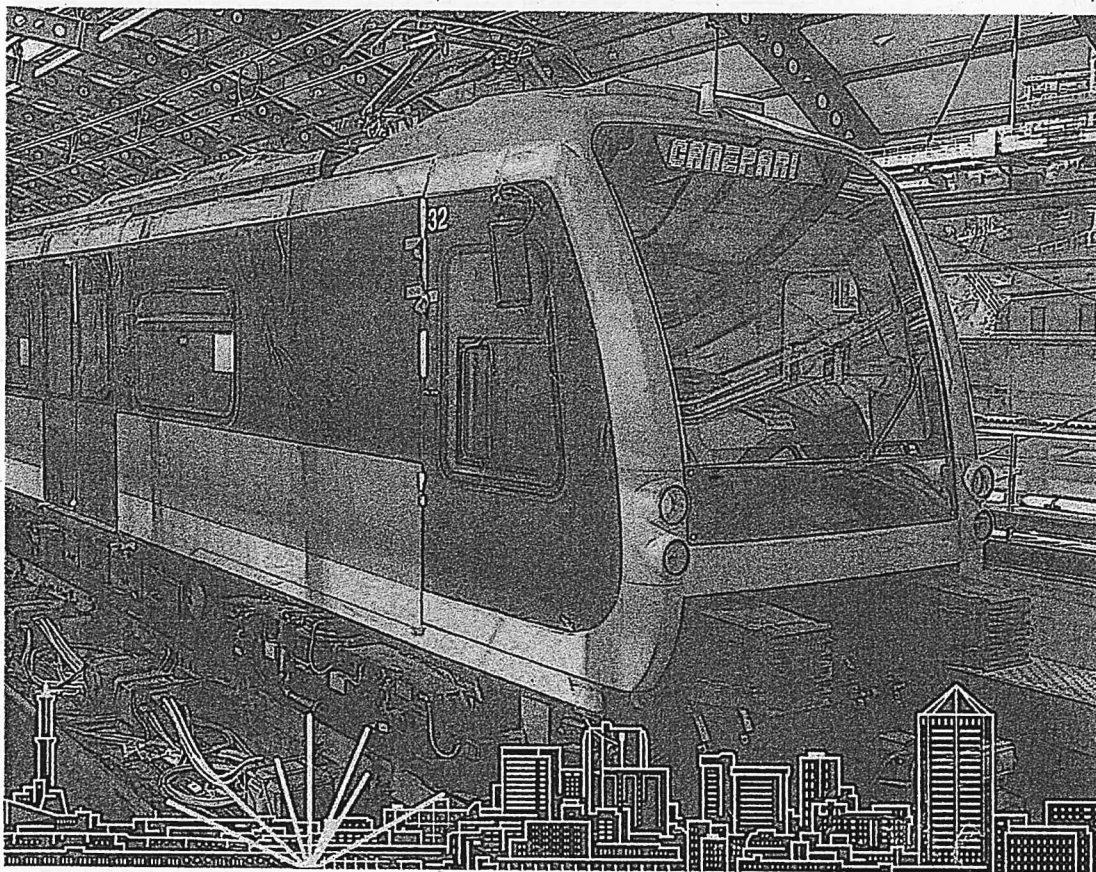




METROPOLITANA DI GENOVA

Opere di prolungamento della tratta da BRIN a CANEPARI

PROGETTO DEFINITIVO



STUDI E INDAGINI STUDIO IDRAULICO RIO MALTEMPO

Commessa	Fase	Lotto	Disciplina	WBS	Tipo	Numero	Foglio	Rev. Esterna
MGE1	PD	LG	IDR	COM	R	002	00	A



Rev.	Descrizione	Nome		Data	Firma
A	Prima emissione	Redatto	D. Cerlini	06/03/2020	
		Verificato	D. Canestrelli	06/03/2020	
		Approvato	A. Sanna	06/03/2020	
		Autorizzato	P. Marchetti	06/03/2020	
B		Redatto			
		Verificato			
		Approvato			
		Autorizzato			
C		Redatto			
		Verificato			
		Approvato			
		Autorizzato			
D		Redatto			
		Verificato			
		Approvato			
		Autorizzato			



INDICE

1.	PREMESSA	6
1.	INQUADRAMENTO TERRITORIALE	8
2.	CARATTERISTICHE DEI BACINI	12
2.1	PREMESSA	12
2.2	IL RIO MALTEMPO	12
3.	RILIEVO TOPOGRAFICO FEBBRAIO 2020	14
4.	VERIFICHE IDRAULICHE	17
4.1	MODELLO DI SIMULAZIONE	17
4.1.1	LO SCHEMA NUMERICO	17
4.1.2	CONDIZIONI AL CONTERNO	19
4.2	ANALISI DELLO STATO DI FATTO	20
4.3	PRIME VALUTAZIONI SULL'ASSETTO DI SISTEMAZIONE DEL RIO MALTEMPO	24
5.	CONCLUSIONI	25



INDICE DELLE FIGURE

Figura 2.1: Stralcio cartografico non in scala estratto dalla Carta del reticolo idrografico estratta dal P.d.B. del Torrente Polcevera con ubicazione dell'area in esame	8
Figura 2.2: Via Benedetto Brin	9
Figura 2.3: Via S. Bartolomeo della Certosa	9
Figura 2.4: Via Mansueto – Piazzetta delle Penne Nere	9
Figura 2.5: Via Mansueto – P.le Bruno Palli	9
Figura 2.6: P.le Bruno Palli – via T. Tasso	9
Figura 2.7: Via Sergio Piombelli	9
Figura 2.8: Immissione rio Maltempo in sponda sinistra Polcevera	10
Figura 2.9: Immissione rio Zella in sponda sinistra Polcevera	10
Figura 2.10: Stralcio cartografico rielaborato con qGis alla scala 1:5.000 ed estratto dalla Carta delle fasce di inondabilità del P.d.B. del torrente Polcevera con ubicazione dell' area in esame	11
Figura 3.1: Piano di Bacino del T. Polcevera – Stralcio carta del reticolo idrografico	13
Figura 3.2: Estratto cartografia catastale	13
Figura 4.1: Restrignimento in corrispondenza della sezione S6 di rilievo circa 60 m a valle dell'imbocco della tombinatura, immediatamente a valle del civico 11 di via Piombelli	15
Figura 4.2: Restrignimento in prossimità della sezione S22 di rilievo circa 380 a valle dall'imbocco della tombinatura, immediatamente a valle dell'esistente linea FS ed immediatamente a monte di via Canepari	15
Figura 4.3: Scansione S039 – vista verso valle	16
Figura 4.4: Scansione S039 – vista verso monte	16
Figura 4.5: Scansione S040 – vista verso valle	16
Figura 4.6: Scansione S040 – vista verso monte	16
Figura 4.7: Scansione S041 – vista verso valle	16
Figura 4.8: Scansione S041 – vista verso monte	16
Figura 4.9: Scansione S042 – vista verso valle	16
Figura 4.10: Scansione S042 – vista verso monte	16
Figura 5.1: Planimetria modello di calcolo con ubicazione delle sezioni di rilievo	20
Figura 5.2: Bauletto in corrispondenza della sezione S24 (Scansione S041 – vista verso monte)	20
Figura 5.3: Attraversamento condotta c/o sezione S25 (Scansione S042 – vista verso monte)	20
Figura 5.4: Profilo longitudinale per una portata di 8 mc/s	21
Figura 5.5: Profilo longitudinale per una portata di 11 mc/s	22
Figura 5.6: Profilo longitudinale per una portata di 11 mc/s – dettaglio profilo in corrispondenza delle sezz. S21 – S26 (zona di attraversamento futura linea metropolitana, esistente linea FF.SS e via Canepari) in assenza di vincoli di sottoservizi	22
Figura 5.7: Profilo longitudinale per un evento di piena T200	23

INDICE DELLE TABELLE

Tabella 5.1: Portate al colmo calcolate con la metodologia CIMA del Piano di Bacino per il Rio Maltempo

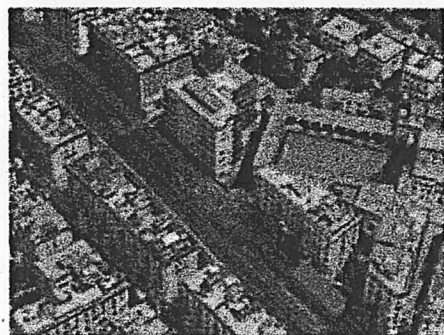
19

1. PREMESSA

La presente relazione rappresenta lo studio idraulico del rio Maltempo nell'ambito della Progettazione Definitiva connessa al prolungamento della metropolitana di Genova nella tratta da Brin a via Canepari, Lotto 1.



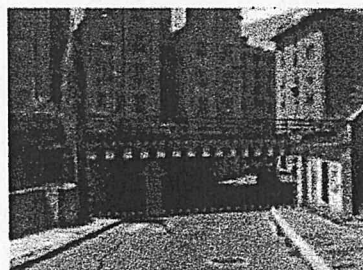
Il progetto di prolungamento, di sviluppo complessivo di circa 750 m, porterà alla realizzazione di una piattaforma composita formata dai due binari ferroviari esistenti e due binari metro, previo allargamento dell'esistente rilevato verso est, ove necessario.

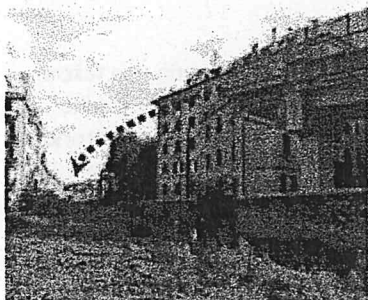


A tal fine si procederà all'estensione della piattaforma della metropolitana oltre il limite dell'attuale piattaforma ferroviaria, con conseguente necessità di acquisizione di alcune aree esterne.

È prevista la demolizione di un fabbricato nella zona di connessione con l'esistente linea e la dismissione di alcune aree adibite a parcheggio nella zona di via Vedovi – via Mansueto.

La permeabilità Est-Ovest attraverso il rilevato ferroviario è attualmente garantita da alcuni sottovia, peraltro sistematicamente oggetto di allagamento da parte del reticolo minore con conseguente interruzione della viabilità, che saranno oggetto di intervento nell'ambito dell'ampliamento dell'esistente piattaforma per l'inserimento dei binari di prolungamento della linea metropolitana.





Il prolungamento verrà realizzato mediante connessione con la linea della metropolitana esistente, attraverso un nuovo viadotto a partire da via Brin, ove risulta presente un viadotto attualmente adibito a tronchino di inversione. Tale elemento, caratterizzato da un andamento planimetrico curvilineo e differenza di quota tra ferrovia e metropolitana pari a circa 9 m, verrà adeguato per consentire la prosecuzione verso Rivarolo, in affiancamento alla linea ferroviaria.

In relazione agli aspetti idraulici connessi alla realizzazione del progetto, si evidenzia come la nuova infrastruttura si collocherà nell'ambito delle aree afferenti al bacino e sottobacini del T. Polcevera, sinistra idraulica, ma non interessando direttamente aree di perimetrazione e di rischio ad oggi individuate nell'ambito del *Piano di Bacino* della Città Metropolitana di Genova.

Nell'ambito della progettazione della nuova linea è risultato tuttavia necessario approfondire lo stato, e potenziale interferenza, dei bacini minori posti a levante rispetto alla infrastruttura, e del relativo reticolo di scolo.

Fra questi si richiamano, in questa sede, il rio Maltempo, il rio Zella, il rio Bercilli ed alcuni interbacini urbani, tutti recapitanti in Polcevera, allo stato attuale caratterizzati da una elevata condizione di criticità idraulica, secondo quanto rilevato nella documentazione di *Piano* (pur con il livello di dettaglio della pianificazione a scala di bacino) e testimoniato dai numerosi eventi alluvionali anche recenti.

Tale reticolo è peraltro attualmente oggetto di indagini e studi da parte degli Enti competenti, in particolare il Comune di Genova, con i quali, nell'ambito della presente attività, sono stati avviati dagli scriventi i contatti per una preliminare valutazione compatibilità dell'opera, nel quadro degli interventi di riassetto da attuarsi a risoluzione delle sopra citate criticità da parte dei diversi Soggetti preposti: Regione Liguria, Città Metropolitana, Comune, ecc...

Nell'ambito del presente documento, a partire dal rilievo topografico di dettaglio effettuato dagli scriventi nel febbraio 2020, viene sviluppato lo studio idraulico del rio Maltempo, principale ramo del reticolo idraulico interferente con l'infrastruttura in progetto.

In particolare, a partire dallo studio idrologico del corso d'acqua effettuato dagli scriventi nel luglio 2019 e sulla base del rilievo allo scopo effettuato, viene effettuato, con ausilio di modelli matematici, lo studio idraulico del rio finalizzato alla definizione delle attuali officiosità e criticità idrauliche.

Sulla base dei criteri di Piano di Bacino vengono quindi delineate alcune ipotesi per la sistemazione del corso d'acqua, da valutare congiuntamente con l'Autorità Idraulica competente, finalizzate alla mitigazione del rischio e messa in sicurezza del territorio e, specificatamente, della nuova linea di metropolitana Brin-Canepari.

1. INQUADRAMENTO TERRITORIALE

L'area interessata dall'intervento di prolungamento della linea metropolitana, costituita da una fascia di territorio con direzione N-S ed estensione di circa 2 km², si colloca in prossimità della medio-bassa Val Polcevera, sponda destra, nella porzione immediatamente occidentale del territorio comunale di Genova, tra i quartieri di Certosa e Rivarolo, in particolare in un tratto adiacente a Via T. M. Canepari.

La zona di intervento ricade all'interno del Piano di Bacino del Torrente Polcevera, approvato con D.C.P. n° 14 del 02/04/2003 e ss.mm.ii., con ultima variante approvata tramite D.D.G. n°88 del 10/04/2017 entrata in vigore il 03/05/2017.

Dalla consultazione della Carta del Reticolo Idrografico significativo, si osserva come la zona d'intervento si inserisce all'interno di un comparto interamente urbanizzato ed in cui i lineamenti morfologici originari sono stati completamente modificati ed alterati nel tempo, delimitata a nord dal T. Torbella ed a ovest dal T. Polcevera.

L'area di intervento interferisce quasi ortogonalmente alcuni corsi d'acqua significativi di basso ordine gerarchico, quali il Rio Maltempo nel tratto mediano dell'area, all'altezza del parcheggio di Via Piombelli e, al margine della zona sud di intervento, presso via Brin, il rio Zella ed il rio Bercilli.



Figura 1.1: Stralcio cartografico non in scala estratto dalla Carta del reticolo idrografico estratta dal P.d.B. del Torrente Polcevera con ubicazione dell'area in esame

L'area di intervento interferisce altresì con alcuni rami del reticolo di scolo meteorico secondario, non riportati nella cartografia di Piano, attualmente completamente tombati, e si colloca a monte di

alcuni interbacini urbani che, a partire dal limite sud del sottopasso di via Brin (in corrispondenza del quale sono collocati i rii Zella e Becilli) e procedendo verso nord, sottopassano - mediante rami della rete meteorica tombata - l'attuale linea ferroviaria all'altezza di via San Bartolomeo della Certosa, via Mansueto, via Piombelli (all'altezza della quale vi è il sottopasso del rio Maltempo).

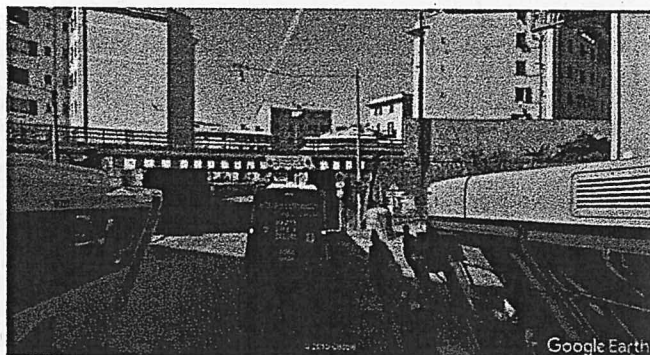


Figura 1.2: Via Benedetto Brin

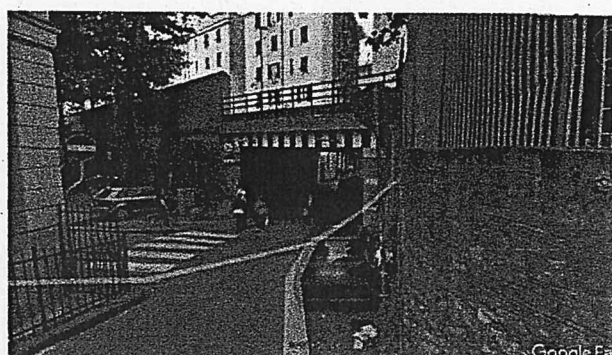


Figura 1.3: Via S. Bartolomeo della Certosa



Figura 1.4: Via Mansueto - Piazzetta delle Penne Nere

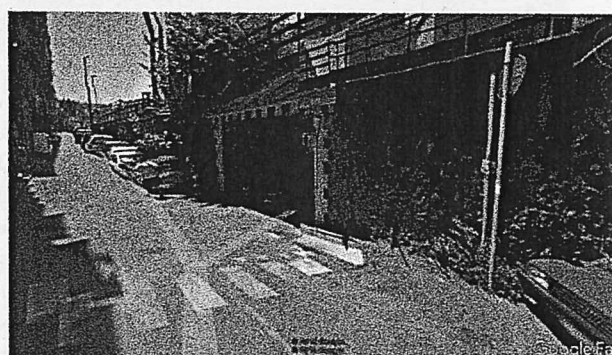


Figura 1.5: Via Mansueto - P.le Bruno Palli

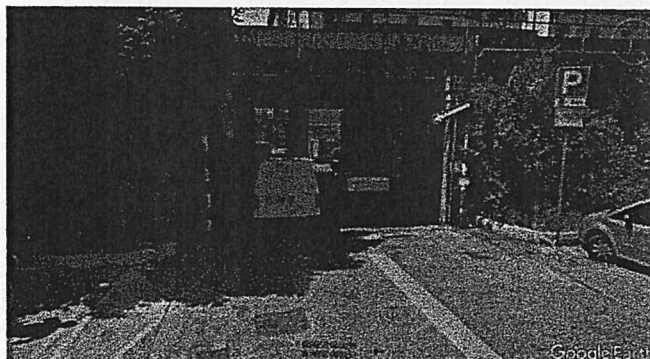


Figura 1.6: P.le Bruno Palli - via T. Tasso

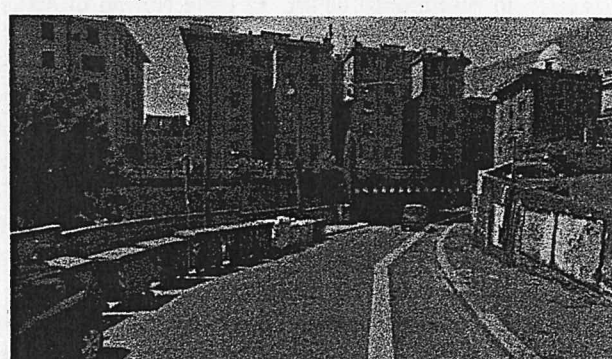


Figura 1.7: Via Sergio Piombelli

Tutti i corsi d'acqua sopra indicati afferiscono direttamente od indirettamente, attraverso tratti in tombamento, al T. Polcevera.

La ricostruzione del suddetto reticolo minore è stata effettuata su base documentale, sopralluoghi in superficie, colloqui con gli Enti preposti (Regione Liguria, Comune di Genova, ...). Non si esclude che nelle parti tombate dei rivi e della rete meteorica possano riscontrarsi percorsi e collegamenti diversi da quanto ricostruito in questa sede.

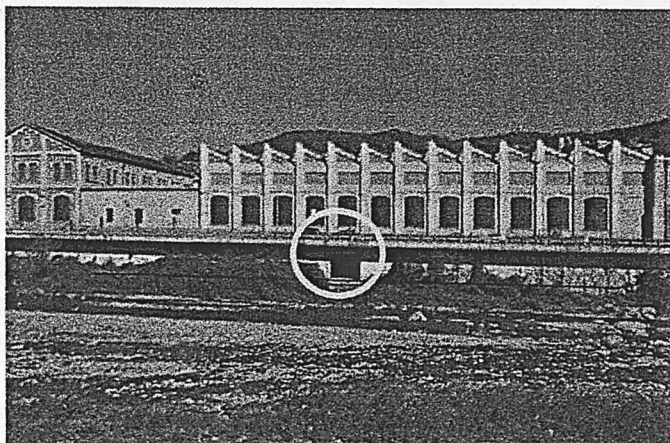


Figura 1.8: Immissione rio Maltempo in sponda sinistra Polcevera

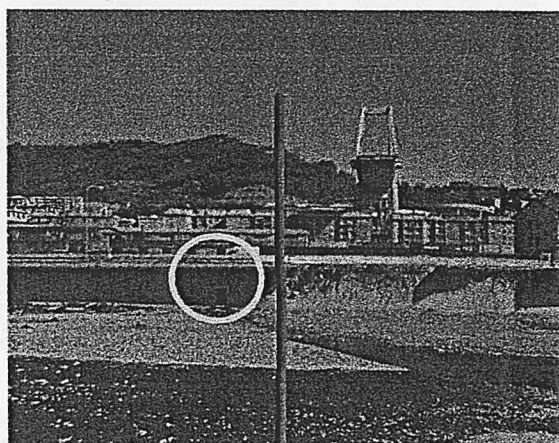


Figura 1.9: Immissione rio Zella in sponda sinistra Polcevera

Il Piano di Bacino del torrente Polcevera evidenzia le fasce di riassetto fluviale (RF) che comprendono le aree esterne all'alveo attuale necessarie per l'adeguamento del corso d'acqua all'assetto definitivo previsto dal presente Piano. La loro delimitazione è effettuata sulla base delle strategie e delle scelte pianificatorie del Piano e dell'insieme degli interventi strutturali individuati nell'ambito dello stesso. Comprende in particolare le aree necessarie al ripristino della idonea sezione idraulica, tutte le forme fluviali riattivabili durante gli stati di piena e le aree da destinare alle opere di sistemazione idraulica previste. Può comprendere, inoltre, aree ritenute di pertinenza fluviale e/o di elevato pregio naturalistico-ambientale limitrofe al corso d'acqua significativo.

In riferimento all'art. 12 delle Norme di Attuazione (approvate con D.C.M. n° 26 del 25/06/2015), vengono individuate le seguenti categorie di aree relative alle fasce di inondabilità (Aree AIN), riportate nella carta delle fasce di inondabilità ed articolate nel modo seguente:

1. Fascia A – pericolosità idraulica molto elevata (Pi3): aree perifluviali inondabili al verificarsi dell'evento di piena con portata al colmo di piena corrispondente a periodo di ritorno $T = 50$ anni;
2. Fascia B – pericolosità idraulica media (Pi2): aree perifluviali, esterne alle precedenti, inondabili al verificarsi dell'evento di piena con portata al colmo di piena corrispondente a periodo di ritorno $T = 200$ anni;
3. Fascia C – pericolosità idraulica bassa (Pi1): aree perifluviali, esterne alle precedenti, inondabili al verificarsi dell'evento di piena con portata al colmo di piena corrispondente a periodo di ritorno $T = 500$ anni, o aree storicamente inondate ove più ampie, laddove non si siano verificate modifiche definitive del territorio tali da escludere il ripetersi dell'evento.

Fascia B* (ovvero A*): aree storicamente inondate, per le quali non siano avvenute modifiche definitive del territorio tali da escludere il ripetersi dell'evento, ovvero aree individuate come a rischio di inondazione sulla base di considerazioni geomorfologiche o di altre evidenze di criticità, in

corrispondenza delle quali non siano state effettuate nell'ambito del Piano le adeguate verifiche idrauliche finalizzate all'individuazione delle fasce di inondabilità.



Figura 1.10: Stralcio cartografico rielaborato con qGis alla scala 1:5.000 ed estratto dalla Carta delle fasce di inondabilità del P.d.B. del torrente Polcevera con ubicazione dell' area in esame

2. CARATTERISTICHE DEI BACINI

2.1 Premessa

Il territorio nel quale si inserisce il progetto di prolungamento della linea di metropolitana Brin-Canepari è caratterizzato dalla presenza di bacini di dimensioni estremamente ridotte recapitanti nel T. Polcevera.

I corsi d'acqua, con andamento prevalente Est - Ovest, risultano nel tratto terminale completamente tombati e caratterizzati dal fatto di scorrere in un ambiente quasi completamente urbanizzato. Fra questi, oltre al rio Zella, al rio Bercilli e ad alcuni rami minori, il principale ramo della rete idrografica è quello del rio Maltempo, specificatamente oggetto del presente studio di approfondimento. Anche per questa ragione l'esatta identificazione delle linee di spartiacque tra bacini adiacenti risulta spesso difficoltosa, in particolare nelle parti più modificate da interventi urbanistici ed infrastrutturali.

Il regime dei corsi d'acqua è torrentizio con forti acclività. Ma il vero elemento dominante è l'intensa antropizzazione dei tratti mediani e terminali dei bacini. Detta antropizzazione, relativa per lo più all'urbanizzazione associata all'espansione della città di Genova, ha quasi completamente cancellato sia i caratteri morfologici dei versanti, aggrediti dalle reti infrastrutturali e dall'edilizia.

2.2 Il Rio Maltempo

Il rio Maltempo è un affluente in sponda sinistra del torrente Polcevera e presenta un bacino sotteso di poco inferiore a 1 km².

Il rio Maltempo ha origine in loc. Fascia, a quota 290 m s.l.m. circa. Dopo un percorso di circa 1.0 km in direzione Est Ovest, raccoglie da sud il contributo di un secondo ramo (denominato sempre Maltempo).

Il bacino è delimitato a Nord dallo spartiacque con il bacino del rio Garbo e rio Rivassa, affluenti del T. Torbella, ad Ovest dal torrente Polcevera, a sud dal bacino del rio Zella e da aree scolanti minori e ad Est dal bacino del rio Lagaccio.

La pendenza media dell'asta è di poco inferiore al 7%.

Il bacino è caratterizzato da pendenze dei versanti mediamente elevate. La parte media e bassa del bacino, ad elevato livello di urbanizzazione, è altresì occupata da infrastrutture autostradali e ferroviarie.

Il rio negli ultimi 600 m circa, ossia da poco a monte rispetto all'autostrada A7 verso valle, scorre completamente tombato.

Il rio Maltempo appartiene al reticolo idrografico significativo del bacino del torrente Polcevera, non risulta fra i corsi d'acqua "indagati" dal Piano di Bacino ed è incluso nel reticolo idrografico regionale, come mostrano gli estratti della *Carta del reticolo idrografico significativo* e della *Carta del reticolo Idrografico Regionale*.



Figura 2.1: Piano di Bacino del T. Polcevera – Stralcio carta del reticolo idrografico

Secondo il Regolamento Regionale n°3 del 14.07.2011, *Disposizioni in materia di tutela delle aree di pertinenza dei corsi d'acqua*, attuativo della DGR 1360/2010, il rio appartiene al reticolo idrografico di secondo livello (superficie del bacino compresa fra 0.25 e 1 km²).

Il rio Maltempo non presenta alcun sedime demaniale come mostra l'estratto della cartografia catastale di seguito riportato:

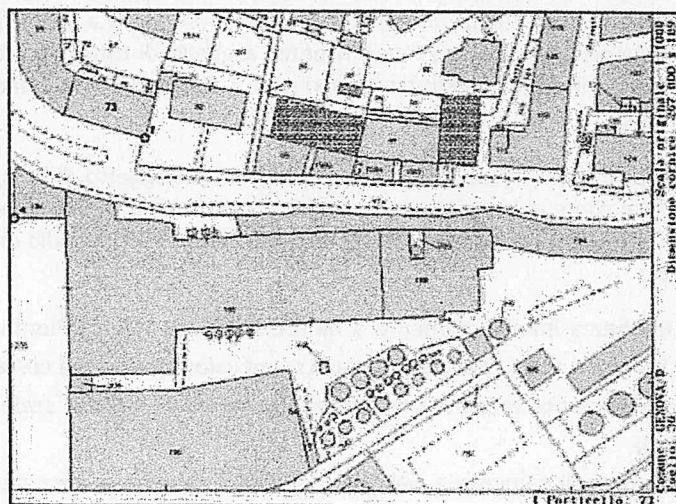


Figura 2.2: Estratto cartografia catastale



3. RILIEVO TOPOGRAFICO FEBBRAIO 2020

Nell'ambito della presente attività nel mese di febbraio 2020 è stata effettuata una specifica attività di rilievo topografico che ha interessato gli ultimi 600 m del rio da poco a monte rispetto all'Autostrada A7 fino all'immissione in Polcevera.

L'attività di rilievo è stata effettuata mediante Laser Scanner (una scansione ogni 10 m), elaborazione delle scansioni e creazione modello complessivo del canale (nuvola di punti). L'indagine ha portato alla restituzione di una planimetria, del profilo longitudinale e di n.30 sezioni trasversali a distanza pari a ca. 30 m.

Nel primo tratto di monte indagato fino al sottopasso di via Piombelli il rio Maltempo scorre al di sotto di alcuni fabbricati (in particolare il civico n.11) e successivamente in larga parte sotto il sedime della stessa via Piombelli: la sezione si presenta rettangolare, con alternanza di soletta superiore piana in c.a. e nervature, di altezza utile mediamente sempre dell'ordine di 1.8 m. Dal punto di vista altimetrico la pendenza di fondo si mantiene sempre superiore all'1.3%, e pressoché allineata a tale valore per un tratto significativo immediatamente a monte rispetto alla ferrovia. Altimetricamente a partire dalla sezione S19 (poco a monte del sottopasso di via Piombelli) fino a valle di via Canepari si ha tuttavia una sensibile riduzione di altezza della sezione, da correlarsi proprio all'attraversamento di via Piombelli al di sotto dell'esistente ferrovia, con valori pari ca. a 1.3 m e sezioni utili di deflusso ulteriormente parzializzate dalla presenza di sottoservizi impropri all'altezza di via Canepari come a seguire dettagliatamente evidenziato.

A valle dell'attraversamento di via Canepari, sempre a sezione rettangolare ribassata, le sezioni si presentano più eterogenee, con alternanza di volte in mattoni o in pietra a sesto ribassato e solai piani in c.a., ma altimetricamente meno sacrificate rispetto a quelle di tutto il tratto di monte. La livelletta di fondo si mantiene anche in questo tratto pari a ca. 1.3%, fino all'immissione in Polcevera con salto di fondo di 1.7 m ca.

Dal punto di vista planimetrico nel tratto di rio Maltempo tombato oggetto di indagine si rilevano alcune situazioni di criticità, come evidenziato anche nelle valutazioni idrauliche riportate a seguire, correlate a restringimenti di sezione di deflusso sia nel tratto di monte che in quello di valle.

Si richiama in questa sede:

- la riduzione di larghezza immediatamente a monte del civ. 21 di via Piombelli, con brusca transizioni da 3.5 m a 3.0 m ca. (per poi riportarsi su un valore pressoché costante e pari a 4.0 m fino a valle dell'esistente sottoattraversamento ferroviario) – tratto sezioni S06 ÷ S07 di rilievo (*Figura 3.1*);
- il restringimento immediatamente a valle dell'esistente sottoattraversamento ferroviario, all'altezza di via Canepari, con larghezze che passano da ca. 4.0 m (sezione S21 di rilievo) a ca. 3.0 m (sezione S22 di rilievo) per poi riattestarsi su valori dell'ordine dei 4.0 m a partire dalla sezione S25 fino allo sbocco in Polcevera (*Figura 3.2*).

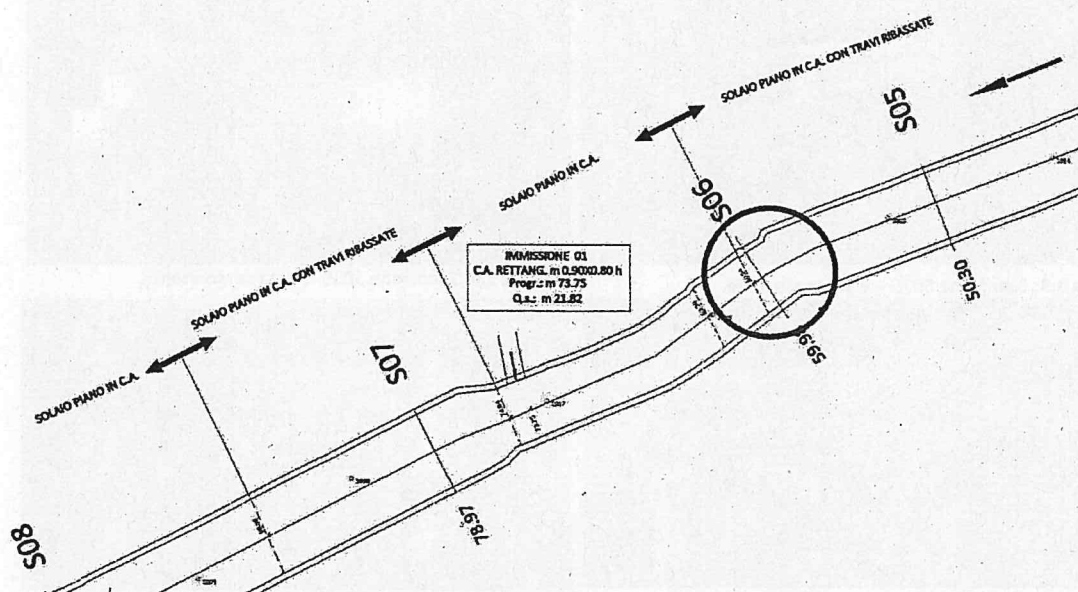


Figura 3.1: Restringimento in corrispondenza della sezione S6 di rilievo circa 60 m a valle dell'imbocco della tombinatura, immediatamente a valle del civico 11 di via Piombelli

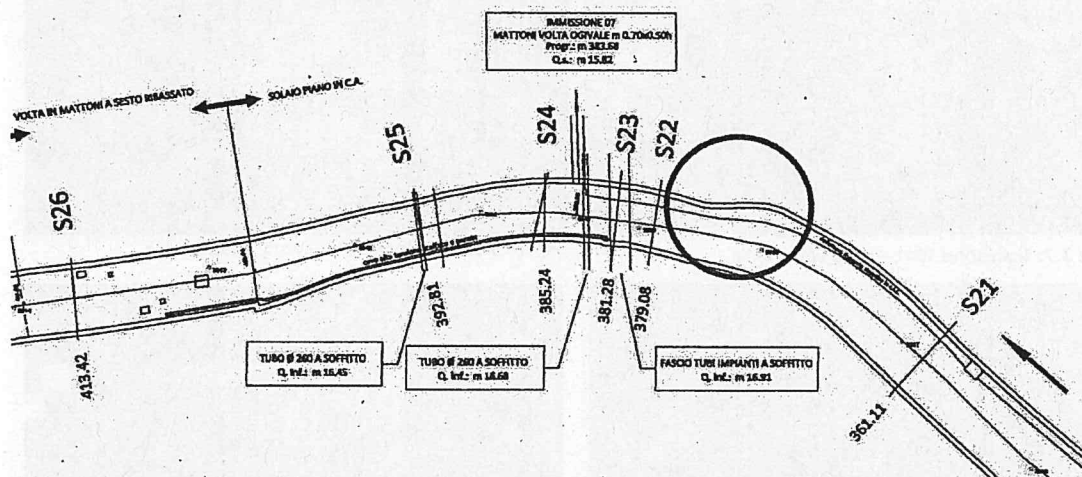


Figura 3.2: Restringimento in prossimità della sezione S22 di rilievo circa 380 a valle dall'imbocco della tombinatura, immediatamente a valle dell'esistente linea FS ed immediatamente a monte di via Canepari

Il rilievo ha altresì evidenziato una situazione di rilevante criticità del rio da correlarsi a sottoservizi ed attraversamenti impropri, localizzati prevalentemente all'altezza di via Canepari, che parzializzano notevolmente le già insufficienti sezioni idrauliche di deflusso. Tali interferenze determinano peraltro, come riscontrato in occasione del rilievo, ulteriori situazioni di ostruzione dovute al materiale trasportato dalla corrente in occasione delle piene.



Figura 3.3: Scansione S039 – vista verso valle

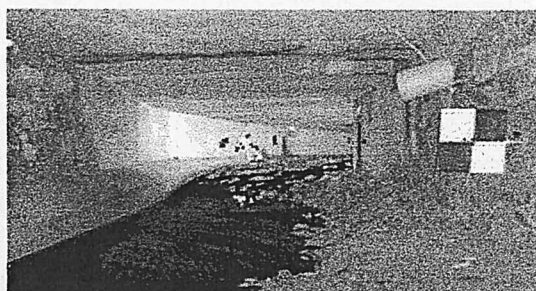


Figura 3.4: Scansione S039 – vista verso monte



Figura 3.5: Scansione S040 – vista verso valle



Figura 3.6: Scansione S040 – vista verso monte

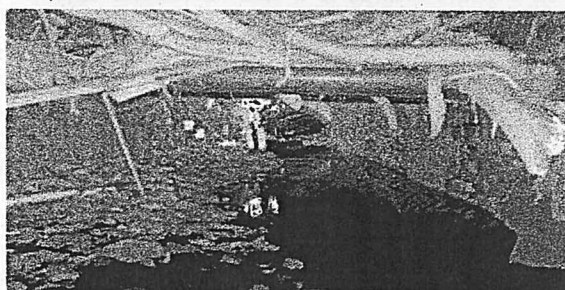


Figura 3.7: Scansione S041 – vista verso valle



Figura 3.8: Scansione S041 – vista verso monte



Figura 3.9: Scansione S042 – vista verso valle

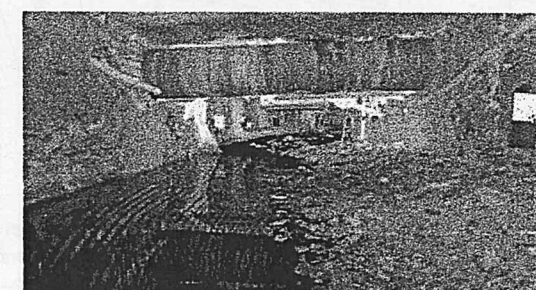


Figura 3.10: Scansione S042 – vista verso monte



4. VERIFICHE IDRAULICHE

4.1 Modello di simulazione

4.1.1 Lo schema numerico

Le verifiche idrauliche del rio Maltempo sono state effettuate in condizioni di moto permanente monodimensionale tramite il modello numerico di simulazione HEC-RAS - River Analysis System - sviluppato dall'US Army Corps of Engineers (Version 5.0.7, March 2019).

La procedura di calcolo implementata in Hec-Ras è nota in letteratura con il nome di Standard Step Method.

Essa consiste nel calcolo della quota del pelo libero in una sezione a partire da quella nota in una sezione adiacente, per mezzo di un procedimento iterativo, basato sulle seguenti due equazioni:

$$WS_2 + \frac{\alpha_2 V_2^2}{2g} = WS_1 + \frac{\alpha_1 V_1^2}{2g} + h_e \quad (1)$$

$$h_e = L \overline{S_f} + C \left| \frac{\alpha_2 V_2^2}{2g} - \frac{\alpha_1 V_1^2}{2g} \right| \quad (2)$$

nelle quali:

- WS_1, WS_2 = quote del pelo libero nelle sezioni alle estremità della tratta considerata;
- V_1, V_2 = velocità media (portata/area liquida) nelle citate sezioni;
- α_1, α_2 = coefficiente di Coriolis;
- g = accelerazione di gravità ($= 9,81 \text{ m/s}^2$);
- h_e = perdita di energia tra le 2 sezioni;
- L = lunghezza della tratta (media pesata);
- S_f = cadente piezometrica della tratta;
- C = coefficiente di espansione o contrazione.

La lunghezza media della tratta viene definita come:

$$L = \frac{L_{lob} \overline{Q}_{lob} + L_{ch} \overline{Q}_{ch} + L_{rob} \overline{Q}_{rob}}{\overline{Q}_{lob} + \overline{Q}_{ch} + \overline{Q}_{rob}} \quad (3)$$

essendo:

L_{lob}, L_{ch}, L_{rob} = lunghezze per il moto in golena sinistra, nell'alveo di magra e in golena destra;

Q_{lob}, Q_{ch}, Q_{rob} = media aritmetica delle portate nelle due sezioni con riferimento a golena sinistra, alveo di magra e golena destra.



La determinazione della capacità di portata totale e del coefficiente di Coriolis per una data sezione richiede che il flusso sia suddiviso in parti con velocità uniformemente distribuita. In pratica il flusso nelle golene viene suddiviso in base ai punti utilizzati per descrivere la geometria della sezione, e la capacità di portata in ogni posizione dell'area liquida è calcolata con la seguente espressione:

$$k = \frac{I}{n} ar^{2/3} \quad (4)$$

dove:

k = capacità di portata della porzione considerata;

n = coefficiente di Manning della porzione;

a = area della porzione;

r = raggio idraulico della porzione.

La capacità di portata totale dell'intera sezione è ottenuta come somma delle capacità delle singole porzioni nelle quali la stessa è stata suddivisa.

Le perdite di carico vengono calcolate come prodotto della lunghezza media pesata della tratta L , determinata con l'espressione (3), per la cadente piezometrica media.

Le valutazioni idrauliche effettuate non consentono, in mancanza anche di informazioni in merito alle caratteristiche granulometriche del materiale di fondo e depositato in vasca, di effettuare valutazioni in merito alle tendenze evolutive del corso d'acqua.

Nelle espressioni analitiche utilizzate per il calcolo dei profili di moto sono implicite le seguenti osservazioni; che pertanto devono essere verificate nell'effettivo fenomeno fisico soggetto ad indagine:

- (a) il moto è stazionario;
- (b) il moto è gradualmente vario;
- (c) il moto è unidimensionale (componenti della velocità in direzioni diverse da quella del moto non sono considerate);
- (d) la pendenza del corso d'acqua è "piccola" (<10%).

Si assume il moto stazionario in quanto nelle equazioni utilizzate non compaiono i termini dipendenti dal tempo. Il moto deve essere di tipo gradualmente variato poiché l'equazione (1) si basa sull'ipotesi che in tutte le sezioni vigi una distribuzione idrostatica delle pressioni.

Il moto deve essere monodimensionale poiché l'equazione (4) è basata sull'ipotesi che la quota energetica sia la stessa in tutti i punti di una sezione.

Si assumono poi pendenze "piccole" perché si assume di avere distribuzione idrostatica delle pressioni lungo le verticali, che per valori piccoli della pendenza possono essere identificate con le normali al moto.

4.1.2 Condizioni al contorno

La condizioni al contorno di monte è rappresentata dai valori di portata al colmo di piena stimante nell'ambito dello studio idrologico dei bacini minori appositamente condotto nell'ambito della presente progettazione (elaborato MGE-PF-LG-GEO-COM-R-004-00-A, Luglio 2019).

In particolare, rimandano a tale elaborato per maggiori approfondimenti, si richiama come nello studio idrologico fossero state approfondite le caratteristiche idrologiche dei bacini, in particolare del rio Maltempo, a partire dalle metodologie previste da Piano di Bacino ed anche secondo ulteriori modelli di letteratura già adottati dagli scriventi in contesti limitrofi.

In particolare in questa sede si è fatto cautelativamente riferimento ai valori di portata per diversi valori di tempo di ritorno determinati secondo la metodologia indicata da *Piano* per bacini inferiori a 2km² (metodo CIMA), tralasciando altri consolidati modelli (cinematico, CN-SCS) che restituivano valori sensibilmente inferiori (dell'ordine del 15%-25% in meno).

Si è fatto quindi riferimento alle portate idrologiche richiamate in tabella a seguire:

Sezione	Q ₅	Q ₁₀	Q ₃₀	Q ₅₀	Q ₁₀₀	Q ₂₀₀	Q ₅₀₀
	[mc/s]	[mc/s]	[mc/s]	[mc/s]	[mc/s]	[mc/s]	[mc/s]
MA1	6.30	8.70	14.12	16.89	20.69	24.44	29.40
MA2	8.68	11.99	19.44	23.26	28.49	33.65	40.49
MA	9.09	12.56	20.36	24.37	29.85	35.25	42.42

Tabella 4.1: Portate al colmo calcolate con la metodologia CIMA del Piano di Bacino per il Rio Maltempo (Stralcio Tabella 3.4 e Tabella 3.10 elaborato MGE-PF-LG-GEO-COM-R-004-00-A, Luglio 2019)

dove MA1 e MA2 indicano le sezioni di chiusura di monte e valle individuate nell'ambito dello studio di luglio 2019, rispettivamente all'immissione del secondo ramo del rio Maltempo (ca. 300 m a monte del tratto oggetto del presente studio) ed all'altezza della nuova metropolitana in progetto. La sezione MA è invece collocata all'immissione del rio Maltempo nel torrente Polcevera.

In particolare per le verifiche idrauliche in questa sede condotte, in considerazione di una sezione di monte che si attesta in posizione intermedia rispetto alle due MA1 e MA2 idrologicamente definite, è stata considerata una portata intermedia, pari a 29 mc/s considerando un tempo di ritorno T200.

Come condizione al contorno di valle si è a favore di sicurezza considerata la quota idrica duecentennale del T. Polcevera allo sbocco (sezione POL-34) come indicata dalle verifiche di Piano di Bacino.

La scabrezza è stata considerata in conformità con quanto indicato nel già citato Regolamento Regionale n.3/2011, assumendo quindi un valore del coefficiente di *Strikler* pari a 40 m^{1/3} s⁻¹ correlato a "corsi d'acqua naturali con argini cementati (e/o platee) in buono stato".

4.2 Analisi dello stato di fatto

Sulla base delle sezioni di rilievo del febbraio 2020 è stata costruita la geometria del modello di calcolo:



Figura 4.1: Planimetria modello di calcolo con ubicazione delle sezioni di rilievo

In linea generale le simulazioni condotte evidenziano una corrente “indisturbata” con caratteristiche supercritiche, con velocità massime dell’ordine di 4 m/s.

Nel primo caso studiato mediante modellazione matematica si è quindi valutata l’officiosità idraulica del tratto tombato del rio Maltempo considerando i vincoli geometrici degli attraversamenti impropri rinvenuti all’interno del rio (a prescindere da eventuali situazioni di ulteriore ostruzione di materiale ad essi correlati, peraltro riscontrate in fase di rilievo): in particolare il brusco abbassamento di sezione determinato dal bauletto in corrispondenza della sezione S24 (che determina una sezione di deflusso di altezza pari a ca. 90 cm - *Figura 4.2*) e l’intradosso della condotta (quota 16.45 m s.l.m.) alla sezione S25, entrambe all’altezza di via Canepari (*Figura 4.3*).



Figura 4.2: Bauletto in corrispondenza della sezione S24



Figura 4.3: Attraversamento condotta c/o sezione S25

(Scansione S041 – vista verso monte)

(Scansione S042 – vista verso monte)

In questo caso, come si evince da profilo riportato a seguire (Figura 4.4), la massima portata smaltibile senza impattare con elementi di intradosso e con i sottoservizi maggiormente vincolanti risulta pari a ca. 8 mc/s, cui corrisponde un tempo di ritorno dell'ordine di 5 anni.

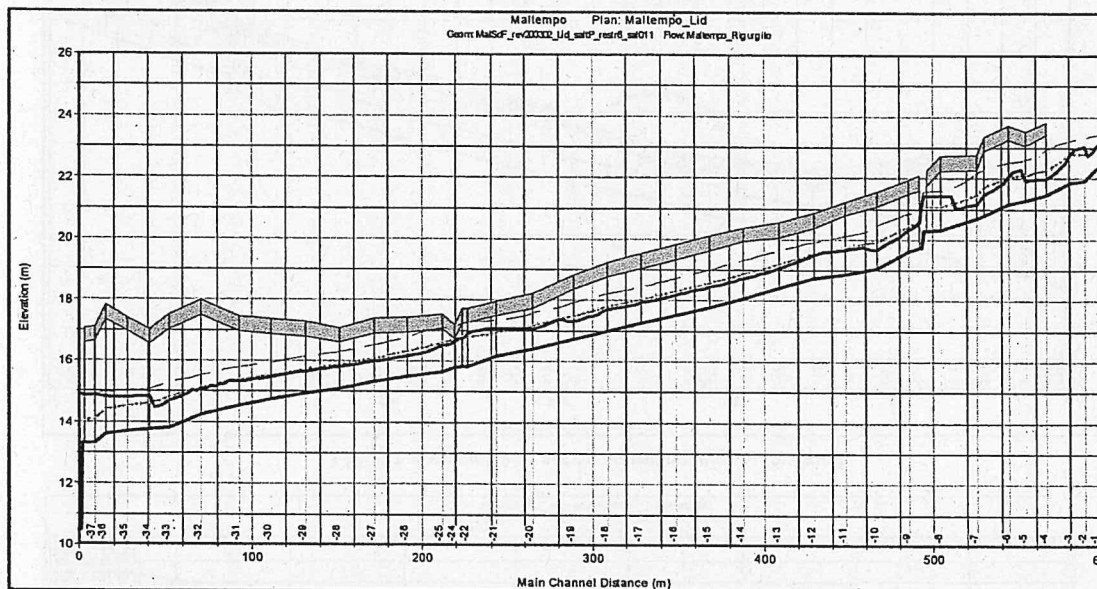


Figura 4.4: Profilo longitudinale per una portata di 8 mc/s

In seconda analisi mediante ulteriori simulazioni si è quindi valutata l'officiosità ipotizzando di rimuovere tali situazioni geometriche ed interferenze e improprie, considerando quindi le sezioni "libere" da ostruzioni e sottoservizi. A tal scopo non è stato quindi considerato (oltre che le numerose tubazioni rilevate) anche il brusco abbassamento alla sezione S24 determinato dal bauletto all'altezza di via Canepari all'interno del quale trovano presumibilmente collocazione ulteriori sottoservizi.

In questo caso la portata massima al limite della compatibilità risulta pari a ca. di 11 mc/s, cui corrisponde un tempo di ritorno dell'ordine di 10 anni (Figura 4.5).

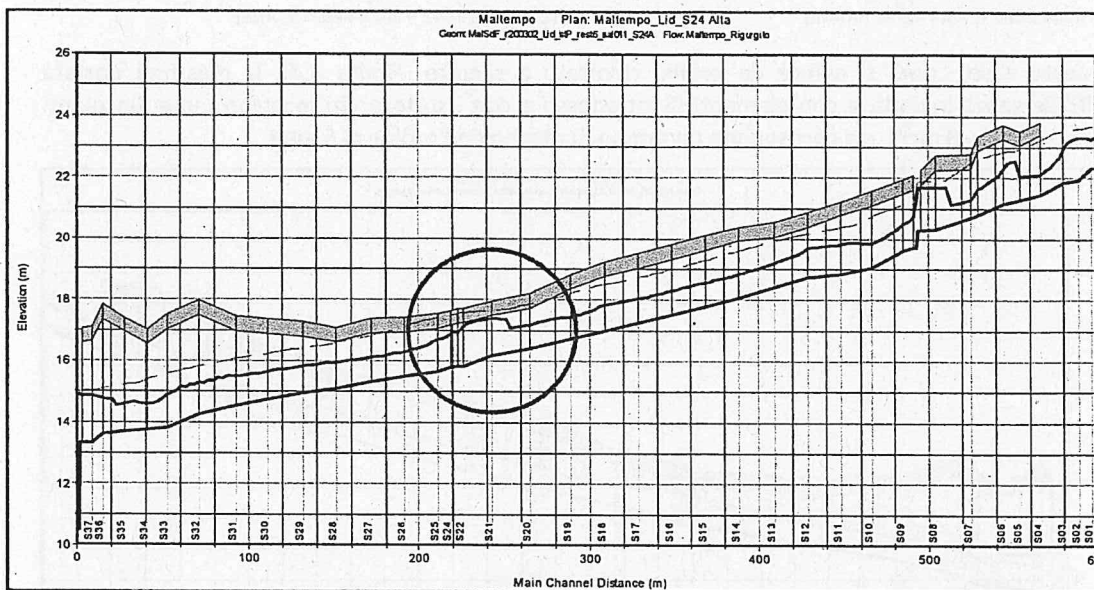


Figura 4.5: Profilo longitudinale per una portata di 11 mc/s

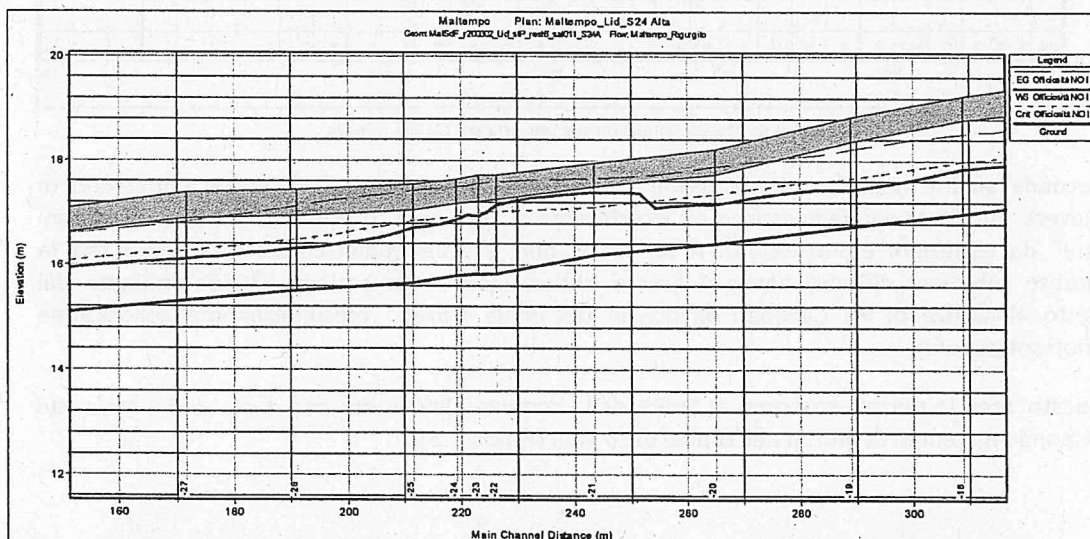


Figura 4.6: Profilo longitudinale per una portata di 11 mc/s – dettaglio profilo in corrispondenza delle sezz. S21 – S26 (zona di attraversamento futura linea metropolitana, esistente linea FF.SS e via Canepari) in assenza di vincoli di sottoservizi

È stata infine effettuata un'ulteriore simulazione sulla base della portata idrologica T200, con immissione quindi di 29 mc/s all'inizio del tratto tombato e portata in corrispondenza della nuova infrastruttura in progetto di 34 mc/s (sezione MA2, come da valutazioni idrologiche richiamate al precedente *paragrafo 4.1.2*), considerando la geometria delle sezioni di rilievo ed a prescindere dalle tubazioni presenti (e correlate ostruzioni) e determinando quindi il profilo monodimensionale riportato a seguire.

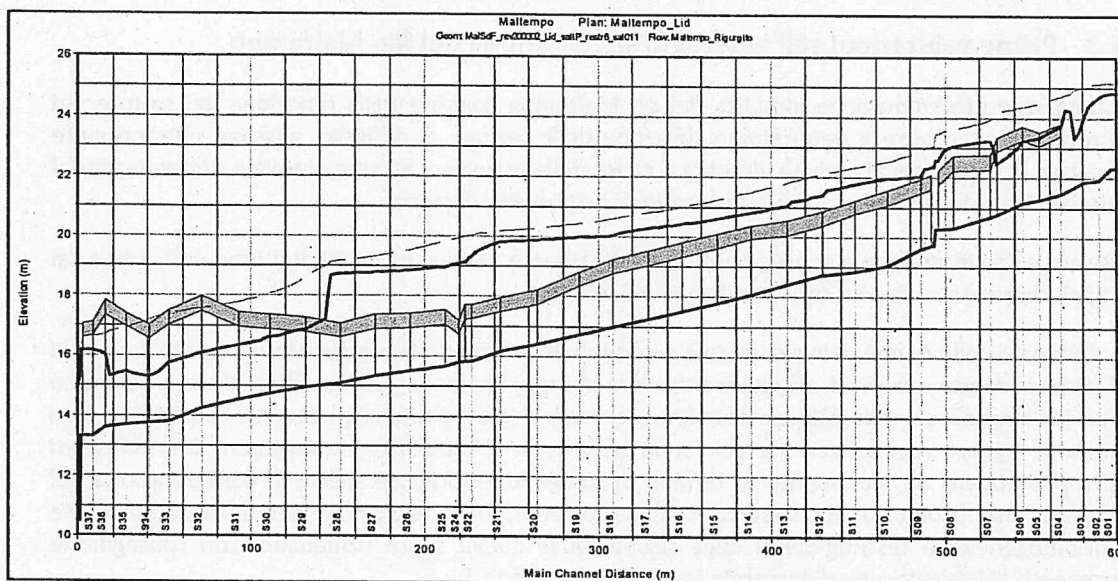


Figura 4.7: Profilo longitudinale per un evento di piena T200

Tale analisi evidenzia (Figura 4.7) l'elevata condizioni di criticità del rivo, per lunghi tratti in pressione, e la necessità di definire interventi per garantirne il ripristino delle necessarie condizioni di la piena funzionalità ed adeguamento sulla base dei criteri fissati da Piano di Bacino, secondo potenziali step di raggiungimento dell'obiettivo ipotizzati nel paragrafo a seguire 4.3.



4.3 Prime valutazioni sull'assetto di sistemazione del Rio Maltempo

Il primo *step* di sistemazione idraulica del rio Maltempo consiste nella rimozione dei sottoservizi impropri che, oltre a determinare riduzione della sezione di deflusso, possono ulteriormente aggravare le condizioni di criticità idraulica a causa delle ostruzioni ad esse correlate determinate dal materiale trasportato dalla corrente in occasione degli eventi di piena.

Attraverso tale intervento è conseguibile un adeguamento del rio per tempi di ritorno dell'ordine dei 10 anni, come le simulazioni condotte hanno evidenziato.

Un ulteriore livello di messa in sicurezza è conseguibile attraverso la regolarizzazione delle sezioni di deflusso, andando quindi ad eliminare situazioni di restringimento quali quelle all'altezza del civico 11 di via Piombelli e a valle dell'esistente linea ferroviaria (già indicate al precedente capitolo 3) e con eventuale leggera regolarizzazione del fondo nella zona all'altezza di via Canepari. Tali interventi determinerebbero un incremento in termini di mitigazione idraulica specie in considerazione del carattere "indisturbato" di tipo supercritico della corrente, che determina transizioni di stato a fronte di disomogeneità e restringimenti delle sezioni quali quelle sopra richiamate, con conseguente incremento di livelli dovuto al passaggio in condizioni subcritiche.

Alla luce di tali caratteristiche della corrente, e dovendo peraltro fare riferimento ai criteri di *Piano* che impongono il contenimento dei livelli energetici della corrente all'interno della sezione di deflusso (franco idraulico pari all'altezza cinetica della corrente), la completa messa in sicurezza del rio nel tratto indagato, a prescindere da eventuali situazioni di insufficienza a monte del tratto tombato in questa sede indagato, può essere conseguita, sulla base di valutazioni di moto uniforme effettuate su una larghezza di base di 4 m un pendenza pari a 1.3% caratteristica per un lungo tratto (sezioni S30-S12), con un intervento di abbassamento della livelletta di fondo in prima analisi stimabile sull'ordine di 1.5 m. In questo modo potranno essere contenuti complessi interventi di allargamenti della sezione, che potranno essere limitati ed al più necessari nel tratto tra le sezioni S27-S19.

Tale intervento, da ponderare nei successivi approfondimenti (potenzialmente anche di tipo idrologico) che verranno condotti di concerto con l'Autorità idraulica competente, comporterà quindi la riduzione del salto all'immissione nel T. Polcevera, ovvero la definizione di una diversa livelletta atteso che il tratto terminale di circa 80 m del rivo è quello che attualmente già dispone di un'altezza utile sufficiente al contenimento quanto meno del livello idrico.

La ricalibrazione della livelletta, determinando comunque un abbassamento dei livelli di piena, agevolerebbe peraltro l'immissione dei contributi di immissione laterali, a vantaggio della capacità ricettiva dei contributi e quindi della sicurezza idraulica per il territorio e per l'infrastruttura in progetto.

In questa valutazione preliminare si è ritenuto, generalmente, di difficile realizzazione l'allargamento planimetrico delle sezioni, atteso il contesto densamente urbanizzato in cui si insiste e la presenza di sottoservizi, fabbricati ed infrastrutture. Anche il tema della gestione del traffico superficiale durante i lavori non va trascurato per cui l'adeguamento dall'interno potrebbe essere in prima battuta la soluzione preferibile.



5. CONCLUSIONI

Lo studio idraulico del Rio Maltempo effettuato sulla base del rilievo appositamente effettuati ha evidenziato l'elevata condizione di criticità del rio anche per tempi di ritorno dell'ordine di 5 anni: tale situazione è da correlarsi alla presenza di numerosi sottoservizi impropriamente presenti in alveo, ad alcune irregolarità delle sezioni di deflusso ed alla generalizzata insufficienza del corso d'acqua a fronte delle portate di Piano di Bacino, considerando i richiesti franchi di sicurezza idraulici.

Il miglioramento delle condizioni di sicurezza, e quindi una prima mitigazione del rischio, potrà essere effettuato eliminando le interferenze improprie e regolarizzando in alcuni nodi le sezioni di deflusso. Al fine della completa messa in sicurezza idraulica del territorio (oltre che dell'infrastruttura in progetto), nell'ipotesi di attestarsi sui valori di portata definiti da *Piano* prescindendo quindi da eventuali rivalutazioni idrologiche, sarà necessario realizzare un intervento di ricalibratura di fondo che consenta di trovare l'altezza utile delle sezioni necessaria al deflusso idrico ed ai franchi di *Piano*.

