

COMUNE di PRALORMO

REGIONE PIEMONTE

PROVINCIA DI TORINO

PIANO REGOLATORE GENERALE COMUNALE

VARIANTE PARZIALE N. 4

Art. 17, comma 7, della L.R. 56/77 e s.m.i.

RELAZIONE GEOLOGICO-TECNICA

ADOTTATA CON DELIBERAZIONE DI CONSIGLIO COMUNALE N..... DEL	APPROVATA CON DELIBERAZIONE DI CONSIGLIO COMUNALE N. DEL
IL PROGETTISTA: DOTT. GEOL. DARIO FONTAN 	IL SINDACO
IL TIMBRO 	IL SEGRETARIO
DATA DI AGGIORNAMENTO: LUGLIO 2010	

INDICE

1	PREMESSA	3
2	GEOLOGIA	4
3	GEOMORFOLOGIA	6
4	DISSESTO	7
4.1	Dissesti di versante	7
4.2	Dissesti idraulici.....	8
5	CONCLUSIONI	10

ALLEGATI

FIGURE

<i>Figura 1 – Stralcio carta di sintesi. In rosso è indicato il perimetro dell'area in Variante.</i>	4
<i>Figura 2 – Stralcio carta geomorfologica e dei dissesti del comune di Pralormo.</i>	8
<i>Figura 3 – Tratto interessato dallo studio idraulico</i>	9

1 PREMESSA

La seguente relazione geologico-geotecnica è allegata al progetto di Variante Parziale n. 4 del comune di Pralormo in corrispondenza delle particelle 11, 38, 45 del foglio 9 che nel PRGC Vigente ricadono in classe IIIA.

Il Comune di Pralormo è dotato di Piano Regolatore Generale Comunale, redatto ai sensi della C.P.G.R. 8 maggio 1996 n° 7/LAP e successive Note Tecniche Esplicative del dicembre 1999, approvato con DGR 43-99319 del 12-5-2003. Dopo il comune ha eseguito gli studi per la Variante obbligatoria d'adeguamento al PAI (D.G.R. 25 luglio 2002, n. 45-6646), nell'anno 2003.

Le indagini specifiche effettuate in corrispondenza dell'area soggetta a variante parziale sono state eseguite mediante sopralluogo sul terreno, in ottemperanza alla normativa vigente (L.R. 56/77 e ss.mm. Circ. 16/URE/89), recepiscono le risultanze dell'indagine geologico-tecnica finalizzata alla realizzazione della Variante di Adeguamento al PAI (a cura della SEA Consulting Srl - 2003), la relazione geologica, geotecnica-idraulica del Dott. Ing. Massobrio e le verifiche idrauliche condotte dall'ing. Paolo Oria, allegate a fine testo.

Scopo della presente Variante al PRGC è quello di individuare il dissesto attivo potenziale nell'area ricadente in classe IIIA prima definita allo scopo di applicare il punto 6.2 della CPGR 7/LAP in merito agli edifici sparsi in zone potenzialmente pericolose.

Infatti, con specifico riferimento alle attività agricole presenti sui versanti o ubicate in prossimità del reticolo idrografico attualmente non compreso nelle perimetrazioni definite dal P.S.F.F. e dal P.A.I (Fasce Fluviali A, B, C) - ma site in ambiti comunque esterni a settori riconducibili alla fascia A di detti Piani (alveo ordinario o straordinario in base a criteri idraulici o geomorfologici), al fine di adeguare la normativa di P.R.G. con quanto già previsto dalle Norme di Attuazione del P.S.F.F. e nel Progetto di P.A.I. per le attività agricole di pianura, ubicate in Fascia B - anche nei casi sopra citati, in assenza di alternative praticabili, si ritiene possibile, qualora le condizioni di pericolosità dell'area lo consentano tecnicamente, la realizzazione di nuove costruzioni che riguardino in senso stretto edifici per attività agricole e residenze rurali connesse alla conduzione aziendale. Si esclude in ogni caso la possibilità di realizzare tali nuove costruzioni in ambiti di dissesti attivi l.s., in settori interessati da processi distruttivi torrentizi o di conoide, in aree nelle quali si rilevino evidenze di dissesto incipienti. Tali edifici dovranno risultare non diversamente localizzabili nell'ambito dell'azienda agricola, e la loro fattibilità verificata ed accertata da opportune indagini geologiche, idrogeologiche e, se necessario, geognostiche dirette di dettaglio, in ottemperanza a quanto previsto dalla Circolare 16/URE e dal D.M. 11.03.88 (ora DM 14-1-2008). La progettazione dovrà prevedere accorgimenti tecnici specifici finalizzati alla riduzione ed alla mitigazione del rischio e dei fattori di pericolosità.

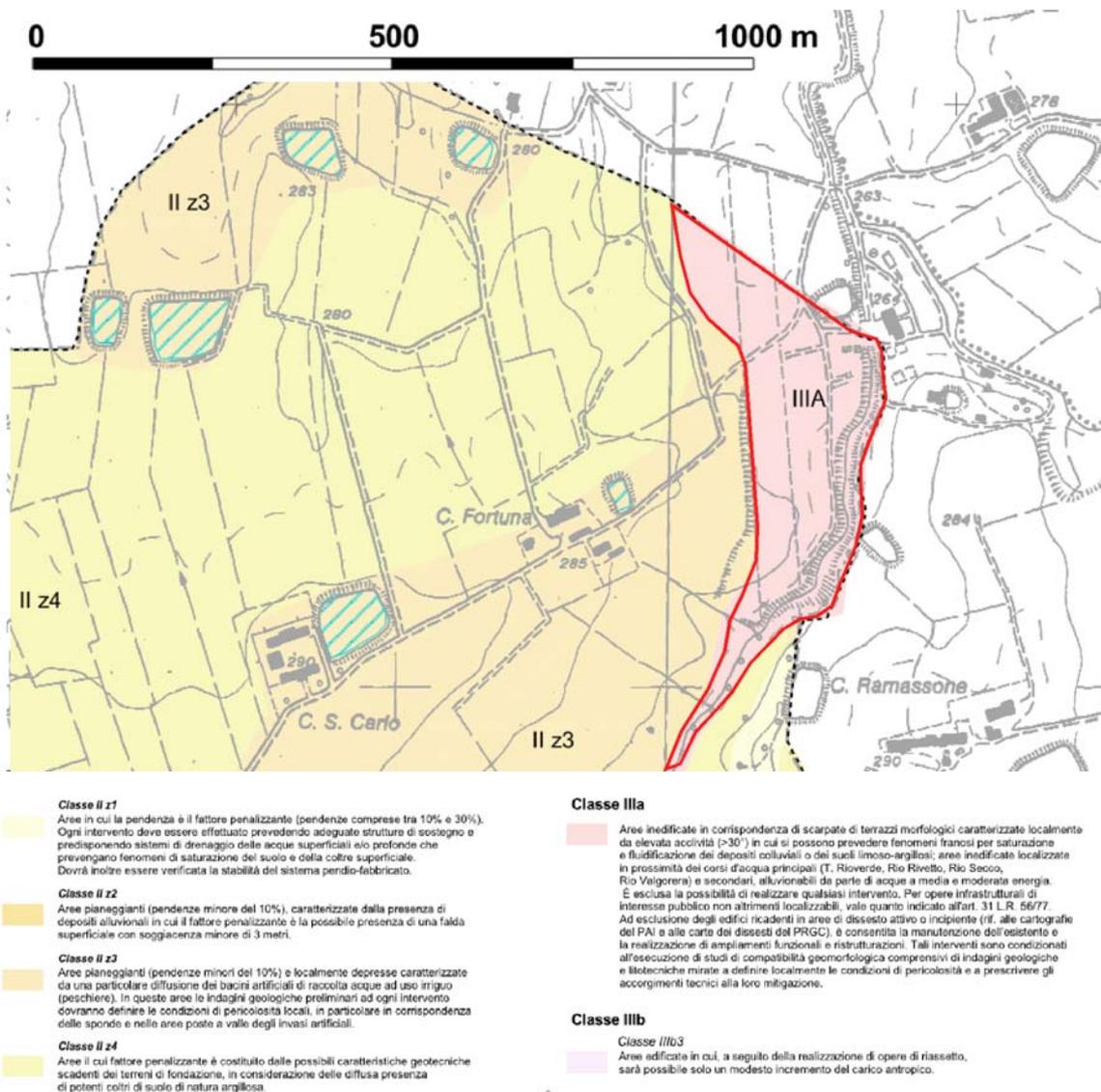


Figura 1 – Stralcio carta di sintesi. In rosso è indicato il perimetro dell'area in Variante.

2 GEOLOGIA

Il territorio del Comune di Pralormo è situato nel Settore Centrale dell'Altopiano di Poirino, area sub-pianeggiante estesa per circa 400 km², compresa tra i Rilievi della Collina di Torino (a Nord), del Braidese (a SE) e dell'Astigiano (a Est).

L'altopiano è costituito in superficie da depositi fluviali terrazzati riferiti al Pleistocene medio e superiore, legati ad un importante corso d'acqua, il paleo Po, che drenava da W verso E. Il substrato su cui poggiano i depositi fluviali è costituito da sedimenti fluviolacustri del Pleistocene inferiore, corrispondenti al Villafranchiano (Forno, 1982). Le successioni villafranchiane poggiano sulle successioni marine del Pliocene ("Sabbie di Asti"); il contatto è visibile lungo le scarpate del margine orientale dell'Altopiano.

Strutturalmente l'Altopiano di Poirino è costituito da una sinclinale a largo raggio (Sinclinale di Asti), con asse ad andamento circa E-W che immerge debolmente verso W, formatasi tra la parte superiore del Pleistocene medio e quello superiore, all'incirca un milione di anni fa (Forno, 1982). La sinclinale è legata alla traslazione verso N della Collina di Torino, causata dal coinvolgimento di quest'area nella deformazione appenninica (Piana & Polino, 1994; Carraro, 1996). Contestualmente è avvenuto un basculamento che ha provocato l'inversione di pendenza della pianura e ha deviato il PaleoPo nell'alveo attuale.

Nel territorio comunale di Pralormo gli affioramenti sono scarsi e sono ubicati lungo le incisioni fluviali principali e lungo i tagli stradali. La maggior parte del territorio è ricoperto da suoli vegetati (coltivazioni, prati, boschi) che rendono difficoltoso il riconoscimento dei depositi originari.

Le successioni sedimentarie presenti sono attribuibili in gran parte al Pleistocene medio-superiore e al Pleistocene inferiore (Villafranchiano), indicati rispettivamente nella carta geologica-geomorfologica allegata con le sigle "la" e "sg". Lungo le principali aste fluviali sono inoltre presenti depositi fluviali recenti, suddivisi in due unità cartografabili separatamente, indicate con "a1" e "a2".

Dal basso verso l'alto nel Comune di Pralormo si incontrano i seguenti litotipi:

- Depositi fluviolacustri villafranchiani (Pleistocene inferiore (sg)). Questi depositi sono costituiti da argille siltose con alternanze di livelli sabbioso-siltosi, contenenti localmente ciottoli subsferici quarzatici (diametro 2-3 cm). In alcune aree sommitali subpianeggianti è presente un paleosuolo (sgp) con spessore di circa 10 m, molto ricco in argilla e dal colore rosso scuro. Il limite inferiore non è affiorante e gli spessori stimati in quest'area sono di circa 50-60 m (Forno, 1982).
- Depositi fluviali (Pleistocene medio - superiore (la)). Si tratta di sedimenti limoso-argillosi con granuli quarzatici arrotondati. Poggiano direttamente sul "villafranchiano" (sg). Lo spessore è circa 10 m. Localmente contengono intercalazioni di depositi colluviali argilloso-limosi (c), formati dalla rielaborazione del paleosuolo sgp.
- Depositi fluviali (Recente (a2)). Sono costituiti prevalentemente da sabbie e limi con subordinati ciottoli e rappresentano depositi alluvionali del reticolo idrografico recente. Hanno spessori molto modesti, par ad alcuni metri.
- Depositi fluviali (Attuale (a1)). Questi depositi sono tessitualmente simili a quelli dell'unità a2, ma sono più recenti. Hanno spessore di qualche metro e sono ubicati lungo i corsi d'acqua principali. Sono separati dai depositi dell'unità a2 da piccole scarpate.

3 GEOMORFOLOGIA

Il territorio del comune di Pralormo è caratterizzato da un settore pianeggiante, situato prevalentemente nella porzione centro-occidentale del territorio comunale, e una parte rilevata e rimodellata, localizzata nella regione del Roero, a SE, e nella porzione orientale del Comune, verso Cellarengo.

Nel territorio comunale sono presenti elementi geomorfologici legati sia alla dinamica di versante sia a quella fluviale.

Lungo i versanti si possono localmente innescare frane che coinvolgono il suolo e la copertura eluvio-colluviale, talora la parte corticale del substrato alterato. Si tratta di scivolamenti rotazionali o movimenti lenti tipo soliflusso, che interessano spessori generalmente ridotti (mediamente soliflussi 1-2 m, scivolamenti rotazionali 1-5 m). I movimenti possono essere innescati dall'acqua, sia per erosione spondale e scalzamento al piede lungo i corsi d'acqua (Rio Valgorera), sia per problemi di drenaggio nei suoli, oppure da cattiva gestione del drenaggio di origine antropica. Uno dei fattori predisponenti da tenere in considerazione è anche la natura argillosa dei suoli e della fascia di alterazione del substrato villafranchiano, che presenta parametri geotecnici mediocri. Al cattivo drenaggio delle acque e superficiali sono ascrivibili i fenomeni gravitativi che si sono innescati in corrispondenza del concentrico e quelli osservabili lungo la strada che da Cascina Brocco porta verso Cellarengo (settore del Lago della Spina).

I corsi d'acqua presenti nel territorio (Rii Secco, Rivetto, Verde, Valgorera, Valfenera e Acquafredda) appartengono al reticolato minore affluente nel Torrente Banna: essi sono prevalentemente diretti verso NNW e diventano sedi di apprezzabili deflussi solo in concomitanza di eventi piovosi di notevole intensità e durata.

In base ai dati di terreno ed alle testimonianze raccolte presso gli abitanti della zona e in base della fotointerpretazione del volo "alluvione 1994", sulla carta geologico-geomorfologica del PRGC sono segnate in carta alcune zone esondate o a potenziale rischio di esondazione, concentrate in particolare lungo il percorso del Torrente Rioverde e del Rio Rivetto, ed i relativi punti di tracimazione dove i corsi d'acqua tendono a variare il loro percorso solito in caso di forti deflussi.

Sono state individuate due zone critiche: la prima, lungo il Torrente Rioverde, a monte della strada provinciale che dal concentrico di Pralormo porta verso Carmagnola, presenta un settore esondabile abbastanza esteso da entrambi i lati del Rio; in questa zona le acque possono lambire le strutture del depuratore comunale. La seconda area critica è localizzata alla confluenza del Rio Rivetto con il Rio Verde; in questo settore le acque di esondazione arrivano fino al piede della scarpata (alta circa 7-8 m) al di sopra della quale vi sono i fabbricati della Cascina Bosco dell'Orto.

In ogni caso si può affermare che i settori potenzialmente esondabili lungo l'asse del Torrente Rioverde non sono mai antropizzati né sede di strade pubbliche o poderali; i danni derivanti da un'eventuale alluvione sono pertanto trascurabili e possono interessare unicamente gli adiacenti campi coltivati.

I fenomeni di esondazione potrebbero però essere ulteriormente limitati da interventi di manutenzione degli alvei: la periodica eliminazione degli ingombri

vegetali e delle piccole discariche abusive diminuirebbe di molto i rischi di esondazione.

In generale, nell'Altopiano di Poirino le scarpate che delimitano le incisioni dei corsi d'acqua principali hanno altezza decrescente da SSE a NNW, passando da qualche decina di metri a pochi metri. Le incisioni presentano in genere un profilo trasversale fortemente asimmetrico, con le scarpate destre (verso SW) molto più inclinate rispetto a quelle sinistre (verso NE) (Forno, 1982).

Sono presenti tre tipi di orli di scarpata:

- gli orli di scarpata principali con dislivelli > 10 m, si ritrovano generalmente in destra orografica delle incisioni fluviali più importanti e sono causate dal sollevamento recente della parte sudorientale dell'Altopiano di Poirino;
- gli orli di scarpata secondari, con dislivelli < 10 m, che costeggiano alcuni rii e rappresentano orli di terrazzi fluviali originatisi dal rimodellamento recente o attuale;
- Scarpate di modesta entità legate a manufatti (strade, ponti, etc.).

4 DISSESTO

Nel presente capitolo sono, su base idraulica e geomorfologica, individuati, nell'ambito della classe IIIA, le aree interessate dai dissesti attivi legati alla dinamica del rio Valdanza dalle aree a dissesto potenziale, sia, specificatamente, al dissesto di versante

4.1 Dissesti di versante

Nell'area oggetto di Variante non vi sono dissesti legati alla dinamica di versante (frane) (vedi figura seguente).

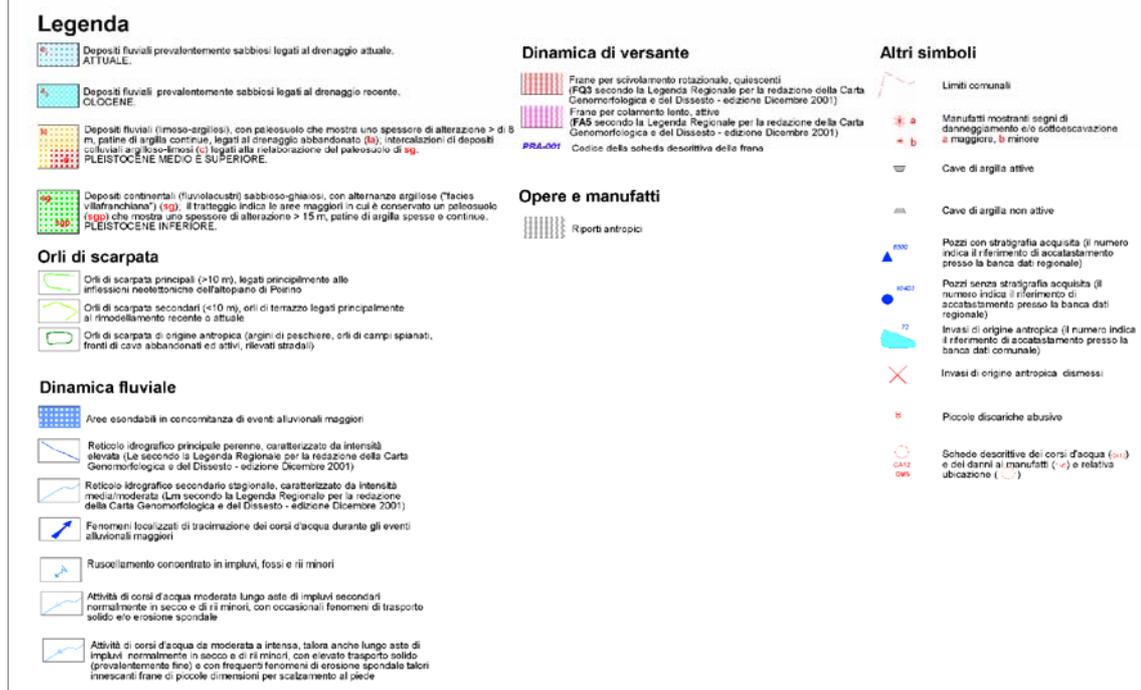


Figura 2 – Stralcio carta geomorfologica e dei dissesti del comune di Pralormo.

4.2 Dissesti idraulici

Per quanto riguarda i dissesti idraulici legati alla dinamica fluvio-torrentizia del rio Valdanza, lo studio idrologico-idraulico, riportato in allegato, effettuato secondo quanto indicato nella "Direttiva di progetto da assumere per la progettazione e le verifiche di compatibilità idraulica", redatta dall'Autorità di Bacino del Fiume Po, e con particolare riferimento alla "Deliberazione della

Giunta Regionale 28 luglio 2009 n. 2-11830" pubblicata nel n° 33 del B.U.R.P. del 20 agosto 2009 in materia urbanistica, evidenzia che nel tratto in studio il rischio di esondazione per tempi di ritorno fino a 500 anni è solo localizzato in corrispondenza alla sezione 1 (Figura 3) con tirante limitato a 9 cm.

Per tempi di ritorno duecentennali non si hanno esondazioni e il franco libero risulta in corrispondenza di tutte le sezioni variare tra 101 e 32 cm.



Figura 3 – Tratto interessato dallo studio idraulico

In conclusione per tempi di ritorno duecentennali, conformi a quelli utilizzati per la definizione della fascia B del PSFF del PAI, le sezioni indagate sono idraulicamente verificate.

Pertanto il dissesto attivo è confinato in corrispondenza dell'alveo inciso del rio Valdanza.

Tuttavia, data la composizione granulometrica dei terreni incisi dall'alveo, la stabilità delle sponde (pendenti circa 70°) e che potrebbero essere interessate da piccole frane (per erosione al piede), la presenza di vegetazione in alveo, che in caso di fenomeni erosivi potrebbe essere asportata e ridurne la sezione e considerate le incertezze insite nei calcoli idrologici ed idraulici, la fascia di dissesto, misurata dalle sponde del rio, è estesa a 10 m.

5 CONCLUSIONI

Il presente studio ha permesso di distinguere all'interno della classe IIIA dell'area di variante una fascia che si estende a 10 m dalla sponda destra e sinistra del rio Valdanza nella quale si applicano le norme della classe IIIA del PRGC Vigente senza nessuna modifica (assoluta inedificabilità per motivi idraulici, geomorfologici ed ai sensi della legislazione vigente).

Nella restante parte dell'area in IIIA possono essere applicate le norme relative al punto 6.2 della NTE alla CPGR 7/LAP 1999 riguardanti gli edifici sparsi; ossia *".....con specifico riferimento alle attività agricole presenti sui versanti o ubicate in prossimità del reticolo idrografico attualmente non compreso nelle perimetrazioni definite dal P.S.F.F. e dal P.A.I (Fasce Fluviali A, B, C) - ma site in ambiti comunque esterni a settori riconducibili alla fascia A di detti Piani (alveo ordinario o straordinario in base a criteri idraulici o geomorfologici), al fine di adeguare la normativa di P.R.G. con quanto già previsto dalle Norme di Attuazione del P.S.F.F. e nel Progetto di P.A.I. per le attività agricole di pianura, ubicate in Fascia B - anche nei casi sopra citati, in assenza di alternative praticabili, si ritiene possibile, qualora le condizioni di pericolosità dell'area lo consentano tecnicamente, la realizzazione di nuove costruzioni che riguardino in senso stretto edifici per attività agricole e residenze rurali connesse alla conduzione aziendale. Si esclude in ogni caso la possibilità di realizzare tali nuove costruzioni in ambiti di dissesti attivi l.s., in settori interessati da processi distruttivi torrentizi o di conoide, in aree nelle quali si rilevino evidenze di dissesto incipienti (corrispondenti, in questo caso, alla fascia di 10 m dalle sponde del rio Valdanza). Tali edifici dovranno risultare non diversamente localizzabili nell'ambito dell'azienda agricola, e la loro fattibilità verificata ed accertata da opportune indagini geologiche, idrogeologiche e, se necessario, geognostiche dirette di dettaglio, in ottemperanza a quanto previsto dalla Circolare 16/URE e dal D.M. 11.03.88" (ora DM 14-1-2008)". La progettazione dovrà prevedere accorgimenti tecnici specifici finalizzati alla riduzione ed alla mitigazione del rischio e dei fattori di pericolosità".*

Comune di Pralormo

Lavori: Verifica idraulica rio Valdanza dalla Sezione 21 (coordinate UTM est: 414 557.75; nord: 4 970 257.4) fino al Ponte sulla proprietà Lancia
Ubicazione: strada Menabò

Relazione idrologico idraulica

(redatta in conformità alle indicazioni della DGR 28 luglio 2009 n. 2-11830” pubblicata nel n°33 del B.U.R.P. del 20 agosto 2009)

Il tecnico



SOMMARIO

1. PREMESSA	3
3. IDROLOGIA.....	9
3.1. Analisi morfometrica	9
3.2. Analisi degli afflussi	11
3.2. Trasformazione afflussi-deflussi.....	14
3.2.1. La determinazione dello ietogramma di pioggia netta.....	15
3.2.2. La propagazione del deflusso all'interno del bacino.....	19
4. STUDIO IDRAULICO E DEFINIZIONE DEI LIVELLI IDROMETRICI	23
4.1 I modelli teorici	23
4.2 Idraulica del corso d'acqua	27
4.3 Ipotesi assunte	27
4.4 Coefficienti di perdita	28
4.5 La portata di progetto	28
4.6 Tipo di moto e profondità d'acqua iniziale	28
5. CONSIDERAZIONI SUL TRASPORTO SOLIDO	31
6. CONSIDERAZIONI SUGLI STUDI IDROLOGICI ED IDRAULICI PRECEDENTI	33
7. CONCLUSIONI.....	35
7. BIBLIOGRAFIA.....	37
APPENDICE A.....	39
<i>Risultati numerici e grafici del calcolo idraulico</i>	39
Schematizzazione planimetrica	41
Profilo longitudinale.....	43

Vista tridimensionale	45
Sezioni trasversali	47
Tabelle riassuntive	53

1. PREMESSA

Nelle intenzioni dell'Amministrazione Comunale di Pralormo la verifica della fascia di dissesto attivo lungo l'asta del rio Valdanza nella zona antistante le aree che saranno interessate da furo insediamento desinato a stalle per allevamento equino.

La presente relazione prende pertanto in considerazione il reticolo idrografico del rio Valdanza nel tratto in prossimità del futuro insediamento (area in sponda sinistra) estesa sia a monte che a valle (vedi Figura 2), effettuandone le verifiche idrauliche in moto permanente al fine di accertare la fascia di dissesto attivo derivante dalle eventuali esondazioni.

La valutazione delle portate di piena del rio Valdanza, è stata effettuata secondo quanto indicato all'interno della "Direttiva di progetto da assumere per la progettazione e le verifiche di compatibilità idraulica", redatta dall'Autorità di Bacino del Fiume Po, e con riferimento alla "Deliberazione della Giunta Regionale 28 luglio 2009 n. 2-11830" pubblicata nel n° 33 del B.U.R.P. del 20 agosto 2009.

Lo studio come già detto ha lo scopo di verificare idraulicamente il pericolo di esondazione del tratto in questione a tale scopo si è individuato il tratto di studio del corso d'acqua che si estende sia a monte sia a valle della zona da verificare come riportato nella documentazione grafica allegata al fine di prendere in conto le condizioni di contorno nella modellazione.

2. INQUADRAMENTO GEOGRAFICO E MORFOMETRIA

Il bacino idrografico oggetto di studio è compreso nei territorio comunali di Pralormo, e si colloca topograficamente sui fogli n° 174110 e n° 174120 della Carta Tecnica Regionale in scala 1:10.000.

L'area è caratterizzata da precipitazioni di tipo prevalentemente pluviale e nivo-pluviale con regime di tipo sublitoraneo alpino, cioè caratterizzato da due massimi annuali (primaverile e autunnale) di simile entità, e due minimi (invernale ed estivo), anch'essi di simile entità.

Il bacino del rio Valdanza preso in considerazione si estende per una superficie di 1.86 km², da quota 330 m s.l.m. a quota 269 m s.l.m. (punto in cui inizia il tratto di rio che interessa l'area oggetto di verifica idraulica), ed è caratterizzato da un bacino a bassa pendenza, cioè con pendii poco acclivi in gran parte della sua estensione. Il corso d'acqua principale nasce a ca. 314 m s.l.m., in prossimità di C.na Praccioni, e scorre verso nord fino all'altezza di C.na Savoiarda (in questo tratto, come da CTR, viene denominato rio Valdanza) dove s'immette in un laghetto o invaso. Le acque del laghetto vengono riversate successivamente in un altro invaso (entrambi hanno un comportamento da bacino di laminazione) per poi reperseguire verso nord (Figura 1).

La direzione prevalente del deflusso principale è la N-S.

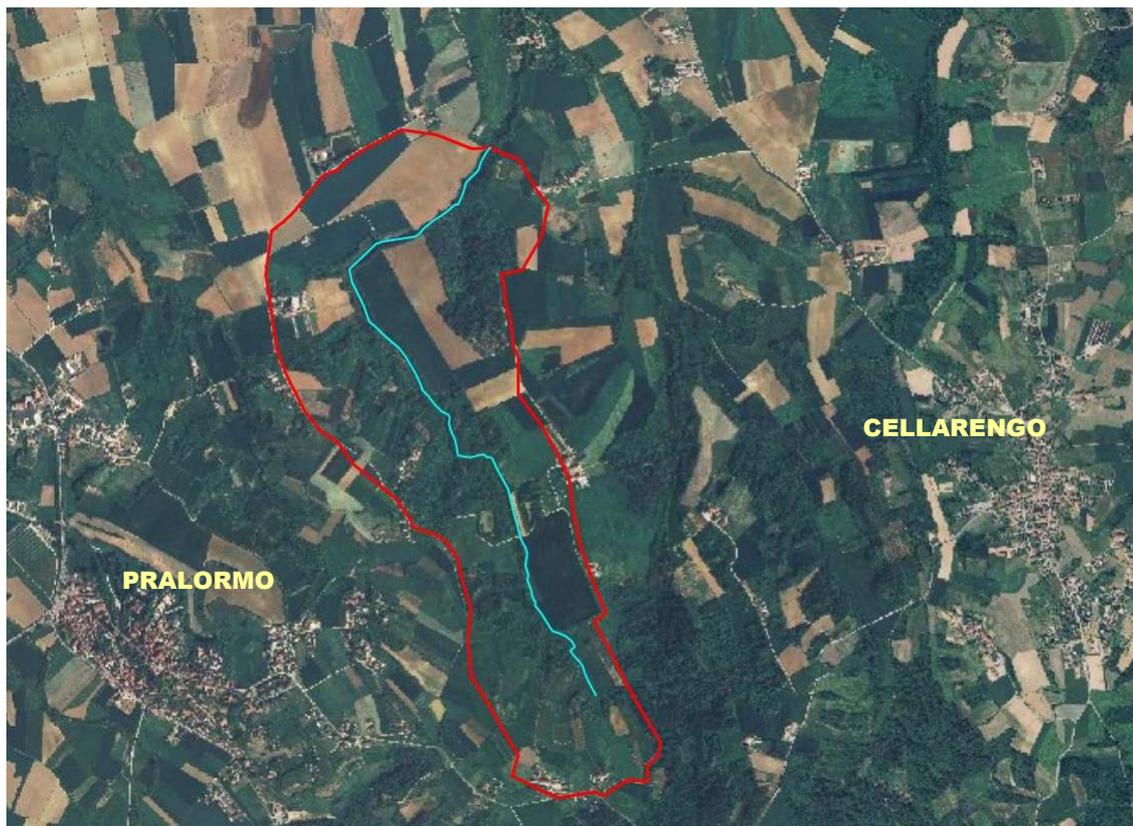


Figura 1. Inquadramento geografico del bacino

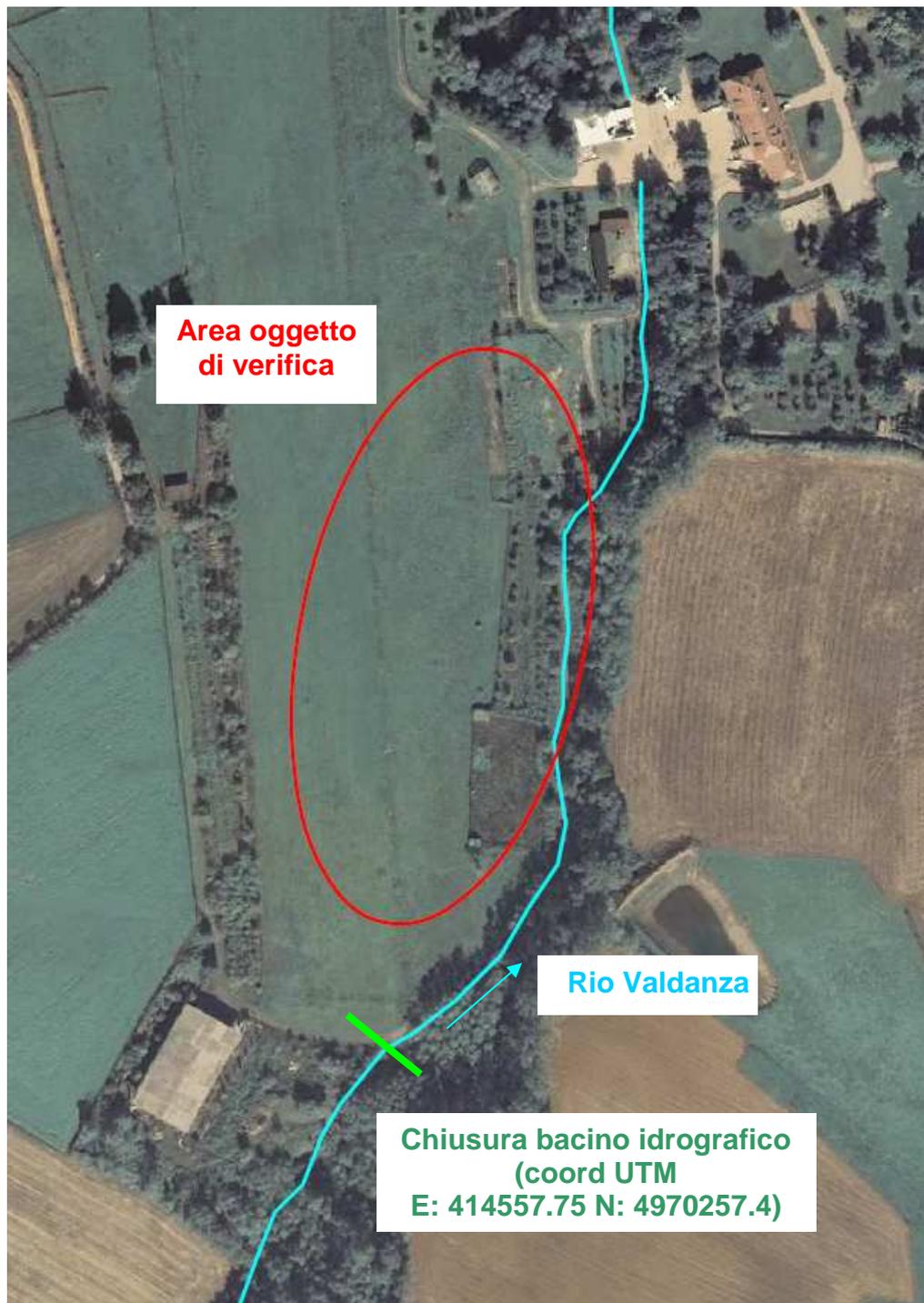


Figura 2. Inquadramento area oggetto di studio

3. IDROLOGIA

Lo studio idrologico di un bacino ha come scopo ultimo la determinazione di un idrogramma liquido in uscita dalla sezione di chiusura prodotto da un dato evento pluviometrico; i passi necessari possono essere riassunti in:

1. analisi morfometrica
2. analisi degli afflussi
3. trasformazione afflussi-deflussi
4. trasferimento e analisi dei deflussi.

Di seguito vengono illustrati i metodi adottati nel calcolo ed i risultati ottenuti.

3.1. Analisi morfometrica

L'analisi degli afflussi è stata sviluppata a partire dalla morfometria del bacino ricavata da elaborazioni GIS i cui dati caratteristici sono riassunti nella Tabella 1.

Dati morfometrici	
Superficie bacino	1.86 km ²
Lunghezza asta principale	2.85 km
Altezza media bacino	296.97 m
Pendenza media asta principale	1.58 %
Dislivello asta principale	45 m

Tabella 1. Dati morfometrici del bacino

In Figura 3 è rappresentata la curva ipsometrica del bacino.

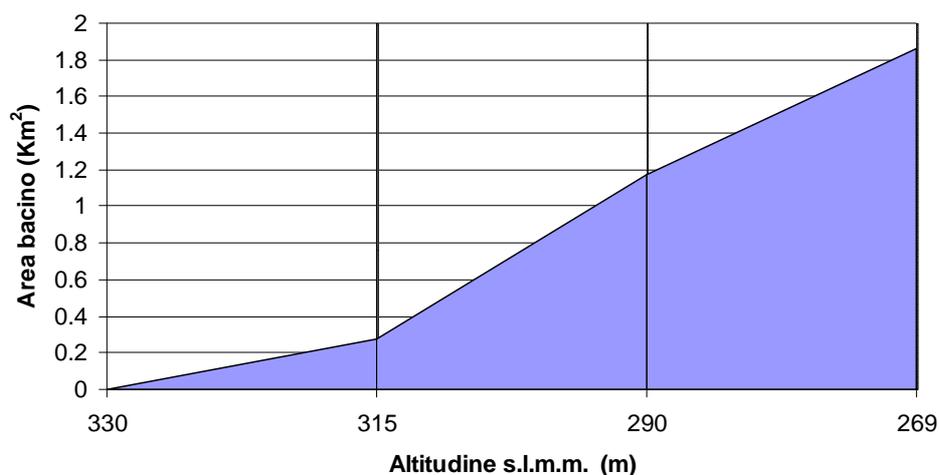


Figura 3. Curva ipsometrica del bacino

Il tempo di pioggia critico è stato assunto pari al tempo di corrivazione del bacino (T_c). Per la sua determinazione si sono esaminate le seguenti formulazioni:

Kirpich (1940):

$$T_c = 0.95 \frac{L^{1.155}}{d^{0.385}} \quad (1)$$

dove L è la lunghezza dell'asta principale prolungata fino allo spartiacque (km) e d è il dislivello dell'asta principale (m), mentre il T_c è espresso in ore. Il tempo di corrivazione (T_c) risulta pari a 0.84 ore.

Giandotti (1934):

$$T_c = \frac{4\sqrt{A} + 1.5L}{0.8\sqrt{h_{media} - h_0}} \quad (3)$$

dove A è l'area del bacino (km^2), L è la lunghezza dell'asta principale (km), h_{media} è l'altitudine media del bacino (m) ed h_0 è la quota della sezione di chiusura (m), mentre il T_c è espresso in ore. Il tempo di corrivazione (T_c) risulta pari a 2.30 ore. Quest'ultima formulazione viene riportata per memoria in quanto utilizzata nello studio dello Studio Massobrio: non si ritiene di prenderla in considerazione in quanto il campo di applicazione è per bacini di superficie compresa tra i 170 e i 70000 km^2 .

Per il prosieguo della trattazione si è utilizzato il T_c calcolato con la formula di Kirpich in quanto specifica per piccoli bacini.

3.2 Analisi degli afflussi

Per quantificare le piogge di progetto si fa riferimento alla regionalizzazione elaborata dall’Autorità di bacino del Fiume Po nella “Direttiva sulla piena di progetto da assumere per le progettazioni e le verifiche di compatibilità idraulica” riportata nel Piano stralcio per l’Assetto Idrogeologico (PAI). Questa riporta una suddivisione del bacino idrografico del fiume Po in celle quadrate da 2 km di lato fornendo le coordinate UTM ED50 dei centri di tali celle e i parametri a (pioggia indice) ed n (parametro di forma) da inserire nella legge di potenza della curva di probabilità pluviometrica per un determinato tempo di ritorno. In Figura 4 sono mostrati i codici delle celle che interessano l’area presa in esame.

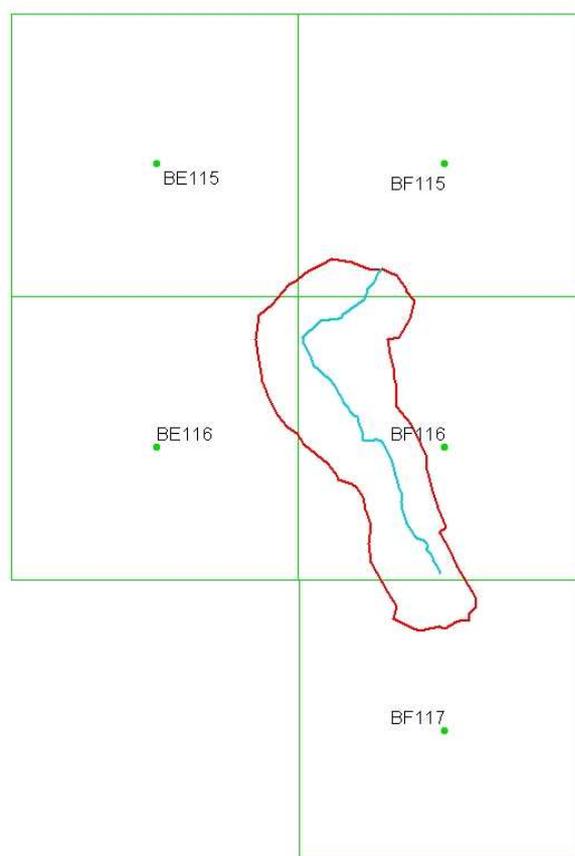


Figura 4. Insieme delle celle PAI che interessano il bacino

Il concetto di curva di possibilità pluviometrica è quello di dare una rappresentazione dell'altezza d'acqua cumulata che una pioggia caratterizzata da un certo tempo di ritorno può apportare su di un punto al variare della durata dell'evento di precipitazione. Le espressioni empiriche delle linee segnalatrici di possibilità pluviometrica hanno la forma generale:

$$P(t) = \frac{\bar{P}_a}{\Delta} t + \frac{at}{(b+t)^m} \quad (4)$$

dove P(t) è l'altezza di pioggia (mm) per la durata t (espressa in minuti, ore, giorni, etc.), \bar{P}_a la precipitazione media annua nella località cui ci si riferisce, Δ il numero di unità di misura del tempo prescelto (minuti, ore, giorni, etc.) contenute in un anno e, infine a, b ed m delle costanti sperimentali. Semplificando l'equazione trascurandone il primo termine, ponendo b = 0 ed n = 1-m, si ottiene una legge di potenza del tipo:

$$h = a \cdot t^n \quad (5)$$

dove i coefficienti a ed n vengono ricavati tramite regressione lineare della rappresentazione su diagramma logaritmico delle coppie di valori P(t) e t.

Nella regionalizzazione PAI sono considerati eventi con tempo di ritorno 20, 100, 200 e 500 anni; in Figura 5 si riportano le linee segnalatrici di probabilità pluviometrica relative alla cella BF116 (quella di apporto maggiore).

CELLA	EAST UTM ED50	NORTH UTM ED50	Tr 20		Tr 100		Tr 200		Tr 500	
			a	n	a	n	a	n	a	n
BF116	415000	4969000	42.44	0.255	55.62	0.239	61.34	0.234	68.72	0.229
BF117	415000	4967000	41.93	0.26	54.83	0.244	60.43	0.239	67.65	0.234
BF115	415000	4971000	42.96	0.25	56.41	0.234	62.26	0.229	69.8	0.223
BE115	413000	4971000	43.28	0.247	56.81	0.231	62.7	0.226	70.27	0.221
BE116	413000	4969000	42.85	0.354	56.16	0.235	61.95	0.23	69.4	0.225

Tabella 2. Coefficienti a ed n per le celle considerate

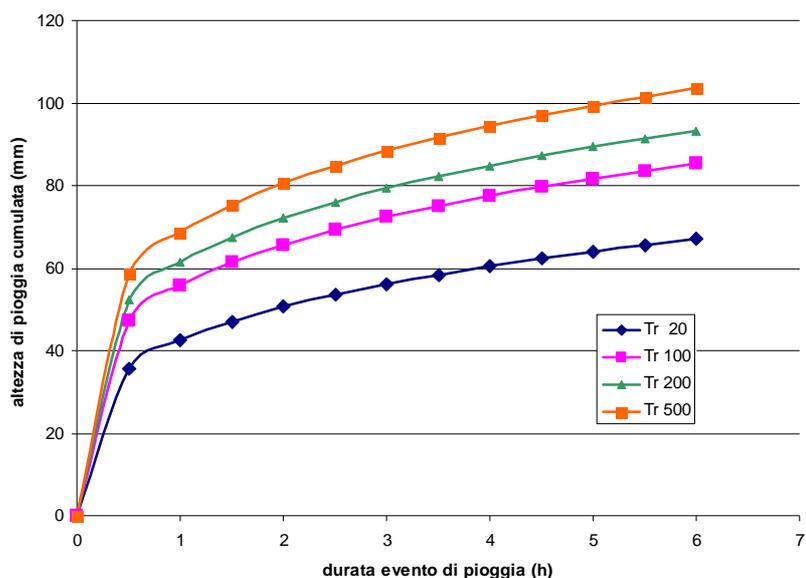


Figura 5. Linee segnalatrici di probabilità pluviometrica per la cella PAI BF116

L'equazione (5) ha validità puntuale, per cui occorre ragguagliare l'altezza di pioggia ricavata alla superficie afferente. Nell'estendere l'analisi della precipitazione misurata dal punto baricentrico della cella all'area si è utilizzato il metodo proposto da Eagleson (1972) nel quale il coefficiente di ragguaglio (r), detto anche *Area Reduction Factor* (Arf), è espresso come:

$$r = 1 - e^{(-1.1d^{1/4})} + e^{(-1.1d^{1/4} - 0.01A)} \quad (6)$$

dove d è la durata espressa in ore (posta uguale a T_c) ed A l'area espressa in km^2 .

Il valore di r ottenuto è pari a 0.99.

Dato l'elevato numero di celle di cui fa parte il bacino, si è tenuto conto dell'apporto di pioggia di ogni singola cella nella porzione di bacino di competenza (colonna "ptc_cella" di Tabella 3). Da qui, secondo la formula:

$$hr = r * h \quad (7)$$

dove r è il coefficiente di ragguaglio, si è ricavata l'altezza di precipitazione di ogni singola porzione di bacino (mm) per ogni tempo di ritorno considerato (colonne "hr_p_Tr" di Tabella 3).

Cella	Ptc_cella (%)	hr_p_Tr20 (mm)	hr_p_Tr100 (mm)	hr_p_Tr200 (mm)	hr_p_Tr500 (mm)
BF116	70.0	28.28	37.17	41.03	46.00
BF117	9.6	3.84	5.04	5.56	6.23
BF115	8.1	3.31	4.35	4.81	5.39
BE115	0.5	0.23	0.30	0.33	0.37
BE116	11.7	4.69	6.27	6.92	7.76

Tabella 3. Altezze di precipitazione parziali

La somma delle altezze di pioggia parziali (hr_p) è l'altezza di precipitazione del bacino (hr). In Tabella 4 sono riassunti i dati utilizzati per il seguito della trattazione.

hr_Tr 20 (mm)	hr_Tr 100 (mm)	hr_Tr 200 (mm)	hr_Tr 500 (mm)
40.34	53.12	58.64	65.75

Tabella 4. Altezze di precipitazione del bacino

3.2. Trasformazione afflussi-deflussi

Il problema di trasformare l'afflusso meteorico complessivo di un bacino idrografico in una portata effettivamente contribuente al deflusso superficiale, la quale verrà poi raccolta dal reticolo idrografico e recapitata alla sezione di chiusura, è una delle questioni chiave dell'idrologia.

Esistono innumerevoli metodi, spesso anche concettualmente molto differenti tra loro, più o meno accurati o impegnativi dal punto di vista del calcolo, il quale tuttavia costituisce un ostacolo limitato, grazie alle potenzialità dei calcolatori odierni.

Si possono individuare due momenti fondamentali nell'intero processo di trasformazione afflussi-deflussi:

1. la determinazione della pioggia netta;

2. la trasformazione dello ietogramma di pioggia netta in idrogramma liquido alla sezione di chiusura.

3.2.1. La determinazione dello ietogramma di pioggia netta

L'acqua affluita nel bacino idrografico grazie ad un evento di precipitazione liquida va incontro ad un certo numero di possibili destinazioni:

- una parte viene intercettata dalla vegetazione o da altri elementi naturali o artificiali che si trovano in superficie (quota A),
- una parte viene immagazzinata in piccoli invasi superficiali che si formano sul terreno (quota B),
- una parte si infiltra nel sottosuolo rimanendovi intrappolata nelle porosità e contribuendo a saturarle, così modificando la capacità di infiltrazione del terreno (quota C),
- una parte si infiltra in profondità, andando direttamente ad alimentare la falda acquifera (ma anch'essa non contribuisce alla portata in chiusura) (quota D),
- una parte evapora, anche se generalmente durante una pioggia questo fenomeno è molto limitato a causa dell'elevato tasso di umidità relativa dell'aria (quota E);
- da ultimo una parte scorre sul suolo e viene drenata dal reticolo idrografico, formando così il deflusso superficiale e dando il contributo fondamentale all'idrogramma che verrà misurato in chiusura durante l'evento pluviometrico (quota F).

Il bilancio complessivo vede l'afflusso P ridursi all'afflusso netto:

$$P_n = P - A - B - C - D - E \quad (8)$$

e quest'ultimo contribuire in modo fondamentale alla portata in chiusura:

$$Q = P_n + Q_b \quad (9)$$

dove Q_b è il deflusso di base, già presente nel reticolo prima dell'inizio dell'apporto pluviometrico. L'oggetto di questo paragrafo è la determinazione della pioggia netta (P_n) noto il valore di pioggia lorda (P).

A tal fine si è scelto di fare uso del metodo *Curve Number* dell'U.S Soil Conservation Service (SCS-USDA, 1968), in quanto capace di tener conto globalmente, ed in modo “quantitativo”, mediante l'indice *Curve Number* (CN), delle caratteristiche geologiche e di uso suolo del bacino Tabella 5.

Tipologie di uso del suolo	Tipo di suolo			
	A	B	C	D
Suoli coltivati	62 - 72	71 - 81	78 - 88	81 - 91
Pascoli	39 - 68	61 - 79	74 - 86	80 - 89
Prati	30	58	71	78
Boschi e foreste con copertura modesta	45	66	77	83
Boschi e foreste con buona copertura dall'erosione e sottobosco	25	55	70	77
Aree a parco e di fruizione ricreativa:				
- con copertura erbacea superiore al 75%	39	61	74	80
- con copertura erbacea dal 50 al 75%	49	69	79	84
Aree commerciali (impermeabili per l'85%)	89	92	94	95
Aree industriali (impermeabili per il 72%)	81	88	91	93
Aree residenziali con percentuale media impermeabile:				
65%	77	85	90	92
38%	61	75	83	87
30%	57	72	81	86
25%	54	70	80	85
20%	51	68	79	84
Parcheggi, aree coperte (impermeabili)	98	98	98	98
Strade:				
- asfaltate	98	98	98	98
- inghiaiate	76	85	89	91

Tabella 5. Valori di CN II in funzione delle diverse tipologia di uso del suolo

Il rio Valdanza è caratterizzato da una potenzialità di deflusso moderatamente alta. Comprende suoli sottili e contenenti considerevoli quantità di argilla e colloidali, denotando una scarsa capacità di infiltrazione a saturazione. I valori di CN utilizzati, quindi sono quelli del gruppo C (Tabella 6).

Cod. id	Descrizione	Note
A	Permeabilità alta	Bassa capacità di formazione del deflusso. Suoli con elevata infiltrabilità anche in condizioni di completa saturazione. Si tratta di sabbie o ghiaie profonde molto ben drenate, con scarsissime percentuali di limo e argilla. La conducibilità idrica a saturazione è elevata.
B	Permeabilità medio-alta	Suoli con modesta infiltrabilità se saturi. Discretamente drenati e profondi, sono caratterizzati da una tessitura medio-grossa e da una conducibilità idraulica a saturazione non molto elevata.
C	Permeabilità medio-bassa	Suoli con bassa infiltrabilità se saturi. Sono per lo più suoli con uno strato che impedisce il movimento dell'acqua verso il basso (a drenaggio impedito) oppure suoli con tessitura medio-fine e bassa infiltrabilità. La conducibilità idraulica a saturazione è bassa.
D	Permeabilità bassa	Suoli a elevata capacità di formazione del deflusso. Appartengono a questo gruppo i suoli ricchi di argilla con capacità rigonfianti, i suoli con uno strato di argilla verso la superficie, i suoli poco profondi su substrati impermeabili. La conducibilità idraulica a saturazione è estremamente bassa.

Tabella 6. Classificazione litologica dei suoli

Nella sua formulazione originale, il metodo SCS-CN è orientato alla descrizione del fenomeno d'invaso ed infiltrazione alla scala del singolo evento, ed è stato applicato con successo soprattutto su bacini di dimensioni inferiori ai 15-20 km². Prima di applicare i coefficienti CN(AMCII) ottenuti, deve essere stabilita la condizione di umidità antecedente l'evento analizzato (Tabella 7) e mettersi in una delle condizioni AMC previste.

Periodo vegetativo	Riposo vegetativo	AMC
Altezza di precipitazione caduta nei cinque giorni precedenti l'evento minore di 35 mm	Altezza di precipitazione caduta nei cinque giorni precedenti l'evento minore di 13 mm	I
Altezza di precipitazione caduta nei cinque giorni precedenti l'evento tra 35 e 53 mm	Altezza di precipitazione caduta nei cinque giorni precedenti l'evento tra 13 e 28 mm	II
Altezza di precipitazione caduta nei cinque giorni precedenti l'evento maggiore di 53 mm	Altezza di precipitazione caduta nei cinque giorni precedenti l'evento maggiore di 28 mm	III

Tabella 7. Definizione delle condizioni d'umidità antecedenti l'evento (AMC)

L'eventuale trasformazione di CN(AMCII) in CN(AMCI) o CN(AMCIII) è facilmente attuabile tramite le seguenti relazioni empiriche:

$$CN(AMCI) = \frac{4.2 \cdot CN(AMCII)}{10 - 0.058 \cdot CN(AMCII)} \quad (10)$$

e

$$CN(AMCIII) = \frac{23 \cdot CN(AMCII)}{10 + 0.13 \cdot CN(AMCII)} \quad (11)$$

In via conservativa ci si è posti nella condizione più sfavorevole (AMCIII), in modo da simulare il verificarsi di un evento intenso in condizioni di elevata saturazione del suolo. Pertanto si è calcolato un valore rappresentativo di CN considerando l'apporto di ogni tipologia di uso suolo ricadenti nel bacino. I dati relativi all'uso suolo fanno riferimento al progetto "Corine Land Cover" (2000).

Descrizione	area (km ²)	ptc_area (%)	CN II	CN III
colture tra 25-75%	0.30	16.13	78	90
colture >75%	1.14	61.29	83	93
boschi di latifoglie	0.23	12.36	73	87
seminativi in aree non irrigue	0.19	10.22	78	90

Tabella 8. Tabella riassuntiva dei CN parziali

Il valore di CN III ricavato risulta pari a 91.

La separazione dallo ietogramma netto (he) a partire da quello totale (hr) si ha applicando l'equazione:

$$h_e = \frac{(hr - I_a)^2}{(hr - I_a + S)} \quad (12)$$

dove $S = 25.4 \cdot \left(\frac{1000}{CN} - 10 \right)$ indica la saturazione ed $I_a = 0.2 \cdot S$ rappresenta le perdite iniziali.

Il valore S ricavato è pari a 25.12 mm, mentre quello di I_a risulta pari a 2.51 mm.

I valori di altezza di precipitazione netta del bacino (he) sono riassunti in Tabella 9.

he_Tr 20 (mm)	he_Tr 100 (mm)	he_Tr 200 (mm)	he_Tr 500 (mm)
20.64	31.60	36.51	42.95

Tabella 9. Altezze di precipitazione netta del bacino

3.2.2. La propagazione del deflusso all'interno del bacino

Il metodo SCS-CN consente di ricostruire l'idrogramma di piena dovuto ad un determinato flusso meteorico.

Il deflusso superficiale ha inizio dopo un tempo t_l dall'inizio della pioggia, durante il quale è caduta un'altezza di pioggia di $h=I_a$, quindi la durata della pioggia che produce deflusso risulta $T_{pe}=T_p-t_l$. Secondo il metodo SCS, il picco di portata si verifica con un tempo di ritardo (*lag time*) $t_L=0.6 * T_c$ a partire dal baricentro del pluviogramma che produce deflusso e quindi dopo un tempo $t_A=T_{pe}/2+0.6*T_c$ a partire dall'istante in cui ha inizio il deflusso superficiale (t_A rappresenta la durata della fase ascendente dell'onda di piena). La fase discendente dell'onda ha una durata $t_D=1.67*t_A$, per cui tutta l'onda ha una durata:

$$t=2.67*t_A=2.67(T_{pe}/2+0.6*T_c) \quad (13)$$

Nella Figura 6 è rappresentato l'idrogramma di piena corrispondente ad una pioggia di intensità costante, nell'ipotesi che l'andamento nel tempo delle successive aree scolanti sia lineare.

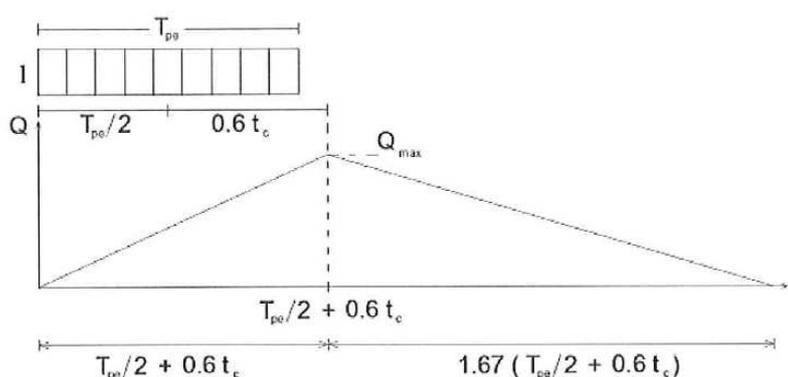


Figura 6. Idrogramma di piena secondo il metodo SCS

Da quanto esposto, eguagliando il volume di deflusso al volume di afflusso netto, si deduce il seguente valore della massima portata al colmo:

$$Q_{\max} = \frac{2Sh_{rn}}{3.6 \cdot 2.67 \left(\frac{T_{pe}}{2} + 0.6t_c \right)} \quad (14)$$

dove Q_{\max} è espressa in m^3/s , T_{pe} e T_c in ore, la superficie del bacino in km^2 e l'altezza h_{rn} di pioggia netta ragguagliata in mm.

Applicando il metodo SCS, non è possibile conoscere a priori la durata T_p della pioggia che dà luogo alla portata massima; perciò, per un dato tempo di ritorno, occorre pertanto assumere diverse durate di pioggia, fino a trovare quella che origina la massima portata. Sono state quindi esplorate durate T_p di pioggia variabili da 0.1 a 1.2 ore con incrementi $\Delta t=0.1h$, da cui sono stati ricavati i corrispondenti valori di portata massima per:

- tempo di ritorno 20 anni (Tabella 10);
- tempo di ritorno 100 anni (Tabella 11);
- tempo di ritorno 200 anni (Tabella 12);
- tempo di ritorno 500 anni (Tabella 13).

T_p (h)	h (mm)	h_r (mm)	Area bacino (km^2)	S (mm)	i_a (mm)	h_{rn} (mm)	h_{rn}/h_r	Q_{\max} (m^3/s)
0.1	23.00	22.85	1.862831	25.12	5.02	6.99	0.31	4.87
0.2	27.66	27.48	1.862831	25.12	5.02	10.07	0.37	6.44
0.3	30.82	30.62	1.862831	25.12	5.02	12.31	0.40	7.27
0.4	33.28	33.06	1.862831	25.12	5.02	14.12	0.43	7.75
0.5	35.32	35.09	1.862831	25.12	5.02	15.67	0.45	8.03
0.6	37.08	36.84	1.862831	25.12	5.02	17.03	0.46	8.18
0.7	38.63	38.38	1.862831	25.12	5.02	18.25	0.48	8.26
0.8	40.03	39.77	1.862831	25.12	5.02	19.36	0.49	8.28
0.9	41.31	41.04	1.862831	25.12	5.02	20.38	0.50	8.26
1	42.49	42.21	1.862831	25.12	5.02	21.33	0.51	8.22
1.1	43.58	43.30	1.862831	25.12	5.02	22.23	0.51	8.16
1.2	44.60	44.31	1.862831	25.12	5.02	23.07	0.52	8.08

Tabella 10. Valori di portata massima (Q_{\max}) per Tr 20 secondo metodo SCS

T_p (h)	h (mm)	h_r (mm)	Area bacino (km ²)	S (mm)	i_a (mm)	h_{rn} (mm)	h_{rn}/h_r	Q_{max} (m ³ /s)
0.1	32.14	31.94	1.86	25.12	5.02	13.92	0.44	9.70
0.2	37.93	37.68	1.86	25.12	5.02	17.69	0.47	11.31
0.3	41.78	41.51	1.86	25.12	5.02	20.76	0.50	12.26
0.4	44.74	44.46	1.86	25.12	5.02	23.19	0.52	12.72
0.5	47.19	46.89	1.86	25.12	5.02	25.22	0.54	12.92
0.6	49.29	48.97	1.86	25.12	5.02	26.98	0.55	12.97
0.7	51.14	50.81	1.86	25.12	5.02	28.55	0.56	12.92
0.8	52.79	52.45	1.86	25.12	5.02	29.97	0.57	12.82
0.9	54.30	53.95	1.86	25.12	5.02	31.26	0.58	12.67
1	55.68	55.32	1.86	25.12	5.02	32.46	0.59	12.50
1.1	56.96	56.59	1.86	25.12	5.02	33.58	0.59	12.32
1.2	58.15	57.78	1.86	25.12	5.02	34.62	0.60	12.13

Tabella 11. Valori di portata massima (Q_{max}) per Tr 100 secondo metodo SCS

T_p (h)	h (mm)	h_r (mm)	Area bacino (km ²)	S (mm)	i_a (mm)	h_{rn} (mm)	h_{rn}/h_r	Q_{max} (m ³ /s)
0.1	35.86	35.63	1.86	25.12	5.02	16.81	0.47	11.71
0.2	42.16	41.89	1.86	25.12	5.02	21.93	0.52	14.02
0.3	46.35	46.06	1.86	25.12	5.02	25.45	0.55	15.03
0.4	49.57	49.26	1.86	25.12	5.02	28.21	0.57	15.48
0.5	52.23	51.89	1.86	25.12	5.02	30.51	0.59	15.64
0.6	54.50	54.15	1.86	25.12	5.02	32.50	0.60	15.63
0.7	56.50	56.13	1.86	25.12	5.02	34.27	0.61	15.51
0.8	58.29	57.91	1.86	25.12	5.02	35.86	0.62	15.34
0.9	59.91	59.53	1.86	25.12	5.02	37.31	0.63	15.12
1.0	61.41	61.01	1.86	25.12	5.02	38.65	0.63	14.89
1.1	62.79	62.38	1.86	25.12	5.02	39.89	0.64	14.64
1.2	64.08	63.66	1.86	25.12	5.02	41.05	0.64	14.38

Tabella 12. Valori di portata massima (Q_{max}) per Tr 200 secondo metodo SCS

T_p (h)	h (mm)	h_r (mm)	Area bacino (km ²)	S (mm)	i_a (mm)	h_{rn} (mm)	h_{rn}/h_r	Q_{max} (m ³ /s)
0.1	40.65	40.39	1.86	25.12	5.02	20.68	0.51	14.41
0.2	47.62	47.32	1.86	25.12	5.02	26.53	0.56	16.96
0.3	52.25	51.91	1.86	25.12	5.02	30.53	0.59	18.03
0.4	55.80	55.44	1.86	25.12	5.02	33.65	0.61	18.47
0.5	58.72	58.34	1.86	25.12	5.02	36.24	0.62	18.57
0.6	61.21	60.82	1.86	25.12	5.02	38.47	0.63	18.50
0.7	63.41	63.00	1.86	25.12	5.02	40.45	0.64	18.31
0.8	65.37	64.95	1.86	25.12	5.02	42.23	0.65	18.06
0.9	67.16	66.72	1.86	25.12	5.02	43.85	0.66	17.77
1	68.79	68.35	1.86	25.12	5.02	45.34	0.66	17.46
1.1	70.31	69.85	1.86	25.12	5.02	46.72	0.67	17.15
1.2	71.72	71.26	1.86	25.12	5.02	48.02	0.67	16.82

Tabella 13. Valori di portata massima (Q_{max}) per Tr 500 secondo metodo SCS

4. STUDIO IDRAULICO E DEFINIZIONE DEI LIVELLI IDROMETRICI

Il problema idraulico consiste nel calcolo della quota del pelo libero della corrente in corrispondenza dell'assegnato idrogramma di piena, in modo da verificare quale sia il comportamento del tratto oggetto di studio nelle suddette condizioni.

Lo schema di calcolo adottato è quello di moto permanente. La simulazione avviene computando il trasferimento dell'idrogramma di piena lungo un canale a sezione variabile, riferendosi essenzialmente ad un moto di tipo monodimensionale, con l'ausilio del software HEC-RAS 3.1.3 sviluppato dall'US Army Corps of Engineers.

4.1 I modelli teorici

Il profilo di un alveo naturale in moto permanente soggetto ad una portata Q può essere individuato tramite procedimenti di tipo numerico. L'operazione preliminare consiste in un rilevamento dettagliato dell'alveo tale da consentire la suddivisione, del corso d'acqua, in tronchi Δs sufficientemente brevi da permettere di confondere i valori medi della sezione e della velocità, in ogni tronco, con quelli presenti agli estremi. L'alveo deve presentare cambiamenti molto gradualmente e, se alcuni tratti risultano rapidamente variabili, le perdite vanno valutate tenendo conto anche degli effetti vorticosi localizzati.

Di tutte le sezioni così ottenute è necessario disporre, in dettaglio, delle caratteristiche geometriche a partire dalle quali, unite con le grandezze idrauliche note, si può calcolare la variazione di carico totale trasformata alle differenze finite e risalire, quindi, al profilo della superficie libera.

Lo schema di calcolo adottato è quello del modo permanente, che consente di considerare la variazione graduale delle sezioni d'alveo e la presenza di manufatti, restringimenti e rapide variazioni di sezione.

La determinazione del profilo permanente viene realizzata utilizzando il codice HECRAS “River Analysis System” versione 4.0 (U.S. Army Corps of Engineers Hydrologic Engineering Center).

Il calcolo del profilo idraulico della corrente avviene in condizioni di moto unidimensionale gradualmente vario a portata costante, mediante la risoluzione delle equazioni di bilancio energetico; il codice applicato consente anche di calcolare rapide variazioni di profilo (dovute alla presenza di ostacoli al deflusso, restringimenti di sezione, passaggio di stato di una corrente).

Le elaborazioni sono riportate in allegato al termine della relazione. Il significato dei dati riportati nelle tabelle risulta il seguente:

- River Sta = numero della sezione di elaborazione (la numerazione procede in ordine decrescente da monte a valle);
- Qtotal = portata di calcolo;
- Min Ch El = quota di fondo alveo;
- W.S. Elev.= altezza idrometrica;
- W.S. Elev.= altezza idrometrica corrente critica;
- E.G. Elev. = altezza dell’energia;
- E.G. Slope= pendenza motrice;
- Vel Chnl = velocità di deflusso;
- Flow Area= sezione interessata dal deflusso;
- Top Width = larghezza pelo libero in sommità;
- Froude # Chi = numero di Froude della corrente.

La modellazione geometrica delle sezioni d’alveo viene effettuata sulla base di rilievi topografici di dettaglio. Le ipotesi di calcolo relative alle condizioni al contorno sono le seguenti:

- portata al colmo costante in tutto il tratto pari ai valori riportati nelle tabelle corrispondenti ai tempi di ritorno indicati;
- altezze idrometriche utilizzate come condizioni iniziali nelle sezioni a monte ed a

valle calcolate in condizioni di moto uniforme indisturbato;

- il coefficiente di scabrezza (n di Manning) risulta variabile lungo i corsi d'acqua al variare dei materiali di cui è composta la sezione d'alveo.

Il modello effettua il calcolo del profilo di pelo libero nel moto permanente unidimensionale, nel caso di correnti gradualmente variabili, applicando fra due sezioni consecutive un'equazione di equilibrio energetico ovvero il procedimento iterativo detto Standard Step Method.

Questo metodo prevede di considerare nel corso d'acqua un numero sufficiente di sezioni tale che la loro distanza sia modesta e consenta di avere tratti di canale il più possibile regolari. L'equazione energetica da applicare è la seguente:

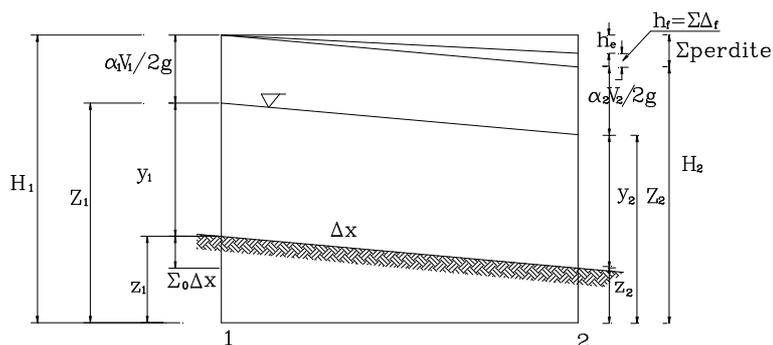
$$H_{(i-1)} = H_{(i)} + h_e + h_f$$

$$Z_1 + \alpha_1 \frac{U_1^2}{2 \cdot g} = Z_2 + \alpha_2 \frac{U_2^2}{2 \cdot g} + h_e + h_f$$

dove:

- U è la velocità media nella sezione;
- α è un coefficiente correttivo della velocità che tiene conto del fatto che la corrente non è uniforme nella sezione;
- h_e considera le perdite di energia causate dalle variazioni di sezione del corso, cioè contrazione ed espansione;
- h_f rappresenta le perdite per attrito medie nel tronco;
- z_1, z_2 altezza d'acqua al termine del tronco considerato;
- U_1, U_2 velocità media calcolata.

La figura seguente mette in evidenza i termini contenuti nell'equazione dell'energia.



La perdita di energia per attrito fra due sezioni trasversali distinte Δx viene calcolata come:

$$h_f = S_f \cdot \Delta x = \frac{1}{2} \cdot (S_{f(i)} + S_{f(i-1)}) \cdot \Delta x$$

dove:

$$S_f = \frac{U^2}{\chi^2 \cdot R} = \frac{U^2}{c^2 \cdot R^{4/3}}$$

Le contrazioni e le espansioni inducono, nella sezione, delle perdite che vengono valutate attraverso la seguente equazione:

$$h_e = C_i \cdot \left| \frac{\alpha_2 \cdot U_2^2}{2 \cdot g} - \frac{\alpha_1 \cdot U_1^2}{2 \cdot g} \right| \approx C_i \cdot \alpha_i \frac{U^2}{2 \cdot g}$$

dove:

- C è un coefficiente relativo alle perdite di carico per espansione e contrazione della corrente ed assume i seguenti valori:

$C = 0$	alveo prismatico;
$C = 0.1$	lento restringimento;
$C = 0.1 \div 0.2$	allargamento graduale;
$C = 0.5$	allargamento a 90° .

La soluzione delle equazioni precedenti avviene in modo iterativo partendo dai dati iniziali di altezza d'acqua, portata e distanza fra due sezioni successive in cui il calcolo viene eseguito. Noti questi parametri, nella sezione di partenza, si procede per tentativi all'individuazione delle variabili idrauliche nella sezione successiva finché i risultati ottenuti sono verificati con la tolleranza prescritta.

Il procedimento dell'equilibrio energetico, ora descritto, richiede una valutazione attendibile in ogni sezione delle caratteristiche idrauliche e di scabrezza che possono assumere valori differenti, ad esempio, tra le golene e l'alveo inciso. HEC-RAS suddivide pertanto ogni sezione in più parti ed assume in ciascuna di esse il valore della scabrezza costante. Per ogni tratto valuta: parametri, grandezze e coefficienti che intervengono per caratterizzare l'intera sezione.

4.2 Idraulica del corso d'acqua

I dati richiesti dal programma HEC-RAS sono: la geometria delle sezioni e la distanza fra le stesse, il tipo di moto, l'altezza d'acqua iniziale o la pendenza del pelo libero, la portata, i coefficienti di scabrezza e quant'altro utile per individuare le caratteristiche del moto.

I dati relativi alle sezioni trasversali, i grafici e le tabelle sono riportate nelle appendici come output delle elaborazioni numeriche effettuate.

4.3 Ipotesi assunte

- Geometria delle sezioni trasversali

La definizione dell'andamento dell'alveo passa attraverso la descrizione delle sezioni trasversali, significative al fine di evidenziare l'andamento del terreno.

Le sezioni sono localizzate, ad intervalli definiti, lungo l'alveo ad una distanza tale da descrivere, la capacità di trasporto della corrente sia nel canale principale e nelle golene.

Le variazioni tra due sezioni trasversali consecutive devono essere contenute, pertanto, soprattutto dove la morfologia è piuttosto mossa, le distanze devono essere limitate.

Le sezioni desunte dal rilievo topografico appositamente vengono introdotte attraverso l'inserimento delle coordinate, distanza e quota, assunte rispetto un sistema d'assi posto sulla sponda sinistra orografica di ciascuna. Il numero di punti utilizzato è funzione dell'andamento del terreno.

La distanza tra due sezioni trasversali consecutive, è stata misurata in tre diversi punti:

- Channel: individua la distanza tra due sezioni successive del fondo alveo;
- Lob: rappresenta la distanza tra le due sponde destre;
- Rob: definisce la distanza tra le due sponde sinistre.

Un ulteriore elemento per la descrizione della geometria del corso d'acqua è rappresentato dalla definizione dell'alveo attivo mediante una coppia di coordinate che individuano il "main channel bank stations".

4.4 Coefficienti di perdita

Le perdite possono essere descritte tramite tre coefficienti: quelle dovute all'attrito attraverso il coefficiente n di Manning, le perdite che si manifestano nelle contrazioni ed espansioni con omonimi coefficienti ed infine le perdite, in presenza di ponti, dovute alla forma delle pile, all'eventuale flusso in pressione e/o a stramazzo.

Il coefficiente di Manning è funzione di più fattori tra i quali il tipo e la quantità di vegetazione, la geometria del canale, le dimensioni del materiale che costituisce il fondo. Pertanto, lungo la sezione trasversale, può assumere valori differenti: HEC-RAS consente di assegnare a questo coefficiente tre diversi valori: uno per la golenata destra, uno per quella sinistra ed uno per il canale.

Le perdite di energia non sono però legate unicamente all'attrito; occorre tener conto, infatti, anche delle espansioni e contrazioni della corrente dovute alle variazioni di geometria della sezione. Questa eventualità si esprime mediante due coefficienti il cui valore risulta rispettivamente pari a 0.1 e 0.3, se le variazioni di sezione sono di piccola entità; nel presente caso, gli stessi valori sono utilizzati anche in prossimità dall'attraversamento in quanto la variazione di sezione è attenuata da muri d'ala.

La valutazione di questi coefficienti è estremamente laboriosa soprattutto per quello relativo alla scabrezza, per i numerosi fattori che lo influenzano.

4.5 La portata di progetto

Il modello sviluppato con HEC-RAS consente di specificare: sia valori diversi di portata per ogni sezione trasversale sia di considerare più portate a partire dalle quali ricavare più profili. Nel caso in esame si è tenuto conto, nel calcolo della portata di piena, del contributo del trasporto solido (vedi Capitolo 5), ed i profili analizzati sono stati ottenuti per i valori di portata di piena per tempi di ritorno 20, 100, 200, 500 anni alla sezione di chiusura.

4.6 Tipo di moto e profondità d'acqua iniziale

Il calcolo dei profili inizia in una sezione trasversale della quale siano note le condizioni al contorno oppure si possano presumere per essa dei valori attendibili. Il programma

prosegue il calcolo verso monte, se si tratta di profili di corrente lenta, oppure verso valle, se il profilo è di corrente veloce. Il tipo di moto viene specificato dall'utilizzatore.

I profili di corrente lenta, calcolati dal programma, coincidono con la profondità critica oppure sono situati sopra di essa, mentre i profili di corrente rapida o coincidono con la profondità critica o sono posti al di sotto della stessa.

Questa versione del programma consente di esaminare il risalto idraulico e la perdita di energia ad esso collegata.

Se il tipo di moto è lento le condizioni al contorno, inerenti alla pendenza del pelo libero all'altezza dell'acqua e alla pendenza critica definibili nelle boundary conditions nell'opzione steady flow data, devono essere fornite nella sezione di valle.

L'altezza d'acqua della sezione trasversale può essere assunta:

- coincidente con la profondità critica
- attraverso il metodo del raggio di curvatura
- fornendo la pendenza del pelo libero.

Utilizzando il metodo della profondità critica, l'altezza d'acqua viene eguagliata alla pendenza stimata della linea d'energia ed il valore assegnato è utilizzato come valore iniziale approssimato.

Come dati di base per la geometria è stata utilizzata la sezione tipo che fa riferimento allo studio redatto dallo Studio Massobrio.

Le ipotesi di calcolo relative alle condizioni al contorno sono le seguenti:

- portata al colmo costante in tutto il tratto pari ai valori riportati nelle tabelle corrispondenti ai tempi di ritorno indicati;
- altezze idrometriche utilizzate come condizioni iniziali nelle sezioni a monte ed a valle calcolate in condizioni di moto uniforme indisturbato;
- coefficiente di scabrezza (n di Manning) costante per il tratto in esame pari a 0.03 per la caratterizzazione dell'alveo e delle sponde.

Per una maggiore accuratezza del calcolo, a partire dalle sezioni rilevate sono state inserite con una procedura automatica sezioni di infittimento (contrassegnate dal simbolo “*”) con passo di 10 metri.

Nell'appendice A sono riportati i risultati delle seguenti elaborazioni:

- 1) Portata massima liquida per Tr 20;
- 2) Portata massima liquida per Tr 100;
- 3) Portata massima liquida per Tr 200;
- 4) Portata massima liquida più apporto da trasporto solido per Tr 200;
- 5) Portata massima liquida per Tr 500.

5. CONSIDERAZIONI SUL TRASPORTO SOLIDO

Per quanto riguarda l'entità del fenomeno del trasporto solido in un alveo di tipo fluviale a fondo mobile, la bibliografia tecnica propone molte formulazioni; tuttavia il gran numero di parametri in gioco e la loro variabilità rende tali modelli estremamente indeterminati.

Seguendo le indicazioni dell'Allegato B (“Criteri tecnici per la valutazione della pericolosità e del rischio lungo il reticolo idrografico”) della Deliberazione della Giunta Regionale 28 luglio 2009, n. 2-11830 (“Indirizzi per l'attuazione del PAI: sostituzione degli allegati 1 e 3 della DGR. 45-6656 del 15 luglio 2003 con gli allegati A e B”), si è fatto riferimento ad una portata idrica $Tr\ 200$, valutando la tipologia del tratto di rio per quanto riguarda i fenomeni di trasporto con il diagramma di Hjulstroem (1935). Per una velocità media (v) di 3.27 m/s (pari a 327 cm/s) ed un diametro dei sedimenti (D) posto pari a 0.000004 m (0.004 mm), il tratto di corso d'acqua risulta in equilibrio (Figura 7).

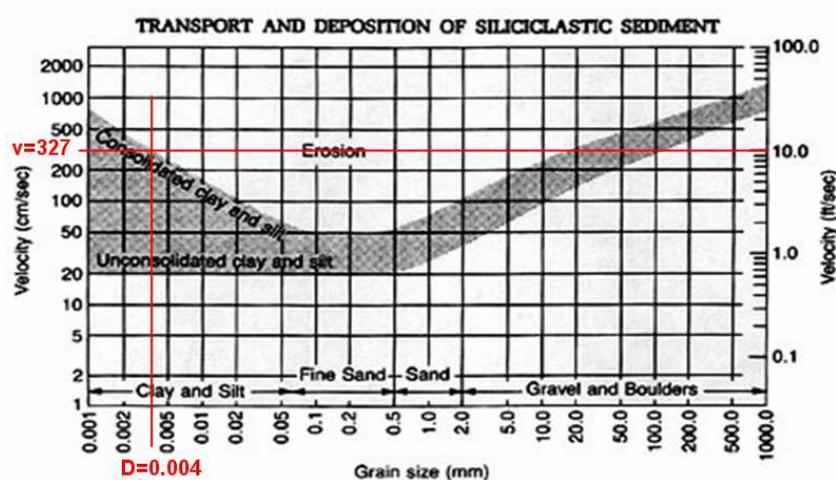


Figura 7. Individuazione tipologia d'alveo sul diagramma di Hjulstrom

In tal caso l'effetto della portata solida sulla piena è dovuto all'incremento dei livelli idrici conseguenti al trasporto di materiale solido al fondo. Per la determinazione dello spessore dello strato di materiale solido in movimento (δs), tra le formule proposte si è usata quella di Du Boys (1879):

$$\frac{\delta_s}{d} = \frac{\Theta_o}{\Theta_c} \quad (15)$$

ponendo

$$\frac{\tau}{\tau_c} = \frac{\Theta_o}{\Theta_c} \quad (16)$$

dove in prima approssimazione $d=D50=0.000004$ m, τ è lo sforzo tangenziale medio (N/m^2) e τ_c è lo sforzo tangenziale critico (N/m^2). Dalla (15) δ_s è pari a 0.12 m.

Tale valore risulta in linea con quello di 0.04 m ricavato dalla simulazione numerica (misurato sul pelo libero del rio) aggiungendo alla portata liquida (Q_{\max}) la portata solida (Q_s), valutata come:

$$Q_s = \delta_s \cdot v \cdot B \quad (17)$$

dove B è la larghezza dell'alveo, posta pari a 1.8 m, e v è la velocità media posta pari a 3.27 m/s.

Per un evento con tempo di ritorno 200 anni, Q_s risulta pari a $0.69 \text{ m}^3/\text{s}$.

6. CONSIDERAZIONI SUGLI STUDI IDROLOGICI ED IDRAULICI PRECEDENTI

Il rio Valdanza (Increna) è stato recentemente oggetto di studi idrologico idraulici per la realizzazione di un progetto di stalle per allevamento equini, il cui progetto è stato curato dall'ing. Massimo Massobrio studio depositato presso il Comune di Pralormo il 21 giugno u.s..

Tale studio non è stato condotto conformemente alle indicazioni della della Deliberazione della Giunta Regionale 28 luglio 2009 n. 2-11830

Le portate che risultano dallo studio citato sono inferiori a quelle ottenute nel presente, in quanto affette di sovrastima in ambito idrologico in quanto l'idrologia è stata sviluppata con riferimento al metodo TCEV-VAPI , mentre come base delle nuove elaborazioni si è fatto uso delle distribuzioni di pioggia per celle sviluppate dall'Autorità di Bacino del fiume Po (AdBPo), determinate nell'ambito dello studio *“Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico (PAI) – Direttiva sulla piena di progetto da assumere per le progettazioni e le verifiche di compatibilità idraulica – Allegato 3: distribuzione spaziale delle piogge intense”*, che discretizzano in modo più dettagliato l'andamento delle piogge sull'area.

Inoltre lo studio idraulico precedente ha sviluppato le elaborazioni in “moto uniforme” anziché in ”moto permanente” e pertanto ha individuato esclusivamente due situazioni puntuali che non restituiscono il comportamento reale nel tratto di asta in studio

Inoltre, la formulazione per il calcolo del tempo di corrivazione di Giandotti utilizzata nel precedente studio risulta diversa da quella comunemente proposta in letteratura per bacini di piccole dimensioni come il caso in studio, tuttavia i valori di portata differiscono di poco rispetto ai valori utilizzati nel presente studio in cui si è fatto uso della formulazione di Kirpich che meglio si adatta alle dimensioni del bacino idrografico.

Nel presente studio, poi, si è fatto uso del metodo del Soil Conservation Service (SCS), il quale prende in considerazione la reale risposta del bacino sia in funzione della

conformazione e dell'uso del suolo mentre il precedente studio ha fatto riferimento al metodo razionale.

Infine, nel presente studio, secondo le indicazioni contenute nell'Allegato B della Deliberazione della Giunta Regionale 28 luglio 2009 n. 2-11830" pubblicata nel n° 33 del B.U.R.P. del 20 agosto 2009, si è presa in considerazione la quota di portata che deriva dal trasporto solido; detta quota di portata non era stata considerata nella precedente analisi.

Complessivamente i risultati dello studio precedente per le ragioni suesposte hanno portato ad una sottostima delle portate.

Nella Tabella 14 si confrontano i parametri di calcolo ed i risultati del presente studio con quelli dello studio precedente.

	Studio precedente (Studio Massobrio, 2010)	Studio presente (2010)
<i>Superficie (km²)</i>	2.11	1.82
<i>Lunghezza asta (km)</i>	3.95	3.21
<i>Tc (h)</i>	2.65	0.84
Precipitazione lorda (mm)		
<i>h_T100</i>	80.42	53.12
<i>h_T200</i>	89.35	58.64
<i>h_T500</i>	101.27	65.75
Portata liquida (m³/s)		
<i>Q_T100</i>	12.45	12.97
<i>Q_T200</i>	13.83	15.64
<i>Q_T500</i>	15.68	18.57

Tabella 14. Confronto dei parametri di calcolo e dei risultati dello studio attuale con quelli dello studio precedente

7. CONCLUSIONI

Lo studio idrologico idraulico sviluppato con le modalità precedentemente esposte, porta ad accertare che nel tratto in studio il rischio di esondazione per tempi di ritorno fino a 500 anni si evidenzia esondazione localizzata in corrispondenza alla sezione 1.1 con tirante limitato a 9 cm mentre come evidenziato nelle tabelle successive per tempi di ritorno duecentennali il franco libero risulta variare tra 101 e 32 cm

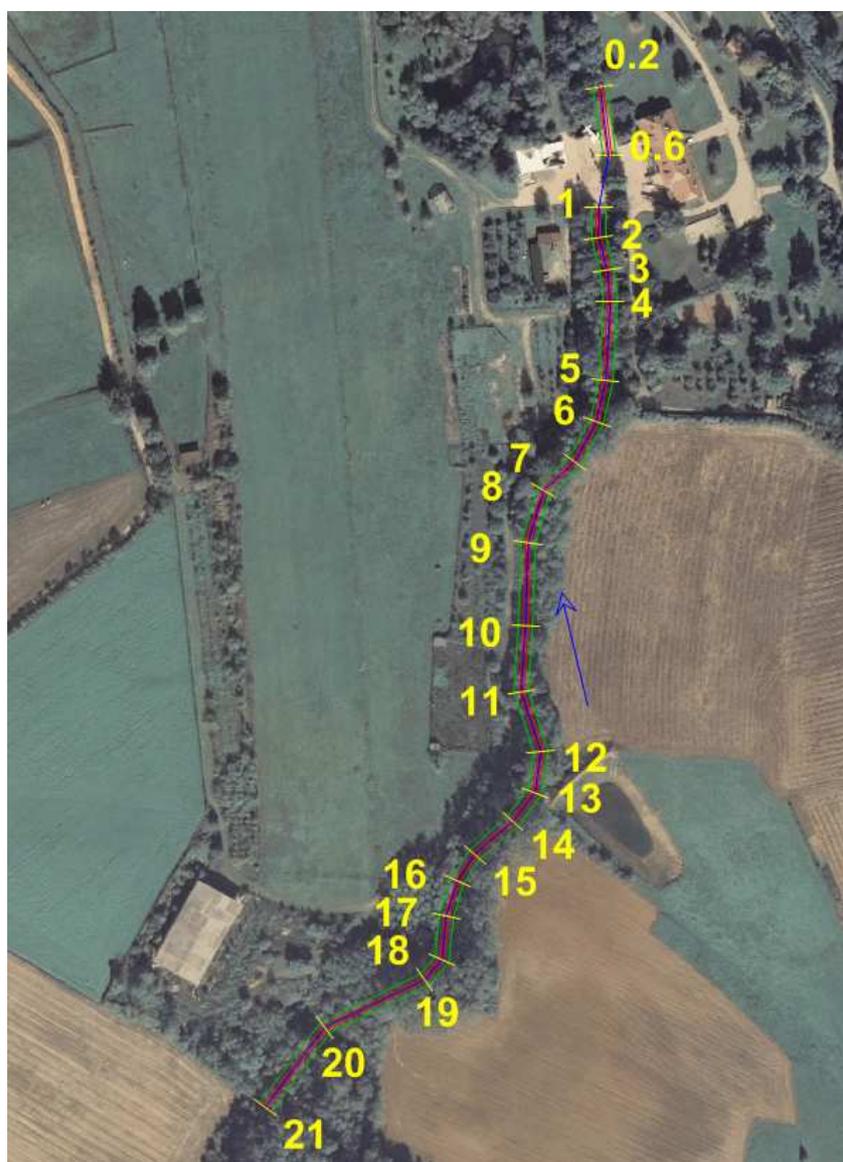


Figura 8. Vista del tratto oggetto di studio con identificazione delle sezioni di calcolo

	franco sez 17	franco sez 16	franco sez 15	franco sez 14	franco sez 13	franco sez 12	franco sez 11	franco sez 10
	(m)							
Q_{max} Tr20	1.46	1.45	1.45	1.45	1.45	1.42	1.47	1.43
Q_{max} Tr100	1.16	1.17	1.13	1.16	1.15	1.15	1.17	1.12
Q_{max} Tr200	1.02	1.03	0.98	1.02	1.01	1.01	1.03	0.96
$Q_{max}+Q_s$ Tr200	0.99	0.99	0.95	0.98	0.97	0.97	0.99	0.93
Q_{max} Tr500	0.88	0.89	0.84	0.88	0.88	0.83	0.90	0.81

	franco sez 9	franco sez 8	franco sez 7	franco sez 6	franco sez 5	franco sez 4	franco sez 3	franco sez 2
	(m)							
Q_{max} Tr20	1.46	1.44	1.45	1.44	1.45	1.45	1.45	1.24
Q_{max} Tr100	1.18	1.11	1.16	1.14	1.16	1.03	0.88	0.68
Q_{max} Tr200	1.05	0.95	1.02	0.96	1.03	0.77	0.60	0.39
$Q_{max}+Q_s$ Tr200	1.01	0.92	0.99	0.94	0.99	0.70	0.53	0.32
Q_{max} Tr500	0.91	0.81	0.88	0.83	0.89	0.48	0.30	0.09

Tabella 15. Franchi minimi del tratto d'interesse

E' stata inoltre effettuata la verifica dell'attraversamento posto a valle dell'area indagata (opera in c.a.o. delle dimensioni interne, sezione utile di scolo, di circa 2.50 m di larghezza e 2.8 m di altezza), di cui si riportano i risultati nella Tabella 16.

	franco sez 1 (sezione di monte)	franco sez 0.6 (sezione di valle)
	(m)	(m)
Q_{max} Tr20	1.29	2.26
Q_{max} Tr100	0.72	2.07
Q_{max} Tr200	0.43	1.98
$Q_{max}+Q_s$ Tr200	0.36	1.96
Q_{max} Tr500	0.13	1.90

Tabella 16. Franchi minimi dell'attraversamento

7. BIBLIOGRAFIA

- APAT (Agenzia per la Protezione dell’Ambiente e per i servizi tecnici): “Progetto Corine Land Cover”, 2000;
- Autorità di Bacino del Fiume Po: "Direttiva di progetto da assumere per la progettazione e le verifiche di compatibilità idraulica", Legge 18 maggio 1989, art. 17 comma 6 ter;
- C. Trasino, P. G. Oria et alt.: “Redazione di specifici studi di valutazione della pericolosità per colate di detrito e dell’efficacia delle opere di difesa eventualmente esistenti e della progettazione preliminare dei possibili interventi di sistemazione idraulica su bacini della Valle d’Aosta”, 2010;
- Deliberazione della Giunta Regionale 28 luglio 2009 n. 2-11830” pubblicata nel n° 33 del B.U.R.P. del 20 agosto 2009;
- D.R. Maidment: “Handbook of Hydrology”, 1992;
- F. Hjulström: “Studies of the morphological activity of river as illustrated by the river Fyris” - Bull. Geol. Inst. Univ. Upsala, 25, 221-57, 1935 ;
- M. Greppi: "Idrologia" – Editore Ulrico Hoepli, Milano, 1999;
- S. Sanna: “Sistemazione idraulico-forestale nella difesa del suolo” – Dario Flaccovio Editore, 2003;
- U. Maione: "La sistemazione dei corsi d'acqua montani" - Ed. Bios s.a.s., Cosenza, 1998;
- US Army Corps of Engineers, Hydrologic Engineering Center: “River analysis system, HEC RAS – User’s manual vers 3.1.3”, 2006;
- V. D’Agostino, S. Fatterelli: “Le sistemazioni idraulico-forestali per la difesa del territorio” – Nuova Bios, 2006.
- V. T. Chow: “Open channels in hydraulics” – McGraw Hill, 1959;
- V. Ferro: "La sistemazione dei bacini idrografici" - McGraw-Hill, Milano, 2002.

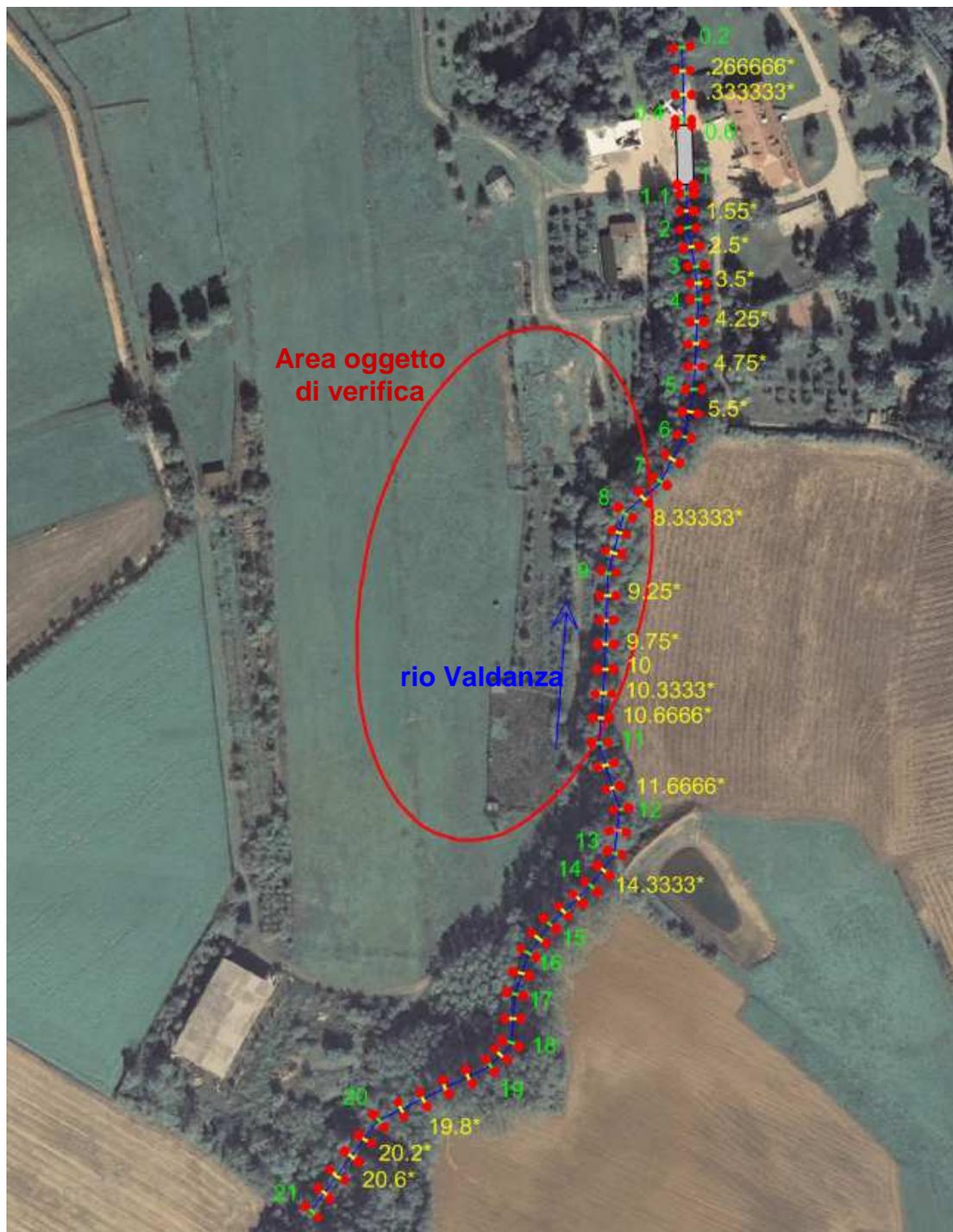
APPENDICE A

Risultati numerici e grafici del calcolo idraulico

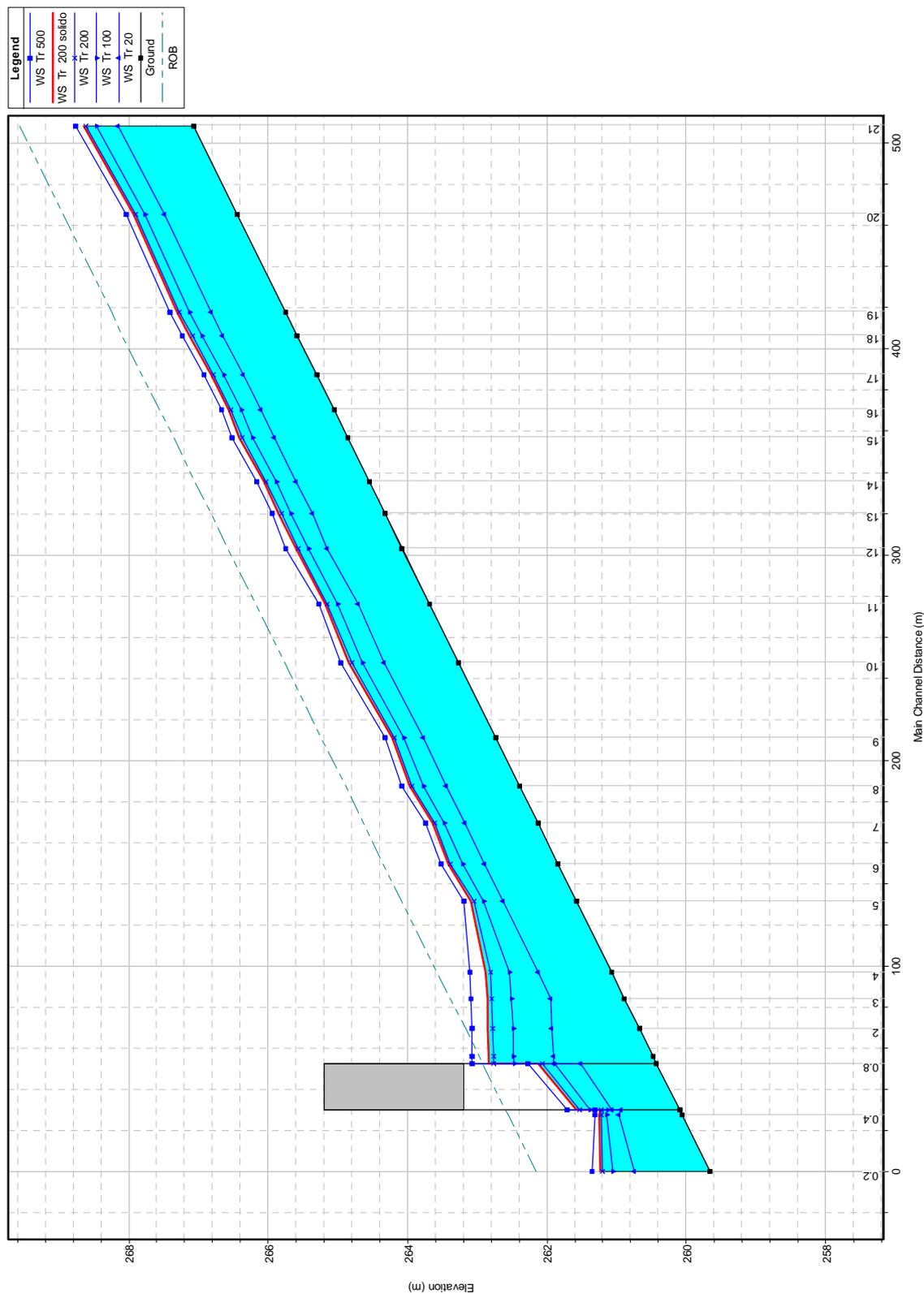
Di seguito sono riassunti in maniera grafica e tabellare i risultati del calcolo idraulico del tratto di torrente che interessa il ponte oggetto d'intervento con l'applicazione del software HEC-RAS per ciascun tempo di ritorno considerato. Gli elaborati prodotti sono i seguenti:

- Schematizzazione planimetrica;
- Profilo longitudinale;
- Vista tridimensionale;
- Sezioni trasversali;
- Tabelle riassuntive.

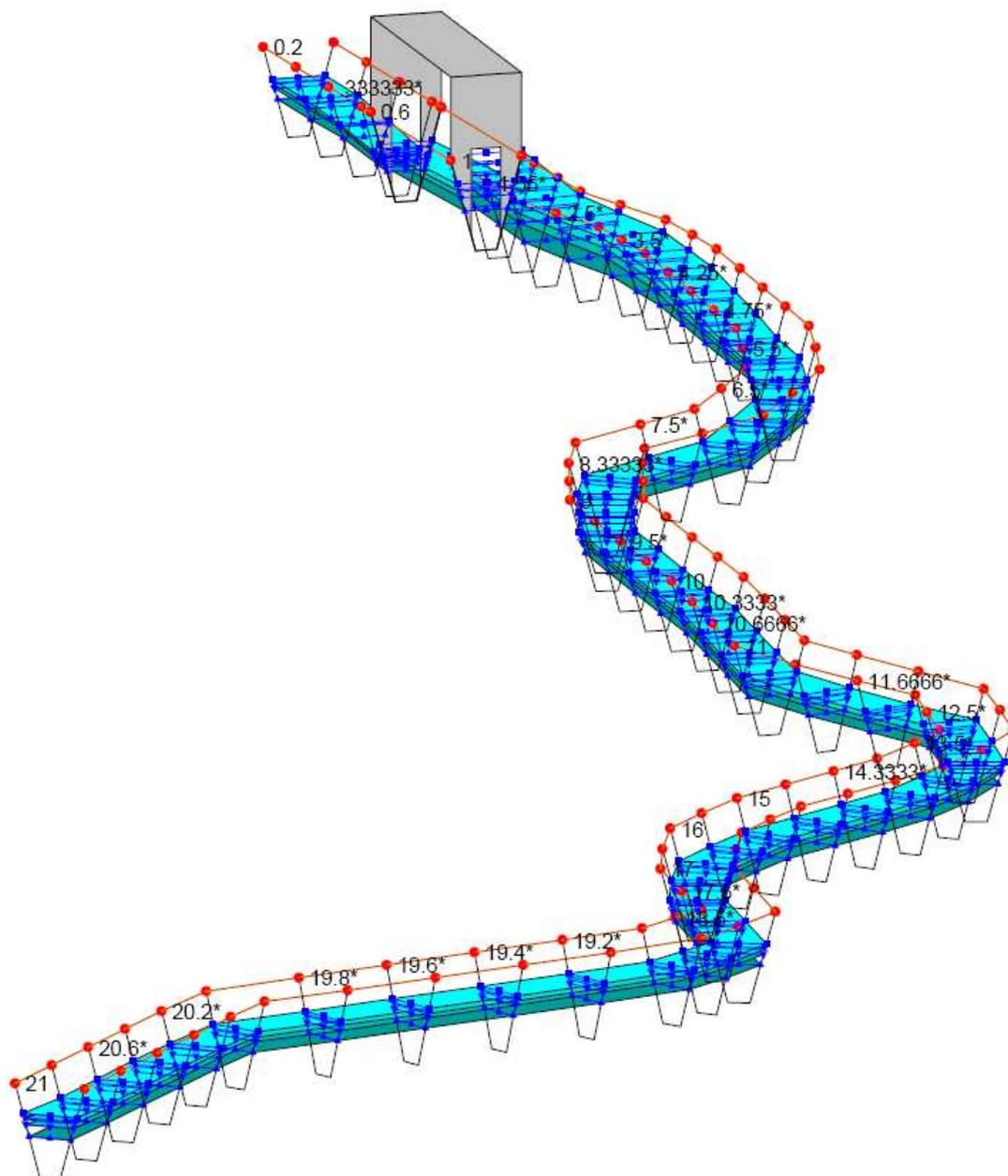
Schematizzazione planimetrica



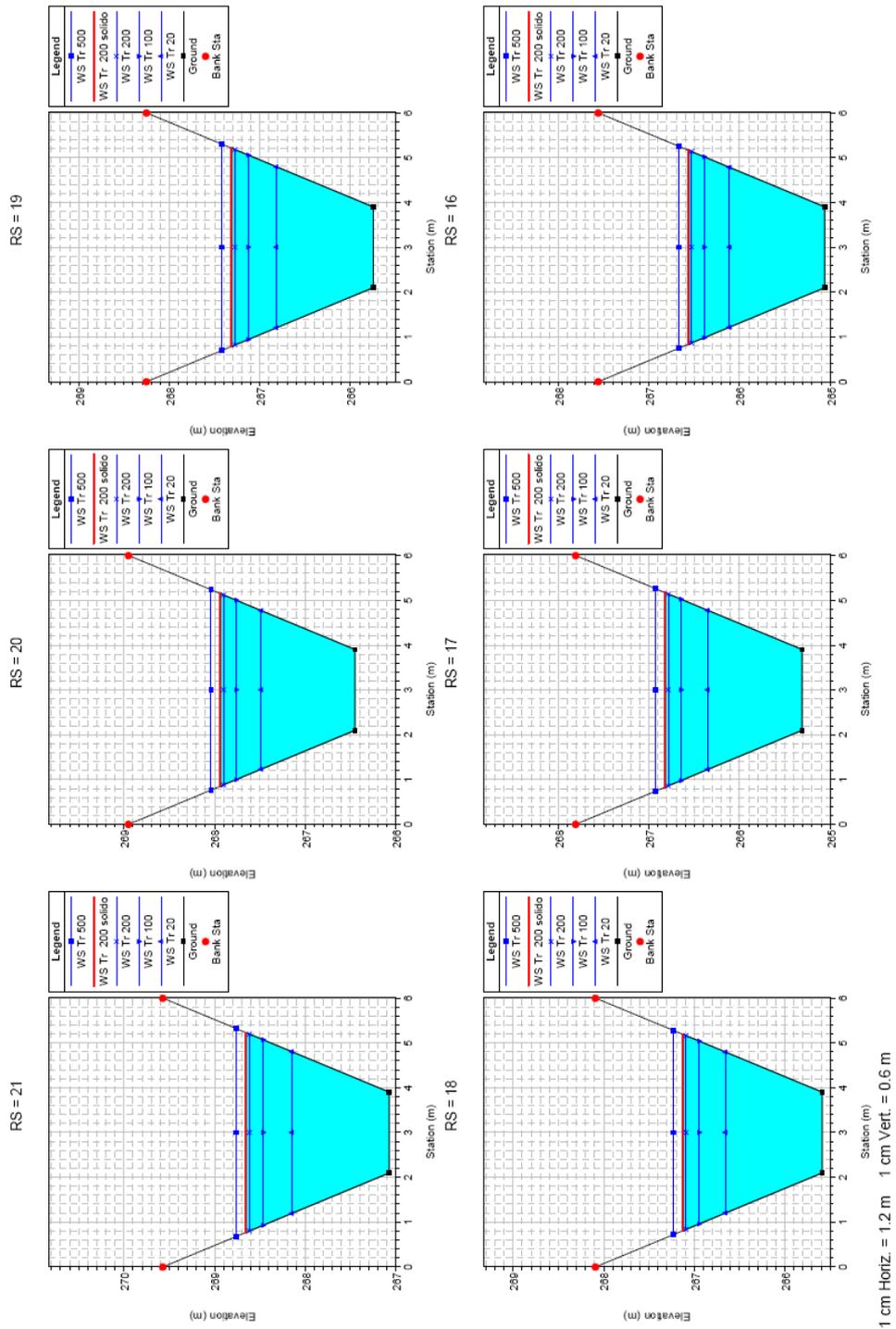
Profilo longitudinale

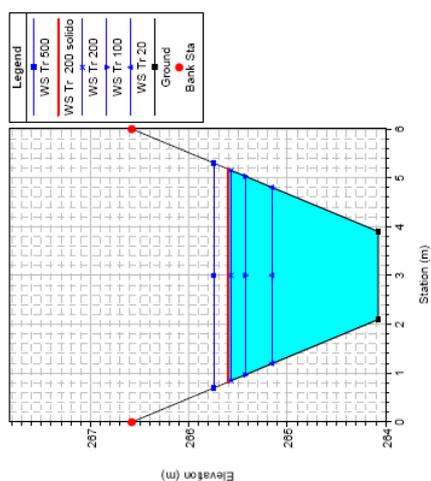
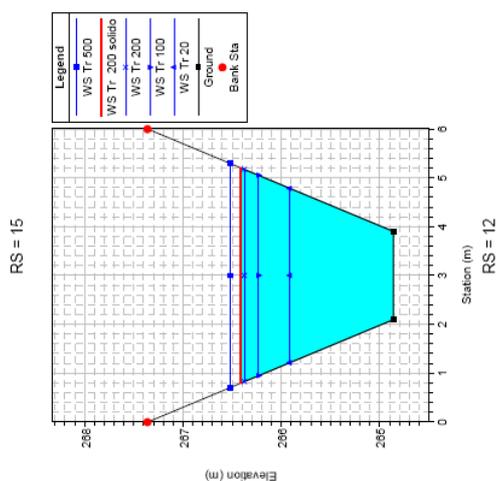
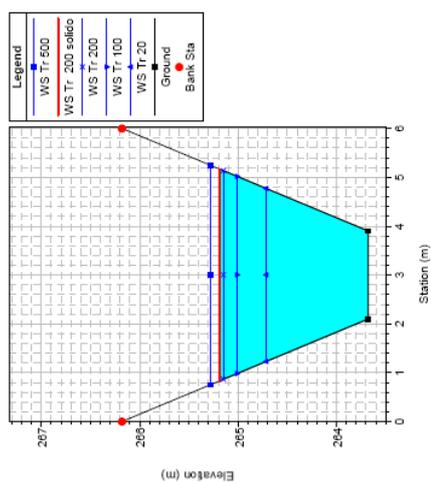
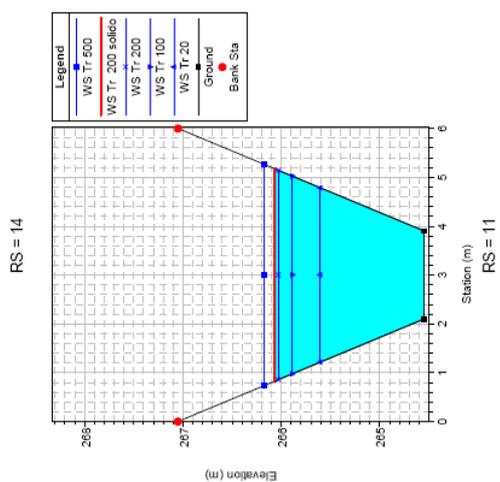
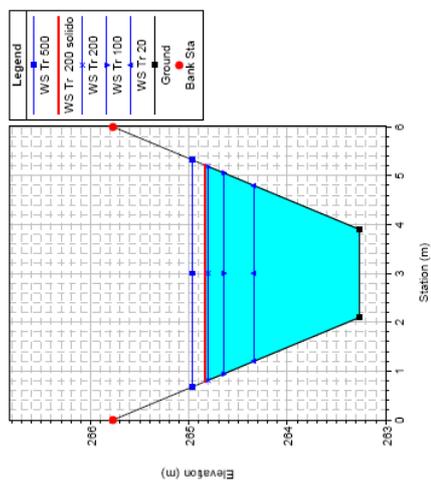
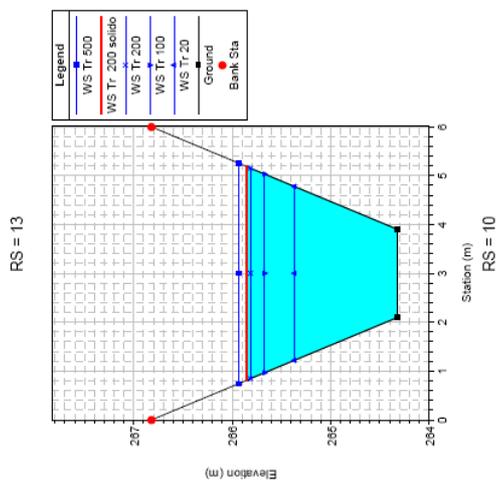


Vista tridimensionale

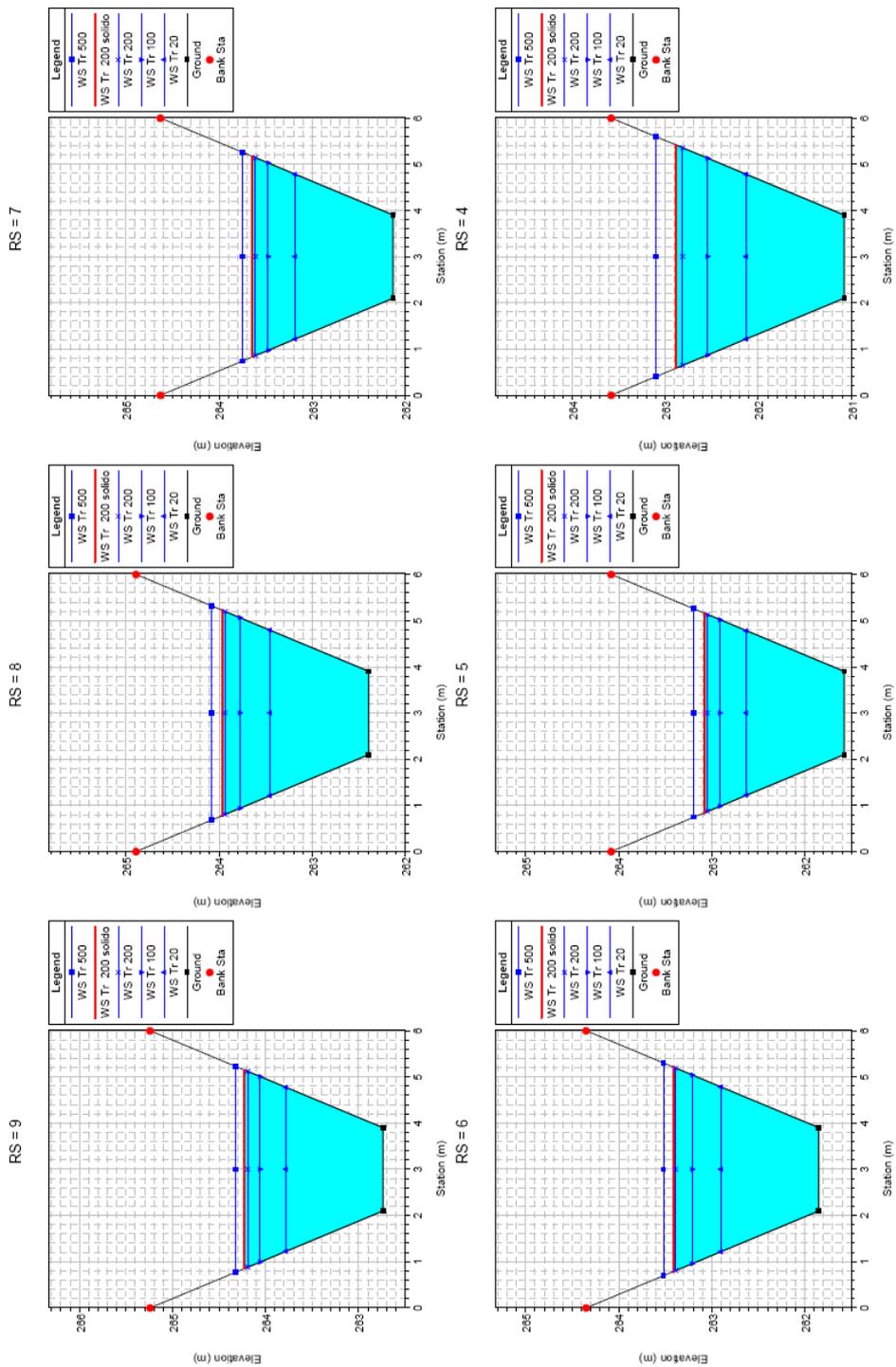


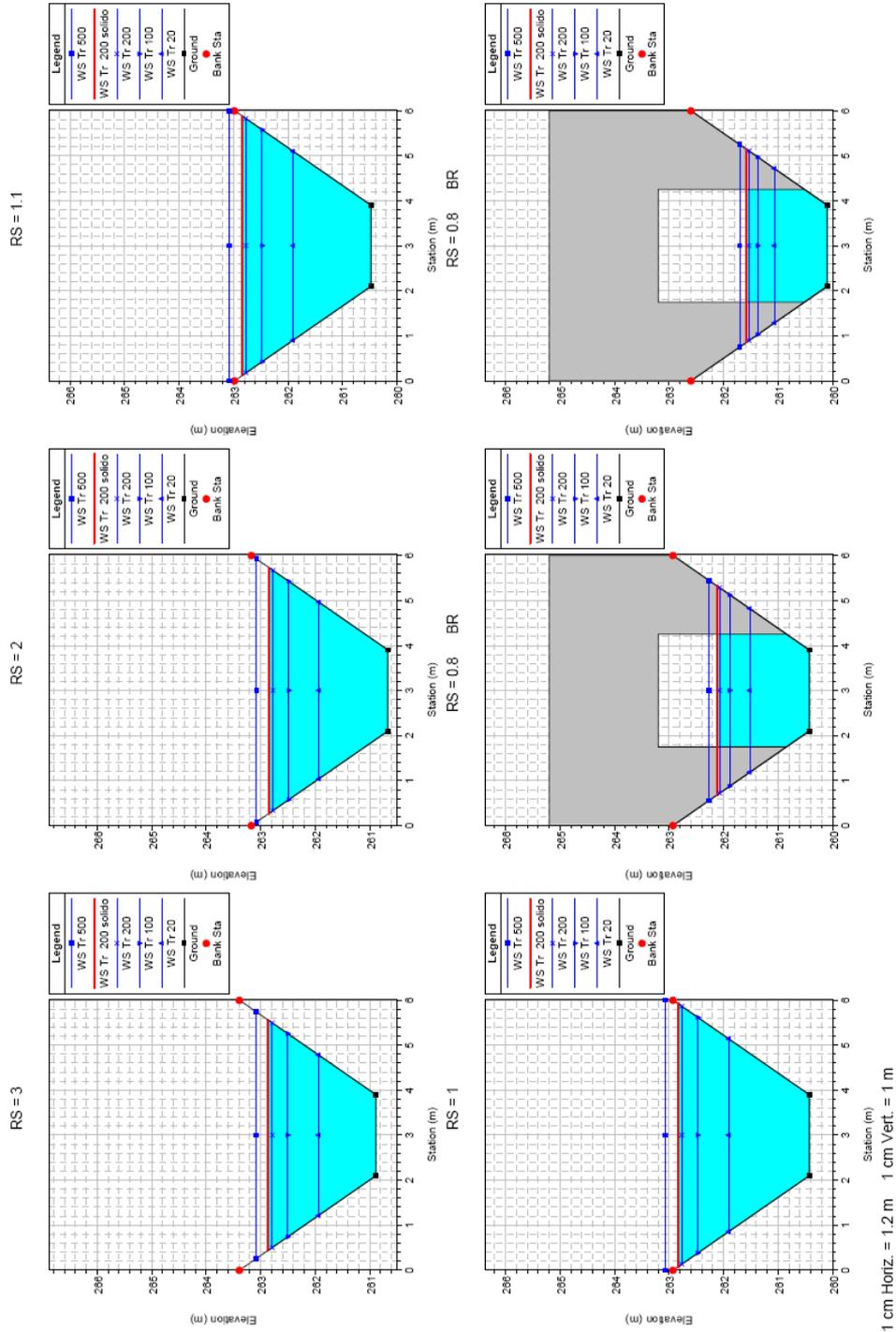
Sezioni trasversali

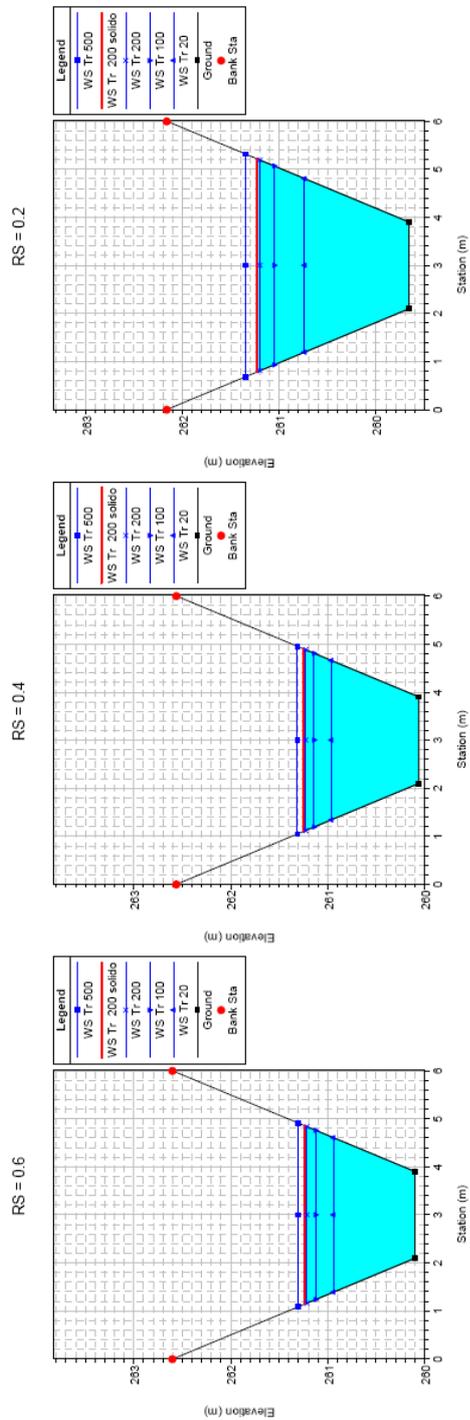




1 cm Horiz. = 1.2 m 1 cm Vert. = 0.6 m







1 cm Horiz. = 1.2 m 1 cm Vert. = 0.6 m

Tabelle riassuntive

Legenda tabelle:

- River Sta = numero della sezione di elaborazione (la numerazione procede in ordine decrescente da monte a valle);
- Min Ch El = quota di fondo alveo;
- W.S. Elev.= altezza idrometrica;
- Crit. Elev. = altezza idrometrica corrente critica;
- E.G. Elev. = altezza dell'energia;
- E.G. Slope= pendenza motrice;
- Vel Chnl = velocità di deflusso;
- Flow Area = sezione interessata dal deflusso;
- Top Width = larghezza pelo libero in sommità;
- Froude # Chi = numero di Froude della corrente.

Simulazione Tr20 ($Q_{max} = 8.28 \text{ m}^3/\text{s}$)

River Sta	Min Ch El	W.S. Elev	Crit W.S.	E.G. Elev	E.G. Slope	Vel Chnl	Flow Area	Top Width	Froude # Chl
	(m)	(m)	(m)	(m)	(m/m)	(m/s)	(m ²)	(m)	
21	267.07	268.15	268.15	268.56	0.013319	2.83	2.92	3.61	1.01
20.8*	266.95	268.00	268.03	268.44	0.014731	2.94	2.82	3.56	1.06
20.6*	266.82	267.88	267.90	268.31	0.014507	2.92	2.83	3.57	1.05
20.4*	266.70	267.75	267.78	268.19	0.014508	2.92	2.83	3.57	1.05
20.2*	266.57	267.63	267.65	268.06	0.014507	2.92	2.83	3.57	1.05
20	266.45	267.50	267.53	267.94	0.014503	2.92	2.83	3.57	1.05
19.8*	266.31	267.37	267.39	267.80	0.014395	2.92	2.84	3.57	1.04
19.6*	266.17	267.23	267.25	267.66	0.014274	2.91	2.85	3.58	1.04
19.4*	266.03	267.08	267.11	267.52	0.014718	2.94	2.82	3.56	1.06
19.2*	265.89	266.94	266.97	267.38	0.014616	2.93	2.82	3.57	1.05
19	265.75	266.80	266.83	267.24	0.014582	2.93	2.83	3.57	1.05
18.5*	265.67	266.72	266.75	267.16	0.014762	2.94	2.81	3.56	1.06
18	265.59	266.64	266.67	267.08	0.014958	2.96	2.80	3.56	1.06
17.5*	265.45	266.50	266.53	266.94	0.014644	2.93	2.82	3.57	1.05
17	265.31	266.36	266.39	266.80	0.014644	2.93	2.82	3.57	1.05
16.5*	265.19	266.24	266.26	266.68	0.014495	2.92	2.83	3.57	1.05
16	265.06	266.10	266.14	266.55	0.015213	2.98	2.78	3.55	1.07
15.5*	264.96	266.00	266.04	266.45	0.015436	2.99	2.77	3.54	1.08
15	264.86	265.89	265.94	266.35	0.015611	3.00	2.76	3.54	1.09
14.6666*	264.76	265.79	265.84	266.25	0.015769	3.02	2.75	3.53	1.09
14.3333*	264.65	265.69	265.73	266.15	0.015502	3.00	2.76	3.54	1.08
14	264.55	265.58	265.63	266.04	0.015620	3.00	2.76	3.54	1.09
13.5*	264.44	265.47	265.51	265.93	0.015342	2.99	2.77	3.54	1.08
13	264.32	265.36	265.40	265.81	0.015160	2.97	2.79	3.55	1.07
12.5*	264.20	265.24	265.28	265.69	0.015171	2.97	2.79	3.55	1.07

12	264.08	265.12	265.16	265.57	0.015198	2.97	2.78	3.55	1.07
11.6666*	263.95	265.00	265.03	265.44	0.014630	2.93	2.82	3.57	1.05
11.3333*	263.81	264.87	264.89	265.30	0.014328	2.91	2.84	3.58	1.04
11	263.68	264.76	264.76	265.17	0.013416	2.84	2.91	3.61	1.01
10.6666*	263.54	264.59	264.62	265.03	0.014649	2.94	2.82	3.57	1.05
10.3333*	263.41	264.46	264.49	264.90	0.014690	2.94	2.82	3.56	1.05
10	263.27	264.32	264.35	264.76	0.014488	2.92	2.83	3.57	1.05
9.75*	263.14	264.19	264.22	264.63	0.014413	2.92	2.84	3.57	1.05
9.5*	263.00	264.06	264.08	264.49	0.014336	2.91	2.84	3.58	1.04
9.25*	262.87	263.94	263.95	264.36	0.013637	2.86	2.90	3.60	1.02
9	262.74	263.79	263.82	264.23	0.014693	2.94	2.82	3.56	1.05
8.66666*	262.62	263.68	263.70	264.11	0.014439	2.92	2.84	3.57	1.05
8.33333*	262.51	263.56	263.59	264.00	0.014395	2.92	2.84	3.57	1.04
8	262.39	263.45	263.47	263.88	0.014265	2.91	2.85	3.58	1.04
7.5*	262.26	263.32	263.34	263.75	0.014255	2.91	2.85	3.58	1.04
7	262.13	263.19	263.21	263.62	0.014231	2.90	2.85	3.58	1.04
6.5*	261.99	263.05	263.07	263.48	0.014183	2.90	2.85	3.58	1.04
6	261.85	262.91	262.93	263.34	0.014133	2.90	2.86	3.58	1.04
5.5*	261.72	262.77	262.79	263.21	0.014654	2.94	2.82	3.57	1.05
5	261.58	262.63	262.66	263.07	0.014492	2.92	2.83	3.57	1.05
4.75*	261.46	262.51	262.53	262.94	0.014471	2.92	2.83	3.57	1.05
4.5*	261.33	262.39	262.41	262.82	0.014412	2.92	2.84	3.57	1.05
4.25*	261.21	262.26	262.28	262.69	0.014336	2.91	2.84	3.58	1.04
4	261.08	262.14	262.16	262.57	0.014234	2.90	2.85	3.58	1.04
3.5*	260.99	262.05	262.06	262.47	0.014142	2.90	2.86	3.58	1.04
3	260.89	262.00	261.97	262.38	0.012037	2.73	3.03	3.66	0.96
2.5*	260.78	261.96	261.86	262.28	0.009602	2.51	3.29	3.78	0.86
2	260.67	261.94		262.20	0.007398	2.28	3.63	3.93	0.76
1.55*	260.58	261.92		262.15	0.005896	2.10	3.95	4.06	0.68
1.1	260.48	261.91		262.10	0.004693	1.93	4.29	4.20	0.61
1	260.43	261.91	261.51	262.08	0.004158	1.84	4.49	4.28	0.57
0.8									
0.6	260.10	260.94	261.18	261.72	0.032322	3.92	2.11	3.22	1.54
0.4	260.06	260.96	261.14	261.62	0.025183	3.58	2.31	3.32	1.37
.333333*	259.93	261.01	261.01	261.42	0.013319	2.83	2.92	3.61	1.01
.266666*	259.79	260.84	260.87	261.28	0.014879	2.95	2.80	3.56	1.06
0.2	259.66	260.71	260.74	261.15	0.014595	2.93	2.82	3.57	1.05

Simulazione Tr100 ($Q_{max} = 12.97 \text{ m}^3/\text{s}$)

River Sta	Min Ch EI (m)	W.S. Elev (m)	Crit W.S. (m)	E.G. Elev (m)	E.G. Slope (m/m)	Vel Chnl (m/s)	Flow Area (m ²)	Top Width (m)	Froude # Chl
21	267.07	268.46	268.46	268.96	0.012683	3.13	4.14	4.14	1.00
20.8*	266.95	268.29	268.34	268.84	0.014542	3.29	3.94	4.06	1.07
20.6*	266.82	268.17	268.22	268.72	0.014218	3.27	3.97	4.07	1.06
20.4*	266.70	268.05	268.09	268.59	0.014173	3.26	3.98	4.07	1.05
20.2*	266.57	267.93	267.97	268.47	0.014077	3.25	3.99	4.08	1.05
20	266.45	267.82	267.84	268.34	0.013602	3.21	4.04	4.10	1.03
19.8*	266.31	267.65	267.70	268.21	0.014620	3.30	3.93	4.06	1.07
19.6*	266.17	267.52	267.56	268.07	0.014386	3.28	3.95	4.07	1.06
19.4*	266.03	267.38	267.42	267.93	0.014310	3.27	3.96	4.07	1.06
19.2*	265.89	267.26	267.28	267.78	0.013636	3.22	4.03	4.10	1.03
19	265.75	267.09	267.14	267.65	0.014622	3.30	3.93	4.06	1.07
18.5*	265.67	267.01	267.06	267.57	0.014776	3.31	3.92	4.05	1.08
18	265.59	266.93	266.98	267.49	0.014866	3.32	3.91	4.05	1.08
17.5*	265.45	266.80	266.84	267.35	0.014482	3.29	3.94	4.06	1.06
17	265.31	266.66	266.70	267.21	0.014482	3.29	3.94	4.06	1.06
16.5*	265.19	266.55	266.58	267.08	0.013623	3.21	4.04	4.10	1.03
16	265.06	266.40	266.45	266.96	0.014805	3.31	3.91	4.05	1.08
15.5*	264.96	266.30	266.35	266.86	0.014691	3.31	3.92	4.05	1.07
15	264.86	266.20	266.25	266.76	0.014691	3.31	3.92	4.05	1.07
14.6666*	264.76	266.10	266.15	266.65	0.014691	3.31	3.92	4.05	1.07
14.3333*	264.65	265.99	266.05	266.55	0.014691	3.31	3.92	4.05	1.07
14	264.55	265.89	265.94	266.45	0.014691	3.31	3.92	4.05	1.07
13.5*	264.44	265.78	265.83	266.33	0.014672	3.30	3.93	4.05	1.07
13	264.32	265.66	265.71	266.22	0.014650	3.30	3.93	4.05	1.07
12.5*	264.20	265.54	265.59	266.10	0.014650	3.30	3.93	4.05	1.07
12	264.08	265.42	265.47	265.98	0.014650	3.30	3.93	4.05	1.07
11.6666*	263.95	265.29	265.34	265.84	0.014614	3.30	3.93	4.06	1.07
11.3333*	263.81	265.16	265.21	265.71	0.014522	3.29	3.94	4.06	1.07
11	263.68	265.03	265.07	265.58	0.014456	3.29	3.95	4.06	1.06
10.6666*	263.54	264.89	264.94	265.44	0.014455	3.29	3.95	4.06	1.06
10.3333*	263.41	264.75	264.80	265.30	0.014456	3.29	3.95	4.06	1.06
10	263.27	264.62	264.66	265.17	0.014455	3.29	3.95	4.06	1.06
9.75*	263.14	264.49	264.53	265.03	0.014346	3.28	3.96	4.07	1.06
9.5*	263.00	264.36	264.40	264.90	0.014267	3.27	3.97	4.07	1.06
9.25*	262.87	264.24	264.27	264.77	0.013468	3.20	4.05	4.11	1.03
9	262.74	264.09	264.13	264.64	0.014491	3.29	3.94	4.06	1.07
8.66666*	262.62	263.98	264.02	264.52	0.014231	3.27	3.97	4.07	1.06
8.33333*	262.51	263.87	263.90	264.40	0.013875	3.24	4.01	4.09	1.04
8	262.39	263.78	263.78	264.28	0.012698	3.13	4.14	4.14	1.00
7.5*	262.26	263.61	263.65	264.16	0.014447	3.28	3.95	4.06	1.06
7	262.13	263.48	263.52	264.03	0.014165	3.26	3.98	4.07	1.05
6.5*	261.99	263.34	263.38	263.89	0.014150	3.26	3.98	4.08	1.05
6	261.85	263.21	263.24	263.75	0.014091	3.25	3.98	4.08	1.05

5.5*	261.72	263.11	263.11	263.61	0.012772	3.14	4.13	4.14	1.00
5	261.58	262.92	262.97	263.48	0.014763	3.31	3.92	4.05	1.07
4.75*	261.46	262.80	262.85	263.35	0.014447	3.29	3.95	4.06	1.06
4.5*	261.33	262.68	262.72	263.23	0.014441	3.28	3.95	4.06	1.06
4.25*	261.21	262.55	262.60	263.10	0.014380	3.28	3.96	4.07	1.06
4	261.08	262.55	262.47	262.98	0.010303	2.90	4.48	4.28	0.90
3.5*	260.99	262.53		262.90	0.008656	2.72	4.78	4.39	0.83
3	260.89	262.51		262.84	0.007181	2.53	5.12	4.52	0.76
2.5*	260.78	262.50		262.77	0.005733	2.33	5.57	4.69	0.68
2	260.67	262.49		262.72	0.004589	2.14	6.05	4.86	0.61
1.55*	260.58	262.48		262.69	0.003811	2.00	6.49	5.00	0.56
1.1	260.48	262.48		262.66	0.003179	1.87	6.95	5.16	0.51
1	260.43	262.48	261.82	262.64	0.002892	1.80	7.20	5.24	0.49
0.8									
0.6	260.10	261.13	261.49	262.27	0.039217	4.75	2.73	3.52	1.72
0.4	260.06	261.14	261.45	262.14	0.032613	4.44	2.92	3.61	1.57
.333333*	259.93	261.31	261.32	261.82	0.013012	3.16	4.10	4.13	1.01
.266666*	259.79	261.14	261.19	261.69	0.014573	3.30	3.94	4.06	1.07
0.2	259.66	261.01	261.05	261.56	0.014302	3.27	3.96	4.07	1.06

Simulazione Tr200 ($Q_{max} = 15.64 \text{ m}^3/\text{s}$)

River Sta	Min Ch EI (m)	W.S. Elev (m)	Crit W.S. (m)	E.G. Elev (m)	E.G. Slope (m/m)	Vel Chnl (m/s)	Flow Area (m ²)	Top Width (m)	Froude # Chl
21	267.07	268.62	268.62	269.16	0.012519	3.27	4.79	4.40	1.00
20.8*	266.95	268.43	268.49	269.04	0.014417	3.44	4.54	4.30	1.07
20.6*	266.82	268.32	268.37	268.91	0.014078	3.41	4.58	4.32	1.06
20.4*	266.70	268.21	268.24	268.79	0.013676	3.38	4.63	4.34	1.04
20.2*	266.57	268.12	268.12	268.66	0.012623	3.28	4.77	4.39	1.00
20	266.45	267.94	268.00	268.54	0.014403	3.44	4.54	4.30	1.07
19.8*	266.31	267.81	267.86	268.40	0.013971	3.40	4.59	4.32	1.05
19.6*	266.17	267.65	267.72	268.26	0.014826	3.48	4.49	4.28	1.08
19.4*	266.03	267.51	267.58	268.12	0.014712	3.47	4.51	4.29	1.08
19.2*	265.89	267.37	267.44	267.98	0.014712	3.47	4.51	4.29	1.08
19	265.75	267.23	267.30	267.84	0.014703	3.47	4.51	4.29	1.08
18.5*	265.67	267.15	267.22	267.77	0.014863	3.48	4.49	4.28	1.09
18	265.59	267.06	267.13	267.69	0.014954	3.49	4.48	4.28	1.09
17.5*	265.45	266.93	267.00	267.54	0.014578	3.46	4.52	4.29	1.08
17	265.31	266.79	266.86	267.40	0.014578	3.46	4.52	4.29	1.08
16.5*	265.19	266.68	266.73	267.28	0.014121	3.42	4.58	4.31	1.06
16	265.06	266.53	266.60	267.16	0.014980	3.49	4.48	4.28	1.09
15.5*	264.96	266.43	266.51	267.06	0.014964	3.49	4.48	4.28	1.09
15	264.86	266.33	266.40	266.96	0.014964	3.49	4.48	4.28	1.09
14.6666*	264.76	266.23	266.30	266.85	0.015133	3.51	4.46	4.27	1.10
14.3333*	264.65	266.12	266.20	266.75	0.015221	3.51	4.45	4.27	1.10
14	264.55	266.01	266.10	266.65	0.015465	3.54	4.42	4.25	1.11
13.5*	264.44	265.90	265.98	266.53	0.015381	3.53	4.43	4.26	1.10
13	264.32	265.78	265.87	266.42	0.015443	3.53	4.43	4.26	1.11
12.5*	264.20	265.66	265.75	266.30	0.015453	3.53	4.43	4.26	1.11
12	264.08	265.54	265.63	266.18	0.015457	3.53	4.42	4.26	1.11
11.6666*	263.95	265.42	265.49	266.04	0.014961	3.49	4.48	4.28	1.09
11.3333*	263.81	265.30	265.36	265.91	0.014616	3.46	4.52	4.29	1.08
11	263.68	265.16	265.23	265.77	0.014616	3.46	4.52	4.29	1.08
10.6666*	263.54	265.03	265.09	265.64	0.014616	3.46	4.52	4.29	1.08
10.3333*	263.41	264.89	264.95	265.50	0.014734	3.47	4.50	4.29	1.08
10	263.27	264.75	264.82	265.36	0.014818	3.48	4.49	4.28	1.08
9.75*	263.14	264.63	264.68	265.23	0.014414	3.44	4.54	4.30	1.07
9.5*	263.00	264.49	264.55	265.10	0.014411	3.44	4.54	4.30	1.07
9.25*	262.87	264.36	264.42	264.96	0.014308	3.43	4.55	4.31	1.07
9	262.74	264.23	264.29	264.83	0.014222	3.43	4.56	4.31	1.06
8.66666*	262.62	264.14	264.17	264.71	0.013542	3.36	4.65	4.34	1.04
8.33333*	262.51	264.00	264.05	264.60	0.014274	3.43	4.56	4.31	1.06
8	262.39	263.89	263.94	264.48	0.013873	3.40	4.61	4.33	1.05
7.5*	262.26	263.78	263.81	264.35	0.013276	3.34	4.68	4.36	1.03
7	262.13	263.63	263.68	264.22	0.014119	3.42	4.58	4.31	1.06
6.5*	261.99	263.49	263.54	264.08	0.013892	3.40	4.60	4.33	1.05
6	261.85	263.37	263.40	263.94	0.013292	3.34	4.68	4.36	1.03

5.5*	261.72	263.20	263.26	263.81	0.014516	3.45	4.53	4.30	1.07
5	261.58	263.07	263.13	263.67	0.014229	3.43	4.56	4.31	1.06
4.75*	261.46	262.96	263.00	263.55	0.013994	3.41	4.59	4.32	1.05
4.5*	261.33	262.86	262.88	263.42	0.013084	3.32	4.71	4.37	1.02
4.25*	261.21	262.85	262.75	263.30	0.009946	3.00	5.21	4.56	0.89
4	261.08	262.82		263.21	0.007978	2.76	5.66	4.72	0.80
3.5*	260.99	262.80		263.14	0.006691	2.59	6.05	4.85	0.74
3	260.89	262.79		263.09	0.005601	2.42	6.46	5.00	0.68
2.5*	260.78	262.78		263.04	0.004557	2.24	6.98	5.17	0.61
2	260.67	262.78		263.00	0.003726	2.08	7.53	5.34	0.56
1.55*	260.58	262.77		262.97	0.003150	1.95	8.02	5.50	0.51
1.1	260.48	262.77		262.94	0.002675	1.83	8.53	5.65	0.48
1	260.43	262.77	261.97	262.93	0.002457	1.78	8.81	5.73	0.46
0.8									
0.6	260.10	261.22	261.64	262.55	0.042164	5.12	3.05	3.67	1.79
0.4	260.06	261.23	261.61	262.41	0.035715	4.82	3.24	3.76	1.66
.333333*	259.93	261.33	261.47	262.05	0.018203	3.76	4.16	4.15	1.20
.266666*	259.79	261.26	261.34	261.89	0.015221	3.51	4.45	4.27	1.10
0.2	259.66	261.13	261.21	261.76	0.014998	3.50	4.47	4.27	1.09

Simulazione Tr200 con apporto Qs (Qmax = 16.33 m³/s)

River Sta	Min Ch EI (m)	W.S. Elev (m)	Crit W.S. (m)	E.G. Elev (m)	E.G. Slope (m/m)	Vel Chnl (m/s)	Flow Area (m ²)	Top Width (m)	Froude # Chl
21	267.07	268.65	268.65	269.21	0.012482	3.30	4.95	4.46	1.00
20.8*	266.95	268.47	268.53	269.09	0.014385	3.48	4.69	4.36	1.07
20.6*	266.82	268.36	268.40	268.96	0.014042	3.45	4.74	4.38	1.06
20.4*	266.70	268.25	268.28	268.84	0.013548	3.40	4.80	4.40	1.04
20.2*	266.57	268.10	268.16	268.72	0.014483	3.49	4.68	4.36	1.07
20	266.45	267.98	268.03	268.59	0.014326	3.47	4.70	4.36	1.07
19.8*	266.31	267.86	267.89	268.45	0.013642	3.41	4.79	4.40	1.04
19.6*	266.17	267.69	267.75	268.31	0.014486	3.49	4.68	4.36	1.07
19.4*	266.03	267.56	267.61	268.17	0.014265	3.47	4.71	4.37	1.07
19.2*	265.89	267.44	267.47	268.03	0.013475	3.40	4.81	4.40	1.04
19	265.75	267.27	267.33	267.89	0.014511	3.49	4.68	4.35	1.08
18.5*	265.67	267.19	267.25	267.81	0.014626	3.50	4.66	4.35	1.08
18	265.59	267.10	267.17	267.73	0.014733	3.51	4.65	4.34	1.08
17.5*	265.45	266.98	267.03	267.59	0.014328	3.47	4.70	4.36	1.07
17	265.31	266.84	266.89	267.45	0.014133	3.46	4.72	4.37	1.06
16.5*	265.19	266.76	266.77	267.32	0.012777	3.33	4.91	4.44	1.01
16	265.06	266.58	266.64	267.20	0.014704	3.51	4.65	4.35	1.08
15.5*	264.96	266.48	266.54	267.10	0.014476	3.49	4.68	4.36	1.07
15	264.86	266.38	266.44	267.00	0.014474	3.49	4.68	4.36	1.07
14.6666*	264.76	266.28	266.34	266.90	0.014474	3.49	4.68	4.36	1.07
14.3333*	264.65	266.17	266.23	266.79	0.014472	3.49	4.68	4.36	1.07
14	264.55	266.07	266.13	266.69	0.014472	3.49	4.68	4.36	1.07
13.5*	264.44	265.96	266.02	266.58	0.014394	3.48	4.69	4.36	1.07
13	264.32	265.85	265.90	266.46	0.014306	3.47	4.70	4.36	1.07
12.5*	264.20	265.73	265.78	266.34	0.014306	3.47	4.70	4.36	1.07
12	264.08	265.61	265.66	266.22	0.014301	3.47	4.70	4.36	1.07
11.6666*	263.95	265.49	265.53	266.09	0.013658	3.41	4.78	4.40	1.04
11.3333*	263.81	265.33	265.39	265.95	0.014609	3.50	4.67	4.35	1.08
11	263.68	265.20	265.26	265.82	0.014403	3.48	4.69	4.36	1.07
10.6666*	263.54	265.07	265.12	265.68	0.014403	3.48	4.69	4.36	1.07
10.3333*	263.41	264.93	264.99	265.55	0.014403	3.48	4.69	4.36	1.07
10	263.27	264.79	264.85	265.41	0.014403	3.48	4.69	4.36	1.07
9.75*	263.14	264.67	264.72	265.28	0.014138	3.46	4.72	4.37	1.06
9.5*	263.00	264.56	264.59	265.14	0.013425	3.39	4.82	4.41	1.04
9.25*	262.87	264.39	264.45	265.01	0.014463	3.49	4.68	4.36	1.07
9	262.74	264.27	264.32	264.88	0.014239	3.47	4.71	4.37	1.07
8.66666*	262.62	264.17	264.20	264.76	0.013603	3.41	4.79	4.40	1.04
8.33333*	262.51	264.03	264.09	264.65	0.014502	3.49	4.68	4.35	1.07
8	262.39	263.92	263.97	264.53	0.014299	3.47	4.70	4.36	1.07
7.5*	262.26	263.79	263.84	264.40	0.014299	3.47	4.70	4.36	1.07
7	262.13	263.66	263.71	264.27	0.014295	3.47	4.70	4.36	1.07
6.5*	261.99	263.52	263.57	264.13	0.014278	3.47	4.71	4.36	1.07
6	261.85	263.38	263.43	263.99	0.014270	3.47	4.71	4.37	1.07

5.5*	261.72	263.26	263.30	263.85	0.013514	3.40	4.80	4.40	1.04
5	261.58	263.10	263.16	263.72	0.014488	3.49	4.68	4.36	1.07
4.75*	261.46	262.98	263.04	263.60	0.014294	3.47	4.70	4.36	1.07
4.5*	261.33	262.86	262.91	263.47	0.014224	3.46	4.71	4.37	1.06
4.25*	261.21	262.91	262.79	263.36	0.009355	2.96	5.51	4.66	0.87
4	261.08	262.89		263.26	0.007495	2.73	5.99	4.83	0.78
3.5*	260.99	262.87		263.21	0.006297	2.56	6.39	4.97	0.72
3	260.89	262.86		263.16	0.005289	2.39	6.82	5.12	0.66
2.5*	260.78	262.86		263.11	0.004322	2.22	7.36	5.29	0.60
2	260.67	262.85		263.07	0.003551	2.06	7.92	5.46	0.55
1.55*	260.58	262.85		263.04	0.003015	1.94	8.43	5.62	0.51
1.1	260.48	262.84		263.01	0.002570	1.82	8.95	5.77	0.47
1	260.43	262.84	262.01	263.00	0.002365	1.77	9.23	5.85	0.45
0.8									
0.6	260.10	261.24	261.68	262.62	0.042868	5.21	3.13	3.71	1.81
0.4	260.06	261.25	261.64	262.48	0.036459	4.91	3.32	3.80	1.68
.333333*	259.93	261.34	261.51	262.10	0.019094	3.87	4.22	4.18	1.23
.266666*	259.79	261.28	261.37	261.94	0.015612	3.59	4.55	4.31	1.11
0.2	259.66	261.16	261.24	261.80	0.015190	3.55	4.60	4.32	1.10

Simulazione Tr500 ($Q_{max} = 18.57 \text{ m}^3/\text{s}$)

River Sta	Min Ch EI (m)	W.S. Elev (m)	Crit W.S. (m)	E.G. Elev (m)	E.G. Slope (m/m)	Vel Chnl (m/s)	Flow Area (m ²)	Top Width (m)	Froude # Chl
21	267.07	268.77	268.77	269.35	0.012367	3.40	5.47	4.65	1.00
20.8*	266.95	268.58	268.64	269.23	0.014290	3.59	5.18	4.54	1.07
20.6*	266.82	268.47	268.52	269.11	0.013939	3.55	5.23	4.56	1.06
20.4*	266.70	268.36	268.39	268.98	0.013245	3.49	5.33	4.60	1.03
20.2*	266.57	268.21	268.27	268.86	0.014142	3.57	5.20	4.55	1.07
20	266.45	268.09	268.15	268.74	0.013908	3.55	5.23	4.56	1.06
19.8*	266.31	267.93	268.01	268.60	0.014751	3.63	5.12	4.52	1.09
19.6*	266.17	267.79	267.87	268.46	0.014623	3.62	5.13	4.53	1.08
19.4*	266.03	267.65	267.73	268.32	0.014617	3.62	5.13	4.53	1.08
19.2*	265.89	267.51	267.59	268.18	0.014590	3.61	5.14	4.53	1.08
19	265.75	267.38	267.45	268.04	0.014545	3.61	5.14	4.53	1.08
18.5*	265.67	267.29	267.37	267.96	0.014660	3.62	5.13	4.52	1.09
18	265.59	267.21	267.29	267.88	0.014764	3.63	5.12	4.52	1.09
17.5*	265.45	267.08	267.15	267.74	0.014365	3.59	5.17	4.54	1.07
17	265.31	266.94	267.01	267.60	0.014335	3.59	5.17	4.54	1.07
16.5*	265.19	266.85	266.88	267.47	0.013307	3.49	5.32	4.59	1.04
16	265.06	266.68	266.76	267.35	0.014566	3.61	5.14	4.53	1.08
15.5*	264.96	266.59	266.66	267.25	0.014405	3.60	5.16	4.54	1.08
15	264.86	266.49	266.56	267.15	0.014380	3.59	5.17	4.54	1.08
14.6666*	264.76	266.39	266.45	267.05	0.014380	3.59	5.17	4.54	1.08
14.3333*	264.65	266.28	266.35	266.94	0.014355	3.59	5.17	4.54	1.07
14	264.55	266.18	266.25	266.84	0.014355	3.59	5.17	4.54	1.07
13.5*	264.44	266.07	266.13	266.72	0.014252	3.58	5.18	4.54	1.07
13	264.32	265.97	266.02	266.61	0.013830	3.54	5.24	4.57	1.06
12.5*	264.20	265.86	265.90	266.48	0.013439	3.50	5.30	4.59	1.04
12	264.08	265.77	265.78	266.36	0.012462	3.41	5.45	4.64	1.00
11.6666*	263.95	265.57	265.64	266.24	0.014490	3.60	5.15	4.53	1.08
11.3333*	263.81	265.45	265.51	266.10	0.014047	3.56	5.21	4.56	1.06
11	263.68	265.36	265.38	265.96	0.012907	3.45	5.38	4.62	1.02
10.6666*	263.54	265.18	265.24	265.83	0.014171	3.58	5.19	4.55	1.07
10.3333*	263.41	265.05	265.10	265.69	0.013930	3.55	5.23	4.56	1.06
10	263.27	264.93	264.97	265.55	0.013355	3.50	5.31	4.59	1.04
9.75*	263.14	264.77	264.83	265.43	0.014418	3.60	5.16	4.54	1.08
9.5*	263.00	264.64	264.70	265.29	0.014189	3.58	5.19	4.55	1.07
9.25*	262.87	264.53	264.57	265.16	0.013367	3.50	5.31	4.59	1.04
9	262.74	264.37	264.44	265.03	0.014303	3.59	5.18	4.54	1.07
8.66666*	262.62	264.27	264.32	264.91	0.013901	3.55	5.23	4.56	1.06
8.33333*	262.51	264.18	264.20	264.79	0.012996	3.46	5.36	4.61	1.02
8	262.39	264.02	264.09	264.68	0.014291	3.59	5.18	4.54	1.07
7.5*	262.26	263.90	263.96	264.55	0.014071	3.57	5.21	4.55	1.06
7	262.13	263.77	263.83	264.42	0.014030	3.56	5.21	4.56	1.06
6.5*	261.99	263.63	263.69	264.28	0.013937	3.55	5.23	4.56	1.06
6	261.85	263.51	263.55	264.14	0.013543	3.52	5.28	4.58	1.04

5.5*	261.72	263.34	263.41	264.00	0.014424	3.60	5.16	4.54	1.08
5	261.58	263.22	263.28	263.87	0.014188	3.58	5.19	4.55	1.07
4.75*	261.46	263.10	263.15	263.74	0.013796	3.54	5.25	4.57	1.05
4.5*	261.33	263.14	263.03	263.63	0.009504	3.08	6.03	4.85	0.88
4.25*	261.21	263.12		263.53	0.007703	2.85	6.52	5.02	0.80
4	261.08	263.10		263.45	0.006195	2.62	7.08	5.20	0.72
3.5*	260.99	263.09		263.40	0.005248	2.46	7.54	5.34	0.66
3	260.89	263.09		263.36	0.004454	2.32	8.02	5.49	0.61
2.5*	260.78	263.08		263.32	0.003691	2.16	8.60	5.67	0.56
2	260.67	263.08		263.29	0.003075	2.02	9.21	5.85	0.51
1.55*	260.58	263.08		263.26	0.002641	1.90	9.76	6.00	0.48
1.1	260.48	263.07		263.24	0.002262	1.80	10.31	6.00	0.44
1	260.43	263.07	262.12	263.23	0.002092	1.75	10.60	6.00	0.42
0.8									
0.6	260.10	261.30	261.80	262.84	0.045020	5.49	3.38	3.82	1.86
0.4	260.06	261.31	261.76	262.69	0.038693	5.19	3.58	3.91	1.73
.333333*	259.93	261.39	261.62	262.28	0.021612	4.18	4.44	4.26	1.31
.266666*	259.79	261.40	261.49	262.09	0.015217	3.67	5.06	4.50	1.11
0.2	259.66	261.27	261.36	261.95	0.015117	3.66	5.07	4.50	1.10