

Intervento:	Livello progettazione:	Elaborato:
REVISIONE DELLA SITUAZIONE VIARIA DEL NODO DI VERONA SUD E COLLEGAMENTO CON LA TANGENZIALE SUD DI VERONA	PROGETTO DEFINITIVO Conferenza dei Servizi	Nota integrativa per Genio Civile VRS1-RP-CD-0001 Nota integrativa idraulica.docx

Sommario

1. PREMESSE	2
2. PROVE SPERIMENTALI	3
3. INVARIANZA IDRAULICA.....	4
4. CALCOLI IDRAULICI	5
4.1 Pozzi perdenti	5
4.2 Bacini di laminazione.....	5

1. PREMESSE

La presente note tecnica integra la relazione idrologica e idraulica del progetto definitivo relativo all'intervento denominato *"Revisione della viabilità ordinaria del nodo di Verona Sud e collegamento con la tangenziale Sud di Verona"*. L'intervento di progetto interessa il territorio comunale di Verona ed è sostanzialmente riconducibile al nuovo svincolo Genovesa sulla tangenziale, alla viabilità perimetrale del parcheggio scambiatore di Verona Sud e alla riqualifica di via Morgagni, realizzando un collegamento diretto tra via Enrico Fermi e via Apollo attraverso il sottopasso esistente di Strada della Genovesa.

L'integrazione fa riferimento al parere della Regione Veneto – Area Tutela e Sicurezza del Territorio – Uffici territoriali per il dissesto idrogeologico – U.O. Genio Civile Verona, protocollo N° 0042078 Class. H.420.03.1 pervenuto al Ministero delle Infrastrutture e dei trasporti in data 25/01/2024, ed in particolare ai seguenti capoversi:

1. *"In considerazione della notevole estensione delle aree d'intervento, lo studio appare carente in merito all'analisi delle caratteristiche geologiche ed in particolare non risulta approfondito a sufficienza l'aspetto della permeabilità dell'area e della percentuale di frazione limosa del terreno. Il progettista prevede la realizzazione di sistemi di infiltrazione facilitata, sulla base di dati di letteratura e bibliografici. I parametri geotecnici/geologici assunti alla base del dimensionamento, invece, secondo quanto previsto dall'allegato A alla DGR 2948/2009, devono essere desunti da prove sperimentali."*
2. *"L'adozione di sistemi di infiltrazione facilitata è di regola possibile in caso di piccole superfici impermeabilizzate. Le opere in questione consistenti in adeguamento della piattaforma stradale determinano un importante incremento di superficie impermeabilizzata e pertanto non possono rientrare nella dizione di "piccole superfici". In tali ipotesi, mancando i presupposti per l'adozione di sistemi di filtrazione facilitata, le misure compensative per garantire l'invarianza idraulica degli interventi previsti, dovranno essere individuate esclusivamente in volumi di invaso per la laminazione del 100% degli aumenti di portata calcolati con TR50".*

Alla luce delle osservazioni citate la presente integrazione:

1. Richiama le prove sperimentali che permettono di quantificare la permeabilità dei terreni in posto;
2. Specifica la metodologia di calcolo adottata, non ricondotta in effetti alla "infiltrazione facilitata" bensì alla laminazione degli afflussi di pioggia in invasi drenati per infiltrazione.

Nei paragrafi successivi si riportano:

- le prove sperimentali desunte dalla documentazione presentata dal comune di Verona in sede di procedura VIA del parcheggio scambiatore "Genovesa", infrastruttura contornata dal presente intervento, che ne realizza l'accessibilità e le viabilità perimetrali;
- i chiarimenti tecnici riguardo al funzionamento dello schema idraulico per lo smaltimento delle acque di piattaforma, ex DGR 2948/2009;
- i calcoli dei volumi d'invaso per garantire l'invarianza idraulica con TR50.

Intervento:	Livello progettazione:	Elaborato:
REVISIONE DELLA SITUAZIONE VIARIA DEL NODO DI VERONA SUD E COLLEGAMENTO CON LA TANGENZIALE SUD DI VERONA	PROGETTO DEFINITIVO Conferenza dei Servizi	Nota integrativa per Genio Civile VRS1-RP-CD-0001 Nota integrativa idraulica.docx

2. PROVE SPERIMENTALI

Si riportano i risultati delle prove di permeabilità condotte nel dicembre 2014 per la "Realizzazione di un parcheggio scambiatore in località Genovesa"; tali documenti sono reperibili sul sito della Regione Veneto alla sezione Progetti sottoposti alla procedura VIA regionale dell'anno 2015, scaricabili al seguente indirizzo: <https://nextcloud.regione.veneto.it/index.php/s/ZcfwJR6eP6sqkFH?path=%2FFPROGETTO>

Al fine di fornire le indicazioni per la progettazione delle opere di smaltimento delle acque meteoriche del parcheggio sono state eseguite, nel contesto delle indagini geologiche-geotecniche effettuate nel dicembre 2014), n.4 prove di permeabilità (di tipo Lefranc) a 1.5 m da p.c. lungo le verticali di altrettanti sondaggi. Tali prove vengono eseguite in avanzamento entro fori di sondaggio, rivestiti fino all'orizzonte di prova o fino al limite superiore di una sezione filtrante cilindrica creata mediante graduale sollevamento della colonna, oppure avanzando con la perforazione al di sotto della scarpa della colonna stessa. Le prove sono state eseguite a carico idraulico variabile ovvero misurando, in funzione del tempo, i livelli decrescenti dopo aver creato un temporaneo ed artificioso innalzamento della falda nel foro.

La tabella seguente riporta le profondità di esecuzione delle prove e i relativi esiti.

Sondaggio	Profondità (m da p.c.)	Permeabilità K (cm/s)
S1	1.5	3,21E-03
S2	1.5	4,38E-03
S3	1.5	1,28E-03
S4	1.5	1,04E-02
MEDIA		4,83E-03

Di seguito si riportano le tabelle dei valori di campagna e le relative elaborazioni:

PROFONDITA' FORO DA P.C.:	m	1,50	LIVELLO DINAMICO DURANTE LA PROVA DA P.C.:	m	+0,65
PROFONDITA' RIVESTIMENTO DA P.C.:	m	1,00	DIAMETRO DEL TRATTO DI FORO IN PROVA:	mm	152
SPORGENZA TUBO RIVESTIMENTO DA P.C.:	m	0,65	COEFFICIENTE DI FORMA "C": (funzione della "tasca" di prova, in particolare del rapporto Diametro/Lunghezza)	cm	161
LIVELLO STATICO DELLA FALDA DA P.C.:	-m				

Tempo (m)	Lecture (cm)	Differenze (cm)	K (cm/sec)
0	0,0	0,00	0
1	86,0	86,00	0,00593633
2	138,0	52,00	0,00480945
4	185,0	47,00	0,00287440
6	195,0	10,00	0,00075101
8	215,0	20,00	0,00170685

Lecture rispetto alla testa del rivestimento

0,0032156100

Tempo (m)	Lecture (cm)	Differenze (cm)	K (cm/sec)
0	0,0	0,00	0
1	102,0	102,00	0,01167736
2	135,0	33,00	0,00642059
4	185,0	50,00	0,00853426
6	206,0	21,00	0,01010981
8	211,0	5,00	0,00722129
10	215,0	4,00	0,01877536

Lecture rispetto alla testa del rivestimento

0,0104564452

Tempo (m)	Lecture (cm)	Differenze (cm)	K (cm/sec)
0	0,0	0,00	0
1	98,0	98,00	0,01108425
2	143,0	45,00	0,00894065
4	165,0	22,00	0,00338572
6	170,0	5,00	0,00098818
8	175,0	5,00	0,00110443
10	185,0	10,00	0,00268219
15	200,0	15,00	0,00250338

Lecture rispetto alla testa del rivestimento

0,0043841152

Tempo (m)	Lecture (cm)	Differenze (cm)	K (cm/sec)
0	0,0	0,00	0
1	56,0	56,00	0,00562257
2	66,0	10,00	0,00121918
4	82,0	16,00	0,00106527
6	92,0	10,00	0,00073341
8	103,0	11,00	0,00087885
10	110,0	7,00	0,00060566
15	125,0	15,00	0,00057770
20	135,0	10,00	0,00044177
25	143,0	8,00	0,00039527

Lecture rispetto alla testa del rivestimento

0,0012821867

Coefficiente di permeabilità relativo alla singola misurazione e calcolato mediante la formula $k = A \times DH/C \times Dt \times h$;
A rappresenta l'area di base della tasca filtrante, DH differenza di carico idraulico, Dt l'intervallo di tempo corrispondente a DH, h il carico idraulico corrispondente al tempo medio.

Intervento:	Livello progettazione:	Elaborato:
REVISIONE DELLA SITUAZIONE VIARIA DEL NODO DI VERONA SUD E COLLEGAMENTO CON LA TANGENZIALE SUD DI VERONA	PROGETTO DEFINITIVO Conferenza dei Servizi	Nota integrativa per Genio Civile VRS1-RP-CD-0001 Nota integrativa idraulica.docx

3. INVARIANZA IDRAULICA

L'urbanizzazione dell'opera sopra indicata e di tutte le viabilità accessorie comprese nel progetto, prevede la progettazione di una nuova rete di smaltimento delle acque meteoriche oltre che di specifici impianti di disoleazione, dissabbiatura delle acque ed infine di sistemi di invaso e di infiltrazione e dispersione nel sottosuolo ¹.

Il sistema di infiltrazione facilitata non viene applicato, il comparto infatti è caratterizzato da terreni che presentano coefficiente di filtrazione minori di 10-3 m/s e pertanto l'intervento prevede la realizzazione di specifici volumi di invaso per la laminazione delle portate; tali bacini, dimensionati assumendo un tempo di ritorno TR50 sono depressioni del piano campagna.

Il comparto è caratterizzato dall'assenza di corpi idrici superficiali: le piogge sono evidentemente disperse nel sottosuolo. La trasformazione è comunque accompagnata dalla realizzazione di pozzi disperdenti e dalla segregazione, disabbiatura e disoleatura delle portate di prima pioggia; la segregazione riguarda anche l'onda nera sversata sulla superficie stradale.

A tutti gli effetti il sistema funziona un intervento che introduce nuove impermeabilizzazioni, con la particolarità che il recapito finale non è in corpo idrico superficiale ma nel sottosuolo.

¹ La normativa regionale DGR 2948 del 2009 si esprime in merito alla "Valutazione di compatibilità idraulica" dei nuovi interventi urbani. In particolare, recita che "in caso di terreni ad elevata capacità di accettazione delle piogge (coefficiente di filtrazione maggiore di 10-3m/s e frazione limosa inferiore al 5%), in presenza di falda freatica sufficientemente profonda e di regola in caso di piccole superfici impermeabilizzate, è possibile realizzare sistemi di infiltrazione facilitata in cui convogliare i deflussi in eccesso prodotti dall'impermeabilizzazione". Tale sistema non è qui adottato.

Intervento:	Livello progettazione:	Elaborato:
REVISIONE DELLA SITUAZIONE VIARIA DEL NODO DI VERONA SUD E COLLEGAMENTO CON LA TANGENZIALE SUD DI VERONA	PROGETTO DEFINITIVO Conferenza dei Servizi	Nota integrativa per Genio Civile VRS1-RP-CD-0001 Nota integrativa idraulica.docx

4. CALCOLI IDRAULICI

4.1 Pozzi perdenti

Di seguito si riporta la portata uscente del pozzo disperdente con lo scopo di individuare i volumi di invaso per garantire l'invarianza idraulica. Ogni pozzo avente profondità di 3.5m disperde circa 4 l/s.

Dati di input			
Numero di pozzi	N°	1	
Diametro pozzo	d	2 m	
Diametro foro	Ø	10 cm	0.100 m
Numero di fori	NØ°	16	
Altezza anello	h	0.5 m	
Diametro letto in ghiaia	D	5.5 m	
Riempimento pozzo	H	3.5 m	
Coeff. di filtrazione ghiaia	kg	1.00E-03 m/s	
Coeff. di filtrazione terreno	kt	4.83E-05 m/s	
Calcoli			
Area fondo pozzo	Af	$= \pi \cdot (d/2)^2$	3.1416 m²
Area fori ogni anello	AØ	$= NØ \cdot \pi \cdot (\Ø/2)^2$	0.1257 m²
Numero di anelli	Na°	$= H/h$	7
Area drenante pozzo	Ad	$= Af + AØ \cdot Na°$	4.0212 m²
Portata drenata pozzo	Qd	$= Ad \cdot kg$	0.0040 m³/s
Portata drenata totale	Qd tot	$= Qd \cdot N°$	0.0040 m³/s
Volume d'invaso pozzo	V	$= Af \cdot H$	11.00 m³
Risultati			
Volume d'invaso totale	V tot	$= V \cdot N°$	11.0 m³
Portata drenata totale [l]	Qd tot	(in litri)	4.02 l/s

4.2 Bacini di laminazione

La progettazione delle opere di laminazione prevede una prima suddivisione delle aree oggetto di intervento in bacini idrografici definiti in funzione dei differenti recapiti individuati dal progetto, delle opere di laminazione e dispersione. L'intera area oggetto di intervento viene suddivisa in 7 bacini idrografici idraulicamente indipendenti. In particolare si tratta di:

Tabella 1: Caratterizzazione dei bacini idrografici

Bacino	Descrizione
1	Ambito rotatoria di Forte Azzano
2	Ambito rotatorie Genovesa
3	Ambito rotatoria Deposito Filovia
4	Ambito rotatoria Parcheggio Sud Genovesa
5	Ambito rotatoria Fermi
6	Ambito rotatoria Europa
7	Ambito Collegamento a via Apollo

Intervento:
REVISIONE DELLA SITUAZIONE VIARIA
DEL NODO DI VERONA SUD E
COLLEGAMENTO
CON LA TANGENZIALE SUD DI VERONA

Livello progettazione:
PROGETTO DEFINITIVO
Conferenza dei Servizi

Elaborato:
Nota integrativa per Genio Civile
VRS1-RP-CD-0001
Nota integrativa idraulica.docx

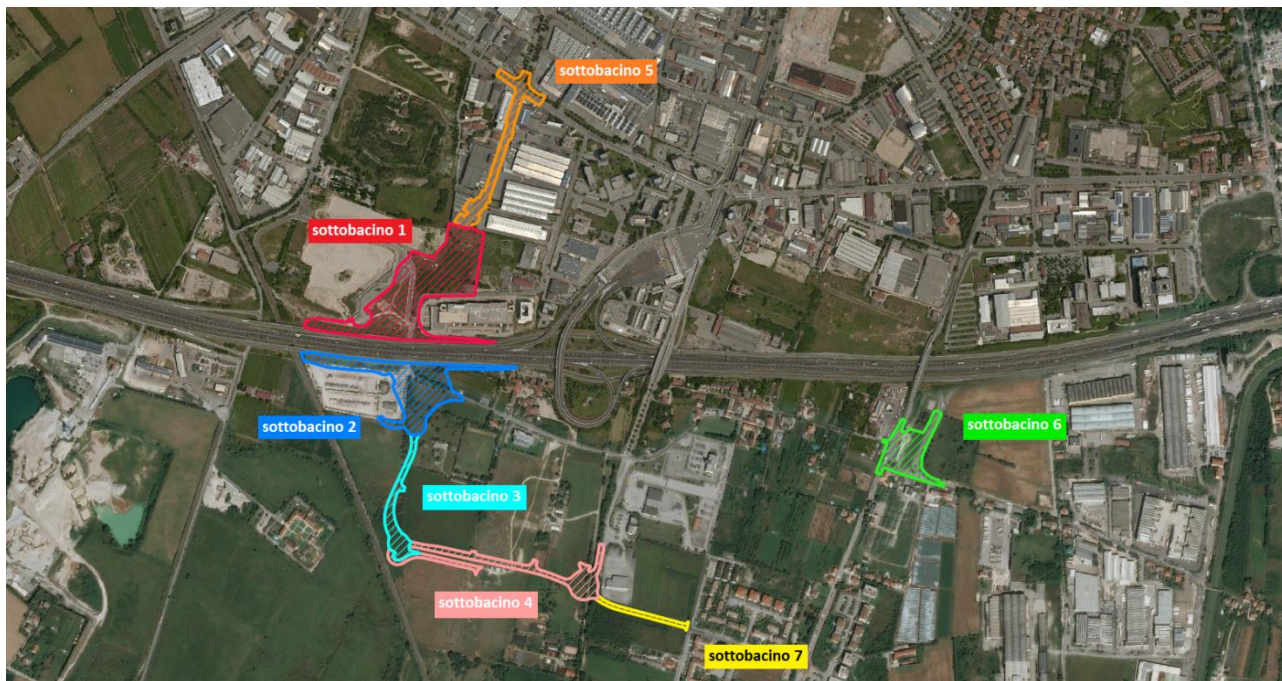


Figura 1: Rappresentazione dei bacini

Fatta eccezione per i bacini 5 e 6, i restanti bacini ove ricadranno gli interventi di progetto si possono considerare, allo stato di fatto, come terreni agricoli o prati, quindi con un basso coefficiente di deflusso. Le aree pavimentate di progetto saranno trasformate in aree impermeabilizzate caratterizzate dal coefficiente di deflusso 0,9, mentre alle scarpate viene attribuito il coefficiente 0.2 e alle superfici d'acqua il coefficiente 1. Di seguito si riporta una tabella riepilogativa dell'intero intervento, dove sono calcolate le aree oggetto di trasformazioni utilizzate nel dimensionamento degli invasi:

Tabella 2: riepilogo analisi della trasformazione dei bacini di intervento

Sottobacino	Sup [m ²]	SDF		SDP		Aree trasformate	
		φ eq	Sup* φ eq	φ eq	Sup* φ eq	φ eq	Sup* φ eq
1	50555.3	0.20	10233.3	0.34	17232.3	0.84	6999.0
2	29794.9	0.28	8295.5	0.50	14936.1	0.69	6640.6
3	7573.8	0.10	757.4	0.80	6048.7	0.88	5291.4
4	15233.2	0.14	2097.3	0.81	12228.7	0.88	10131.4
7	2501.0	0.10	250.1	0.90	2250.9	0.90	2000.8
totale	105658.2	0.22	21633.6	0.57	52696.7	0.83	31063.2

Essendo i bacini idraulicamente indipendenti, si precisa che per le aree 5 e 6 ci si limiterà a connettere le nuove opere alla esistente rete fognaria. Nel bacino 5 infatti l'impermeabilizzazione non supera i 200 m², mentre nel bacino 6, viene decrementato l'indice di impermeabilizzazione rispetto allo stato di fatto nell'area di intervento.

Al fine di garantire l'invarianza idraulica si rende necessaria, per ogni bacino idraulicamente indipendente, la predisposizione di volumi di invaso adeguati mediante la realizzazione di bacini di laminazione svuotati attraverso pozzi disperdenti. A favore di sicurezza sono trascurati i volumi nelle condotte della rete e nei fossi di piede scarpata, adeguati a convogliare anche le baulature del verde circostante.

Intervento:	Livello progettazione:	Elaborato:
REVISIONE DELLA SITUAZIONE VIARIA DEL NODO DI VERONA SUD E COLLEGAMENTO CON LA TANGENZIALE SUD DI VERONA	PROGETTO DEFINITIVO Conferenza dei Servizi	Nota integrativa per Genio Civile VRS1-RP-CD-0001 Nota integrativa idraulica.docx

La determinazione del volume da invasare utilizza il metodo delle sole piogge (ai sensi dell'allegato A alla DGR 2948/2009) considerando un tempo di ritorno pari a 50 anni. Nota l'estensione del bacino ed il coefficiente deflusso equivalente, mediante la differenza tra volume in ingresso e volume in uscita, è possibile determinare il volume di invaso ed il tempo critico di precipitazione.

$$Wi = We - Wu = S \cdot \varphi \cdot \left[\frac{a}{(t + b)^c} \cdot t \right] - Qu \cdot t$$

Dove:

- t è la durata della precipitazione;
- Wi è il volume di invaso;
- We è il volume in ingresso;
- Wu è il volume in uscita;
- S è la superficie del bacino;
- φ è il coefficiente di deflusso medio dell'area.

Di seguito si riporta una tabella riepilogativa dei volumi da invaso da realizzare per garantire l'invarianza idraulica e il numero di pozzi necessari a disperdere nel sottosuolo il volume invasato.

tabella 3 - calcolo del volume di invaso -
bacino 1

t	Wu	We	We-Wu
minuti	m³	m³	m³
57	110.0	480.0	370.0
58	112.0	482.1	370.2
59	113.9	484.2	370.3
60	115.8	486.2	370.4
61	117.7	488.2	370.5
62	119.7	490.2	370.5
63	121.6	492.1	370.5
64	123.5	494.0	370.5
65	125.5	495.9	370.4
66	127.4	497.7	370.3
67	129.3	499.5	370.2

tabella 4 - calcolo del volume di invaso -
bacino 2

t	Wu	We	We-Wu
minuti	m³	m³	m³
113	109.1	533.4	424.3
114	110.0	534.4	424.3
115	111.0	535.4	424.4
116	112.0	536.3	424.4
117	112.9	537.3	424.4
118	113.9	538.3	424.4
119	114.8	539.3	424.4
120	115.8	540.2	424.4
121	116.8	541.2	424.4
122	117.7	542.1	424.4
123	118.7	543.0	424.3

tabella 5 - calcolo del volume di invaso -
bacino 3

t	Wu	We	We-Wu
minuti	m³	m³	m³
89	85.9	403.4	317.5
90	86.9	404.4	317.5
91	87.8	405.4	317.6
92	88.8	406.4	317.6
93	89.8	407.3	317.6
94	90.7	408.3	317.6
95	91.7	409.3	317.6
96	92.6	410.2	317.6
97	93.6	411.2	317.5
98	94.6	412.1	317.5
99	95.5	413.0	317.5

tabella 6 - calcolo del volume di invaso -
bacino 4

t	Wu	We	We-Wu
minuti	m³	m³	m³
115	166.5	816.8	650.3
116	167.9	818.3	650.4
117	169.4	819.8	650.4
118	170.8	821.3	650.4
119	172.3	822.7	650.5
120	173.7	824.2	650.5
121	175.2	825.6	650.5
122	176.6	827.1	650.4
123	178.1	828.5	650.4
124	179.5	829.9	650.4
125	181.0	831.3	650.3

tabella 7 - calcolo del volume di invaso -
bacino 7

t	Wu	We	We-Wu
minuti	m³	m³	m³
20	29.0	99.9	71.0
21	30.4	101.7	71.3
22	31.8	103.4	71.6
23	33.3	105.0	71.7
24	34.7	106.6	71.8
25	36.2	108.1	71.9
26	37.6	109.5	71.9
27	39.1	110.9	71.8
28	40.5	112.2	71.6
29	42.0	113.4	71.4
30	43.4	114.6	71.2

Intervento:

REVISIONE DELLA SITUAZIONE VIARIA
DEL NODO DI VERONA SUD E
COLLEGAMENTO
CON LA TANGENZIALE SUD DI VERONA

Livello progettazione:

PROGETTO DEFINITIVO
Conferenza dei Servizi

Elaborato:

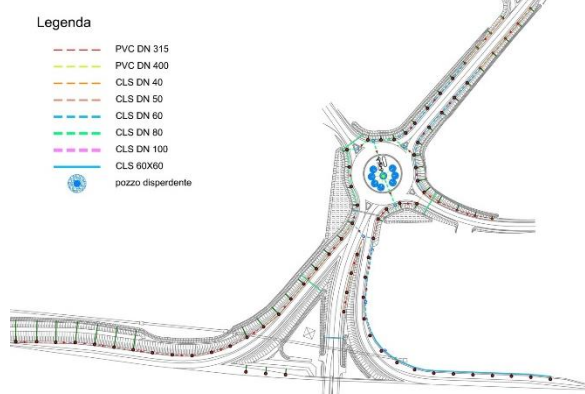
Nota integrativa per Genio Civile
VRS1-RP-CD-0001
Nota integrativa idraulica.docx

Tabella 8: riepilogo volumi di invaso di progetto

Bacino	Superficie aree trasformate	Superficie efficace aree trasformate	Volume invaso	N. pozzi	Qu	T,crit
	[mq]	[mq]	[mc]		[l/s]	[ore]
1	8'299.52	6'999.02	370.49	8	32.17	1.03
2	9'571.90	6'640.59	424.41	4	16.08	1.97
3	6'000.65	5'291.36	317.60	4	16.08	1.57
4	11'472.44	10'131.39	650.46	6	24.13	2.00
7	2'223.11	2'000.80	71.88	6	24.13	0.42

A titolo illustrativo, si riportano le aree trasformate e gli schemi delle reti di drenaggio per i bacini cui sopra:

Bacino 1

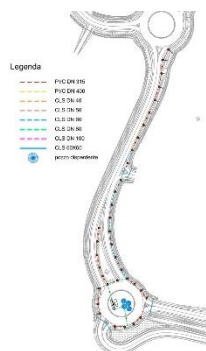


Bacino 2

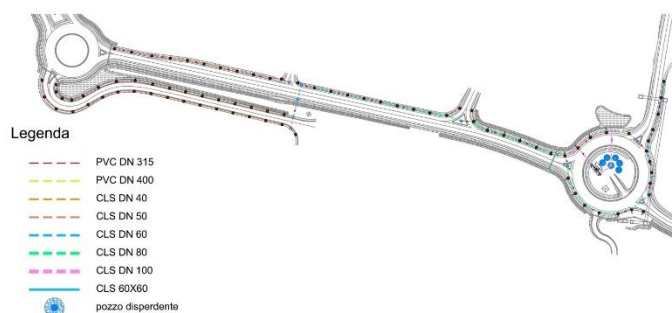


Figura 2 - Rete di progetto bacini 1 e 2

Bacino 3



Bacino 4



Bacino 7

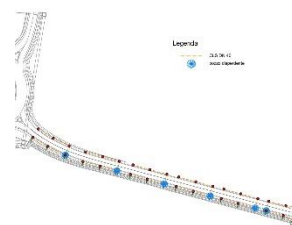


Figura 3 - Rete di progetto bacini 3, 4 e 7