

Comune di Azzano San Paolo (BG)

**INTERVENTO DI NUOVA EDIFICAZIONE
RESIDENZIALE SECONDO VIGENTE P.G.T.**

**Piano Attuativo esteso alle aree utilizzabili ai fini
edificatori comprese tra le Vie Don Gonella, Murere
e Bettolino, S. Agostino, Cascina Maffeis, Mameli**

COMMITTENTI

Impresa Edile Morlacchi snc, Armanni Eugenio, Armanni Luigi, Lozza Annunciata,
Lozza Daniele, Lozza Luigi, Lozza Virgilio, Luponi Margherita, Belotti Giuseppina,
Luponi Delia, Luponi Fulvia, Battaglia Armando, Brocca Antonietta

- B -

APPROFONDIMENTI SPECIALISTICI SPECIFICI

*(relazione rete fognaria dell' ing. Vittorio Gasparini e relazione
idrogeologica a firma dott. geol. Andrea Arrigoni)*

Arch. Emilio SEMINATI - Urgnano (BG) in collaborazione con Arch. Gianfranco COPPETTI - Bergamo

Comune di Azzano San Paolo (BG)

**INTERVENTO DI NUOVA EDIFICAZIONE RESIDENZIALE
SECONDO VIGENTE P.G.T.**

Data:

NOVEMBRE
2015

Committenti: Impresa Edile Morlacchi snc, Armanni Eugenio, Armanni Luigi, Lozza Annunciata, Lozza Daniele, Lozza Luigi, Lozza Virgilio, Luponi Margherita, Belotti Giuseppina, Luponi Delia, Luponi Fulvia, Battaglia Armando, Brocca Antonietta.

Mappali: n. 397 (parte); n. 4233; n. 4234; n. 4235; n. 2103; n.2106; n. 2109; n. 812; n. 3058 (parte)

Tavola:

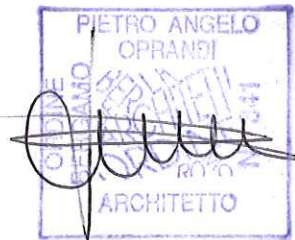
7/B

Piano Attuativo esteso alle aree utilizzabili ai fini edificatori comprese tra le Vie Don Gonella, Murere e Bettolino, S. Agostino, Cascina Maffeis, Mameli:

OGGETTO DELLA TAVOLA:

- RELAZIONE RETE FOGNARIA:
Prog. Arch. Oprandi Pietro Angelo
Albo Architetti n° 341
Via Cifrondi n° 5 - Clusone.

IL PROGETTISTA.



RELAZIONE RETE FOGNARIA

Fognatura

- Criteri di progettazione delle fognature : per tale progetto, in riferimento al dimensionamento della tubazione, delle acque nere si è fatto considerando il consumo massimo di acqua pro-capite di 300 l/ab/giorno.
- Caratteristiche tecniche costruttive : sono previste camerette d'ispezione e di salto, evidenziate in planimetria e nei particolari costruttivi, nonchè pozzetti di presa strada ad interesse variabile tra i 30 e 35 ml, del tipo a caditoia sifonata, formati da elementi quadrati con fondo prefabbricato e a sifone incorporato.
- I pozzetti di presa stradali sono collegati al collettore con tubazioni in pvc SN8 così come in pvc SN8 sarà il collettore acque bianche, il collettore principale acque nere sarà in tubo di pvc SN8 di diametro variabile in funzione della portata.

Il calcolo delle condotte in pvc viene fatto con la seconda formula di Kutter e cioè:

$$V = [100 * \sqrt{R} / (C + \sqrt{R})] * \sqrt{R * J} \quad \text{dove la portata è } Q = A * V$$

dove :

Q = portata in mc/sec

V = velocità in ml/sec

A = sezione bagnata in mq

P = perimetro della sezione bagnata in ml

R = A/P = raggio media della sezione bagnata in ml

J = pendenza in metro per metro

C = coefficiente di scabrezza della condotta (per il pvc = 0.06)

E' appunto secondo queste formule che sono analizzate le condizioni di deflusso nei punti salienti della fognatura in rapporto alle portate affluenti.

Acque nere

Portata acque nere (Qn):

Dipende dalla densità della popolazione ed è stata calcolata in base al consumo dell'acqua potabile per abitante giorno.

Si stabilisce facendo riferimento all'area del settore con la formula:

$$Q_n = (B * q - 1.15) / A * 3600 = \text{l/ab/sec}$$

q = dotazione media d'acqua potabile per ab/giorno/litri/g. 300

da questo elemento vanno dedotti : gli usi per irrigazione giardini, le dispersioni per gli usi di innaffiamento e vari; le dispersioni conseguenti all'evaporazione. Si può quindi concludere che la portata di acque nere affluenti alla fognatura può considerarsi in 225 litri per persona/giorno.

1.15 = volume medio in litri delle deiezioni per abitante giorno.

N = numero degli abitanti nella zona servita dal canale, attuali o presunti dopo un periodo di dieci anni a completamento delle aree di espansione del P.R.G.

A = tempo, in ore, nel quale si suppone avvenga la ripartizione del volume q (in genere da 9 a 12 ore)

Si considera potenzialmente ore 9.

B = coefficiente di riduzione della portata q.

Si assume 3/4 (ammettendo che 1/4 del volume usato non arrivi alla fognatura).

Con criterio prudenziale si assume massimo consumo giornaliero = 1.5 consumo medio; consumo orario massimo = 1.5 consumo orario medio, si ha:

$1.5 * 1.5 = 2.25$ e quindi la portata per abitante/sec. è :

$$Q_{ab} = 2.25 * (B * q + 1.15) / A * 3600 =$$

$$= 2.25 * (3/4 * 300 + 1.15) / 9 * 3600 = 0.01575 \text{ l/ab/sec}$$

Portata spettante al collettore = somma portata confluenti.

Abitanti insediabili da P.L. 25 si calcola la condotta per ab. 100

$$Q_n = Q_{ab} * ab = 0.01575 * 300 = \text{L/sec } 4.74$$

$$Q_{totale} = \text{L/s } 4.74$$

Pendenza reale minima della tubazione 0.5 %

Diametro minimo della tubazione in Gres diam. 200

portata ammissibile tubo 35 L/sec > 4.74 L/sec

RELAZIONE RETE FOGNARIA ACQUE BIANCHE STRADA DI P.A. e PARCHEGGI

Acque bianche

Il calcolo di dimensionamento delle tubazioni della rete in oggetto è fatto sulla base dei risultati di cui al calcolo delle portate meteoriche di progetto risultante di 110 l/sec per la porzione nord e 146 l/sec per la porzione sud.

Acque bianche singolo lotto, dovranno prevedersi pozzi perdenti nell'ambito degli stessi, il dimensionamento e la localizzazione sono a carico dei singoli proprietari.

PROGETTO
Relativo alla costruzione di collettore fognario nell'ambito del PA

Acque bianche

Dati base portata di calcolo acque piovane per superficie porzione nord

Portata totale = $333 * 0.33 = 110$ l/sec

Sup. totale = 0.33 HA

Dati base portata di calcolo acque piovane per superficie porzione sud

Portata totale = $333 * 0.44 = 146$ l/sec

Sup. totale = 0.44 HA

Coefficiente Udometrico

(Portata per HA) = Portata totale/Sup = 110 l/sec / 0.33 HA = 0.333 mc/sec * HA

333 l/sec * HA 0.0333 l/sec * mq

PORZIONE NORD

Settore n°	Tratta	Aree di competenza	Portata settore mq * 333/10000
1 Strada / Parcheggi	E-F	400	13.3

Tratta	Settore di competenza	Portata totale l/sec	Pendenza	PVC diam.	Portata teorica tubo	Velocità M/sec
E-F	1	13.3	0.5 %	160	15	0.99

Settore n°	Tratta	Aree di competenza	Portata settore mq * 333/10000
2 Strada / Parcheggi	E-B	2100	70

Tratta	Settore di competenza	Portata totale l/sec	Pendenza	PVC diam.	Portata teorica tubo	Velocità M/sec
E-B	1-2	83.3	0.5 %	315	112	1.60

Settore n°	Tratta	Aree di competenza	Portata settore mq * 333/10000
3 Strada / Parcheggi	C-B	400	13.3

Tratta	Settore di competenza	Portata totale l/sec	Pendenza	PVC diam.	Portata teorica tubo	Velocità M/sec
C-B	3	13.3	0.5 %	160	15	0.99

Settore n°	Tratta	Aree di competenza	Portata settore mq * 333/10000
4 Strada / Parcheggi	B-D	400	13.3

Tratta	Settore di competenza	Portata totale l/sec	Pendenza	PVC diam.	Portata teorica tubo	Velocità M/sec
B-D	4	13.3	0.5 %	160	15	0.99

Tratta	Settore di competenza	Portata totale l/sec	Pendenza	PVC diam.	Portata teorica tubo	Velocità M/sec
A-B	1-2-3-4	110	0.5 %	315	112	1.60

PORZIONE SUD

Settore n°	Tratta	Aree di competenza	Portata settore mq * 333/10000
5 Strada / Parcheggi	H-I	700	23.3

Tratta	Settore di competenza	Portata totale l/sec	Pendenza	PVC diam.	Portata teorica tubo	Velocità M/sec
H-I	5	23.3	0.5 %	200	35	1.20

Settore n°	Tratta	Aree di competenza	Portata settore mq * 333/10000
6 Strada / Parcheggi	H-L	800	26.60

Tratta	Settore di competenza	Portata totale l/sec	Pendenza	PVC diam.	Portata teorica tubo	Velocità M/sec
H-L	6	26.6	0.5 %	200	35	1.20

Settore n°	Tratta	Aree di competenza	Portata settore mq * 333/10000
7 Strada / Parcheggi	G-H	900	29.90

Tratta	Settore di competenza	Portata totale l/sec	Pendenza	PVC diam.	Portata teorica tubo	Velocità M/sec
G-H	5-6-7	79.80	0.5 %	315	112	1.60

Settore n°	Tratta	Aree di competenza	Portata settore mq * 333/10000
8 Strada / Parcheggi	G-M	1200	39.90

Tratta	Settore di competenza	Portata totale l/sec	Pendenza	PVC diam.	Portata teorica tubo	Velocità M/sec
G-M	8	39.90	0.5 %	250	58	1.40

Settore n°	Tratta	Aree di competenza	Portata settore mq * 333/10000
9 Strada / Parcheggi	G-N	800	26.60

Tratta	Settore di competenza	Portata totale l/sec	Pendenza	PVC diam.	Portata teorica tubo	Velocità M/sec
G-N	9	26.60	0.5 %	200	35	1.20

Portata e velocità nelle condotte di scarico - Riempimento 80%

Q = Portata litri/sec - V = Velocità m/sec - Valori ricavati con "Gauckler-Strickler"

DN		Pendenza										
		5 %	3 %	2,5 %	2 %	1,5 %	1 %	0,8 %	0,6%	0,4%	0,2 %	0,1 %
100	Q	14,68	11,37	10,38	9,28	8,04	6,56	5,87	5,08	4,15	2,94	2,08
	V	2,18	1,69	1,54	1,38	1,19	0,97	0,87	0,75	0,62	0,44	0,31
125	Q	26,61	20,61	18,82	16,83	14,58	11,90	10,64	9,22	7,53	5,32	3,76
	V	2,53	1,96	1,79	1,60	1,38	1,13	1,01	0,88	0,72	0,51	0,36
150	Q	43,27	33,52	30,60	27,37	23,70	19,35	17,31	14,99	12,24	8,65	6,12
	V	2,86	2,21	2,02	1,81	1,56	1,28	1,14	0,99	0,81	0,57	0,40
200	Q	93,19	72,19	65,90	58,94	51,04	41,68	37,28	32,28	26,36	18,64	13,18
	V	3,46	2,68	2,45	2,19	1,89	1,55	1,38	1,20	0,98	0,69	0,49
250	Q	168,97	130,88	119,48	106,87	92,55	75,57	67,59	58,53	47,79	33,79	23,90
	V	4,01	3,11	2,84	2,54	2,20	1,79	1,61	1,39	1,14	0,80	0,57
300	Q	274,76	212,83	194,29	173,78	150,49	122,88	109,91	95,18	77,72	54,95	38,86
	V	4,53	3,51	3,20	2,87	2,48	2,03	1,81	1,57	1,28	0,91	0,64
350	Q	414,46	321,04	293,07	262,13	227,01	185,35	165,78	143,57	117,23	82,89	58,61
	V	5,02	3,89	3,55	3,18	2,75	2,25	2,01	1,74	1,42	1,00	0,71
400	Q	591,74	458,36	418,42	374,25	324,11	264,63	236,70	204,98	167,37	118,35	83,68
	V	5,49	4,25	3,88	3,47	3,01	2,46	2,20	1,90	1,55	1,10	0,78
500	Q	1072,89	831,06	758,65	678,56	587,65	479,81	429,16	371,66	303,46	214,58	151,73
	V	6,37	4,94	4,51	4,03	3,49	2,85	2,55	2,21	1,80	1,27	0,90
600	Q	1744,64	1351,40	1233,65	1103,41	955,58	780,23	697,86	604,36	493,46	348,93	246,73
	V	7,19	5,57	5,09	4,55	3,94	3,22	2,88	2,49	2,03	1,44	1,02
700	Q	2631,67	2038,48	1860,87	1664,42	1441,43	1176,92	1052,67	911,64	744,35	526,33	372,17
	V	7,97	6,18	5,64	5,04	4,37	3,57	3,19	2,76	2,26	1,59	1,13
800	Q	3757,31	2910,40	2656,82	2376,33	2057,96	1680,32	1502,92	1301,57	1062,73	751,46	531,36
	V	8,72	6,75	6,16	5,51	4,77	3,90	3,49	3,02	2,47	1,74	1,23
900	Q	5143,79	3984,37	3637,21	3253,22	2817,37	2300,37	2057,52	1781,86	1454,88	1028,76	727,44
	V	9,43	7,30	6,67	5,96	5,16	4,22	3,77	3,27	2,67	1,89	1,33
1000	Q	6812,45	5276,90	4817,13	4308,57	3731,33	3046,62	2724,98	2359,90	1926,85	1362,49	963,43
	V	10,11	7,83	7,15	6,40	5,54	4,52	4,05	3,50	2,86	2,02	1,43

Calcolo delle portate meteoriche di progetto Q_m

Il calcolo delle portate meteoriche può essere effettuato utilizzando la formula razionale, nella formulazione caratteristica del metodo della corrivazione. In questa formulazione, la durata critica è considerata pari al tempo di corrivazione del bacino T_c .

La formula razionale assume dunque la seguente forma:

$$Q_m = 2.78 \cdot S \cdot \phi \cdot a \cdot T_c^{n-1} \quad (1)$$

dove:

Q_m è espressa in l/s

S rappresenta l'area del bacino scolante a monte (espressa in ettari).

ϕ rappresenta il coefficiente di afflusso, ovvero il rapporto tra il volume della pioggia netta ed il volume di pioggia totale, dove, per pioggia netta, si intende la percentuale di pioggia che non si disperde durante il percorso fino all'ingresso nella rete di drenaggio.

Il coefficiente di afflusso ϕ può essere valutato in funzione del tempo di ritorno di progetto e separatamente per le aree impermeabili ϕ_{IMP} e quelle permeabili ϕ_{PERM} in modo tale che venga rispettata la condizione:

$$\phi = \Phi_{imp} \cdot IMP + \Phi_{perm} \cdot (1 - IMP)$$

IMP è il cosiddetto coefficiente di impermeabilità e rappresenta il rapporto tra l'area impermeabile e area totale del bacino. I valori dei coefficienti ϕ_{IMP} e ϕ_{PERM} vengono scelti sulla base di tabelle reperibili in letteratura, considerando un tempo di ritorno di 10 anni.

Trattandosi di parcheggio e strada di P.L., è stato utilizzato un coefficiente di afflusso $\phi = 1.00$

Nella formula (1) compaiono i parametri delle curve di possibilità pluviometrica a ed n che sono funzione del tempo di ritorno T . Le curve di possibilità pluviometrica valutate in corrispondenza della stazione pluviometrica del S.I.M.N. di Bergamo, per una durata di pioggia inferiore all'ora e per T pari a 10 anni sono:

T = 10 anni	
a_{10}	n_{10}
49.885	0.5779

T_c è il tempo di corrivazione del bacino (espresso in ore), definito come tempo impiegato dall'acqua per giungere alla sezione di chiusura secondo il percorso idraulicamente più lungo.

Il calcolo di T_c può essere effettuato sommando il tempo di scorrimento prima del raggiungimento della rete di drenaggio $T_{INGRESSO}$ (tempo di ingresso in rete) e il tempo di propagazione all'interno di quest'ultima T_{RETE} (tempo di rete):

$$T_c = T_{INGRESSO} + T_{RETE}$$

Per quanto riguarda il tempo di ingresso in rete, dipende dalla 'qualità' del drenaggio sul territorio. Per bacini scolanti caratterizzati da pendenze elevate e da un'urbanizzazione semi intensiva, il tempo di ingresso in rete $T_{INGRESSO}$ è valutato pari a 5-7 minuti.

Il tempo di rete T_{RETE} è dato invece dalla somma dei tempi di percorrenza di ogni singolo condotto dalle sezioni più a monte fino alla sezione di chiusura seguendo il percorso più lungo della rete fognaria:

$$T_{RETE} = \sum_i \frac{L_i}{V_i \cdot 1.5}$$

dove con L_i sono indicate le lunghezze dei vari condotti (in metri) e con V_i le relative velocità a riempimento (in m/s):

$$T_{rete1} = 130/1.20 \cdot 1.5 + 40/0.99 \cdot 1.50 = 99.10/60 = 1.65 \text{ minuti}$$

$$T_c = 7 + 1.65 = 8.65 \text{ minuti pari a } 0.14 \text{ ore}$$

$$Q_m = 2.78 \cdot 0.33 \cdot 1.00 \cdot 49.885 \cdot 0.14^{0.58-1} = \text{l/sec } 108 \rightarrow \text{arrotondato a } 110 \text{ l/sec}$$

DIMENSIONAMENTO POZZO PERDENTE 1 PORZIONE NORD

Per il dimensionamento dei pozzi perdenti si fa riferimento all'indagine geologica del dr. Andrea Arrigoni in data 14.12.2012, ipotizza che la pressione media durante l'evento meteorico sia superiore a 1 kg/cmq, e calcolando prudenzialmente un coefficiente di permeabilità per le ghiaie di 10^{-3} m/s per un tempo di ritorno calcolato su dieci anni, si ottiene la seguente superficie drenante:

Portata totale L/sec 110

pari a mc/sec 0.11

Superficie pozzo perdente

$$S = Q/V = 0.11 \text{ mc/sec} / 0.001 \text{ (M/s)} = \text{mq } 110$$

Si prevede la posa di n° 5 pozzi perdenti circolari con diametro del 200 e fondo libero

$$H = 110 / 5 \cdot D \cdot 3.14 = 110 / 5 \cdot 2.00 \cdot 3.14 = 3.51 \text{ ml}$$

si prevedono n° 8 anelli da cm 50

$$n^\circ 5 \cdot 8 \cdot 0.50 \cdot 2.00 \cdot 3.14 = \text{mq } 125 > \text{mq } 110$$

DIMENSIONAMENTO POZZO PERDENTE 2 PORZIONE SUD

Per il dimensionamento dei pozzi perdenti si fa riferimento all'indagine geologica del dr. Andrea Arrigoni in data 14.12.2012, ipotizza che la pressione media durante l'evento meteorico sia superiore a 1 kg/cmq, e calcolando prudenzialmente un coefficiente di permeabilità per le ghiaie di 10^{-3} m/s per un tempo di ritorno calcolato su dieci anni, si ottiene la seguente superficie drenante:

Portata totale L/sec 146

pari a mc/sec 0.146

Superficie pozzo perdente

$$S = Q/V = 0.146 \text{ mc/sec} / 0.001 \text{ (M/s)} = \text{mq } 146$$

Si prevede la posa di n° 6 pozzi perdenti circolari con diametro del 200 e fondo libero

$$H = 146 / 6 \cdot D \cdot 3.14 = 146 / 6 \cdot 2.00 \cdot 3.14 = 4.20 \text{ ml}$$

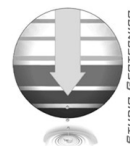
si prevedono n° 8 anelli da cm 50

$n^{\circ} 6 * 8 * 0.50 * 2.00 * 3.14 = mq 151 > mq 146$

Il Progettista

Arch. Oprandi Pietro Angelo





STUDIO GEOTECNICO
Dott. Geol. Andrea Arrigoni



COMUNE
Azzano San Paolo (BG)

COMMITTENTE
Proprietari

DATA
14 dicembre 2012

RIF.
cart. n. 025-12

Piano attuativo esteso alle aree utilizzabili ai fini edificatori compreso tra le vie Don Gonella, Murer e Bettolino, S. Agostino, Cascina Maffeis, Mameli.

RELAZIONE IDROGEOLOGICA

INDICE

1. PREMESSA	2
2. LINEAMENTI GEOLOGICI	3
2.1. GEOLOGIA DI DETTAGLIO	4
2.2. IDROGEOLOGIA	5
3. CONCLUSIONI	7

1. PREMESSA

In questa relazione sono contenuti i risultati di un'indagine sul sottosuolo di un'area interessata da un piano attuativo, situata in comune di Azzano San Paolo come da Figura 1.

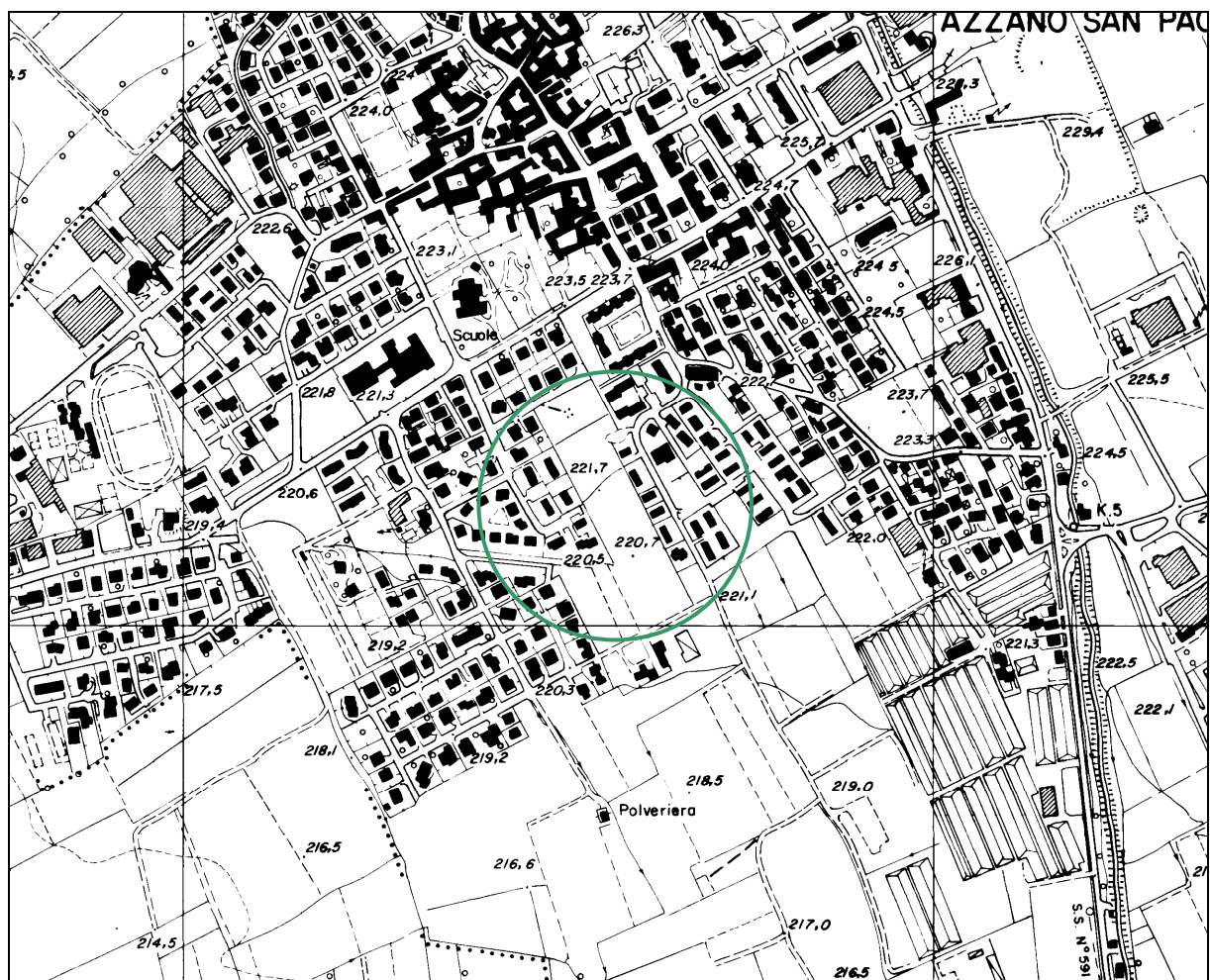


Figura 1: inquadramento geografico (CTR – Sezione C5b3) "Fonte informativa: Geoportale della Regione Lombardia, Unità Organizzativa Infrastruttura per l'Informazione Territoriale, Direzione Generale Territorio e Urbanistica - Regione Lombardia"

La relazione è stata redatta allo scopo di definire le caratteristiche idrogeologiche del primo sottosuolo. Ciò per verificare la fattibilità e, eventualmente, dimensionare le opere disperdenti le acque meteoriche nel sottosuolo. Ciò ha richiesto, in via preliminare, l'esecuzione di una prova di permeabilità a carico variabile in pozzetto superficiale.

Le opere previste non interferiranno con captazioni pubbliche, ai sensi del Decreto Legislativo n. 152 del 3 aprile 2006, articolo 94, comma 4, perché i pozzi idropotabili più prossimi sono quelli delle reti civiche di Stezzano e Zanica, situati circa 700 in direzione rispettivamente a sud – ovest e sud.

Per quanto riguarda gli aspetti idrogeologici, la soggiacenza della prima falda è valutata in circa 55 metri, come interpolazione delle quote piezometriche dei pozzi privati più prossimi.

2. LINEAMENTI GEOLOGICI

L'evoluzione recente della pianura padana è caratterizzata, durante l'ultima fase delle glaciazioni quaternarie (Würm tardivo), da un intenso colmamento del bacino padano con sedimenti d'origine prevalentemente fluviale, glaciale e fluvioglaciale. I depositi così formati costituiscono ampi conoidi a forma di ventaglio sviluppatasi dai principali sbocchi vallivi al margine pedemontano. Questi depositi, facenti parte del Livello Fondamentale della Pianura (L.F.d.P.), hanno granulometrie che variano gradualmente dalle ghiaie grossolane e ciottoli fino alle sabbie e ai limi, man mano che ci si sposta dal margine dei terrazzi pedecollinari, situati al limite nord della pianura, verso l'asse depocentrale rappresentato dalla Valle del Po propriamente detta.

Il L.F.d.P. è interrotto nella sua continuità laterale dall'unità delle "Valli Attuali", comprendente tutte le fasce maggiormente incise e sviluppate lungo le direttrici dei principali corsi d'acqua. I depositi concernenti le valli fluviali attuali e recenti si trovano incassati a quote inferiori e all'interno del L.F.d.P., costituendo fasce strette e continue sviluppate in corrispondenza delle incisioni attuali. Detti depositi, appartenenti all'Unità Postglaciale, sono riconducibili a una fase sedimentaria continentale (erosione e deposizione) avvenuta successivamente alla deposizione del L.F.d.P.

Dal punto di vista fisiografico, l'area studiata è posta nell'alta pianura bergamasca, dove è ben riconoscibile questo sistema di conoidi fluvioglaciali giustapposte, appartenenti ai fiumi Adda, Brembo, Serio, Cherio e Oglio. Questi depositi hanno forma leggermente convessa e con gradiente topografico decrescente verso sud. Il territorio di Azzano San Paolo si localizza lungo la paleoconoide formata dal fiume Serio.

In questa situazione, l'opera di dispersione si troverà nell'area d'affioramento dei depositi fluvio-glaciali appartenenti all'Unità di Comun Nuovo¹.

Nel contesto descritto, gli strati superficiali sono perciò costituiti da ghiaie poligeniche a supporto clastico di origine fluvioglaciale. Localmente sono presenti limi di esondazione.

2.1. GEOLOGIA DI DETTAGLIO

I depositi di superficie, sono costituiti, come detto, da ghiaie poligeniche da medio - grossolane a molto grossolane con locale presenza di massi, mediamente selezionate, a supporto clastico, da subarrotondate ad arrotondate e discoidali in matrice sabbiosa calcarea. La cementazione è scarsa e localizzata ma comunque presente. Il suolo generalmente raggiunge spessore di 50 centimetri, mentre è assente la sequenza sommitale lössica o le coperture di limi o limi argillosi d'esondazione caratteristiche di altri settori più a nord. Sono frequenti strati sabbiosi e lenti.

L'Unità di Comun Nuovo rappresenta una fase di deposizione abbastanza modesta, con spessore non superiore a 6-8 metri, ma che possono ridursi anche a 4/4,5 metri. Sotto quest'unità "sottile" si trova, in continuità morfologica, l'Unità di Torre Boldone (Complesso di Ponte della Selva).

Quest'ultima è costituita da ghiaie a supporto di matrice sabbiosa o limoso - argillosa, da grossolane a molto grossolane. Localmente sono presenti strati di conglomerato a debole cementazione. L'unità si caratterizza, invece, per una consistente copertura lössica, fortemente pedogenizzata, ben riconoscibile nelle stratigrafie e nei grafici delle prove penetrometriche delle zone circostanti.

Per questo motivo si deve ritenere che la sequenza stratigrafica dei primi metri sia la seguente:

- da 0 a 0,5 metri – copertura pedogenizzata;
- da 0,5 a 4,5 metri - ghiaia grossolana a supporto clastico in matrice sabbiosa, locale presenza di plaghe cementate;
- da 4,5 a 7 metri - sabbia limosa ghiaia media poligenica da sub arrotondata a ben arrotondata;
- oltre i 7 metri - ghiaia eterometrica, localmente cementata, in matrice sabbiosa.

Contemporaneamente all'esecuzione della prova di permeabilità è stata rilevata la stratigrafia dello scavo.

¹ Unità distinta sulla base di criteri allostratigrafici.

0-40 cm	Terreno agricolo costituito da limo argilloso sabbioso di colore rossastro, con ghiaia in clasti con diametro massimo di 3 cm.	
40-70 cm	Ghiaia e ciottoli in matrice limoso sabbiosa; supporto clastico.	
70-170 cm	Ghiaia sabbiosa con ciottoli eterometrici, poligenici, discoidali di origine fluviale in matrice sabbiosa; supporto clastico.	
170-190 cm	Idem ma con cementazione calcarea.	

2.2. IDROGEOLOGIA

La pianura bergamasca ha una struttura idrogeologica piuttosto uniforme, costituita in superficie per la massima parte da depositi grossolani. Lo schema della struttura idrogeologica è basato su una successione di unità che, nel territorio di Azzano, dall'alto al basso sono:

1. Unità ghiaioso - sabbiosa, costituita da alluvioni recenti e attuali e da sedimenti fluvioglaciali würmiani. Si tratta di un mezzo permeabile, spesso fino a circa 25 metri, che consente

l'infiltrazione verso gli acquiferi profondi. Oltre i 15 metri può presentare anche uno strato argilloso con ghiaie o trovanti la cui potenza varia da circa 10 metri fino ad annullarsi completamente.

2. Unità a conglomerati con arenarie, ghiaie sciolte e sabbie (Ceppo). Raggiunge profondità di oltre 60 metri e presenta un acquifero molto produttivo (con valori di trasmissività anche dell'ordine di 40/50 l/s·m), il quale determina l'andamento piezometrico regionale.
3. Unità a ghiaie e sabbie, alternate con conglomerati e argille. È presente con discontinuità ed è interessata da falde in pressione. Isola gli acquiferi profondi dalle unità superficiali.

La prima falda si situa nell'ambito delle due unità superficiali, le quali costituiscono un potente livello acquifero sviluppato per spessori di diverse decine di metri.

Il primo sottosuolo di tutta l'area attinente al centro abitato di Azzano San Paolo e le zone limitrofe, è costituito da terreni con granulometrie ghiaiose a matrice sabbiosa. La permeabilità superficiale di questi depositi è perciò medio - alta e impedisce che avvengano fenomeni di ristagno in superficie e d'idromorfia nei livelli pedogenizzati, favorendo al contempo una discreta conducibilità idraulica nel sottosuolo.

La prova di permeabilità eseguita, riferibile a uno strato cementato, ha dato k pari a $7,5 \cdot 10^{-5}$ m/s. Questo dato è stato confrontato con i risultati di analoghe misure eseguite nelle zone circostanti su terreni sciolti: queste danno K pari a circa $1,75 \cdot 10^{-3}$ m/s, vale a dire oltre un ordine di grandezza maggiore. La permeabilità ottenuta è tipica di terreni tendenzialmente misti con ghiaia e sabbia, dove il coefficiente di permeabilità è fortemente governato dalla frazione più fine del sedimento.

Poiché le plaghe cementate sono generalmente di limitata estensione il valore di permeabilità modale indicativo è da ritenersi approssimativamente di $1 \cdot 10^{-3}$.

Tabella 1: valori di permeabilità e granulometrie corrispondenti

<i>K (m/s)</i>		10^1	10^0	10^{-1}	10^{-2}	10^{-3}	10^{-4}	10^{-5}	10^{-6}	10^{-7}	10^{-8}	10^{-9}	10^{-10}	10^{-11}
GRANULOMETRIA	omogenea	Ghiaia		Sabbia	Sabbia molto fine		Silt	Argilla						
	varia	Ghiaia grossa media	Ghiaia e sabbia		Sabbia e argilla-limo					Argilla				
GRADO DI PERMEABILITÀ	ELEVATA				BASSA				NULLA					
TIPO DI FORMAZIONE	PERMEABILE				SEMIPERMEABILE				IMPERMEABILE					

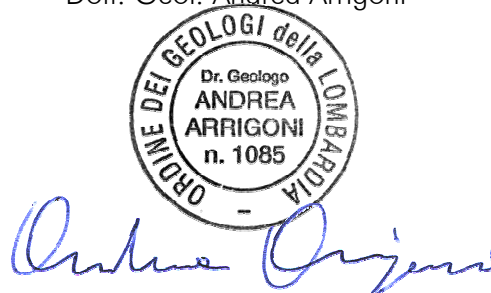
3. CONCLUSIONI

L'analisi effettuata ha evidenziato la presenza di terreni ghiaioso sabbiosi privi di coperture a granulometria fine, eoliche o d'esondazione. Sono, tuttavia, presenti intercalazioni cementate che possono ridurre localmente la permeabilità dei terreni. Alla profondità di circa 7 metri è presente uno strato argilloso – limoso che limita fortemente la conducibilità idraulica del terreno.

Alla luce degli aspetti geologici generali del sottosuolo e valutata la permeabilità dei terreni, non sussistono condizioni tali da impedire lo smaltimento nel sottosuolo mediante pozzi perdenti. Gli strati più idonei allo smaltimento sono quelli immediatamente sottostanti il suolo fino alla profondità di 4/4,5 metri. Buon contributo al drenaggio, sarà fornito anche dagli strati ghiaiosi sottostanti la copertura dell'Unità di Torre Boldone, posti a profondità maggiori di 7 metri dal piano campagna.

In virtù delle eterogeneità verticali e orizzontali descritte in precedenza, in fase esecutiva si dovrà procedere all'esecuzione di prove di permeabilità (in pozzetto o in foro) per definire esattamente la permeabilità dei terreni attraversati dalle opere drenanti così da poterle quantificare e dimensionare correttamente.

Dott. Geol. Andrea Arrigoni



ORDINE DEI GEOLOGI della LOMBARDIA
Dr. Geologo
ANDREA
ARRIGONI
n. 1085