



COMUNE DI GENOVA



Azienda Mobilità e Trasporti S.p.A.

Codice Fiscale 03783930104

FUNZIONE INFRASTRUTTURE E IMPIANTI VERTICALI  
INGEGNERIA CIVILE, IMPIANTI TECNOLOGICI E AMBIENTE



GEOTECHNICAL ENGINEERING & GEOLOGY



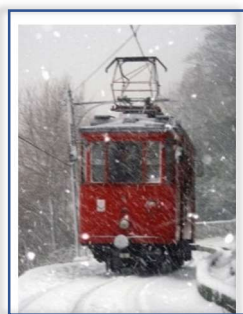
Regione Liguria - Comune di Genova

AMT S.p.A.

## FERROVIA A CREMAGLIERA PRINCIPE - GRANAROLO

Progetto definitivo di ammodernamento della linea  
dalla stazione Principe alla fermata Bari

### R4 - RELAZIONE SULLO SMALTIMENTO DELLE ACQUE METEORICHE



*“La vettura storica della ferrovia Principe  
Granarolo durante la nevicata del 2009”*

05/2023

	DATA	REDATTO	VERIFICATO	APPROVATO
REV 0	05-2023	A. Porri	M: Ivaldi	P: Misurale
REV.1				
REV.2				

## INDICE

<b>1</b>	<b>PREMESSA</b> .....	<b>1</b>
<b>2</b>	<b>PLUVIOMETRIA</b> .....	<b>2</b>
<b>3</b>	<b>METODOLOGIE DI CALCOLO</b> .....	<b>6</b>
3.1	CALCOLO DELLE PORTATE DI DEFLUSSO .....	6
3.2	VERIFICA E DIMENSIONAMENTO IDRAULICO .....	6
<b>4</b>	<b>STATO ATTUALE</b> .....	<b>8</b>
4.1	INQUADRAMENTO GENERALE .....	8
4.2	DESCRIZIONE TRATTO VIA BARI - PRINCIPE .....	9
4.3	VERIFICHE IDRAULICHE .....	10
<b>5</b>	<b>INTERVENTI PREVISTI</b> .....	<b>11</b>
5.1	DESCRIZIONE DEGLI INTERVENTI PREVISTI.....	11
5.2	VERIFICHE IDRAULICHE .....	12
<b>6</b>	<b>INVARIANZA IDRAULICA</b> .....	<b>15</b>

## **1 PREMESSA**

La presente relazione fa parte degli elaborati del progetto esecutivo di *“Ammodernamento e grande manutenzione della linea ferroviaria Principe-Granarolo”* riguardante le opere civili di adeguamento strutturale della sede armata con creazione di percorso di servizio della linea ferroviaria Principe-Granarolo, nel tratto Fermata via Bari – Capolinea di Principe, redatto su incarico dell'AMT Genova (Azienda Mobilità e Trasporti Genova S.p.A.).

Essa fa seguito allo *Studio del sistema di smaltimento delle acque meteoriche della ferrovia a cremagliera Principe-Granarolo* redatto su incarico di AMT nell'ottobre 1999 e successivamente aggiornato nel marzo del 2004.

In particolare la relazione contiene la descrizione delle indagini effettuate, delle metodologie di calcolo utilizzate, dei risultati ottenuti ed il dimensionamento idraulico del sistema di smaltimento delle acque di drenaggio meteorico della linea ferroviaria.

La progettazione è stata articolata nelle seguenti attività:

- analisi idrologica dei sottobacini afferenti al sistema di smaltimento della linea;
- verifica della capacità di deflusso dell'attuale sistema di smaltimento della linea;
- individuazione e definizione degli interventi volti all'adeguamento e al potenziamento del sistema complessivo di smaltimento delle acque meteoriche.

## 2 PLUVIOMETRIA

Sono stati raccolti i dati delle precipitazioni di massima intensità e breve durata registrati alla stazione pluviometrica di Genova Università del Servizio Idrografico e Mareografico Nazionale, ubicata circa 1 km a E del sito oggetto dello studio ad una quota di 21 m s.l.m.

Di tale stazione sono disponibili i dati storici di precipitazione di massima intensità e breve durata per il periodo 1935-2009 (74 anni).

In Tabella I sono riportati anno per anno i valori di precipitazione di massima intensità per le durate di 5, 10, 15, 20, 25, 30, 40 minuti e 1, 3, 6, 12, 24 ore.

Anno	Durata							
	10 min	20 min	30 min	1 ora	3 ore	6 ore	12 ore	24 ore
1932		19	23.8	34.8	41.6	43.4	63.8	88.6
1933		25.6	28.1	33	51.4	59.2	74.5	78.4
1934				78	102.8	103	104.6	164.4
1935	9.5	19	45	60	82.4	88.6	95	95
1936	7							
1937		25.6	28.3	33.6	64.6	70	71	80
1938		18.3	21.4	28	43.2	63	79.4	99.4
1939		14.6	22.8	49	59.2	59.6	91.4	180.6
1940				80	105.6	106.6	122.2	122.4
1941	9	18.9	29.2	41.8	42	69.2	87.6	106
1942	14.6	25	32	54.6	120	153.4	166.2	203
1943			17.6	26	44.6	68.2	92	101
1944			27.6	34.6	50.2	67	94.8	98
1945			48	71	152.6	198.2	207	256.4
1946			20	29.2	47	49.2	49.2	49.2
1947			24.4	51	78	103.6	165.4	223.2
1948			42	53.6	74.6	75.2	75.2	83.2
1949			25.6	29.4	65.4	84	126.4	160.6
1950			23.6	27.2	41.8	50.2	62.4	66.4
1951	21	40	50.4	75	105.2	135.6	192.4	272.6
1952	11.4	16.1	19.7	27.8	44.2	47	61.2	79.2
1953	22	38	55	69.4	146	214.4	218.8	219.4
1954				22.8	60.8	69	69.2	82.8
1955			25.6	24.6	41.4	52.4	85.4	139.8
1956			32.4	38.2	53	60.6	73.2	102.4
1957		24	32	39.6	47.3	78.2	92.6	93.6
1958				29	31.4	40	66.6	111.4
1959	13.4	27	35.8	58	101	156	173.2	182.6
1960				48.6	69.4	79.4	100.4	121

1961	28	35.8	44.9	66	107	120	137.6	183.2
1962	17.4	20.1	21.8	25.2	41	53.2	78.6	121.2
1963	18.4	31	40.8	65.2	70.2	74	120	121.6
1964		35	41.1	54	91	112.8	118.8	127.6
1965	31			79.8	88.6	88.8	91.2	99.2
1966	16.8	17.8	22.4	33.2	35	43.2	59.4	85
1967		33	39.1	52.4	84.2	108.4	118.2	127.8
1968				28.6	44	63.8	118.6	136.2
1969	11.2	15	17.5	22.8	26.4	32	46	59
1970	24			76	166	201	256	414.8
1971	19			50.4	56.8	62.4	82.8	84.6
1972	17	20	26.6	43.2	89.8	97.2	135.6	183
1973		25	29.6	39.6	42.6	59	66.2	76.6
1974	26	30	32.7	37.8	51.8	52.8	75.2	90.6
1975	15	19.4	25.3	40	56.2	78	127.8	147
1976	16.1	40	44.5	53.5	76.1	99.2	111.3	124.1
1977	29.5	79	88.9	108.8	178.4	211.8	224.2	233.4
1979	22.8	34.8	42.6	51.8	80.4	135.6	138.4	176.4
1980	13.2	20.2	23.8	40	63.8	70.4	79.6	80.2
1981	17.6	33.8	51	85.4	113	133.8	168.2	173
1982	11.2	20.2	21.8	26.8	37.2	57.2	105.2	106.8
1983	11.2	15	18.6	27.4	65.8	76	99.4	108.6
1984	18.2	28.6	42.6	76.8	102.8	128.4	146	181.8
1985		11.8	15.2	25.6	46	71	91.8	121
1986	11.6	17	21.2	31.6	53.6	61.2	62.2	105.8
1987	26.6	43.4	55.6	95.6	187.4	187.4	187.4	188.6
1988	11.2	17.6	21.6	24.4	55.4	99.4	159.2	207
1989	23	26.4	28.7	33	33.8	40	50.2	71.2
1990	20	29.1	36.4	53	84.6	123.8	196	262
1991	20	24	34.3	63	75.2	116.2	117	249
1992	27	36	46.3	71	173.4	229	426	451
1993	26			93	141.8	245	343.4	367.2
1995				27.8	55	85	122.8	133.6
1996				25.8	55.4	74.4	101.2	149.8
1997			87	100	135	138.4	148.8	174.6
1998				40	59.2	66.6	78.2	78.2
2005				41.2	52.2	64	90.2	99.6
2006				22.8	36.4	66.2	94.4	152.6
2007				29.4	30.4	40.2	40.2	40.6
2008				44	64	64	67	70.2
2009				30	48	54	76	101.4

Tabella I

Data la natura e la consistenza dei campioni disponibili, l'andamento delle piogge intense di breve durata è stato allora ricostruito attraverso l'analisi delle precipitazioni di durata pari a

10, 15, 20 e 30 minuti che rappresentano i campioni più consistenti e affidabili tra quelli con durata inferiori a 1 ora.

Tali valori hanno fornito la base dell'analisi probabilistica finalizzata alla determinazione delle curve segnalatrici di probabilità pluviometrica per diversi tempi di ritorno.

Le elaborazioni sono state condotte regolarizzando le altezze di pioggia massime annuali per ciascuna durata utilizzando diverse leggi probabilistiche ed individuando quella che meglio si adattasse a rappresentare il fenomeno.

In particolare, sono state utilizzate la distribuzione asintotica del massimo valore del tipo I (di Gumbel), la distribuzione log-normale a due parametri (di Galton) e la distribuzione Gamma a due parametri (di Pearson).

Al fine di identificare la distribuzione teorica che porge globalmente la miglior regolarizzazione dei campioni sperimentali si è eseguito il test d'adattamento del chi-quadro (o di Pearson).

Dall'analisi dei risultati dei test è emerso che le tre distribuzioni risultano sostanzialmente equivalenti, risultando la probabilità di superamento della variabile  $\chi^2$  superiore a 0.05 (livello di significatività del test, corrispondente alla probabilità di rifiutare l'ipotesi giusta) in tutti i casi esaminati.

Si è pertanto adottata la legge di distribuzione che per ciascuna durata porge il valore di  $\chi^2$  inferiore.

Verificata la bontà dell'adattamento delle leggi probabilistiche adottate ai valori storici osservati sono state costruite le curve di probabilità pluviometrica per diversi periodi di ritorno nella forma:

$$h = a \cdot t^n$$

dove  $h[mm]$  rappresenta l'altezza di pioggia per la durata  $t[ore]$  dell'evento, mentre  $a$  ed  $n$  sono parametri rappresentativi della stazione.

I valori di  $a$  e di  $n$  sono stati ricavati per i tempi di ritorno di 2, 5, 10, 20, 50, 100, 200 anni mediante interpolazione ai minimi quadrati dei valori di  $h[mm]$  al variare della durata  $t[ore]$  per un prefissato valore di  $T[anni]$ .

In particolare sono stati ricavati due diversi valori  $n_1$  e  $n_2$  del parametro  $n$  validi per durate rispettivamente inferiori e superiori ad 1 ora, mantenendo inalterato il valore del parametro  $a$ .

In Tabella II sono riportate in forma numerica tali curve per i diversi periodi di ritorno con evidenziati i valori dei parametri  $a$ ,  $n_1$  ed  $n_2$ .

<b>t</b> [minuti]	<b>5</b> [anni]	<b>10</b> [anni]	<b>20</b> [anni]	<b>50</b> [anni]	<b>100</b> [anni]	<b>200</b> [anni]	<b>500</b> [anni]
5	16.0	18.5	20.9	24.1	26.4	28.8	31.9
10	23.7	27.8	31.7	36.7	40.5	44.2	49.2
15	29.9	35.2	40.3	47.0	51.9	56.9	63.4
20	35.2	41.7	47.9	55.9	62.0	68.0	75.9
25	39.9	47.5	54.7	64.1	71.1	78.0	87.2
30	44.3	52.8	61.0	71.6	79.5	87.4	97.8
35	48.4	57.8	66.9	78.6	87.4	96.1	107.7
40	52.2	62.5	72.5	85.3	94.9	104.4	117.1
45	55.8	67.0	77.7	91.6	102.0	112.4	126.0
50	59.3	71.3	82.8	97.7	108.8	120.0	134.6
55	62.6	75.4	87.6	103.5	115.4	127.3	142.9
60	65.8	79.3	92.3	109.1	121.7	134.3	150.9
70	71.8	86.8	101.2	119.9	133.9	147.8	166.2
80	77.5	93.9	109.6	130.0	145.3	160.5	180.6
90	82.8	100.6	117.6	139.7	156.2	172.7	194.5
100	88.0	107.0	125.3	148.9	166.7	184.4	207.7
110	92.9	113.1	132.6	157.8	176.7	195.6	220.5
120	97.6	119.0	139.7	166.4	186.4	206.4	232.8
130	102.1	124.8	146.5	174.7	195.9	216.9	244.8
140	106.5	130.3	153.1	182.8	205.0	227.1	256.4
150	110.8	135.7	159.6	190.6	213.9	237.1	267.7
160	115.0	140.9	165.9	198.2	222.5	246.8	278.8
170	119.0	146.0	172.0	205.7	231.0	256.2	289.5
180	122.9	151.0	177.9	213.0	239.2	265.5	300.1
360	182.5	226.6	269.2	324.7	366.4	408.0	463.1
720	270.8	340.1	407.3	495.0	561.1	627.1	714.5
1440	401.9	510.5	616.2	754.7	859.3	963.9	1102.6
<b>a</b>	65.76	79.31	92.31	109.14	121.75	134.31	150.88
<b>n1</b>	0.570	0.586	0.597	0.608	0.615	0.620	0.626
<b>n2</b>	0.364	0.373	0.378	0.383	0.386	0.388	0.391

Tabella II

### 3 METODOLOGIE DI CALCOLO

#### 3.1 CALCOLO DELLE PORTATE DI DEFLUSSO

Il calcolo delle portate di deflusso per diversi periodi di ritorno è stato effettuato tramite il metodo dell'invaso con riferimento ai sottobacini in cui è stata suddivisa l'area drenante gravante sulla linea ferroviaria.

Per il calcolo del coefficiente udometrico  $u$  è stata utilizzata la formula di Puppini:

$$u = 2168 \cdot n_0 \cdot \frac{(\phi \cdot a)^{1/n_0}}{W^{(1-n_0)/n_0}} \quad [l/s \cdot ha]$$

dove i termini rappresentati assumono il seguente significato:

$n_0 = 4/3 \cdot n$ , essendo  $n$  l'esponente della curva di probabilità pluviometrica

$W$  = volume specifico d'invaso ( $m^3/m^2$ )

$\phi$  = coefficiente di deflusso

$a$  = coefficiente della curva di probabilità pluviometrica

Il volume specifico d'invaso è stato assunto pari alla somma dei seguenti contributi:

- volume proprio d'invaso relativo alla portata contenuta direttamente nei manufatti di smaltimento (collettori, canalette, griglie);
- volume dei piccoli invasi superficiali, determinato dalla presenza di un velo d'acqua sulle superfici afferenti ai sistemi di smaltimento.

Il volume proprio d'invaso è stato definito sulla base delle caratteristiche geometriche dei diversi manufatti, considerando un grado di riempimento pari a circa il 70% della sezione piena.

Per il calcolo del volume dei piccoli invasi superficiali, è stato considerato uno spessore del velo d'acqua pari a 3 mm.

#### 3.2 VERIFICA E DIMENSIONAMENTO IDRAULICO

La verifica idraulica della canaletta esistente, considerando il suo andamento altimetrico, costituito da una successione di brevi tratti collegati da salti, è stata condotta, in via cautelativa, calcolando la profondità critica in corrispondenza della soglia di questi ultimi, attraverso la:



$$Y_c = \sqrt[3]{\frac{Q^2}{g \cdot b^2}}$$

dove  $Q[m^3/s]$  è la portata di progetto,  $g[m^2/s]$  è l'accelerazione di gravità e  $b[m]$  è la larghezza della canaletta.

La verifica e il dimensionamento idraulico dei collettori fognari esistenti e in progetto sono stati effettuati tramite le usuali formulazioni per la determinazione della profondità di moto uniforme per le correnti a pelo libero mediante la formula:

$$Q = \chi \cdot A \cdot \sqrt{R \cdot i_f}$$

dove,  $C$  è il coefficiente di attrito,  $A[m^2]$  l'area della sezione liquida,  $R[m]$  il raggio idraulico,  $i_f$  la pendenza del fondo.

Per il calcolo di  $C$  è stata adottata la formula di Marchi che rappresenta un'estensione alle correnti a pelo libero della formula di Colebrook:

$$C = -5.75 \cdot \log \left( \frac{C}{Re} + \frac{\varepsilon}{13.3 R} \right)$$

dove  $\varepsilon [mm]$  è la scabrezza assoluta (altezza equivalente di sabbia),  $Re$  è il numero di Reynolds, e  $R[m]$  è il raggio idraulico.

Nel caso in esame è stato adottato cautelativamente un valore della scabrezza equivalente  $\varepsilon = 1 \text{ mm}$  per tenere conto delle eventuali incrostazioni dovute al servizio corrente per più anni e della maggior resistenza al deflusso a causa della presenza di corpi solidi trasportati, disturbi dovuti ad immissioni laterali, cambiamenti di direzione ecc.

## **4 STATO ATTUALE**

### **4.1 INQUADRAMENTO GENERALE**

La ferrovia a cremagliera Principe - Granarolo ha uno sviluppo complessivo, misurato sul piano del ferro, di 1130 m circa e supera un dislivello di 192 m tra la stazione di Principe (27 m s.l.m.) e la stazione di Granarolo (219 m s.l.m.); le pendenze sul piano del ferro variano tra l'8% e il 22% circa.

Oltre alle stazioni d'arrivo e partenza sono presenti quattro stazioni intermedie.

La linea interferisce con la viabilità comunale in corrispondenza di Salita San Rocco (passaggio pedonale) e via B. Bianco (strada carrabile); sono presenti, oltre alle scalinate d'accesso alle fermate di Chiassaiuola e Cambiaso, anche una serie di accessi privati.

La sede ferroviaria si sviluppa a mezza costa lungo un versante che risulta naturale, privo d'insediamenti, nel tratto iniziale della linea e, procedendo verso valle, via via sempre più urbanizzato soprattutto nella parte terminale, da via Bari al capolinea di Principe.

La regimazione dei deflussi superficiali lungo la sede ferroviaria avviene mediante una canaletta in calcestruzzo che si sviluppa parallela alla linea lato monte, dalla stazione di Granarolo fino alla fermata di Salita San Rocco.

Il manufatto ha una larghezza interna di circa 0.4 m, altezza netta interna variabile da 0.2 a 0.35 m e spessore dei muretti di sponda di 0.15 m; al fine di diminuirne la pendenza, lungo tutto il percorso, sono disposti salti di fondo ad interasse variabile da 2 a 3.3 m.

In corrispondenza d'ogni salto è stato realizzato un dente in calcestruzzo (0.12÷0.13 m d'altezza e 0.15 m di spessore) al fine di creare una zona di "volume morto" all'interno della canaletta, per il trattenimento del trasporto solido di piena; lo smaltimento del deflusso di magra avviene attraverso un foro praticato alla base del dente che scarica nel tratto successivo di canaletta, a valle del salto.

La canaletta raccoglie l'acqua proveniente da una serie di griglie trasversali, poste ad interasse di circa 30 m lungo tutto il tratto a monte di Salita San Rocco; le griglie intercettano il ruscellamento superficiale della sede ferroviaria e drenano le acque del "ballast".

Il sistema di drenaggio della linea raccoglie anche le acque drenate dal versante naturale e quelle incanalate lungo le vie di scorrimento preferenziali rappresentate da strade, scalinate e muri di sostegno, presenti lungo tutto il tratto fortemente urbanizzato.

## 4.2 DESCRIZIONE TRATTO VIA BARI - PRINCIPE

Il tratto della linea da via Bari a Principe ha uno sviluppo complessivo di 430 m circa; la zona attraversata è fortemente urbanizzata, con l'esclusione di un'area verde ubicata a monte del tracciato, subito a valle della fermata di via Bari.

L'area drenata dalla canaletta in corrispondenza dell'intersezione con Salita San Rocco è circa 11185 m<sup>2</sup>, mentre gli ultimi 130 m circa di linea, non dotati di canaletta, drenano una superficie scolante pari a circa 2180 m<sup>2</sup>.

La canaletta di raccolta delle acque termina in corrispondenza della fermata di Salita San Rocco che, dopo aver attraversato la sede ferroviaria, prosegue fino al capolinea di Principe parallela alla linea lato valle.

In Salita San Rocco, prima dell'intersezione con la sede ferroviaria, sono presenti alcune caditoie che dovrebbero intercettare e convogliare nel canale il ruscellamento della sede stradale, tuttavia quest'ultimo trova sfogo in gran parte lungo la sede ferroviaria che, negli ultimi 130 m circa, non è dotata di sistema di regimazione delle acque meteoriche, ad eccezione di una griglia di captazione trasversale posta in corrispondenza del capolinea di Principe.

### 4.3 VERIFICHE IDRAULICHE

In tabella III sono riportati i parametri idrologici e la portata con associato tempo di ritorno di 10 anni, riferiti alle sezioni di chiusura della ferrovia ubicate in corrispondenza della fermata di via Bari, dell'attraversamento di Salita San Rocco e del capolinea di Principe.

In particolare, le portate sono distinte tra quelle relative alla canaletta ed alla tubazione, dal momento che la canaletta drena unicamente la porzione di superficie compresa tra uno scarico e l'altro, mentre la tubazione drena tutta la superficie.

Punto di consegna	Lunghezza canaletta [m]	n° caditoie trasversali [-]	Superficie drenata dalla canaletta [m <sup>2</sup> ]	Superficie drenata dalla tubazione	Portata canaletta	Portata tubazione [l/s]
Bari - Centurione	241	7	5700	-	100	-
Centurione - S. Rocco	132	6	5485	11185	103	205
S. Rocco - Principe	-	3	-	13365	-	327

Tabella III

La verifica della canaletta ha mostrato che la massima portata contenibile entro le sponde risulta circa 157 l/s, mentre la portata smaltibile con un franco del 70% è pari a circa 100 l/s, a cui corrispondono altezze del pelo libero pari a circa 18 cm.

## 5 INTERVENTI PREVISTI

### 5.1 DESCRIZIONE DEGLI INTERVENTI PREVISTI

Gli interventi previsti per l'adeguamento del sistema di smaltimento delle acque meteoriche della linea recepiscono in parte quanto già esposto nello *Studio del sistema di smaltimento delle acque meteoriche della ferrovia a dentiera Principe-Granarolo* (redatto dallo scrivente nell'ottobre 1999) e tengono conto delle raccomandazioni contenute nella lettera (N° 412/029 del 22/01/2001) inviata da Genova Acque all'*Assessorato alla politica delle acque e dei servizi a rete*, in risposta alla richiesta di adeguamento della rete fognaria comunale da parte di AMT.

Il presente progetto riguarda il tratto di linea ferroviaria da via Bari a Principe, con punto di recapito nel rio Lagaccio.

Sono stati individuati una serie di interventi volti all'adeguamento del sistema complessivo di smaltimento delle acque meteoriche, con alleggerimento degli attuali collettori di recapito finale delle acque.

Gli interventi previsti si possono così sintetizzare:

- mantenimento dell'attuale assetto del sistema di drenaggio della linea ferroviaria costituito dalla canaletta laterale lato monte e da una serie di caditoie trasversali alla linea costituite da vasche con griglie collegate alla stessa canaletta;
- risanamento complessivo dell'intera rete mediante la pulizia delle griglie trasversali e della canaletta;
- realizzazione di un collettore posto al di sotto della sede ferroviaria, della lunghezza di 134 m dalla stazione di Centurione alla stazione di Salita San Rocco, circa 50 m a monte rispetto al capolinea di Principe, di diametro Ø 315 in PVC tipo SN 4 SDR 41;
- realizzazione, lungo il collettore della linea ferroviaria di 2 pozzetti di collegamento fra quest'ultimo e la canaletta, mediante condotta in PVC di diametro Ø 250, per consentire il progressivo scarico della portata invasata e mantenere le quote del pelo libero al di sotto del bordo libero della stessa;
- realizzazione, lungo il collettore della linea ferroviaria, di 14 pozzetti d'ispezione e dissipazione dell'energia della corrente;
- realizzazione di 4 nuove caditoie trasversali lungo il tratto ferroviario a valle di Salita San Rocco di cui 3 collegate al collettore Ø 315 mediante 3 pozzetti e 1 direttamente alla vasca esistente in corrispondenza del capolinea-Principe.

## 5.2 VERIFICHE IDRAULICHE

In tabella III sono riportati i parametri idrologici e la portata con associato tempo di ritorno di 10 anni, riferiti alle sezioni di chiusura della ferrovia ubicate in corrispondenza della fermata di via Bari, dell'attraversamento di Salita San Rocco e del capolinea di Principe.

In particolare, le portate sono distinte tra quelle relative alla canaletta ed alla tubazione, dal momento che la canaletta drena unicamente la porzione di superficie compresa tra uno scarico e l'altro, mentre la tubazione drena tutta la superficie a monte.

Punto di consegna	Lunghezza canaletta [m]	n° caditoie trasversali [-]	Superficie drenata dalla canaletta [m <sup>2</sup> ]	Superficie drenata dalla tubazione	Portata canaletta	Portata tubazione [l/s]
Bari - Centurione	241	7	5700	-	100	-
Centurione - S. Rocco	132	6	5485	11185	103	205
S. Rocco - Principe	-	3	-	13365	-	327

Tabella IV

La verifica della canaletta ha mostrato che la massima portata contenibile entro le sponde risulta circa 157 l/s, mentre la portata smaltibile con un franco del 70% è pari a circa 100 l/s, a cui corrispondono altezze del pelo libero pari a circa 18 cm.

La sezione della canaletta che risulta più critica ai fini del deflusso, è quella in corrispondenza dei salti di fondo con altezza interna netta pari a 25 cm.

La realizzazione di due scarichi lungo la linea, mediante condotta Ø 250 in PVC, permette di mantenere un franco minimo di sicurezza superiore al 30% nella canaletta, dal momento che, vista la natura turbolenta del deflusso, le quote di scorrimento potrebbero risultare localmente maggiori del livello teorico del pelo libero.

In Tabella IV si riportano le caratteristiche geometriche, in termini di superfici drenanti e le verifiche della canaletta, mentre in Tabella V quelle della tubazione.

La corretta ubicazione dei punti di scarico della canaletta sono stati valutati in base alla massima portata invasabile dalla stessa; il primo scarico è previsto circa 70 m a valle della fermata Centurione e il secondo circa 134 m a valle di quest'ultima.

BARI - CENTURIONE		
<i>Dati</i>		<i>Risultati</i>
Lunghezza canaletta	241 m	W= 0.0111 m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup>
Numero caditoie	7	u= 175 l/s ha
Superficie versante	5700 m <sup>2</sup>	<b>Q= 100 l/s</b>

CENTURIONE - SAN ROCCO		
<i>Dati</i>		<i>Risultati</i>
Lunghezza canaletta	132 m	W= 0.0086 m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup>
Numero caditoie	6	u= 188 l/s ha
Superficie versante	5485 m <sup>2</sup>	<b>Q= 103 l/s</b>

Tabella V

CENTURIONE - SAN ROCCO		
<i>Dati</i>		<i>Risultati</i>
Lunghezza tubazione	134 m	W= 0.0094 m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup>
Numero caditoie	6	u= 184 l/s ha
Superficie versante	11185 m <sup>2</sup>	<b>Q= 205 l/s</b>

SAN ROCCO - PRINCIPE		
<i>Dati</i>		<i>Risultati</i>
Lunghezza tubazione	81 m	W= 0.0034 m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup>
Numero caditoie	3	u= 245 l/s ha
Superficie versante	13365 m <sup>2</sup>	<b>Q= 327 l/s</b>

Tabella VI

A valle di Salita San Rocco, lungo gli ultimi 130 m circa della ferrovia, come già evidenziato nella descrizione dello stato attuale, la canaletta si interrompe e le acque di drenaggio meteorico scorrono lungo la massiciata fino ad una griglia di captazione trasversale posta in corrispondenza del capolinea di Principe.

In questo tratto, nei primi 80 m fino al pozzetto di scarico nel rio Lagaccio, è prevista la realizzazione di tre griglie trasversali (con caratteristiche analoghe a quelle esistenti lungo il tratto di monte), collegate alla nuova tubazione al fine di drenare le acque meteoriche di tale zona. La restante superficie di circa 1700 m<sup>2</sup> va a scaricare nella vasca situata in corrispondenza del capolinea di Principe, grazie all'inserimento di un'ulteriore caditoia trasversale 25 m a monte del capolinea.

Le tabelle mostrano che per il corretto smaltimento delle acque meteoriche della linea ferroviaria (T = 10 anni) occorre la realizzazione di un collettore Ø 315 per xxx m, a valle della

fermata di Centurione e fino al pozzetto a monte del capolinea della funicolare, in grado di smaltire la portata massima di circa 327 l/s con un rapporto d'invaso di circa 0.7.

In conclusione, risulta che per il corretto smaltimento delle acque meteoriche sia necessaria una tubazione  $\varnothing$  315 lungo tutto il tratto a valle della fermata di Centurione fino al pozzetto a monte del capolinea di Principe, in grado di smaltire nella sezione di chiusura una portata di 327 l/s, caratterizzata da un rapporto di invaso pari a circa il 70%.



## 6 INVARIANZA IDRAULICA

La Normativa di riferimento in merito all'invarianza idraulica è costituita dal Piano Urbanistico Comunale (PUC) del Comune di Genova<sup>1</sup>.

In particolare, nell'articolo 14 comma 3 delle Norme Generali si riporta quanto segue.

Nella realizzazione di tutti i tipi di intervento si deve minimizzare l'impermeabilizzazione attraverso l'uso più esteso possibile di materiali che permettano la percolazione e la ritenzione temporanea delle acque nel terreno. Gli interventi edilizi di sostituzione edilizia, di nuova costruzione, con esclusione degli ampliamenti volumetrici, o di sistemazione degli spazi liberi di cui all'art. 13), comma 4. lett. e) nonché per la realizzazione di serre, devono garantire il miglioramento dell'efficienza idraulica, nel rispetto delle disposizioni di seguito definite. L'efficienza idraulica delle aree viene valutata attraverso il calcolo del Rapporto di permeabilità, per il quale vengono fornite le definizioni tecniche necessarie al corretto calcolo di detto rapporto.

- Superficie di riferimento (Sr)

La superficie di riferimento o lotto di intervento è costituita dal complesso degli immobili nella disponibilità del richiedente, riferita su base catastale ai mappali oggetto dell'intervento; il perimetro di detta superficie e la sua estensione areale devono sempre essere riportati in apposita planimetria in scala, nella documentazione a corredo del progetto.

- Superficie permeabile (Sp)

La superficie permeabile è la porzione della superficie di riferimento lasciata a terreno naturale o trattata con sistemazioni superficiali in grado di garantire l'infiltrazione e/o la detenzione di parte delle acque meteoriche che precipitano su di essa; il contributo alla permeabilità e all'efficienza della detenzione di ciascuna superficie deve essere quantificato in ragione del "coefficiente di deflusso" caratteristico delle varie tipologie di superficie considerate.

- Coefficiente di deflusso ( $\Psi$ )

Il coefficiente di deflusso, espresso mediante la lettera greca  $\Psi$  (psi), rappresenta, per una determinata superficie, il rapporto tra l'acqua piovana che viene rilasciata verso il corpo ricettore e l'intero volume d'acqua piovana che viene captato dalla superficie in uno specifico intervallo di tempo. Il coefficiente  $\Psi$  varia tra 0 e 1.

- Superficie Permeabile Equivalente (Spe)

Si definisce superficie permeabile equivalente il contributo (valutato sempre in termini di superficie) che ciascuna porzione di superficie permeabile (Sp) fornisce alla permeabilità, considerando il relativo coefficiente di deflusso caratteristico della porzione considerata.

---

<sup>1</sup> Ultimo aggiornamento approvato a febbraio 2023

- Rapporto di permeabilità (Rp) Per rapporto di permeabilità si intende il rapporto, espresso in percentuale, tra la Superficie permeabile equivalente (Spe) calcolata sommando i contributi di ciascuna tipologia di superficie permeabile considerata e la Superficie di riferimento (Sr).

Per tutti gli Ambiti e i Distretti, fatte salve specifiche prescrizioni di cui alle norme di conformità e congruenza, qualora siano previsti interventi di sostituzione edilizia, nuova costruzione o di sistemazione degli spazi liberi di cui all'art. 13), comma 4. lett. e), deve essere garantito il rispetto di un Rp secondo le seguenti disposizioni assunte per il principio dell'invarianza dell'efficienza idraulica. Il valore minimo di Rp da rispettare a progetto varia secondo il valore di Rp nella situazione attuale delle aree (situazione ex ante), in particolare:  
 $R_p = R_{p_{ex\ ante}}$  qualora  $R_{p_{ex\ ante}}$  maggiore o uguale al 70%  
 $R_p = 70\%$  qualora  $R_{p_{ex\ ante}}$  minore del 70%

Il mantenimento o il miglioramento dell'efficienza idraulica viene valutato dal confronto di Rp nella situazione di progetto (situazione ex post) che deve sempre risultare maggiore o uguale al valore minimo del Rp prima definito.

$$R_{p_{ex\ post}} \geq R_p$$

Il bilancio di Rp può essere ottenuto oltre che attraverso le diverse tipologie di superfici previste a progetto (qualità del progetto) anche mediante l'adozione di sistemi di ritenzione temporanea delle acque meteoriche (vasche di laminazione) ai quali possono essere recapitati i deflussi delle superfici impermeabili o parzialmente permeabili (Spe) previsti a progetto.

In tal caso si tratta di un intervento superficiale che non modifica il rapporto tra le superfici permeabili e impermeabili tra stato attuale e di progetto. Infatti, nello stato di progetto non si ha un aumento delle superfici impermeabili, di conseguenza si ha che  $R_{p_{ex\ post}} \geq R_p$ .

Inoltre, lungo la rete di drenaggio delle acque meteoriche della cremagliera sono ad oggi presenti delle vasche di laminazione ed è previsto il posizionamento di tre ulteriori vasche, al fine di ottenere un maggior effetto di invaso e laminazione prima di essere immesse nella rete drenaggio.

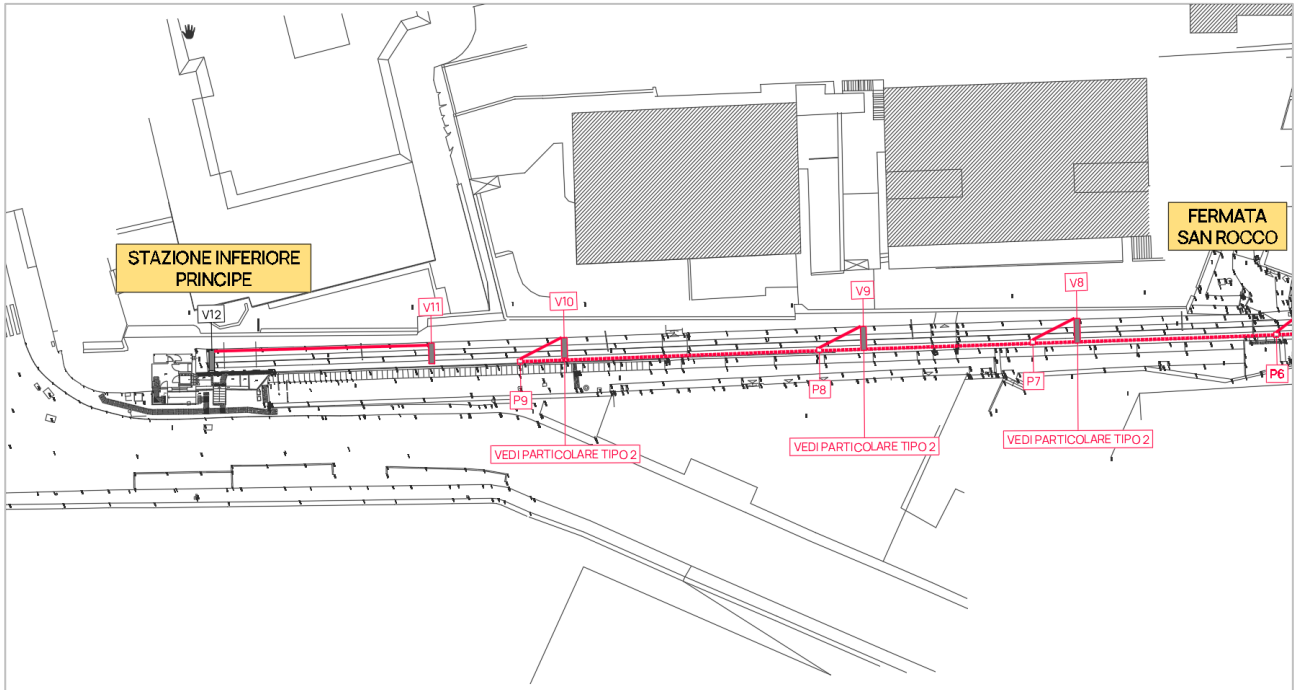


Figura 6-1 – Planimetria con indicazione delle tre nuove vasche di laminazione

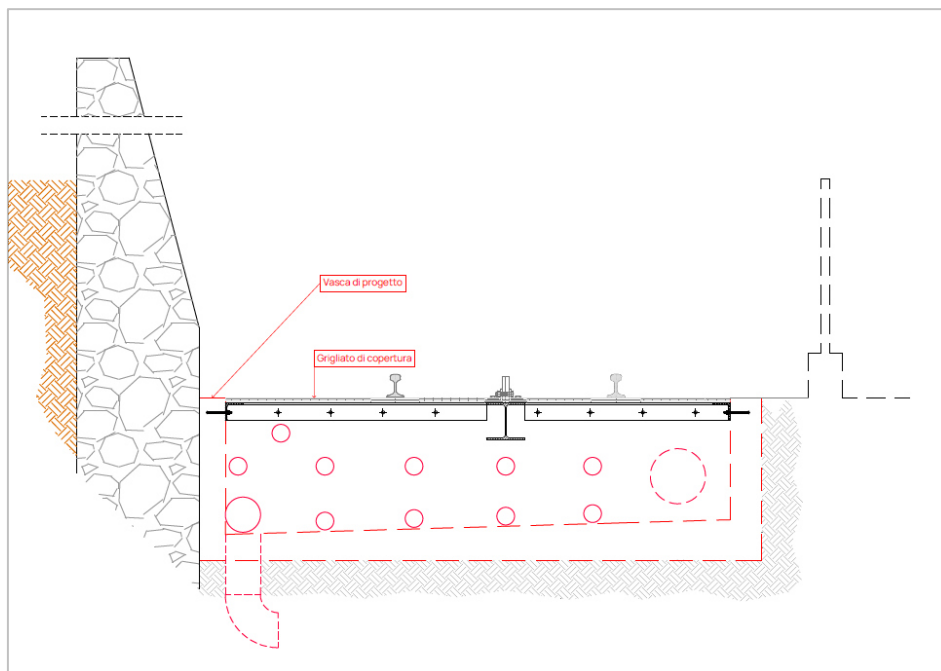


Figura 6-2 – Particolare delle tre nuove vasche di laminazione

Allo stato attuale le acque di drenaggio di questo tratto della cremagliera vengono convogliate nel rio Carbonara, dal momento che è già stato predisposto lo scarico nel Carbonara stesso, pertanto, le acque meteoriche drenate dalla superficie di questo tratto della cremagliera non gravano sulla fognatura comunale esistente, bensì sono indipendenti da essa.

In conclusione, per quanto concerne l'invarianza idraulica dell'area, nel caso in esame non occorre condurre valutazioni specifiche in merito, dal momento che:

- Non si ha una variazione delle superfici permeabili e impermeabili tra stato attuale e stato di progetto, pertanto si ha che  $R_{p_{\text{ex post}}} \geq R_p$ ;
- Sono presenti vasche di laminazione lungo la rete di drenaggio e sono previste ulteriori tre vasche, al fine di aumentare l'effetto di laminazione sulla rete di drenaggio;
- Le acque meteoriche sono state oggetto di regimazione ormai da tempo e vengono convogliate nel rio Carbonara, senza gravare sulle direttrici fognarie comunali.