

AGENZIA INTERREGIONALE PER IL FIUME PO
 UFFICIO OPERATIVO DI TORINO

LAVORI DI COMPLETAMENTO DELLE OPERE DI DIFESA IDRAULICA DEL TORRENTE MAIRA IN COMUNE DI RACCONIGI (CN) (CN-E-1183)



FOTO P. TUNINETTI

PROGETTO

| | |
|-------------------------------------|-------------|
| <input type="checkbox"/> | PRELIMINARE |
| <input type="checkbox"/> | DEFINITIVO |
| <input checked="" type="checkbox"/> | ESECUTIVO |

TITOLO ELABORATO

RELAZIONE IDRAULICA

N° ELABORATO

B

SCALA

IL PROGETTISTA

Ing. Riccardo Telò



Studio Telò srl
 Studio di Ingegneria
 Idraulico Ambientale

Largo 24 Agosto 1942, 33/A - 43126 - Parma (PR)
 Tel. & Fax 0521-292795 - studiotelo@studiotelo.it

IL RESPONSABILE DEL PROCEDIMENTO

Ing. Gianluca Zanichelli

AGGIORNAMENTI:

| REV. | DATA | DESCRIZIONE | REDATTO | CONTROLL. | APPROV. |
|------|--------------|-------------|----------------|-----------|----------|
| 0 | Luglio 2015 | EMISSIONE | Ing.Delsoldato | Ing.Telò | Ing.Telò |
| 1 | Ottobre 2015 | REVISIONE | Ing.Delsoldato | Ing.Telò | Ing.Telò |
| | | | | | |
| | | | | | |

INDICE

| | | |
|-------|--|----|
| 1. | PREMESSA..... | 2 |
| 2. | CARATTERISTICHE GENERALI DEL TORRENTE MAIRA | 3 |
| 2.1 | Descrizione del bacino idrografico..... | 3 |
| 2.2 | Caratteristiche geolitologiche..... | 6 |
| 2.3 | Caratteristiche idrologiche: definizione della portata di progetto | 7 |
| 2.4 | Descrizione geometrica del Maira ai fini modellistici | 10 |
| 3. | VERIFICA IDRAULICA..... | 12 |
| 3.1 | Descrizione del modello matematico | 12 |
| 3.1.1 | Premessa | 12 |
| 3.1.2 | Il modello matematico utilizzato | 12 |
| 3.1.3 | Le ipotesi della modellazione idraulica | 15 |
| 3.1.4 | Condizioni e parametri applicati..... | 15 |
| 3.1.5 | Taratura del modello idraulico | 16 |
| 3.1.6 | I parametri al contorno utilizzati | 17 |
| 4. | RISULTATI DELLE SIMULAZIONI..... | 18 |
| 4.1 | Stato di fatto | 18 |
| 4.2 | Configurazione 1 - Stato di progetto | 25 |
| 4.3 | Configurazione 2 – Stato di progetto | 32 |

1. PREMESSA

La presente relazione descrive i criteri utilizzati per le scelte ed assunzioni progettuali riguardanti la realizzazione delle opere previste nel Progetto Esecutivo per i **Lavori di completamento delle opere di difesa idraulica del Torrente Maira in Comune di Racconigi (CN)**. Il progetto, infatti, riguarda i *“Lavori di completamento delle opere di difesa idraulica del torrente Maira in Comune di Racconigi (CN)”* e si configura come prosecuzione degli interventi già realizzati sul torrente stesso nel corso degli anni 2001-2005 dall’allora Magistrato per il Po e classificati come *“Lavori di sistemazione idraulica in sponda destra del Torrente Maira in Comune di Racconigi (CN)”* n° 175 Progr. 192.921.575.000. A fronte di un Progetto Definitivo Generale che aveva previsto la realizzazione di corpi arginali sia nel tratto a monte che a valle del ponte della S.P. 30, il successivo Progetto Esecutivo (2001) ha visto la realizzazione solo dei tratti di argine posti a monte dello stesso. Attraverso la realizzazione di questo secondo stralcio, si completerà quindi l’obiettivo di ridurre il rischio idraulico alla sommersione dell’abitato di Racconigi realizzando i presidi arginali anche nel tratto di valle.

Per la realizzazione delle analisi idrauliche, descritte nei paragrafi seguenti, si è partiti dalla base della modellazione effettuata nel 2001, andandola poi ad integrare con il rilievo, effettuato dallo Studio Polithema di Torino per conto dell’Amministrazione comunale, in occasione della 1^a variante strutturale al Piano Regolatore Generale, di n. 15 sezioni del torrente Maira nel tratto di interesse.

Le analisi hanno condotto alla determinazione del profilo idrico della corrente nella configurazione progettuale per eventi con TR pari a 100 e 200 anni. La quota della sommità arginale è stata quindi ricavata incrementando il profilo idrico generato dall’evento bisecolare di un opportuno franco di sicurezza stimato in circa 1 m. Inoltre, avendo introdotto le sezioni aggiornate del tratto a monte del ponte sulla SP 30, è stato possibile verificare il franco di sicurezza dell’argine realizzato durante i lavori del primo stralcio.

2. CARATTERISTICHE GENERALI DEL TORRENTE MAIRA

2.1 *Descrizione del bacino idrografico*

Il bacino del Maira ha una superficie complessiva di circa 1.210 km² (2% del bacino del Po), di cui il 59% in ambito montano. Il torrente Maira ha origine presso l'Aiguille de Chambeyron, a quota 3.471 m s.l.m. ed è collocato tra i bacini del torrente Varaita e della Stura di Demonte, è affluente di sponda destra del fiume Po nel quale sfocia in prossimità di Lombriasco dopo un'ampia conversione verso nord in prossimità di Casalgrasso.

Percorrendo una valle molto incassata e tortuosa fino a Cartignano, il torrente sbocca nella pianura cuneese, per poi attraversare un territorio intensamente coltivato, con diffusa presenza di derivazioni irrigue. La parte montana del bacino si contraddistingue per la presenza di due vallate: la Val Grana nella parte più meridionale in cui svetta la cima di monte di Caraglio, la Val Maira a monte di Dronero incassata e tortuosa fino a Cartignano.

A Cavallermaggiore il torrente riceve le acque dell'affluente principale, il torrente Mellea (il Mellea a monte di Centallo assume la denominazione di Grana).

La lunghezza complessiva del Maira è di circa 105 km, caratterizzata da una pendenza media del 2%. L'asta principale del Maira è suddivisibile in tratti distinti per caratteristiche morfologiche, morfometriche e per comportamento idraulico: il tratto montano, fino a Tetti che si sviluppa per circa 41 km, e il tratto di pianura fino alla confluenza in Po, per 64 km. Il tratto montano è caratterizzato da una elevata pendenza media di circa il 3,5%, mentre quella valliva dello 0,8% . L'altezza media del bacino è di circa 1000 m.s.l.m. fino alla confluenza in Po.

Nella valle del torrente Maira spiccano rilievi elevati quali il massiccio Pelvo d'Elva-Chersogno e l'arco terminale delle Alpi Cozie, dominato dal M. Chambeyron (3389 m s.l.m.). Nel primo tratto della valle, dalla sorgente a Saretto, dove esiste un piccolo bacino artificiale, il Maira ha caratteristiche tipiche del rio alpino, dove si incontrano ampi terrazzi coltivati a viti e castagneti, con versanti scoscesi e abbondanti masse di detrito morenico e/o di falda ai piedi.

A valle di Saretto fino alla confluenza del torrente Onerzio, l'alveo si restringe in gole strette ed intercalate da piccoli bacini coperti da boschi.

Dalla confluenza dell'Onerzio a Ponte Marmora l'alveo è inciso in una valle ancora piuttosto stretta e con pareti boscate e acclivi. E' costante la presenza di terrazzi alluvionali, in particolare sul fianco destro del letto fluviale esiste un piccolo invaso artificiale nei pressi di Ponte Marmora.

Da Ponte Marmora a S. Damiano Macra l'alveo è incassato, con i centri abitati, la rete viaria e le infrastrutture a quote ben superiori; successivamente, fino a Dronero, la valle si amplia progressivamente ed è formata da pendii collinari a media acclività, boscati e a buona stabilità.

Nel tratto Dronero - Busca l'alveo è unicursale sinuoso, con sezione piuttosto incisa (a tratti incassata in roccia) e di assetto globalmente stabile. Le sponde sono ricoperte da una fitta vegetazione riparia dove predomina il frassino. Le opere di attraversamento risultano sporadiche così come le opere di difesa spondale e di stabilizzazione del fondo alveo. Nel tratto si rileva la presenza di due traverse di derivazione fluviale, irrigue, di modesta entità poste una a monte dell'abitato di Dronero e l'altra in prossimità del ponte di Castelletto Busca; la loro presenza contribuisce a dare stabilità al fondo alveo.

Nel tratto Busca-Savigliano l'alveo ha andamento sinuoso, con sezione ancora piuttosto incisa, ma non più incassata come nel tratto precedente, e larghezza variabile con continuità. Le opere di difesa spondale e di stabilizzazione del fondo alveo sono sporadiche, complessivamente in discreto stato di conservazione.

Nel tratto Savigliano-Cavallermaggiore l'alveo monocursale, generalmente sinuoso, si sviluppa nell'ambito di un letto definito da due terrazzi pressoché continui, con sezione in parte irregolare e in parte incisa. A monte dell'abitato di Cavallermaggiore vi è la confluenza del torrente Mellea.

Nel tratto Cavallermaggiore - Lombriasco (confluenza in Po) l'alveo è sinuoso, con qualche ansa accentuata e sporadiche opere di difesa spondale e di stabilizzazione del fondo.

Pur essendo una delle più belle valli del Piemonte, ricca anche di preziosi manufatti artistici, è anche una delle più povere, non sviluppata turisticamente ad eccezione di qualche centro nella

parte alta. L'elevata altimetria ha consentito il mantenersi di condizioni naturali in buona parte del territorio montano che, in corrispondenza del primo tratto del corso d'acqua, vede la presenza di ambienti steppici calcarei con entità animali e vegetali di grande rilievo.

Incuneata tra le maggiori della Stura e del Maira, la valle del torrente GranaMellea, custode della cultura occitanica, è, tra le vallate piemontesi, una delle più brevi. Ampia al suo sbocco in pianura di fronte a Caraglio, va poi restringendosi per arrestarsi alle falde del monte Tibert (2647 m s.m.), assai lontano dallo spartiacque alpino. Ha aspetti prevalentemente prealpini, con fianchi di moderata altitudine e dai dolci declivi, folti boschi e vigneti nella parte inferiore, amplissimi pascoli nell'alto bacino, attorno al centro abitato di Castelmagno. Di particolare valore, in Val Maira, le foreste di pino silvestre e abete bianco e in Val Grana le faggete.

L'abete bianco è il più importante rappresentante delle resinose alpine di questo tratto di Alpi, nelle quali forma notevoli boschi di produzione: vale la pena di ricordare quello di Stroppò, tra i più interessanti per l'alto incremento unitario. Anche il larice è largamente diffuso nelle Alpi cuneesi e interessa sia la fascia montana superiore che la fascia subalpina. Nei tratti planiziali delle valli la componente naturale viene decisamente ridimensionata a causa dell'elevata attività agricola; in questo ambito si rileva un'eccessiva captazione idrica che provoca lunghi periodi di prosciugamento totale, bilanciata parzialmente dalla presenza, più a valle, di risorgive che alimentano nuovamente la rete idrica superficiale a livelli accettabili. La valle Maira, storicamente isolata dalle grandi vie di comunicazione, insieme alle altre valli cuneesi, ha avuto una storia assai differente dalla restante parte del Piemonte, con evidenti riflessi sul sistema di strutturazione del territorio, oltre che sul fronte culturale e religioso.

Nel bacino sono presenti tre serbatoi di regolazione per produzione di energia idroelettrica: .

1. Saretto di capacità complessiva di 0.15 milioni di m³
2. Combamala di capacità complessiva di 0.40 milioni di m³
3. S. Damiano di capacità complessiva di 0.57 milioni di m³

Tutti i bacini esercitano forte impatto ambientale in quanto spezzano la continuità ecologica del corso d'acqua , tuttavia esercitano un rilevante effetto di laminazione verso valle.

2.2 Caratteristiche geolitologiche

Nel bacino del torrente Maira i litotipi maggiormente rappresentati sono i termini litoidi metamorfici fratturati, seguiti dalle formazioni litoidi massicce; sono poi presenti formazioni sedimentarie fratturate, depositi glaciali e alluvionali-lacustri e alternanze di termini a diverso comportamento meccanico. L'area di valle presenta depositi clastici alterati e depositi alluvionali fluviali e lacustri.

Le formazioni costituite da termini litoidi ignei massivi si trovano nel massiccio del M. S. Bernardo (in sinistra del Maira) e in piccola parte in località Pradlèves sul Grana; le formazioni costituite da termini litoidi sedimentari massivi interessano in maniera discontinua i bacini montani del Maira e del Grana.

L'intera area montana del bacino del Maira è interessata da formazioni litoidi metamorfiche, con discontinuità frequente, e in subordine litotipi sedimentari; in testata al bacino del Maira si incontra un affioramento con alternanza di termini a diverso comportamento meccanico in prossimità della Valle di Maurin.

Per quanto riguarda i depositi di origine quaternaria, costituiti dai depositi glaciali, dai prodotti di detrito eluvio-colluviali e dai detriti di falda, quest'ultimi prevalgono nei settori montani dei sottobacini mentre i prodotti detritico pluvio-colluviali sono maggiormente presenti sui versanti del fondovalle principale.

Lungo il corso del Maira e del Grana sono estesi sia lateralmente che in profondità depositi alluvionali terrazzati in cui si innestano numerosi con di deiezione.

Lo sbocco in pianura dei bacini è caratterizzato da depositi clastici alterati.

Paleoforme sono presenti lungo tutto il torrente e in particolare nel tratto a monte del ponte ferroviario Saluzzo - Savigliano, dove appaiono legate alla recente trasformazione monocursale del corso d'acqua. Le forme relitte risultano comunque spesso scarsamente riconoscibili in quanto modificate dall'attività agricola. Localmente si osservano rami abbandonati a testimonianza di un precedente alveotipo ramificato. I fenomeni di erosione spondale sono scarsamente significativi nel tratto superiore, fino a monte dell'abitato di Villafalletto; a valle si hanno fenomeni diffusi e generalmente di limitata intensità.

L'assenza di rilievi delle sezioni in differenti periodi non consente di quantificare le variazioni

altimetriche del fondo alveo. Tuttavia la variazione degli indici morfometrici e l'osservazione delle fondazioni di opere in alveo evidenziano due distinte situazioni:

- ⇒ Nel tratto superiore (fino all'abitato di Busca) non si hanno evidenze significative di variazioni altimetriche del profilo di fondo;
- ⇒ Nel tratto inferiore si manifesta una tendenza alla canalizzazione molto marcata rispetto alle condizioni precedenti, dovuta a un abbassamento generalizzato del profilo di fondo, testimoniato anche dalla trasformazione in golene stabili di ampi settori di barra laterale. Tale abbassamento è controllato da soglie di fondo in corrispondenza di tutte le opere di attraversamento.

Le situazioni di dissesto appaiono di dimensioni limitate su gran parte del corso d'acqua; i fenomeni prevalenti sono da porre in relazione agli aspetti connessi alla dinamica del trasporto solido lungo l'asta, che dà luogo ad abbassamenti del profilo di fondo, erosioni di sponda e sovralluvionamenti, e a esondazioni potenziali che interessano prevalentemente la parte media e bassa dell'asta. Situazione particolare è rappresentata dalla confluenza del Mellea, in condizioni di elevata instabilità e di inadeguata regimazione idraulica.

2.3 Caratteristiche idrologiche: definizione della portata di progetto

Il bacino presenta caratteristiche idrologiche intermedie tra bacini pedemontani e bacini interni: i primi sono sensibilmente protetti rispetto alle piogge dai rilievi alpini e, in ragione della quota, sono sede per buona parte dell'anno di precipitazioni nevose; i secondi sono direttamente esposti alle correnti umide provenienti da sud o da ovest, sono sede di precipitazioni più intense e di portate specifiche più elevate. Nel bacino idrografico le precipitazioni medie di lungo periodo variano da 800 mm/anno in pianura a 1100 mm/anno.

Nel bacino idrografico del Maira sono molto limitate le stazioni di misura per le quali sono disponibili valori storici delle portate di piena.

I principali eventi alluvionali che hanno interessato il bacino idrografico sono:

Tabella 2-1 Principali eventi alluvionali storici che hanno interessato il bacino

| Sezione | Sup | H media | H min | Q max | Qmax | Data |
|----------------------------|-----------------|----------|----------|-------------------|-----------------------------------|------------|
| | Km ² | m.s.l.m. | m.s.l.m. | m ³ /s | m ³ /s/km ² | |
| Grana di Monterosso | 102 | 1.540 | 710 | 219 | 2.15 | 03/05/1949 |
| Maira a Dronero | 533 | 1.600 | 520 | 430 | 0.81 | 14/06/1957 |

I Principali eventi alluvionali che hanno interessato il bacino del Maira sono riassunti nella seguente Tabella:

Tabella 2-2 Descrizione degli effetti dei principali eventi alluvionali storici

| Piena | Caratteristiche | Aree interessate | Note |
|-------------|--|--------------------|--|
| Maggio 1948 | Piena sul Maira con trasporto in massa di detriti alimentati dal bacino del torrente Mollusco | Acceglio | |
| Giugno 1957 | Piena sul Maira con alluvionamenti e trasporto solido del Mollusco | Acceglio | Portata massima del Maira a Dronero di 430 m ³ /sec |
| Maggio 1973 | Piena sul tor. Grana con scalzamento e crolli di ponti | Caraglio, Bernezzo | |
| Giugno 1986 | Nubifragio, allagamenti ed alluvionamento lungo i corsi d'acqua del bacino del Maira e del Grana | | |

I dati idrologici utilizzati sono quelli elaborati dall'Autorità di bacino del fiume Po e riportati nel documento *"Piene e naturalità alvei fluviali" - Aggiornamento e sistemazione dell'idrologia di piena, Distribuzione di probabilità degli eventi: elaborazione, relazioni.* ”.

I valori di portata di progetto in funzione del Tempo di Ritorno sono stati reperiti nel Piano stralcio per l'assetto idrogeologico, sempre edito dall'Autorità di bacino del fiume Po.

Tabella 2-3 Stima Q_{max} al colmo da PS delle fasce fluviali: AdBPo

| Corso d'acqua | Progr. (km) | Sezione cod. | Denomin. | Superficie Km ² | Q_{20} m ³ /s | Q_{100} m ³ /sec | Q_{200} m ³ /s | Q_{500} m ³ /s |
|---------------|-------------|--------------|------------------|----------------------------|----------------------------|-------------------------------|-----------------------------|-----------------------------|
| Maira | 59.900 | 56 | Dronero | 574 | 230 | 490 | 640 | 960 |
| Maira | 95.998 | 15 | Cavallermaggiore | 1093 | 290 | 620 | 820 | 1220 |
| Maira | 104.798 | 6 | Confluenza in Po | 1118 | 290 | 620 | 820 | 1220 |

Nelle simulazioni idrauliche successive vengono adottati i valori di portata di 620 e 820 m³/s, rispettivamente per i tempi di ritorno di 100 e 200 anni, in considerazione del fatto che il tratto fluviale di interesse si trova subito a monte di Cavallermaggiore. Tali valori, in rapporto alla superficie del bacino imbrifero sotteso, forniscono contributi specifici alla piena, espressi in m³/s/km², mediamente inferiori a quanto riscontrabile su altri corsi d'acqua regionali.

Sempre nel documento redatto dall'Autorità di Bacino del fiume Po sono state, inoltre, riportate annotazioni a riguardo del trasporto solido. Si tratta di valutazioni che definiscono:

- ⇒ la quantità di sedimenti mediamente prodotta dal bacino montano in funzione delle specifiche caratteristiche geologico - geomorfologiche e climatiche,
- ⇒ la capacità media di trasporto solido dell'asta principale in funzione delle caratteristiche idrologiche, geometriche, granulometriche del materiale d'alveo e idrauliche.

Per il primo punto si fa riferimento alla formulazione teorico - sperimentale di Gavrilovich, per il secondo parametro il valore medio annuo è stato stimato impiegando la formulazione di Engelund - Hansen. I valori ricavati dalle elaborazioni portano a stimare il trasporto solido medio annuo del Maira in circa 50.000 m³/anno. con una erosione specifica in 0,07 mm/anno. Rispetto a un valore totale di produzione del trasporto solido a scala di intero bacino montano del Po (superficie considerata di 28.440 km²) pari a 3,35 milioni di m³/anno, il trasporto solido prodotto rappresenta l'1,50%, a fronte di un 2,51% di estensione territoriale; nel complesso quindi il bacino del Maira si colloca su valori bassi di erosione, come per altro illustrato dal valore di erosione specifica rispetto al valore medio a scala di intero bacino pari a 0,12 mm/anno.

Inoltre lo stesso documento dell'Autorità di bacino stima per l'asta fluviale del Maira una capacità di trasporto solido in sospensione di circa $35.000 \text{ m}^3/\text{anno}$ con una capacità di $62.300 \text{ m}^3/\text{anno}$ di trasporto totale. Il confronto tra la capacità di trasporto solido dell'asta e il volume di materiale solido prodotto dal bacino montano permette di valutare, pur nell'approssimazione dei valori medi utilizzati e della scala di dettaglio delle valutazioni stesse, la tendenza al deposito ovvero all'erosione.

2.4 Descrizione geometrica del Maira ai fini modellistici

L'analisi idraulica realizzata dallo Studio scrivente nel 2001 si era avvalsa di una descrizione topografica completa effettuata nel Maggio 2000 costituita dal rilievo di 21 sezioni a completamento di una restituzione aereo fotogrammetrica dell'intero tratto realizzata a cura della stessa Amministrazione Comunale di Racconigi in occasione dello studio idraulico effettuato dallo Studio Polithema di Torino.

Il tratto studiato va dalla sez.1, posta a circa 360m a monte della presa del canale Brunotta in sponda destra, fino alla sezione 21 posta circa 5.800 m più a valle. Lungo questo tronco fluviale non si registrano immissioni di affluenti laterali, ma solamente quelli di scarico di troppo pieno del canale Brunotta (sponda destra), viceversa in sponda sinistra a cavallo del ponte della SP30 esiste una presa per il canale adduttore di S. Marcellino.

Dopo la realizzazione delle arginature a monte del ponte sono state ribattute 15 sezioni trasversali (molte delle quali ubicate in corrispondenza delle medesime progressive delle sezioni del 2001), attraverso le quali si è proceduto all'integrazione dell'analisi idraulica.

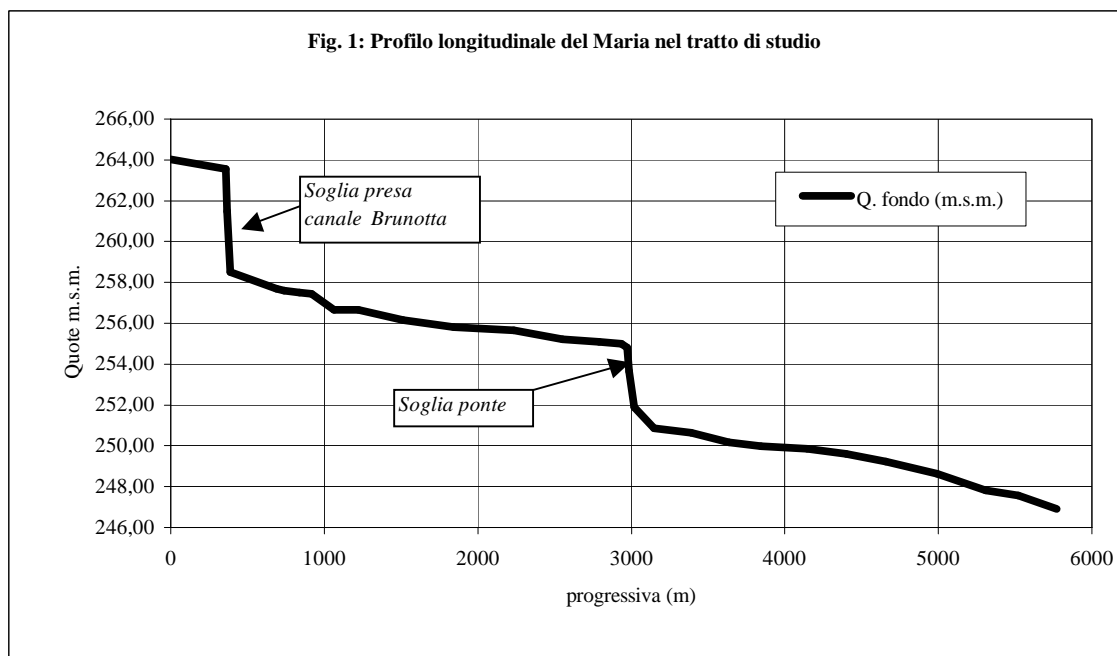
Per la progettazione ci si è avvalsi inoltre di un rilievo celerimetrico della zona dove verrà ubicato l'argine in progetto, realizzato dal geom. Lanfranchi nel 2001 per conto del Magistrato per il Po.

Dall'analisi geomorfologica ed idraulica del corso d'acqua, nel tratto studiato, si possono evidenziare alcune caratteristiche predominanti lungo i vari tratti del torrente successivamente descritti.

Alla presa del canale Brunotta (prog. 360 m): si forma un risalto idraulico che spezza la continuità idraulica del corso d'acqua.

Dalla presa fino al ponte della SP 30 (prog. 2973m) il torrente Maira attraversa un ampio terrazzo alluvionale di larghezza media di magra di circa 50-60m mentre quello di piena è pari a circa 500-600m. Sulla sponda destra è presente una difesa radente in massi realizzata alcuni decenni orsono e già colonizzata dalla vegetazione spontanea; in questo tratto la direttrice principale è quella nord-sud e l'andamento è rettilineo, la pendenza media dell'alveo è di circa lo 0.30%.

Dal ponte della SP 30 alla prog. 5769m: il Maira scorre in aperta campagna, mantenendo sempre come direttrice Sud-Nord ed assume un andamento marcatamente meandriforme, l'alveo principale di magra presenta ancora larghezze di circa 50-60 m ed è confinato tra due scarpate laterali in parte in erosione, le aree golenali sono piuttosto estese, risultano espandersi in alcuni tratti sulla sponda dx ed in altri sulla sponda sx con larghezze variabili da 100 a 500 m; la pendenza media dell'alveo è di 0,20%. A valle del ponte si riscontra un'altra condizione di criticità idraulica in quanto la soglia a protezione del ponte forma un dislivello di circa 3,5m. I terreni rivieraschi e di golenale sono in parte destinati ad uso agricoli ed in parte sfruttati per coltivazioni arboree (pioppo industriale).



3. VERIFICA IDRAULICA

3.1 *Descrizione del modello matematico*

3.1.1 *Premessa*

La procedura idraulica seguita ha lo scopo di definire i livelli e le velocità della corrente idrica che si stabiliscono in occasione del transito delle portate massime assegnate che, con diverso grado di probabilità, possono sollecitare il corso d'acqua. I risultati dell'indagine sono destinati a tradursi nella determinazione dell'ingombro della corrente liquida, grazie alla conoscenza di dettaglio della topografia della regione fluviale, individuando le criticità idrauliche e consentendo di prevedere opportuni interventi di messa in sicurezza.

L'analisi idraulica è finalizzata al conseguimento di un assetto fisico del corso d'acqua compatibile con la difesa dal rischio idraulico delle infrastrutture antropiche, particolarmente insistenti sul tratto considerato del corso d'acqua; è stata condotta attraverso un processo multidisciplinare e ha approfondito le conoscenze sulle dinamiche idrauliche e quindi ambientali del corso d'acqua, attraverso un processo di modellizzazione ricostruito a partire da un'analisi comparata tra lo scenario progettuale e quello attuale.

Le analisi idrauliche, di seguito riportate, sono state condotte rispettando le prescrizioni ed indicazioni di tutto l'insieme di documenti e direttive che compongono il Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico (PAI) dell'Autorità di Bacino del fiume Po.

I risultati delle modellazioni numeriche hanno consentito di definire le caratteristiche degli interventi di messa in sicurezza, ai fini della compatibilità del centro abitato con i processi idrodinamici del torrente in esame. Sulla base delle risultanze ottenute è stato possibile definire la quota della sommità del presidio arginale in progetto e verificare il tratto di arginatura realizzata durante i lavori del primo stralcio.

3.1.2 *Il modello matematico utilizzato*

Il modello adottato per il presente studio integra numericamente le equazioni differenziali del moto permanente per correnti monodimensionali gradualmente variate. L'ipotesi di monodimensionalità è ampiamente giustificata nella grande maggioranza dei tratti dei corsi

analoghi a quelli simulati; essa risulta poco corretta solo in corrispondenza di brusche variazioni nella geometria della sezione liquida trasversale, ma in tali circostanze il raffittimento del rilievo geometrico limita le possibili fonti di imprecisione.

Si tratta di uno strumento d'applicabilità molto ampia, largamente utilizzato presso Enti Pubblici e Privati negli Stati Uniti e in oltre 40 nazioni, ed ormai adottato anche da molti Enti Pubblici Italiani.

Il modello è stato progettato per contenere vari moduli di analisi idraulica monodimensionale: analisi di moto permanente, analisi del moto vario, analisi del trasporto solido in letto mobile. Tra le diverse componenti quella utilizzata nel presente studio consiste nell'algoritmo di calcolo idraulico per la determinazione delle variazioni della portata, della velocità, della larghezza del pelo libero della corrente e di altre caratteristiche idrauliche del moto durante la propagazione verso valle della corrente idrica di portata nota, per effetto della resistenza d'attrito dell'alveo e della presenza di opere interagenti con la corrente (ponti e traverse).

Il modello calcola i profili di moto permanente per corsi d'acqua monodimensionali in regime di corrente lenta, veloce o mista. Il programma è in grado di calcolare e gestire i profili per una rete di canali naturali o artificiali in un sistema ad albero od a singolo ramo. Le relazioni fondamentali della formulazione matematica sono le equazioni dei moti permanenti nell'espressione classica dell'equazione monodimensionale dell'energia secondo Manning. Le perdite valutate sono quelle d'attrito (secondo Manning), valutate per le diverse parti della sezione trasversale (canale centrale, sponde laterali, golene e parti di golene), e quelle causate dalla contrazione o espansione delle sezioni (tramite un coefficiente che moltiplica la variazione dell'altezza cinetica). L'equazione della quantità di moto è utilizzata nei punti dove il profilo del pelo libero subisce brusche variazioni ovvero in regime misto nel passaggio da corrente veloce a corrente lenta oppure, in corrispondenza di ponti, traverse e sottopassi o alla confluenza di più rami di una rete.

Il modello richiede, oltre alla geometria generale del corso d'acqua, profili e sezioni trasversali, i dati di portata in ingresso nella prima sezione di monte ed, eventualmente in tutte le sezioni dove sono disponibili dati di portata, ed infine le condizioni al contorno dipendenti dal regime di moto della corrente.

L'equazione generale dell'energia è la seguente:

$$Y_2 + Z_2 + \alpha_2 \frac{V_2^2}{2g} = Y_1 + Z_1 + \alpha_1 \frac{V_1^2}{2g} + h_e$$

dove:

- Y_1, Y_2 altezza idrometrica nella sezione 1 e 2,
 Z_1, Z_2 quota del fondo alveo nelle sezioni 1 e 2,
 V_1, V_2 velocità medie (portata totale/area bagnata) nelle sezioni 1 e 2,
 α_1, α_2 coefficienti di velocità,
 h_e perdita di carico nel tratto 1-2.

La perdita di carico tra due sezioni trasversali è calcolata come somma delle perdite distribuite per attrito e di quelle concentrate per effetto di contrazioni o allargamenti bruschi di sezione secondo l'equazione:

$$h_e = LS_f + C \left(\alpha_2 \frac{V_2^2}{2g} - \alpha_1 \frac{V_1^2}{2g} \right)$$

dove:

- L distanza pesata, in funzione della portata, tra le due sezioni trasversali 1 e 2,
 S_f pendenza motrice tra le sezioni 1 e 2,
 C coefficiente di perdita di carico per contrazione o allargamento di sezione.

La pendenza d'attrito S_f è valutata secondo l'espressione di Manning:

$$S_f = n^2 Q|Q| / (A^2 R^{4/3})$$

dove n è il coefficiente di resistenza di Manning (che vale anche $n=1/c$ con c di Gauckler-Strickler) ed R è il raggio idraulico.

L'equazione differenziale del moto viene integrata per via numerica, attraverso un insieme di fasi iterative che vengono ripetute più volte per affinarne la risoluzione; per la determinazione dei profili è quindi necessario fornire le condizioni iniziali di portata in ingresso e le condizioni al contorno in funzione del regime di moto.

L'ipotesi di stazionarietà è a favore di sicurezza in termini di livelli idrici massimi, poiché implica l'esaurimento delle capacità laminative del corso d'acqua. Le simulazioni sono state

condotte in regime permanente per i valori al colmo della portata di riferimento e per portate con diverso tempo di ritorno al fine di individuare i livelli idrici nelle singole sezioni.

3.1.3 Le ipotesi della modellazione idraulica

Le ipotesi fondamentali in base a cui sono state svolte le analisi idrauliche sono le seguenti:

- la lunghezza d'onda delle perturbazioni al deflusso è decisamente superiore al tirante idrico: ciò implica la monodimensionalità della corrente, che si può ritenere sostanzialmente parallela alle sponde ed al fondo dell'alveo; le accelerazioni laterali e verticali si possono assumere trascurabili rispetto a quelle longitudinali e pertanto risulta idrostatica la distribuzione delle pressioni;
- la geometria dell'alveo è fissa: si trascurano gli effetti del trasporto solido durante l'evento di piena, in termini di variazione della morfologia del tratto fluviale in esame;
- la pendenza del corso d'acqua è relativamente modesta, tanto da poter confondere l'angolo che il suo letto forma sul piano orizzontale con la sua tangente o col suo seno trigonometrici.
- gli effetti delle resistenze d'attrito al contorno bagnato possono essere valutati con la medesima relazione del moto uniforme: si assume che la non uniformità e la non permanenza del moto abbiano solo effetti limitati sull'entità delle perdite di carico per attrito.
- nell'equazione della conservazione della quantità di moto si trascurano gli effetti dei cambi di direzione dell'asse del canale; pertanto la superficie di pelo libero in ogni sezione trasversale è orizzontale, anche in corrispondenza delle curve.
- il fluido costituente la corrente è omogeneo.

Tali ipotesi sono del tutto ricorrenti nelle verifiche idrauliche di tratti fluviali monocursali.

3.1.4 Condizioni e parametri applicati

Il modello numerico è stato applicato dalla sezione 1 poco a monte (360 m) della presa del canale Brunotta fino alla sez.21 per un tratto di circa 5.800m. Le simulazioni effettuate hanno rappresentato sia lo stato di fatto che due configurazioni di progetto:

- ⇒ **Configurazione 1** con argine realizzato a monte del ponte sulla S.P. 30 nell'ambito dei lavori del primo stralcio e argine in progetto nel tratto di valle;
- ⇒ **Configurazione 2** che si differenzia dalla configurazione 1 solo per l'asportazione di parte del rilevato avente funzione di presa del canale Marcellino nell'area immediatamente a monte del ponte della S.P. 30 (vedi Figura 3.1).



Figura 3.1 Rilevato di alimentazione del Canale Marcellino

3.1.5 Taratura del modello idraulico

Le simulazioni non sono state precedute da una specifica attività di calibrazione, a causa, come detto, della carenza di misure idrometriche lungo l'asta in esame. Tuttavia l'ipotesi di stazionarietà è a favore di sicurezza in termini di livelli idrici massimi, poiché implica l'esaurimento delle capacità laminative del corso d'acqua. Le simulazioni sono state, quindi, condotte in regime di moto permanente per i valori al colmo delle portate di riferimento relative ad eventi con diverso tempo di ritorno, secondo quanto indicato e previsto dalla normativa per le verifiche di attraversamenti dei corsi d'acqua.

I coefficienti di scabrezza sono definiti nella classica espressione di Glauckler-Strickler differenziati, dove necessario, per le varie parti dell'alveo di piena considerato. La determinazione dei coefficienti discende dal confronto tra i valori indicati in bibliografia e dall'esperienza acquisita e dai rilievi condotti in loco.

Le simulazioni eseguite, propongono i seguenti valori di scabrezza:

- $Ks=20+21 m^{1/3}/s$ – alveo e sponde;

- $K=28-30 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$ – difese spondali in muratura e spalla ponte;
- $K=18.5 \div 20 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$ – aree golenali.

3.1.6 I parametri al contorno utilizzati

Le condizioni richieste dal modello per l'applicazione delle equazioni del moto, riguardano una descrizione geometrica dell'alveo del tratto di corso d'acqua studiato, attraverso il rilievo di sezioni trasversali e dal profilo longitudinale. Nel tratto di torrente in studio, essendo l'altezza di moto uniforme superiore a quella critica, il profilo di moto permanente che si instaura è di corrente lenta. Per questa ragione per risolvere le equazioni differenziali che governano il fenomeno (moto vario per correnti monodimensionali gradualmente variate) occorre impostare una condizione al contorno di valle. Nello specifico abbiamo imposto come condizione di valle l'altezza di moto uniforme, pari allo 0,23% rappresentativa del tratto a valle dell'ultima sezione rilevata Sez. 21). Occorre definire, infine, anche le condizioni microgeometriche riguardanti la scabrezza d'alveo e i coefficienti di contrazione ed espansione della corrente, che in questo caso sono stati ricavati secondo quanto già descritto nel paragrafo precedente.

4. RISULTATI DELLE SIMULAZIONI

Le simulazioni sono state effettuate sia per lo stato di fatto che nelle due configurazioni di progetto citate:

4.1 Stato di fatto

Le seguenti immagini riportano i profili di rigurgito nel tratto in esame e in alcune sezioni ritenute più rappresentative:

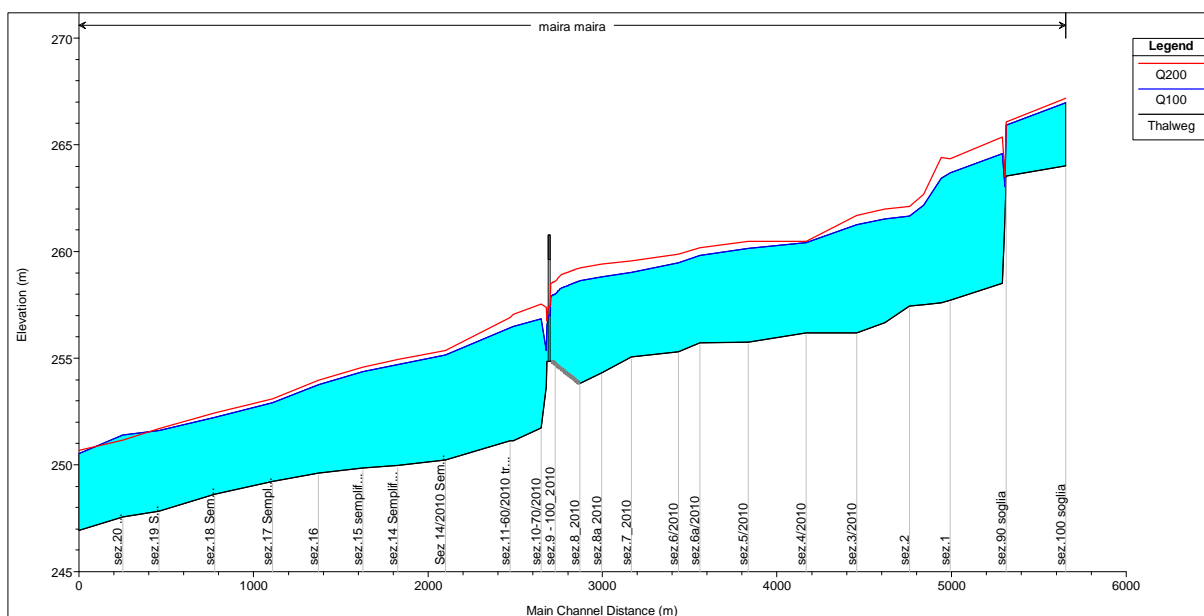


Figura 4.1 Profilo di rigurgito che si realizza nello stato di fatto per portate con TR=100 e 200 anni

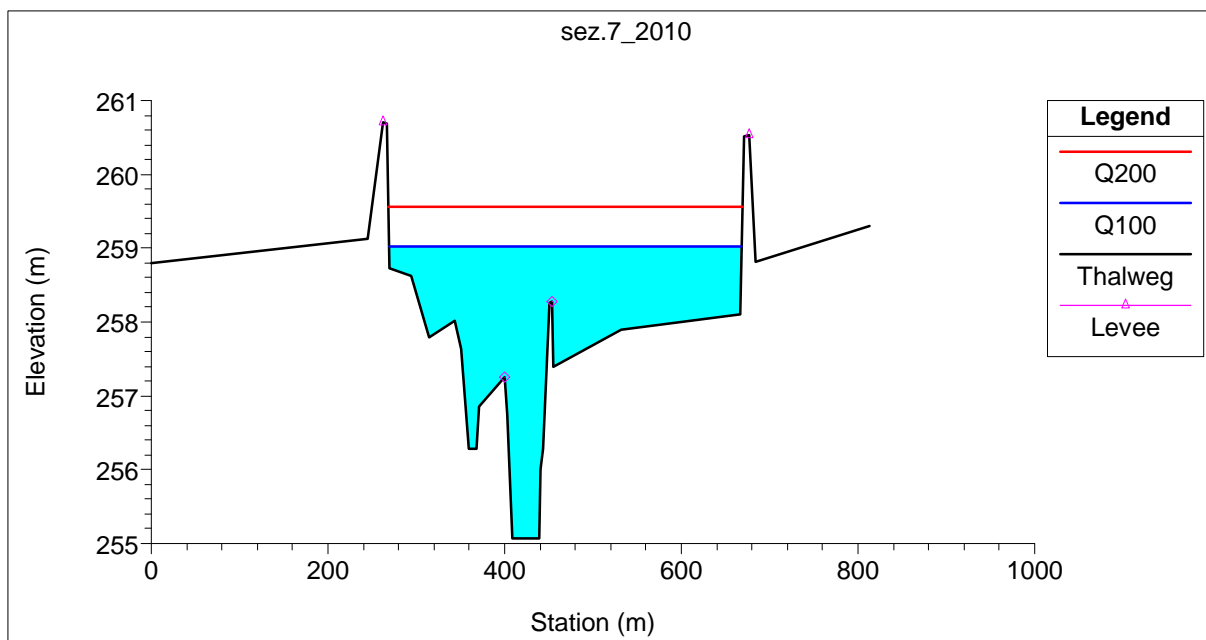


Figura 4.2 Profilo di rigurgito in corrispondenza della sezione 7 /2010 a monte del ponte sulla S.P. 30 nello stato di fatto

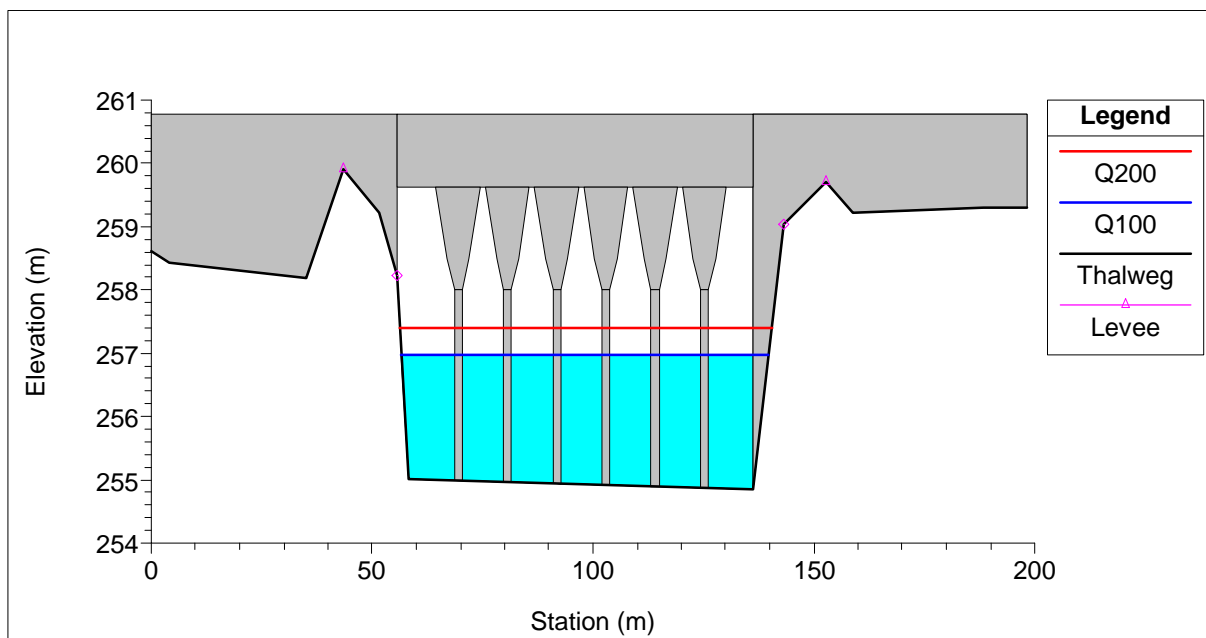


Figura 4.3 Profilo di rigurgito in corrispondenza della sezione del ponte sulla S.P. 30 nello stato di fatto

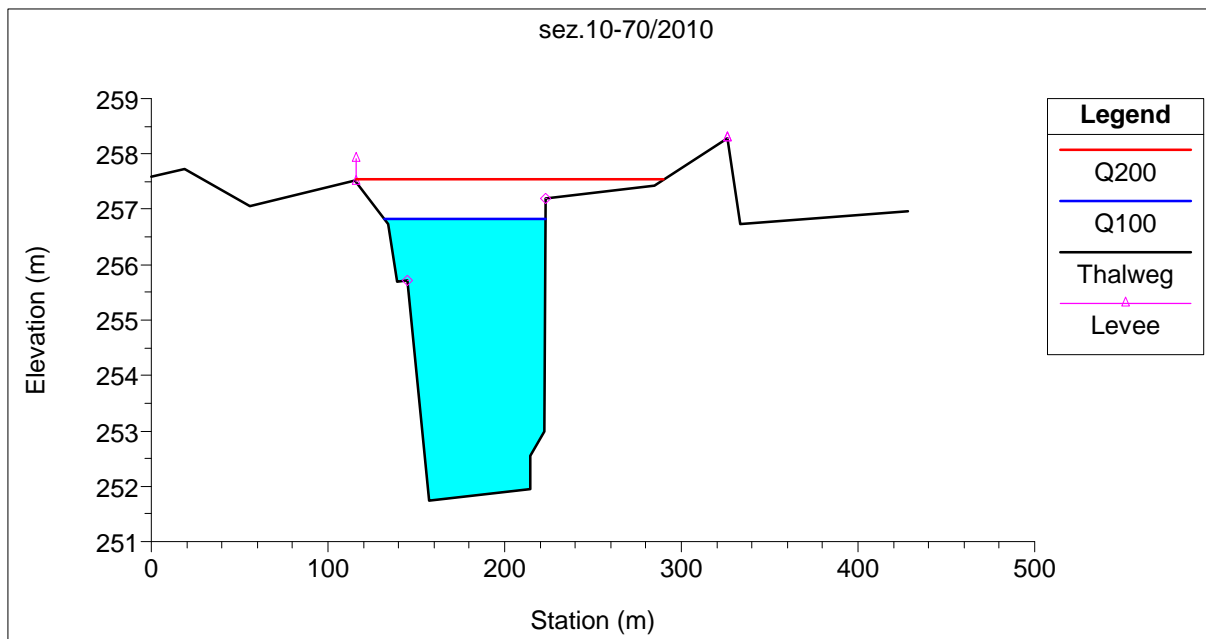


Figura 4.4 Profilo di rigurgito in corrispondenza della sezione 10 – 70 / 2010 nello stato di fatto

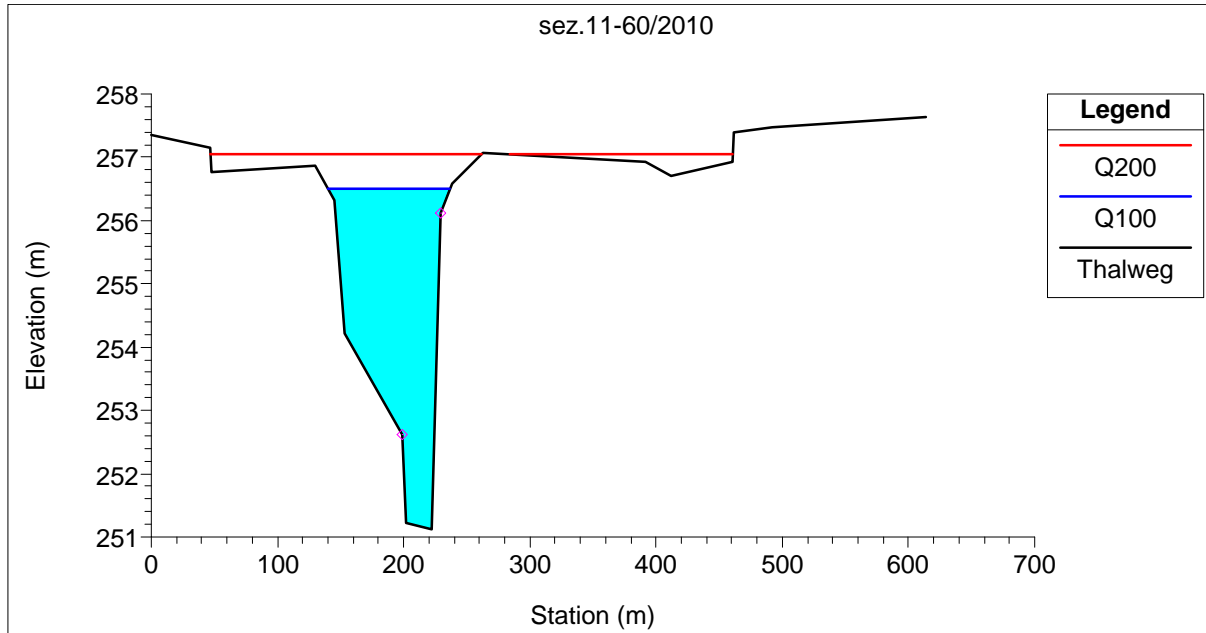


Figura 4.5 Profilo di rigurgito in corrispondenza della sezione 11 – 60 / 2010 nello stato di fatto

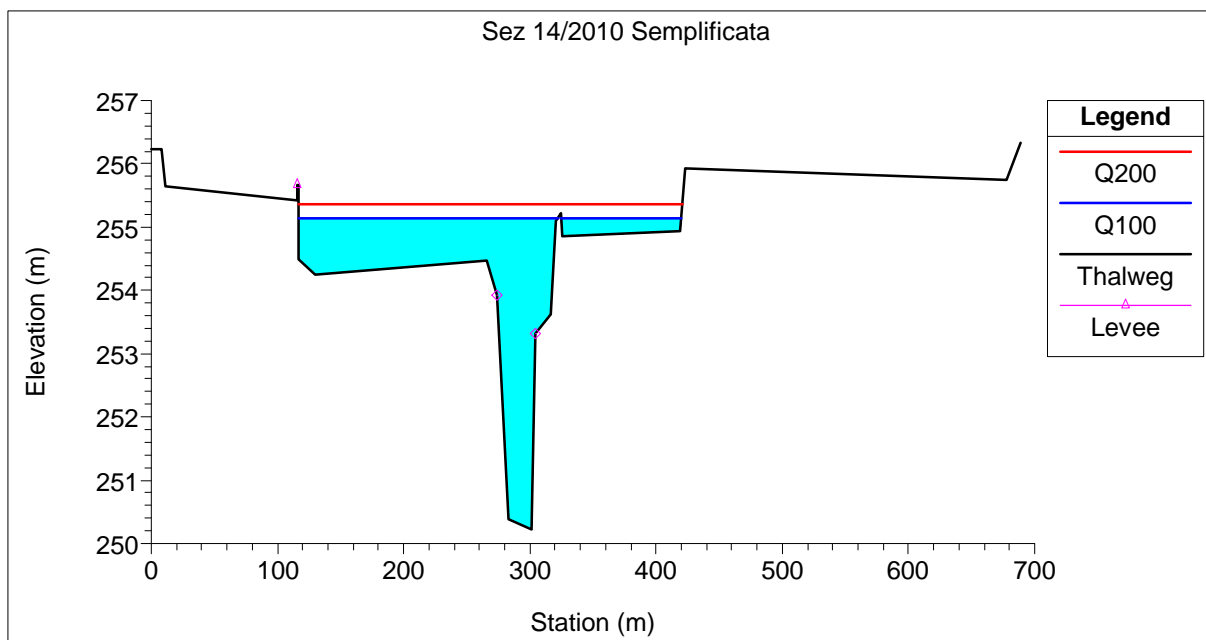


Figura 4.6 Profilo di rigurgito in corrispondenza della sezione 14 / 2010 nello stato di fatto

Di seguito si riportano i risultati riassunti nella tabella seguente:

| RISULTATI ANALISI IDRAULICA TORRENTE MAIRA STATO DI FATTO | | | | | | | | | | | | | |
|---|-----------------|----------------------------|------------------|-----------------------|---------------------|------------------------|---------------------|---------------------|-----------|-------------------------|-------------------------|---------------|---------------|
| Descrizione Sezione | Sezione Hec Ras | Distanza Vs Sez. Valle (m) | Portata Progetto | Valore Portata (m³/s) | Quota fondo (m slm) | Profilo Idrico (m slm) | Altezza Critica (m) | Velocità chnl (m/s) | N. Froude | Quota argine dx (m slm) | Quota argine sn (m slm) | Franco dx (m) | Franco sn (m) |
| Sez. 100 Soglia | 30 | 340 | Q ₁₀₀ | 620 | 264.02 | 266.97 | 265.8 | 0.93 | 0.23 | | | | |
| | | | Q ₂₀₀ | 820 | 264.02 | 267.18 | 265.95 | 1.05 | 0.25 | | | | |
| Sez. 90 Soglia | 29 | 8 | Q ₁₀₀ | 620 | 263.54 | 265.91 | 265.91 | 2.75 | 0.59 | | | | |
| | 29 | | Q ₂₀₀ | 820 | 263.54 | 266.07 | 266.07 | 2.9 | 0.6 | | | | |
| Sez. Interp.1 | 28 | 15 | Q ₁₀₀ | 620 | 261.48 | 263.02 | 263.83 | 7.41 | 2.13 | | | | |
| | 28 | | Q ₂₀₀ | 820 | 261.48 | 263.5 | 264.25 | 7.03 | 1.73 | | | | |
| Sez. Interp.2 | 27 | 300 | Q ₁₀₀ | 620 | 258.5 | 264.58 | 260.82 | 1.51 | 0.21 | | | | |
| | 27 | | Q ₂₀₀ | 820 | 258.5 | 265.37 | 261.24 | 1.73 | 0.22 | | | | |
| Sez.1 | 26 | 50 | Q ₁₀₀ | 620 | 257.7 | 263.7 | 261.77 | 3.26 | 0.5 | | | | |
| | 26 | | Q ₂₀₀ | 820 | 257.7 | 264.36 | 262.48 | 3.63 | 0.53 | | | | |
| Sez. Interp.3 | 25 | 100 | Q ₁₀₀ | 620 | 257.6 | 263.41 | 261.68 | 3.43 | 0.53 | | | | |
| | 25 | | Q ₂₀₀ | 820 | 257.6 | 264.4 | 262.38 | 2.88 | 0.41 | | | | |
| Sez. Interp.4 | 24 | 80 | Q ₁₀₀ | 620 | 257.5 | 262.17 | 261.59 | 4.64 | 0.79 | | | | |
| | 24 | | Q ₂₀₀ | 820 | 257.5 | 262.69 | 262.3 | 5.33 | 0.87 | | | | |
| Sez. 2 | 23 | 145 | Q ₁₀₀ | 620 | 257.44 | 261.68 | | 3.83 | 0.67 | | | | |
| | 23 | | Q ₂₀₀ | 820 | 257.44 | 262.11 | | 4.47 | 0.75 | 264.85 | | 2.74 | |
| Sez. Interp.5 | 22 | 160 | Q ₁₀₀ | 620 | 256.67 | 261.52 | | 2.06 | 0.35 | | | | |
| | 22 | | Q ₂₀₀ | 820 | 256.67 | 261.99 | | 2.39 | 0.39 | | | | |
| Sez. 3/2010 | 21 | 290 | Q ₁₀₀ | 620 | 256.19 | 261.26 | | 2.05 | 0.32 | | | | |
| | 21 | | Q ₂₀₀ | 820 | 256.19 | 261.7 | | 2.33 | 0.35 | 263.52 | | 1.82 | |
| | | | | | | | | | | | | | |

| | | | | | | | | | | | | | |
|--|------|-----|------------------|-----|--------|--------|--------|------|------|--------|--------|------|------|
| Sez. 4/2010 | 20 | 331 | Q ₁₀₀ | 620 | 256.18 | 260.41 | 259.37 | 2.75 | 0.46 | | | | |
| | 20 | | Q ₂₀₀ | 820 | 256.18 | 260.47 | 259.71 | 3.56 | 0.59 | 262.87 | | 2.4 | |
| | | | | | | | | | | | | | |
| Sez. 5/2010 | 19 | 275 | Q ₁₀₀ | 620 | 255.75 | 260.15 | 257.99 | 1.22 | 0.2 | | | | |
| | 19 | | Q ₂₀₀ | 820 | 255.75 | 260.47 | 258.24 | 0.97 | 0.15 | 262.14 | | 1.67 | |
| | | | | | | | | | | | | | |
| Sez. 6a/2010 | 18.5 | 125 | Q ₁₀₀ | 620 | 255.7 | 259.82 | | 1.93 | 0.33 | | | | |
| | 18.5 | | Q ₂₀₀ | 820 | 255.7 | 260.17 | | 2.11 | 0.34 | 261.75 | | 1.58 | |
| | | | | | | | | | | | | | |
| Sez. 6/2010 | 18 | 270 | Q ₁₀₀ | 620 | 255.3 | 259.48 | 258.49 | 2.43 | 0.4 | | | | |
| | 18 | | Q ₂₀₀ | 820 | 255.3 | 259.89 | 259.24 | 2.4 | 0.37 | 261.61 | 260.69 | 1.72 | 0.8 |
| | | | | | | | | | | | | | |
| Sez. 7/2010 | 17 | 170 | Q ₁₀₀ | 620 | 255.07 | 259.03 | 257.92 | 1.63 | 0.29 | | | | |
| | 17 | | Q ₂₀₀ | 820 | 255.07 | 259.56 | 258.44 | 1.52 | 0.25 | 260.54 | 260.75 | 0.98 | 1.19 |
| | | | | | | | | | | | | | |
| Sez. 8a/2010 | 16.5 | 125 | Q ₁₀₀ | 620 | 254.32 | 258.82 | 257.41 | 1.53 | 0.26 | | | | |
| | 16.5 | | Q ₂₀₀ | 820 | 254.32 | 259.41 | 257.67 | 1.41 | 0.22 | 259.9 | 260.61 | 0.49 | 1.2 |
| | | | | | | | | | | | | | |
| Sez. 8/2010 | 16 | 110 | Q ₁₀₀ | 620 | 253.81 | 258.62 | 256.95 | 1.56 | 0.29 | | | | |
| | 16 | | Q ₂₀₀ | 820 | 253.81 | 259.22 | 257.25 | 1.66 | 0.28 | 259.67 | 260.19 | 0.45 | 0.97 |
| | | | | | | | | | | | | | |
| Sez. 9a/2010 | 15.5 | 30 | Q ₁₀₀ | 620 | 254.52 | 258.28 | 256.74 | 2.09 | 0.39 | | | | |
| | 15.5 | | Q ₂₀₀ | 820 | 254.52 | 258.9 | 257.11 | 2.22 | 0.37 | 259.68 | 260.05 | 0.78 | 1.15 |
| | | | | | | | | | | | | | |
| Sez. 9/2010 | 15 | 17 | Q ₁₀₀ | 620 | 254.72 | 258.01 | 256.96 | 2.66 | 0.52 | | | | |
| | 15 | | Q ₂₀₀ | 820 | 254.72 | 258.6 | 257.42 | 2.86 | 0.51 | 259.68 | 259.93 | 1.08 | 1.33 |
| | | | | | | | | | | | | | |
| Sez. 15 m a monte ponte | 14.2 | 10 | Q ₁₀₀ | 620 | 254.85 | 257.96 | 256.78 | 2.51 | 0.47 | | | | |
| | 14.2 | | Q ₂₀₀ | 820 | 254.85 | 258.55 | 257.15 | 2.75 | 0.47 | 259.7 | 259.9 | 1.15 | 1.35 |
| | | | | | | | | | | | | | |
| Sez. 5 m a monte ponte | 14.1 | 20 | Q ₁₀₀ | 620 | 254.85 | 257.91 | 256.77 | 2.55 | 0.48 | | | | |
| | 14.1 | | Q ₂₀₀ | 820 | 254.85 | 258.5 | 257.15 | 2.78 | 0.48 | 259.7 | 259.9 | 1.2 | 1.4 |
| | | | | | | | | | | | | | |
| Ponte di Via Regina Margherita S.P. 30 | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | |
| Sez. 5 m a valle ponte | 13.9 | 4 | Q ₁₀₀ | 620 | 254.85 | 256.48 | 256.77 | 5.01 | 1.3 | | | | |
| | 13.9 | | Q ₂₀₀ | 820 | 254.85 | 256.76 | 257.14 | 5.57 | 1.33 | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | |
| Sez. 9 m a valle | 13 | 29 | Q ₁₀₀ | 620 | 253.65 | 255.37 | 255.98 | 6.26 | 1.7 | | | | |

| | | | | | | | | | | | | | |
|-------------------------------------|------|-----|------------------|-----|--------|--------|--------|------|------|--|--|--|--|
| ponete | 13 | | Q ₂₀₀ | 820 | 253.65 | 257.38 | 256.36 | 3.12 | 0.56 | | | | |
| Sez. 10-70/2010 | 12 | 130 | Q ₁₀₀ | 620 | 251.74 | 256.84 | 254.01 | 1.72 | 0.26 | | | | |
| | 12 | | Q ₂₀₀ | 820 | 251.74 | 257.54 | 254.43 | 1.94 | 0.27 | | | | |
| Sez. 11-60/2010 | 10.5 | 20 | Q ₁₀₀ | 620 | 251.12 | 256.5 | | 2.56 | 0.38 | | | | |
| | 10.5 | | Q ₂₀₀ | 820 | 251.12 | 257.04 | | 3.35 | 0.47 | | | | |
| Sez. 11-60/2010 trasl valle 20 m | 10.4 | 190 | Q ₁₀₀ | 620 | 251.12 | 256.43 | | 2.53 | 0.39 | | | | |
| | 10.4 | | Q ₂₀₀ | 820 | 251.12 | 256.91 | | 3.28 | 0.48 | | | | |
| Sez. 14/2010 | 9.5 | 65 | Q ₁₀₀ | 620 | 250.23 | 255.14 | 255.07 | 3.41 | 0.53 | | | | |
| | 9.5 | | Q ₂₀₀ | 820 | 250.23 | 255.37 | 255.37 | 3.84 | 0.58 | | | | |
| Sez. 14/2001 | 8 | 200 | Q ₁₀₀ | 620 | 249.97 | 254.71 | | 1.7 | 0.31 | | | | |
| | 8 | | Q ₂₀₀ | 820 | 249.97 | 254.93 | 254.33 | 1.76 | 0.31 | | | | |
| Sez. 15/2001 | 7 | 255 | Q ₁₀₀ | 620 | 249.85 | 254.37 | 253.7 | 1.76 | 0.31 | | | | |
| | 7 | | Q ₂₀₀ | 820 | 249.85 | 254.6 | 254.02 | 1.87 | 0.32 | | | | |
| Sez. 16/2001 | 6 | 260 | Q ₁₀₀ | 620 | 249.62 | 253.75 | 253.58 | 2.54 | 0.42 | | | | |
| | 6 | | Q ₂₀₀ | 820 | 249.62 | 253.97 | 253.67 | 2.66 | 0.43 | | | | |
| Sez. 17/2001 | 5 | 330 | Q ₁₀₀ | 620 | 249.23 | 252.92 | | 2.65 | 0.46 | | | | |
| | 5 | | Q ₂₀₀ | 820 | 249.23 | 253.11 | | 2.79 | 0.47 | | | | |
| Sez. 18/2001 | 4 | 320 | Q ₁₀₀ | 620 | 248.64 | 252.23 | 251.89 | 1.72 | 0.31 | | | | |
| | 4 | | Q ₂₀₀ | 820 | 248.64 | 252.44 | 251.99 | 1.72 | 0.3 | | | | |
| Sez. 19/2001 | 3 | 210 | Q ₁₀₀ | 620 | 247.82 | 251.61 | 251.25 | 1.98 | 0.35 | | | | |
| | 3 | | Q ₂₀₀ | 820 | 247.82 | 251.7 | 251.37 | 2.45 | 0.42 | | | | |
| Sez. 20/2001 | 2 | 250 | Q ₁₀₀ | 620 | 247.56 | 251.41 | 250.69 | 1.03 | 0.2 | | | | |
| | 2 | | Q ₂₀₀ | 820 | 247.56 | 251.16 | 250.85 | 1.8 | 0.37 | | | | |
| Sez. 21/2001 | 1 | 0 | Q ₁₀₀ | 620 | 246.92 | 250.54 | 250.54 | 3.42 | 0.65 | | | | |
| | 1 | | Q ₂₀₀ | 820 | 246.92 | 250.68 | 250.68 | 1.7 | 0.32 | | | | |

4.2 Configurazione 1 - Stato di progetto

Le seguenti immagini riportano i profili di rigurgito nel tratto in esame e in alcune sezioni ritenute più rappresentative:

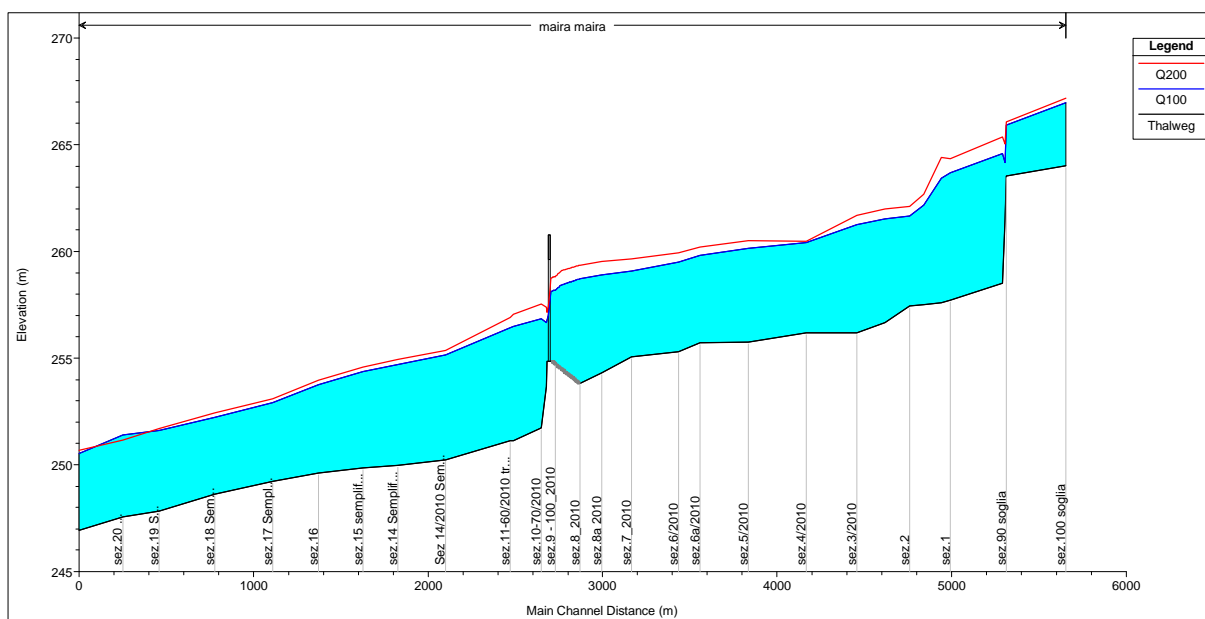


Figura 4.7 Profilo di rigurgito che si realizza nella configurazione 1 per portate con TR=100 e 200 anni

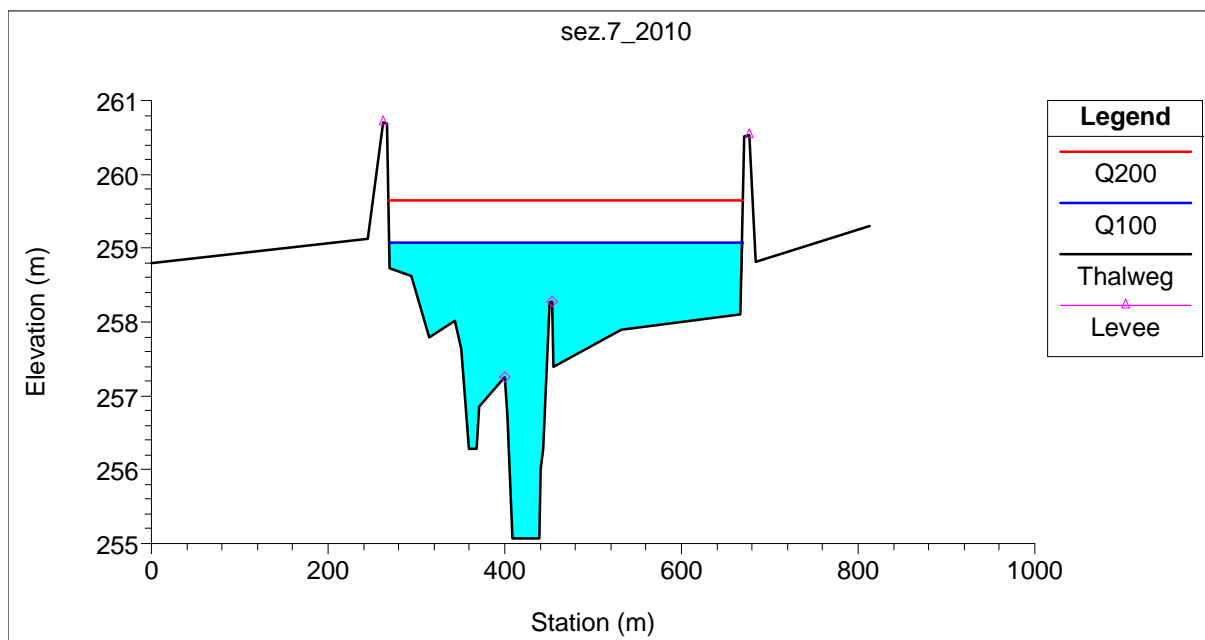


Figura 4.8 Profilo di rigurgito in corrispondenza della sezione 7 /2010 a monte del ponte sulla S.P. 30

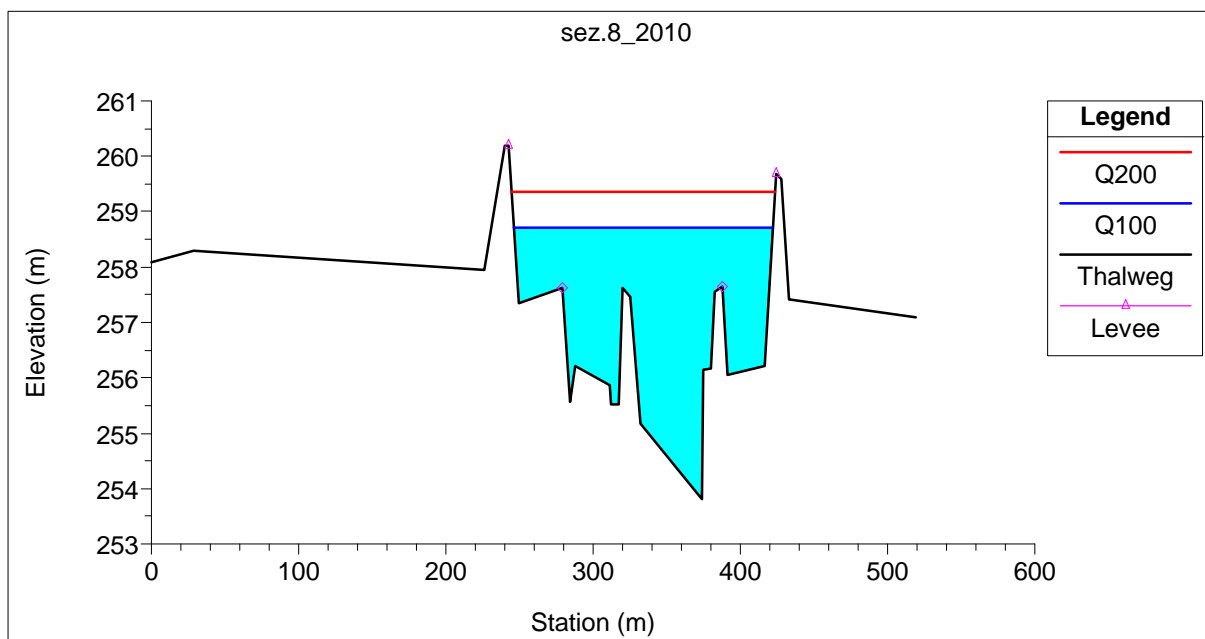


Figura 4.9 Profilo di rigurgito in corrispondenza della sezione 8 /2010 a monte del ponte sulla S.P. 30

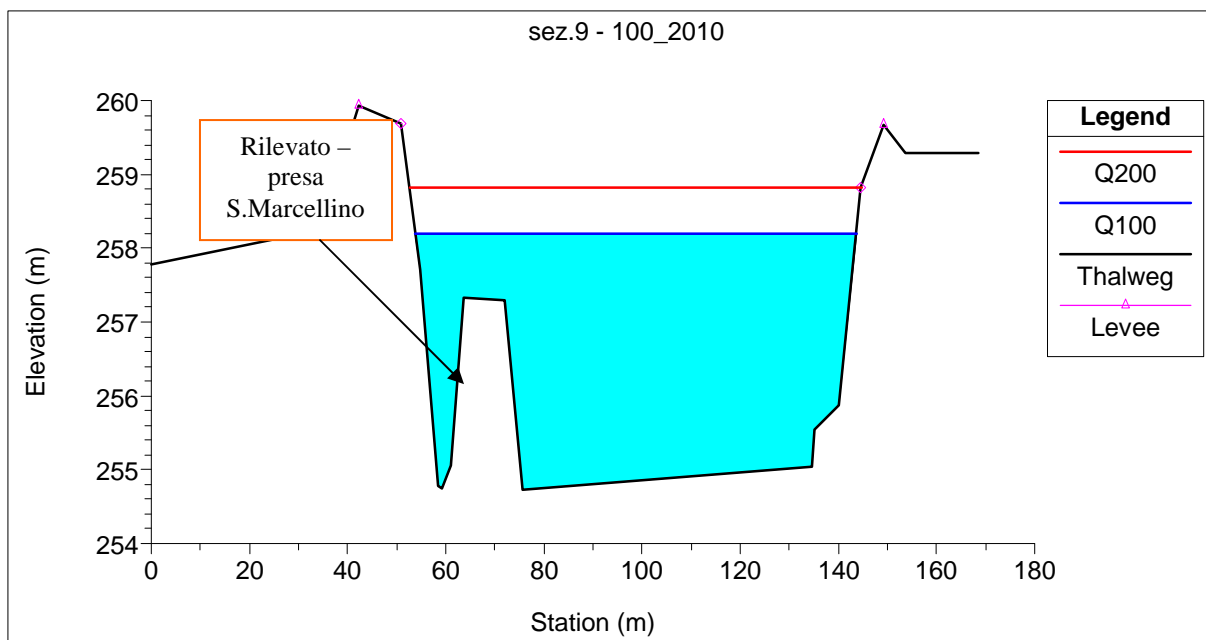


Figura 4.10 Profilo di rigurgito in corrispondenza della sezione 9 /2010 a monte del ponte sulla S.P. 30

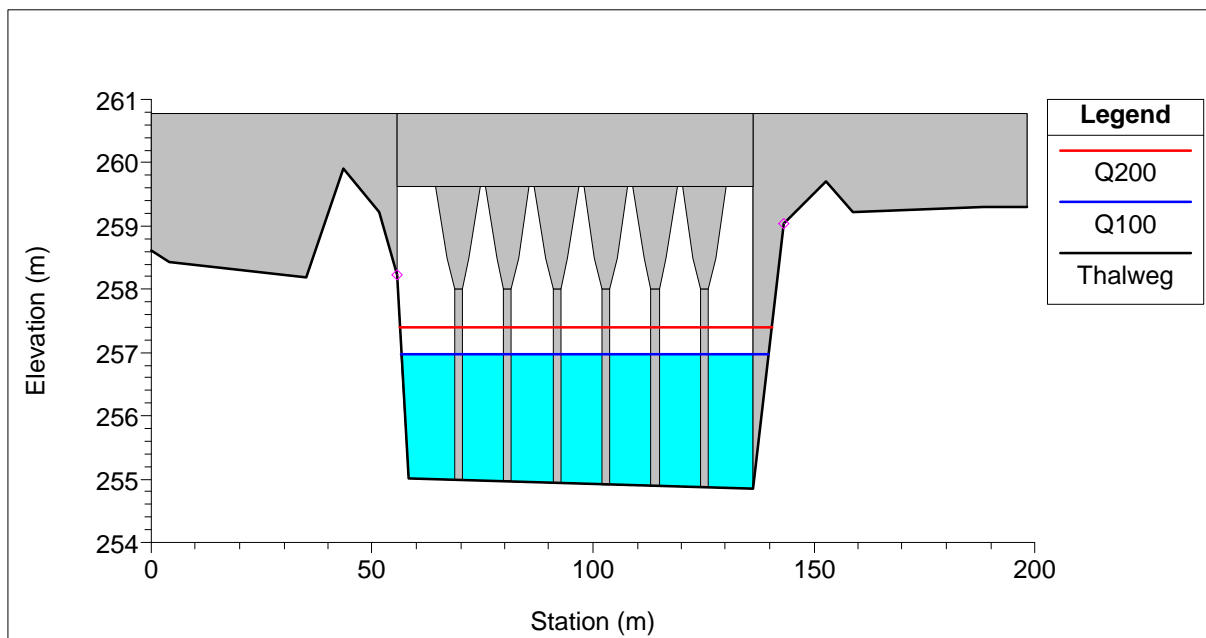


Figura 4.11 Profilo di rigurgito in corrispondenza della sezione del ponte sulla S.P. 30

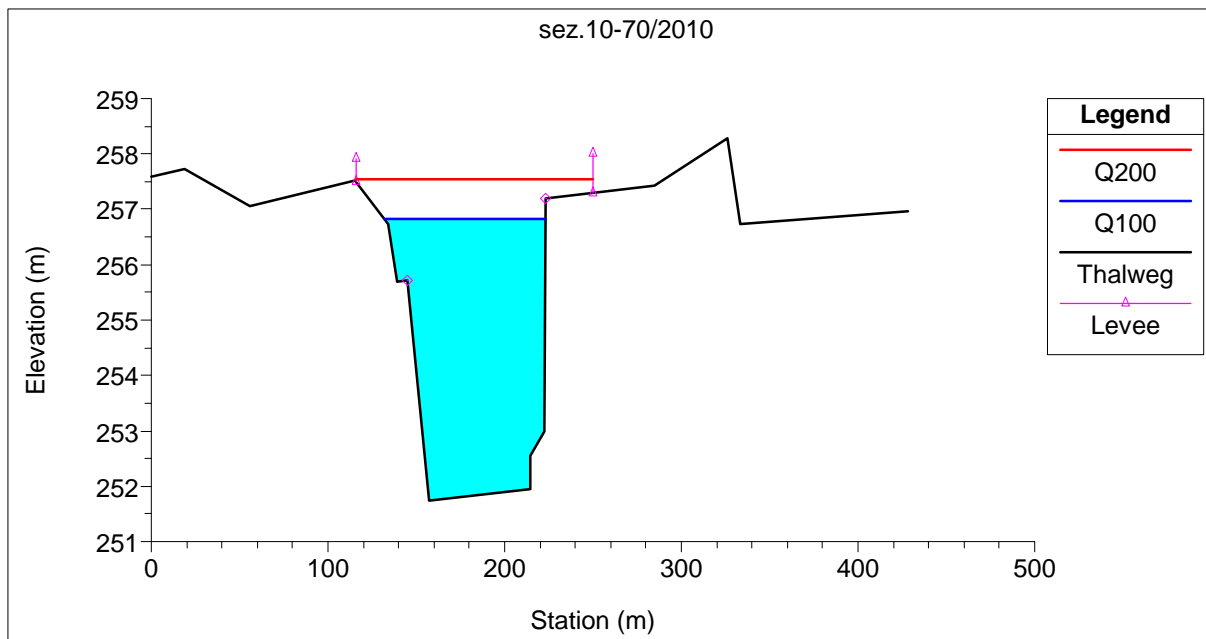


Figura 4.12 Profilo di rigurgito in corrispondenza della sezione 10 – 70 / 2010

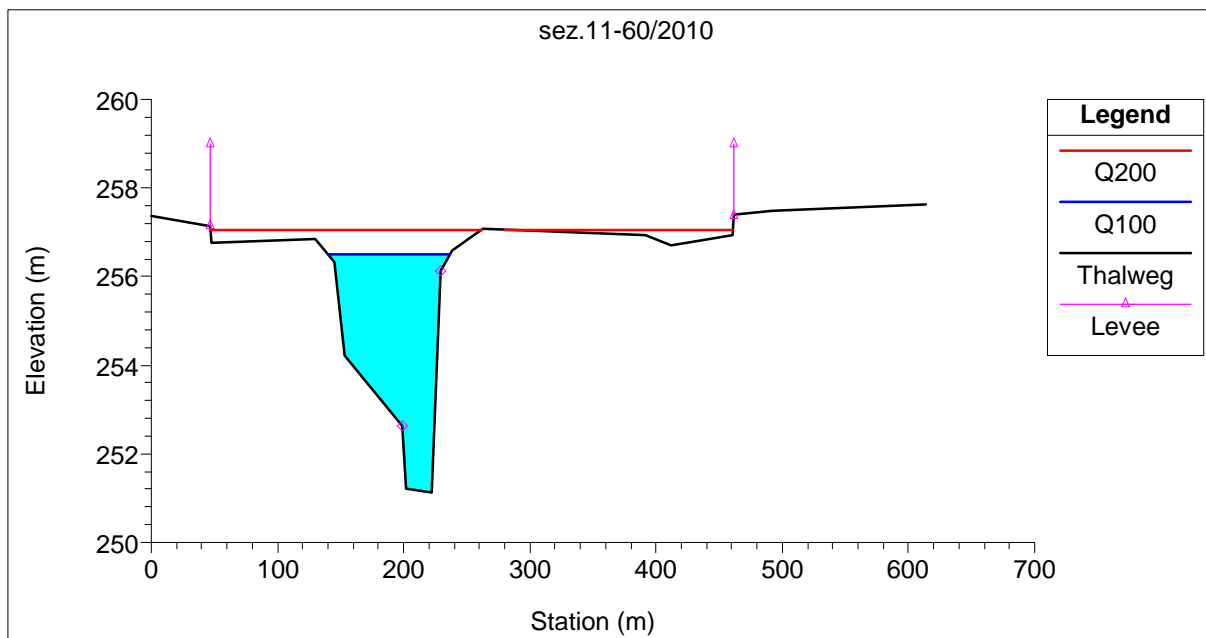


Figura 4.13 Profilo di rigurgito in corrispondenza della sezione 11 – 60 / 2010

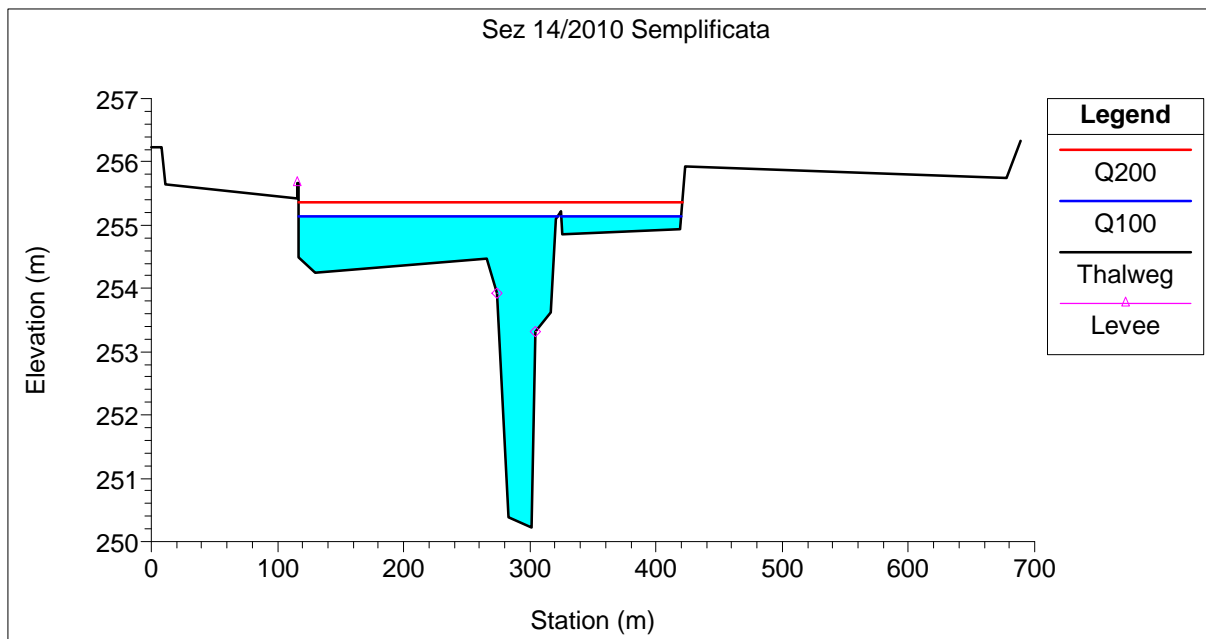


Figura 4.14 Profilo di rigurgito in corrispondenza della sezione 14 / 2010

Di seguito si riportano i risultati riassunti nella tabella seguente:

| RISULTATI ANALISI IDRAULICA TORRENTE MAIRA CONF. 1 – STATO DI PROGETTO | | | | | | | | | |
|--|-----------------|----------------------------|------------------|-----------------------|---------------------|------------------------|---------------------|---------------------|-----------|
| Descrizione Sezione | Sezione Hec Ras | Distanza Vs Sez. Valle (m) | Portata Progetto | Valore Portata (m³/s) | Quota fondo (m slm) | Profilo Idrico (m slm) | Altezza Critica (m) | Velocità chnl (m/s) | N. Froude |
| Sez. 100 Soglia | 30 | 340 | Q ₁₀₀ | 620 | 264.02 | 266.97 | | 0.93 | 0.23 |
| | | | Q ₂₀₀ | 820 | 264.02 | 267.18 | | 1.05 | 0.25 |
| Sez. 90 Soglia | 29 | 8 | Q ₁₀₀ | 620 | 263.54 | 265.91 | 265.91 | 2.75 | 0.59 |
| | | | Q ₂₀₀ | 820 | 263.54 | 266.07 | 266.07 | 2.9 | 0.6 |
| Sez. Interp.1 | 28 | 15 | Q ₁₀₀ | 620 | 261.48 | 264.18 | | 3.76 | 0.79 |
| | | | Q ₂₀₀ | 820 | 261.48 | 265.04 | | 3.6 | 0.66 |
| Sez. | 27 | 300 | Q ₁₀₀ | 620 | 258.5 | 264.58 | | 1.51 | 0.21 |

| | | | | | | | | | |
|---------------|------|-----|------------------|-----|--------|--------|--------|------|------|
| Interp.2 | | | Q ₂₀₀ | 820 | 258.5 | 265.37 | | 1.73 | 0.22 |
| | | | | | | | | | |
| Sez. 1 | 26 | 50 | Q ₁₀₀ | 620 | 257.7 | 263.7 | 261.77 | 3.26 | 0.5 |
| | | | Q ₂₀₀ | 820 | 257.7 | 264.36 | 262.48 | 3.63 | 0.53 |
| | | | | | | | | | |
| Sez. Interp.3 | 25 | 100 | Q ₁₀₀ | 620 | 257.6 | 263.41 | 261.68 | 3.43 | 0.53 |
| | | | Q ₂₀₀ | 820 | 257.6 | 264.4 | 262.38 | 2.88 | 0.41 |
| | | | | | | | | | |
| Sez. Interp.4 | 24 | 80 | Q ₁₀₀ | 620 | 257.5 | 262.17 | 261.59 | 4.64 | 0.79 |
| | | | Q ₂₀₀ | 820 | 257.5 | 262.69 | 262.3 | 5.33 | 0.87 |
| | | | | | | | | | |
| Sez. 2 | 23 | 145 | Q ₁₀₀ | 620 | 257.44 | 261.68 | | 3.83 | 0.67 |
| | | | Q ₂₀₀ | 820 | 257.44 | 262.11 | | 4.47 | 0.75 |
| | | | | | | | | | |
| Sez. Interp.5 | 22 | 160 | Q ₁₀₀ | 620 | 256.67 | 261.52 | | 2.06 | 0.35 |
| | | | Q ₂₀₀ | 820 | 256.67 | 261.99 | | 2.39 | 0.39 |
| | | | | | | | | | |
| Sez. 3/2010 | 21 | 290 | Q ₁₀₀ | 620 | 256.19 | 261.26 | | 2.05 | 0.32 |
| | | | Q ₂₀₀ | 820 | 256.19 | 261.7 | | 2.33 | 0.35 |
| | | | | | | | | | |
| Sez. 4/2010 | 20 | 331 | Q ₁₀₀ | 620 | 256.18 | 260.41 | 259.37 | 2.75 | 0.46 |
| | | | Q ₂₀₀ | 820 | 256.18 | 260.48 | 259.71 | 3.53 | 0.58 |
| | | | | | | | | | |
| Sez. 5/2010 | 19 | 275 | Q ₁₀₀ | 620 | 255.75 | 260.16 | 257.99 | 1.22 | 0.2 |
| | | | Q ₂₀₀ | 820 | 255.75 | 260.49 | 258.24 | 0.97 | 0.15 |
| | | | | | | | | | |
| Sez. 6a/2010 | 18.5 | 125 | Q ₁₀₀ | 620 | 255.7 | 259.82 | | 1.92 | 0.32 |
| | | | Q ₂₀₀ | 820 | 255.7 | 260.2 | | 2.08 | 0.33 |
| | | | | | | | | | |
| Sez. 6/2010 | 18 | 270 | Q ₁₀₀ | 620 | 255.3 | 259.49 | 258.49 | 2.4 | 0.4 |
| | | | Q ₂₀₀ | 820 | 255.3 | 259.94 | 259.24 | 2.31 | 0.36 |
| | | | | | | | | | |
| Sez. 7/2010 | 17 | 170 | Q ₁₀₀ | 620 | 255.07 | 259.08 | 257.92 | 1.57 | 0.28 |
| | | | Q ₂₀₀ | 820 | 255.07 | 259.65 | 258.44 | 1.44 | 0.23 |
| | | | | | | | | | |
| Sez. 8a/2010 | 16.5 | 125 | Q ₁₀₀ | 620 | 254.32 | 258.89 | 257.41 | 1.45 | 0.24 |
| | | | Q ₂₀₀ | 820 | 254.32 | 259.53 | 257.67 | 1.33 | 0.21 |
| | | | | | | | | | |
| Sez. 8/2010 | 16 | 110 | Q ₁₀₀ | 620 | 253.81 | 258.71 | 256.95 | 1.5 | 0.27 |

| | | | | | | | | | |
|--|------|-----|------------------|-----|--------|--------|--------|------|------|
| | | | Q ₂₀₀ | 820 | 253.81 | 259.35 | 257.25 | 1.59 | 0.26 |
| Sez. 9a/2010 | 15.5 | 30 | Q ₁₀₀ | 620 | 254.52 | 258.42 | 256.74 | 1.98 | 0.36 |
| | | | Q ₂₀₀ | 820 | 254.52 | 259.08 | 257.11 | 2.1 | 0.35 |
| Sez. 9/2010 | 15 | 17 | Q ₁₀₀ | 620 | 254.72 | 258.19 | 256.96 | 2.48 | 0.47 |
| | | | Q ₂₀₀ | 820 | 254.72 | 258.83 | 257.42 | 2.67 | 0.47 |
| Sez. 15 m a monte ponte | 14.2 | 10 | Q ₁₀₀ | 620 | 254.85 | 258.16 | 256.78 | 2.35 | 0.43 |
| | | | Q ₂₀₀ | 820 | 254.85 | 258.79 | 257.15 | 2.57 | 0.43 |
| Sez. 5 m a monte ponte | 14.1 | 20 | Q ₁₀₀ | 620 | 254.85 | 258.12 | 256.77 | 2.37 | 0.43 |
| | | | Q ₂₀₀ | 820 | 254.85 | 258.75 | 257.15 | 2.59 | 0.43 |
| Ponte di Via Regina Margherita S.P. 30 | | | | | | | | | |
| Sez. 5 m a valle ponte | 13.9 | 4 | Q ₁₀₀ | 620 | 254.85 | 256.77 | 256.77 | 4.19 | 1 |
| | | | Q ₂₀₀ | 820 | 254.85 | 257.14 | 257.14 | 4.59 | 1 |
| Sez. 9 m a valle ponte | 13 | 29 | Q ₁₀₀ | 620 | 253.65 | 256.66 | | 3.06 | 0.63 |
| | | | Q ₂₀₀ | 820 | 253.65 | 257.38 | | 3.12 | 0.56 |
| Sez. 10-70/2010 | 12 | 130 | Q ₁₀₀ | 620 | 251.74 | 256.83 | 254.01 | 1.72 | 0.26 |
| | | | Q ₂₀₀ | 820 | 251.74 | 257.54 | 254.43 | 1.95 | 0.27 |
| Sez. 11-60/2010 | 10.5 | 20 | Q ₁₀₀ | 620 | 251.12 | 256.5 | 254.85 | 2.56 | 0.38 |
| | | | Q ₂₀₀ | 820 | 251.12 | 257.05 | 255.25 | 3.34 | 0.47 |
| Sez. 11-60/2010 trasl valle 20 m | 10.4 | 190 | Q ₁₀₀ | 620 | 251.12 | 256.43 | 254.86 | 2.53 | 0.39 |
| | | | Q ₂₀₀ | 820 | 251.12 | 256.92 | 255.28 | 3.27 | 0.48 |
| Sez. 14/2010 | 9.5 | 65 | Q ₁₀₀ | 620 | 250.23 | 255.15 | 255.07 | 3.39 | 0.53 |
| | | | Q ₂₀₀ | 820 | 250.23 | 255.36 | 255.36 | 3.86 | 0.59 |
| Sez. 14/2001 | 8 | 200 | Q ₁₀₀ | 620 | 249.97 | 254.71 | | 1.67 | 0.31 |
| | | | Q ₂₀₀ | 820 | 249.97 | 254.94 | | 1.73 | 0.31 |

| | | | | | | | | | |
|-----------------|---|-----|------------------|-----|--------|--------|--------|------|------|
| Sez. 15/2001 | 7 | 255 | Q ₁₀₀ | 620 | 249.85 | 254.37 | 253.7 | 1.76 | 0.31 |
| | | | Q ₂₀₀ | 820 | 249.85 | 254.6 | 254.02 | 1.87 | 0.32 |
| Sez. 16/2001 | 6 | 260 | Q ₁₀₀ | 620 | 249.62 | 253.75 | 253.58 | 2.54 | 0.42 |
| | | | Q ₂₀₀ | 820 | 249.62 | 253.97 | 253.67 | 2.66 | 0.43 |
| Sez. 17/2001 | 5 | 330 | Q ₁₀₀ | 620 | 249.23 | 252.92 | | 2.65 | 0.46 |
| | | | Q ₂₀₀ | 820 | 249.23 | 253.11 | | 2.79 | 0.47 |
| Sez. 18/2001 | 4 | 320 | Q ₁₀₀ | 620 | 248.64 | 252.23 | 251.89 | 1.72 | 0.31 |
| | | | Q ₂₀₀ | 820 | 248.64 | 252.44 | 251.99 | 1.72 | 0.3 |
| Sez. 19/2001 | 3 | 210 | Q ₁₀₀ | 620 | 247.82 | 251.61 | 251.25 | 1.98 | 0.35 |
| | | | Q ₂₀₀ | 820 | 247.82 | 251.7 | 251.37 | 2.45 | 0.42 |
| Sez. 20/2001 | 2 | 250 | Q ₁₀₀ | 620 | 247.56 | 251.41 | 250.69 | 1.03 | 0.2 |
| | | | Q ₂₀₀ | 820 | 247.56 | 251.16 | 250.85 | 1.8 | 0.37 |
| Sez. 21/2001 | 1 | 0 | Q ₁₀₀ | 620 | 246.92 | 250.54 | 250.54 | 3.42 | 0.65 |
| | | | Q ₂₀₀ | 820 | 246.92 | 250.68 | 250.68 | 1.7 | 0.32 |

4.3 Configurazione 2 – Stato di progetto

Analogamente è stata condotta una simulazione nell'ipotesi di asportazione di parte del rilevato avente funzione di presa del canale Marcellino. Si riportano, per questa configurazione la tabella riepilogativa dei risultati e le differenze in termini di altezza idrica rispetto alla simulazione precedente. L'effetto dell'asportazione del materiale si traduce in una riduzione dell'ordine di 15 - 25 cm, a seconda della sezione coinvolta, del profilo idrico della corrente per un tratto di circa 500 m a monte del ponte sulla SP 30. Anche immediatamente a valle del ponte si ha un abbassamento del profilo pari a 30-40 cm. Per la Q100, in corrispondenza della sezione di soglia, si ha un abbassamento di ca. 1.30 m.

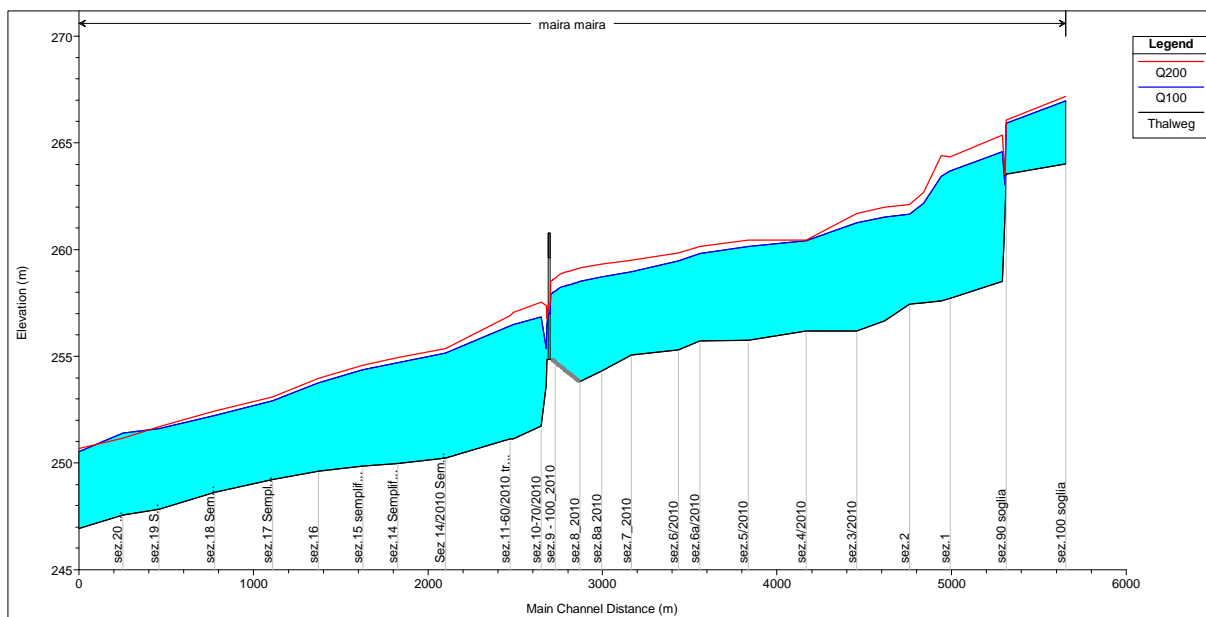


Figura 4.15 Profilo di rigurgito che si realizza nella configurazione 2 per portate con TR=100 e 200 anni

RISULTATI ANALISI IDRAULICA TORRENTE MAIRA CONF. 2 - STATO DI PROGETTO

| Descrizione Sezione | Sezione Hec Ras | Distanza Vs Sez. Valle (m) | Portata Progetto | Valore Portata (m³/s) | Quota fondo (m slm) | Profilo Idrico (m slm) | Δ Cnf 2-1 | Altezza Critica (m) | Velocità chnl (m/s) | N. Froude |
|---------------------|-----------------|----------------------------|------------------|-----------------------|---------------------|------------------------|------------------|---------------------|---------------------|-----------|
| Sez. 100 Soglia | 30 | 340 | Q ₁₀₀ | 620 | 264.02 | 266.97 | 0 | 265.8 | 0.93 | 0.23 |
| | | | Q ₂₀₀ | 820 | 264.02 | 267.18 | 0 | 265.95 | 1.05 | 0.25 |
| Sez. 90 Soglia | 29 | 8 | Q ₁₀₀ | 620 | 263.54 | 265.91 | 0 | 265.91 | 2.75 | 0.59 |
| | | | Q ₂₀₀ | 820 | 263.54 | 266.07 | 0 | 266.07 | 2.9 | 0.6 |
| Sez. Interp.1 | 28 | 15 | Q ₁₀₀ | 620 | 261.48 | 263.02 | -1.16 | 263.83 | 7.41 | 2.13 |

| | | | | | | | | | | |
|---------------|------|-----|------------------|-----|--------|--------|-------|--------|------|------|
| | | | Q ₂₀₀ | 820 | 261.48 | 263.5 | -1.54 | 264.25 | 7.03 | 1.73 |
| Sez. Interp.2 | 27 | 300 | Q ₁₀₀ | 620 | 258.5 | 264.58 | 0 | 260.82 | 1.51 | 0.21 |
| | | | Q ₂₀₀ | 820 | 258.5 | 265.37 | 0 | 261.24 | 1.73 | 0.22 |
| Sez. 1 | 26 | 50 | Q ₁₀₀ | 620 | 257.7 | 263.7 | 0 | 261.77 | 3.26 | 0.5 |
| | | | Q ₂₀₀ | 820 | 257.7 | 264.36 | 0 | 262.48 | 3.63 | 0.53 |
| Sez. Interp.3 | 25 | 100 | Q ₁₀₀ | 620 | 257.6 | 263.41 | 0 | 261.68 | 3.43 | 0.53 |
| | | | Q ₂₀₀ | 820 | 257.6 | 264.4 | 0 | 262.38 | 2.88 | 0.41 |
| Sez. Interp.4 | 24 | 80 | Q ₁₀₀ | 620 | 257.5 | 262.17 | 0 | 261.59 | 4.65 | 0.79 |
| | | | Q ₂₀₀ | 820 | 257.5 | 262.69 | 0 | 262.3 | 5.33 | 0.87 |
| Sez. 2 | 23 | 145 | Q ₁₀₀ | 620 | 257.44 | 261.68 | 0 | | 3.83 | 0.67 |
| | | | Q ₂₀₀ | 820 | 257.44 | 262.11 | 0 | | 4.47 | 0.75 |
| Sez. Interp.5 | 22 | 160 | Q ₁₀₀ | 620 | 256.67 | 261.52 | 0 | | 2.06 | 0.35 |
| | | | Q ₂₀₀ | 820 | 256.67 | 261.99 | 0 | | 2.39 | 0.39 |
| Sez. 3/2010 | 21 | 290 | Q ₁₀₀ | 620 | 256.19 | 261.26 | 0 | | 2.05 | 0.32 |
| | | | Q ₂₀₀ | 820 | 256.19 | 261.7 | 0 | | 2.33 | 0.35 |
| Sez. 4/2010 | 20 | 331 | Q ₁₀₀ | 620 | 256.18 | 260.41 | 0 | 259.37 | 2.76 | 0.46 |
| | | | Q ₂₀₀ | 820 | 256.18 | 260.46 | -0.02 | 259.71 | 3.57 | 0.59 |
| Sez. 5/2010 | 19 | 275 | Q ₁₀₀ | 620 | 255.75 | 260.15 | -0.01 | 257.99 | 1.22 | 0.2 |
| | | | Q ₂₀₀ | 820 | 255.75 | 260.46 | -0.03 | 258.24 | 0.98 | 0.15 |
| Sez. 6a/2010 | 18.5 | 125 | Q ₁₀₀ | 620 | 255.7 | 259.81 | -0.01 | | 1.93 | 0.33 |
| | | | Q ₂₀₀ | 820 | 255.7 | 260.15 | -0.05 | | 2.13 | 0.34 |
| Sez. 6/2010 | 18 | 270 | Q ₁₀₀ | 620 | 255.3 | 259.46 | -0.03 | 258.49 | 2.46 | 0.41 |
| | | | Q ₂₀₀ | 820 | 255.3 | 259.85 | -0.09 | 259.24 | 2.45 | 0.39 |
| Sez. 7/2010 | 17 | 170 | Q ₁₀₀ | 620 | 255.07 | 258.96 | -0.12 | 257.92 | 1.72 | 0.31 |
| | | | Q ₂₀₀ | 820 | 255.07 | 259.49 | -0.16 | 258.44 | 1.58 | 0.26 |
| Sez. 8a/2010 | 16.5 | 125 | Q ₁₀₀ | 620 | 254.32 | 258.71 | -0.18 | 257.41 | 1.65 | 0.28 |

| | | | | | | | | | | |
|---|------|-----|------------------|-----|--------|--------|-------|--------|------|------|
| | | | Q ₂₀₀ | 820 | 254.32 | 259.33 | -0.2 | 257.67 | 1.49 | 0.24 |
| Sez. 8/2010 | 16 | 110 | Q ₁₀₀ | 620 | 253.81 | 258.5 | -0.21 | 256.84 | 1.59 | 0.29 |
| | | | Q ₂₀₀ | 820 | 253.81 | 259.13 | -0.22 | 257.15 | 1.67 | 0.28 |
| Sez. 9a/2010 | 15.5 | 30 | Q ₁₀₀ | 620 | 254.52 | 258.24 | -0.18 | 256.5 | 1.91 | 0.34 |
| | | | Q ₂₀₀ | 820 | 254.52 | 258.87 | -0.21 | 256.85 | 2.06 | 0.33 |
| Sez. 9/2010 | 15 | 17 | Q ₁₀₀ | 620 | 254.72 | 258.07 | -0.12 | 256.7 | 2.3 | 0.42 |
| | | | Q ₂₀₀ | 820 | 254.72 | 258.67 | -0.16 | 257.06 | 2.53 | 0.43 |
| Sez. 15 m a monte ponte | 14.2 | 10 | Q ₁₀₀ | 620 | 254.85 | 257.97 | -0.19 | 256.74 | 2.47 | 0.46 |
| | | | Q ₂₀₀ | 820 | 254.85 | 258.56 | -0.23 | 257.11 | 2.71 | 0.46 |
| Sez. 5 m a monte ponte | 14.1 | 20 | Q ₁₀₀ | 620 | 254.85 | 257.91 | -0.21 | 256.77 | 2.55 | 0.48 |
| | | | Q ₂₀₀ | 820 | 254.85 | 258.5 | -0.25 | 257.15 | 2.78 | 0.48 |
| <i>Ponte di Via Regina Margherita S.P. 30</i> | | | | | | | | | | |
| Sez. 5 m a valle ponte | 13.9 | 4 | Q ₁₀₀ | 620 | 254.85 | 256.48 | -0.29 | 256.77 | 5.01 | 1.3 |
| | | | Q ₂₀₀ | 820 | 254.85 | 256.76 | -0.38 | 257.14 | 5.57 | 1.33 |
| Sez. 9 m a valle ponte | 13 | 29 | Q ₁₀₀ | 620 | 253.65 | 255.37 | -1.29 | 255.98 | 6.26 | 1.7 |
| | | | Q ₂₀₀ | 820 | 253.65 | 257.38 | 0 | 256.36 | 3.12 | 0.56 |
| Sez. 10-70/2010 | 12 | 130 | Q ₁₀₀ | 620 | 251.74 | 256.84 | 0.01 | 254.01 | 1.72 | 0.26 |
| | | | Q ₂₀₀ | 820 | 251.74 | 257.54 | 0 | 254.43 | 1.95 | 0.27 |
| Sez. 11-60/2010 | 10.5 | 20 | Q ₁₀₀ | 620 | 251.12 | 256.5 | 0 | 254.85 | 2.56 | 0.38 |
| | | | Q ₂₀₀ | 820 | 251.12 | 257.04 | -0.01 | 255.25 | 3.35 | 0.47 |
| Sez. 11-60/2010 trasl valle 20 m | 10.4 | 190 | Q ₁₀₀ | 620 | 251.12 | 256.43 | 0 | 254.86 | 2.53 | 0.39 |
| | | | Q ₂₀₀ | 820 | 251.12 | 256.91 | -0.01 | 255.28 | 3.28 | 0.48 |
| Sez. 14/2010 | 9.5 | 65 | Q ₁₀₀ | 620 | 250.23 | 255.14 | -0.01 | 255.07 | 3.41 | 0.53 |
| | | | Q ₂₀₀ | 820 | 250.23 | 255.37 | 0.01 | 255.37 | 3.84 | 0.58 |
| Sez. 14/2001 | 8 | 200 | Q ₁₀₀ | 620 | 249.97 | 254.71 | 0 | | 1.7 | 0.31 |

| | | | | | | | | | | |
|--------------|---|-----|------------------|-----|--------|--------|-------|--------|------|------|
| | | | Q ₂₀₀ | 820 | 249.97 | 254.93 | -0.01 | 254.33 | 1.76 | 0.31 |
| | | | | | | | | | | |
| Sez. 15/2001 | 7 | 255 | Q ₁₀₀ | 620 | 249.85 | 254.37 | 0 | 253.7 | 1.76 | 0.31 |
| | | | Q ₂₀₀ | 820 | 249.85 | 254.6 | 0 | 254.02 | 1.87 | 0.32 |
| | | | | | | | | | | |
| Sez. 16/2001 | 6 | 260 | Q ₁₀₀ | 620 | 249.62 | 253.75 | 0 | 253.58 | 2.54 | 0.42 |
| | | | Q ₂₀₀ | 820 | 249.62 | 253.97 | 0 | 253.67 | 2.66 | 0.43 |
| | | | | | | | | | | |
| Sez. 17/2001 | 5 | 330 | Q ₁₀₀ | 620 | 249.23 | 252.92 | 0 | | 2.65 | 0.46 |
| | | | Q ₂₀₀ | 820 | 249.23 | 253.11 | 0 | | 2.79 | 0.47 |
| | | | | | | | | | | |
| Sez. 18/2001 | 4 | 320 | Q ₁₀₀ | 620 | 248.64 | 252.23 | 0 | 251.89 | 1.72 | 0.31 |
| | | | Q ₂₀₀ | 820 | 248.64 | 252.44 | 0 | 251.99 | 1.72 | 0.3 |
| | | | | | | | | | | |
| Sez. 19/2001 | 3 | 210 | Q ₁₀₀ | 620 | 247.82 | 251.61 | 0 | 251.25 | 1.98 | 0.35 |
| | | | Q ₂₀₀ | 820 | 247.82 | 251.7 | 0 | 251.37 | 2.45 | 0.42 |
| | | | | | | | | | | |
| Sez. 20/2001 | 2 | 250 | Q ₁₀₀ | 620 | 247.56 | 251.41 | 0 | 250.69 | 1.03 | 0.2 |
| | | | Q ₂₀₀ | 820 | 247.56 | 251.16 | 0 | 250.85 | 1.8 | 0.37 |
| | | | | | | | | | | |
| Sez. 21/2001 | 1 | 0 | Q ₁₀₀ | 620 | 246.92 | 250.54 | 0 | 250.54 | 3.42 | 0.65 |
| | | | Q ₂₀₀ | 820 | 246.92 | 250.68 | 0 | 250.68 | 1.7 | 0.32 |

Ing. Riccardo Telò