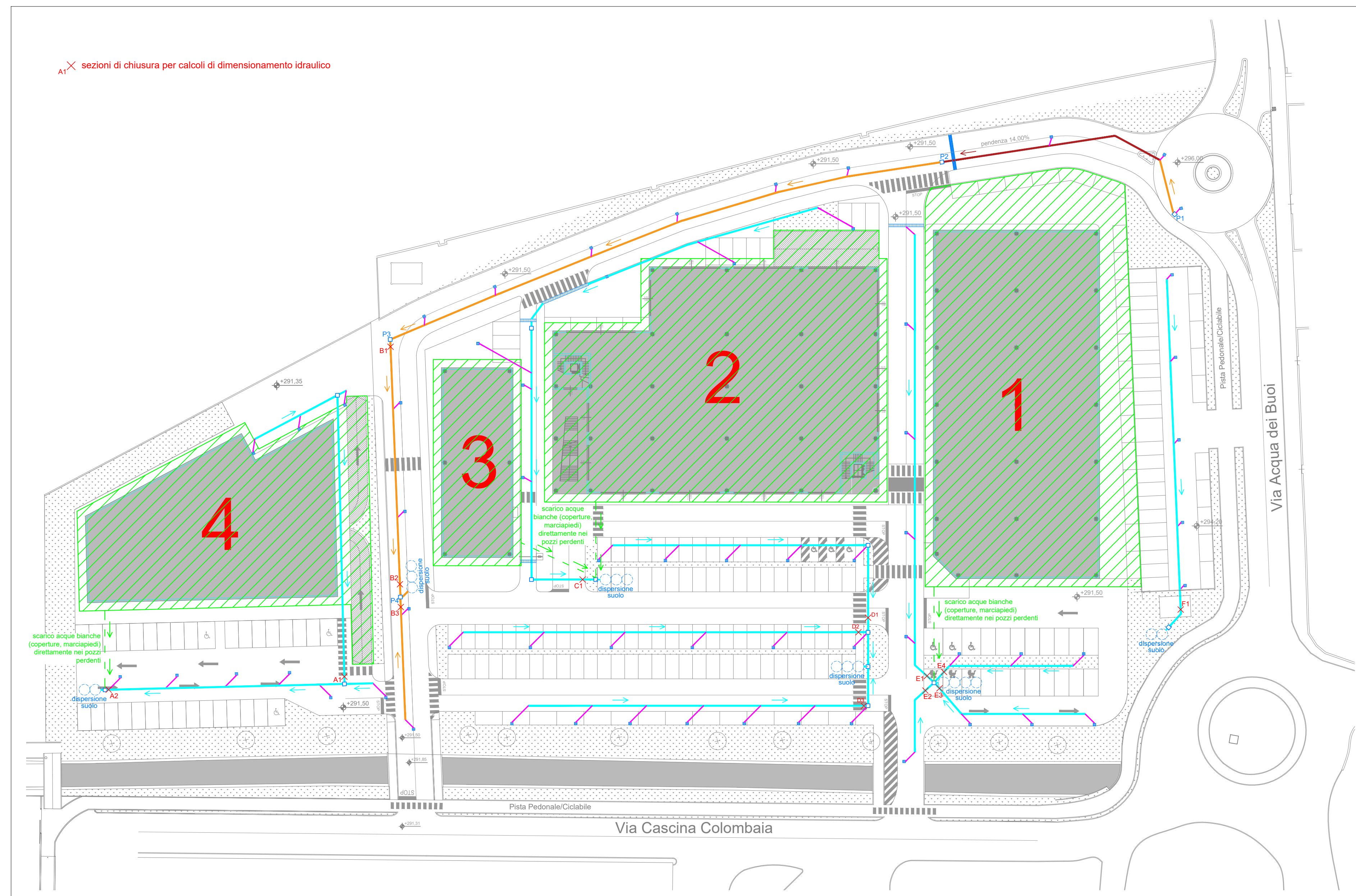
D	i	Vr	Qr	Qc	Qc/QR	h/D	h
[m]	[m/m]	[m/s]	[l/s]	[l/s]	[ ]	[ ]	[m]
0,110	0,2%	0,41	3,87	21,61	5,581		
0,125	0,2%	0,44	5,44	21,61	3,969		
0,160	0,2%	0,52	10,52	21,61	2,055		
0,200	0,2%	0,61	19,07	21,61	1,133		
0,250	0,2%	0,70	34,57	21,61	0,625	0,58	0,145
0,315	0,2%	0,82	64,03	21,61	0,337		
0,400	0,2%	0,96	121,08	21,61	0,178		
0,500	0,2%	1,12	219,53	21,61	0,098		
0,630	0,2%	1,30	406,57	21,61	0,053		
1,000	0,2%	1,77	1393,90	21,61	0,016		
2,000	0,2%	2,82	8850,71	21,61	0,002		

h/D	V/V <sub>r</sub>	Q/Q <sub>r</sub>	h/D	V/V <sub>r</sub>	Q/Q <sub>r</sub>
0.05	0.257	0.005	0.55	1.039	0.586
0.10	0.401	0.021	0.60	1.072	0.672
0.15	0.517	0.049	0.65	1.099	0.756
0.20	0.615	0.088	0.70	1.120	0.837
0.25	0.701	0.137	0.75	1.133	0.912
0.30	0.776	0.196	0.80	1.140	0.977
0.35	0.843	0.263	0.85	1.137	1.030
0.40	0.902	0.337	0.90	1.124	1.066
0.45	0.954	0.416	0.95	1.095	1.074
0.50	1.000	0.500	1.00	1.000	1.000

PROFILO LONGITUDINALE - TRATTO PRINCIPALE (STRADA DA CEDERE) - scala 1:500


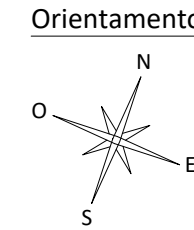
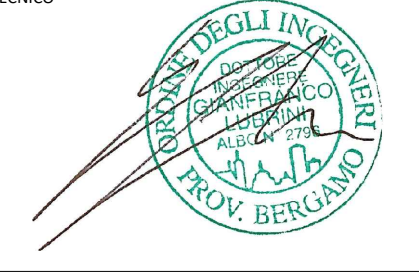


PLANIMETRIA GENERALE - scala 1:500



LEGENDA

- tubazione in PVC - diametro Ø 250 mm - pendenza 14%
- tubazione in PVC - diametro Ø 250 mm - pendenza 0.2%
- tubazione in PVC - diametro Ø 200 mm - pendenza 0.5%
- pozzetto ispezione
- caditoia stradale
- allacciamenti caditoie/fognatura con tubazione in PVC - diametro Ø 140 mm - pendenza 5%

 <small>CLUSONE (BG) - 24023                  via Romelli Gervasoni, 5 - tel. e fax 0346/20890                  RECAPITO - BERGAMO - 24122                  via G. G. Paglia, 21                  www.sieng.eu</small>	COMUNE DI NEMBRO - PROVINCIA DI BERGAMO OGGETTO - Variante n. 3 al PL 3/1 per la realizzazione di fabbricati produttivi / commerciali in Via Acqua dei Buoi UBICAZIONE - Via Acqua dei Buoi COMMITTENTI - Prefabbricati Moioi s.p.a., Immobiliare Ste.Fed. s.r.l., Eredi Ghilardi Giacomo		
	ELABORATO GRAFICO RELATIVO A: Planimetria generale rete acque bianche e profilo longitudinale tratto principale strada da cedere (allegato alla relazione idraulica)		
TECNICO Dott. Ing. Gianfranco Lubrini <small>g.lubrini@sieng.eu - gianfranco.lubrini@ingpec.eu                  cell 333/3307261</small>	Note:		
COLLABORATORI Geom. Elisa Savoldelli	Orientamento 		
Progetto 17-092g	Data luglio 2017	Scala 1:500	Tavola UNICA
TIMBRI E FIRME			
TECNICO 	DIRETTORE LAVORI (non necessari)	COMMITTENTE - RICHIEDENTE (non necessari)	
PER IL DEPOSITO PRATICA - PROTOCOLLO		ESITO AUTORIZZAZIONI - PARERI	