

INDICE

1. Introduzione	3
2. Inquadramento territoriale	4
3. Inquadramento geologico e geomorfologico del bacino.....	4
4. Caratteristiche idrologiche del torrente.....	5
5. Caratteristiche idrauliche del torrente e verifiche idrauliche	8
6. Descrizione dell'intervento	10
Appendice 1 – Analisi Geomorfologica	11
Appendice 2 – Analisi Idraulica	15
BIBLIOGRAFIA E RIFERIMENTI.....	37

1. Introduzione

Il presente progetto esecutivo è compreso nel programma triennale di manutenzione 2007÷2009, annualità 2007, deliberato dal Comitato di Indirizzo dell'A.I.P.O., nella seduta del 1/3/2007.

L'intervento ha la finalità di garantire la sicurezza idraulica del territorio attraversato dal torrente Cosia (Figura 1), ed interessa un tratto di circa 6 km del torrente, nei comuni di Como e Tavernerio.

Tale tratto fluviale è classificato in III categoria idraulica ai sensi del D.L. 19 aprile 1917, n. 2213. A valle della zona di intervento, il torrente Cosia è tombato fino al suo sbocco nel lago di Como; in tale ultimo tratto non si prevede di effettuare alcun tipo di intervento.

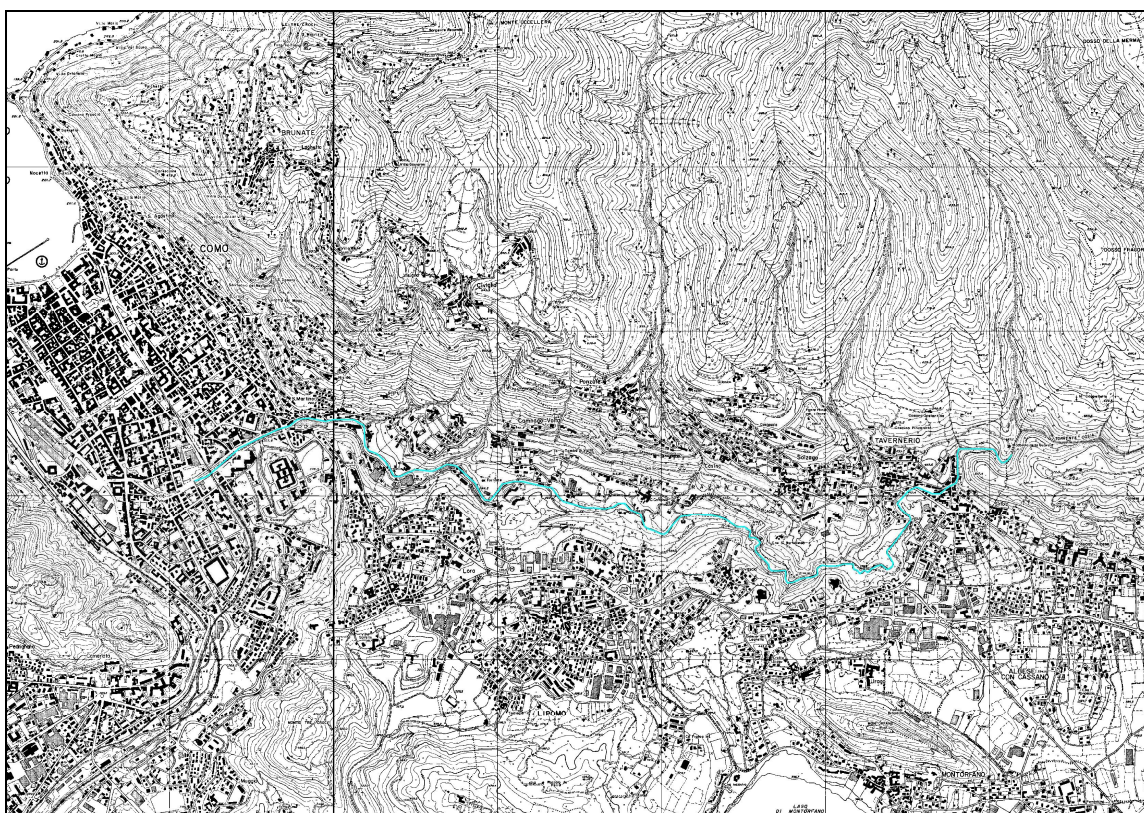


Figura 1– Corografia della zona interessata dall'intervento (estratto C.T.R.)

Il corso d'acqua si presenta vastamente artificializzato, con pesante presenza di opere di difesa spondale in calcestruzzo o in muratura di calcestruzzo e numerose opere trasversali di stabilizzazione del fondo alveo, solitamente con salti di fondo non rilevanti. Alcune delle briglie sono state realizzate a scopo di derivazione e, tempo addietro, hanno funzionato a servizio delle numerose attività imprenditoriali comasche, in special modo tintorie.

2. Inquadramento territoriale

Il torrente Cosia nasce in Comune di Albavilla, da numerose sorgenti situate alle pendici meridionali del monte Bolettone; esso lambisce il territorio comunale di Lipomo ed attraversa quello di Albese con Cassano e di Tavernerio ed entra quindi in Como, per poi gettarsi nel Lario.

Lungo il suo percorso riceve le acque di alcuni affluenti a carattere torrentizio:

- in sponda destra: numerosi torrenti identificabili con il nome delle valli che essi percorrono, tra cui val Rondina, valle di Tavernerio, valle Piatellina, valle di Ponzate;
- in sponda sinistra: nessun torrente di particolare rilievo, ma copiose acque di drenaggio dei versanti dei comuni di Albese con Cassano, Tavernerio, Lipomo.

Nei pressi dell' I.T.I.S. P. Carcano (via Castelnuovo) inizia il tratto coperto, che si snoda sotto le vie Giulio Cesare, F.D. Roosevelt ed Innocenzo XI, per poi sfociare a lago nella zona dei Giardini.

Nel tratto coperto, il Cosia riceve le acque del Fiume Aperto (viale G. Cesare), a valle del ponte S. Martino. Poco dopo tale confluenza si immette nel Cosia anche lo scarico dello sfioratore di piena interno al depuratore della Comodepur, ubicato tra i trattamenti primari ed il settore biologico, con la funzione di preservare i trattamenti secondari e terziari da sovraccarichi di portata in occasione di eventi meteorici significativi.

3. Inquadramento geologico e geomorfologico del bacino

La valle del Cosia è scavata in gran parte nelle rocce sedimentarie di origine marina risalenti all'era Mesozoica, in molte delle quali – come il Calcare di Moltrasio ed il Rosso Ammonitico – si possono rinvenire fossili di antichi molluschi. I successivi movimenti di sollevamento delle Alpi, in conseguenza dello scontro tra la placca continentale africana con quella europea, hanno portato queste rocce ad emergere, formando così le attuali Prealpi calcaree. Nella porzione pedemontana sono presenti anche formazioni successive, in particolare conglomerati derivati dallo smantellamento ad opera dei fiumi della catena Alpina in formazione.

In tempi geologici più recenti, durante l'era Quaternaria, la zona è stata modellata dall'azione dei ghiacciai e soprattutto dallo stesso Cosia, che ha inciso e plasmato la valle dove scorre. Evidenti tracce delle diverse fasi glaciali si possono leggere nella stessa forma arrotondata e priva di spigolosità dei versanti dei rilievi del Triangolo Lariano, determinate dall'azione erosiva dai ghiacciai, e anche nella presenza di alcuni massi erratici di notevoli dimensioni depositati nella valle. Per quanto riguarda invece la morfologia determinata dall'azione fluviale, in particolare, nell'area sottostante il paese di Tavernerio il torrente ha scavato forre profonde fino a 25 metri, imponenti e scenografiche, dal notevole valore paesaggistico. Sulle ripide scarpate è possibile leggere le tracce lasciate dal torrente, che in epoche passate scorreva a quote più elevate dell'attuale. Un'altra forma dovuta all'erosione fluviale è quella delle "marmitte dei giganti", chiamate localmente "bottini", ovvero cavità profonde e levigate, scavate nelle rocce calcaree che costituiscono il letto del torrente.

4. Caratteristiche idrologiche del torrente

Il regime idraulico del torrente Cosia è dipendente, come ovvio e conseguente, dalle caratteristiche del suo bacino tributario. L'acclività dei versanti, piuttosto pronunciata nella parte alta, e la relativamente modesta estensione superficiale fanno sì che le intumescenze siano di tipo strettamente impulsivo, con picchi elevati e tempi di corrivazione modesti. Molto spesso si unisce all'evento idraulico anche quello di tipo gravitativo connesso alla instabilità dei versanti derivata, fra l'altro, dallo stato di imbibizione dei terreni. La fitta copertura vegetale presente nella porzione extraurbana e montana ha una duplice influenza durante gli eventi meteorici intensi e sullo sviluppo delle piene. Se da un lato, infatti, è conosciuta l'azione positiva degli apparati radicali delle specie arboree, dall'altro il peso proprio delle piante può comportare lo scivolamento di fette di terreno ed essere la causa di innesco di movimenti franosi, con la conseguente possibilità di ostruzione dell'alveo. A tale proposito si può citare l'evento del novembre 1951, durante il quale una frana formò un vaso temporaneo, ed il successivo crollo dello sbarramento effimero causò un'onda di piena che investì 10 edifici nel comune di Tavernerio, provocando 16 vittime, danni all'acquedotto comunale e alla strada provinciale Como-Lecco. Numerose sono, poi, le testimonianze storiche che narrano di alluvioni e danni cagionati dal torrente Cosia, di cui si trovano tracce e resoconti a partire dall'anno 1407. In particolare, gli eventi estremi cadono nel periodo autunnale e – meno frequentemente – in quello primaverile, momenti in cui le temperature sono miti ed anche le porzioni a quote più elevate del bacino sono interessate da precipitazioni di carattere piovoso.

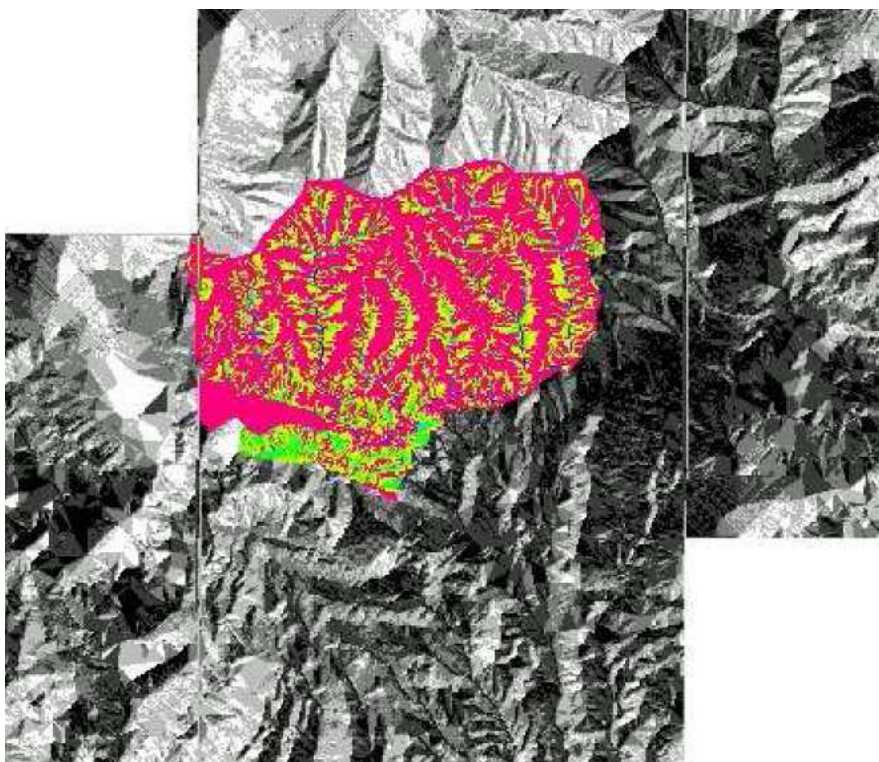


Figura 2 – DTM del bacino del Cosia oggetto di analisi geomorfologica

La modellazione idrologica di base alle successive verifiche idrauliche condotte per il presente progetto, è stata effettuata con l'uso dell'Analisi geomorfologica, con le modalità generali descritte in Appendice 1. Essa è stata condotta con l'ipotesi di pioggia di tempo di ritorno fissato (100, 200, 500 anni) di intensità costante sull'intero bacino, con valori derivanti dall'analisi di frequenza delle piogge intense. In particolare, sono state seguite le modalità contenute nella Direttiva “Piena di progetto” [1], dell'Autorità di bacino del fiume Po di Parma. I parametri a ed n delle linee segnalatrici di probabilità pluviometrica del bacino del torrente Cosia per i tempi di ritorno considerati sono stati ricavati dalla media dei valori contenuti nelle tabelle di “Distribuzione spaziale delle precipitazioni intense” relativi alle celle ricadenti all'interno del bacino stesso. Si è poi proceduto al ragguaglio dei valori ottenuti con l'uso del coefficiente di riduzione dato dalla formula, valida per bacini di area compresa fra 5 e 800 km² e per durate di pioggia variabili fra 15 minuti e 12 ore, (Moisello – Papiri, 1986):

$$r(A,d)=1-e^{\left[-2.472A^{-0.242}d^{0.6-e^{(-0.643A^{0.235})}}\right]}.$$

L'analisi idrologica, sviluppata tramite apposito codice di calcolo, permette di ricavare l'andamento delle portate, il tempo di corrvazione del bacino (ovvero il tempo di picco), ed il valore della portata al colmo per ogni evento simulato.

Come ravvisabile dalle figure seguenti, che rappresentano gli idrogrammi di piena nella sezione di chiusura del bacino, il modello ha correttamente restituito grafici con picchi impulsivi e modesti tempi di concentrazione dei deflussi, come solitamente ci si attende per piccoli bacini torrentizi.

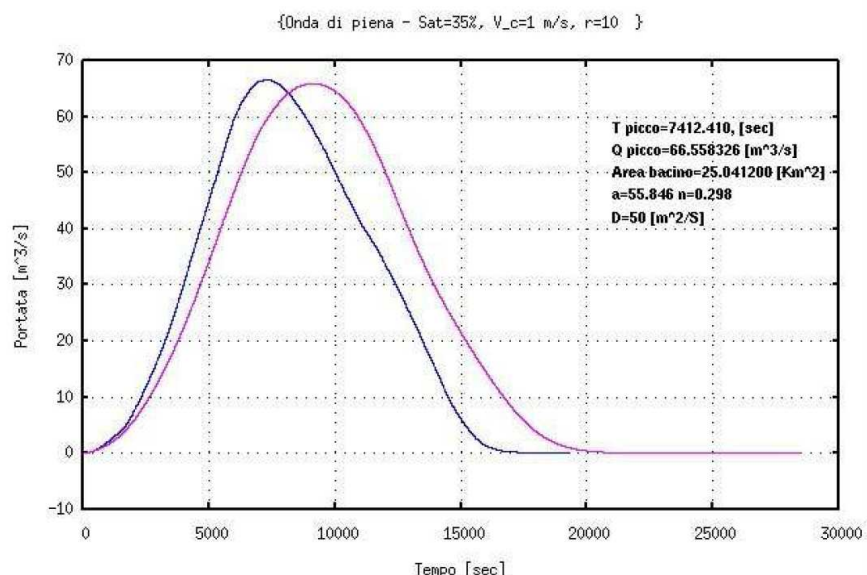


Figura 3 – Onda di piena sintetica centennale

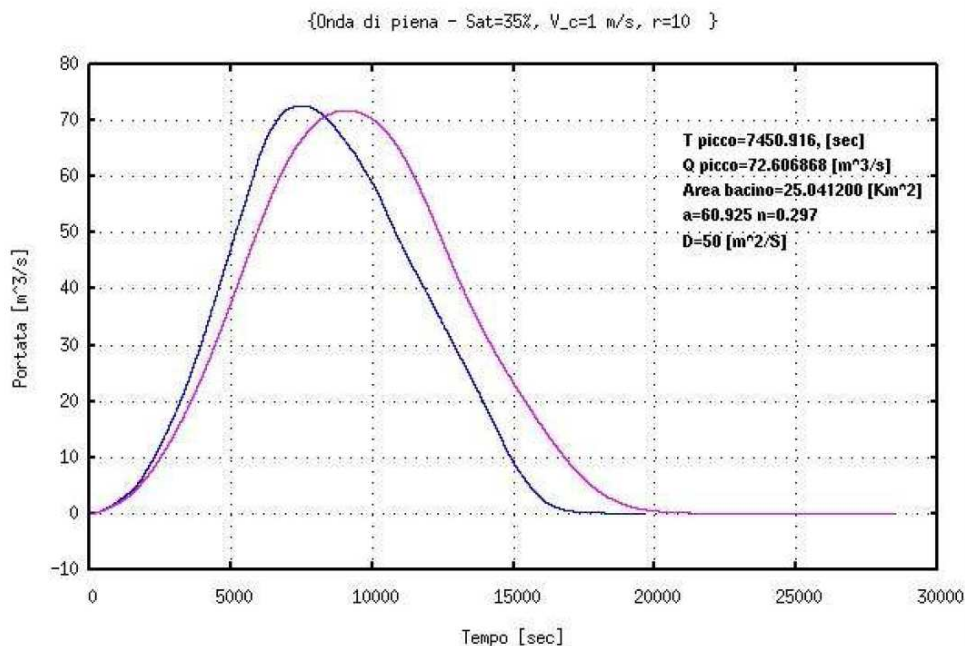


Figura 4 – Onda di piena sintetica duecentennale

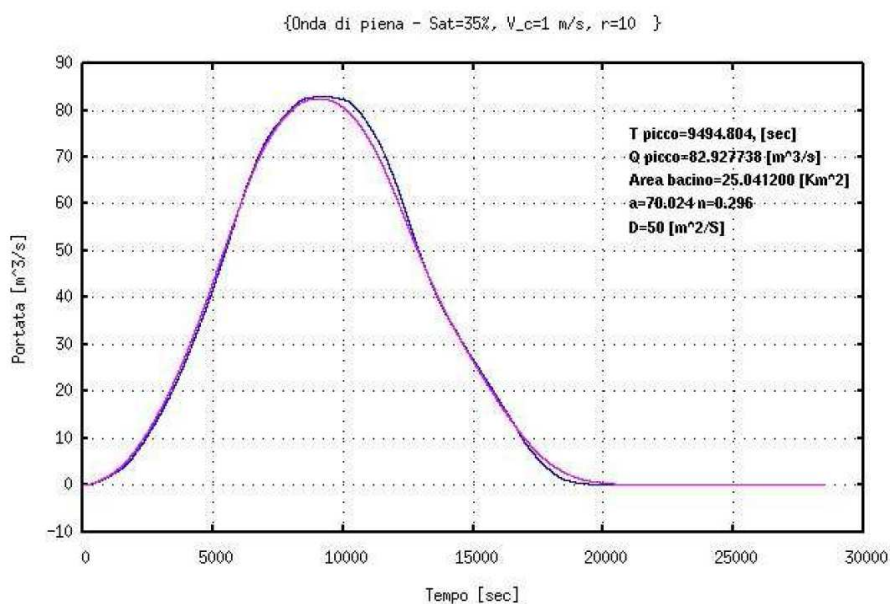


Figura 5 – Onda di piena sintetica cinquecentennale

Inoltre, i valori al colmo sono risultati in buon accordo con i dati desunti da precedenti analisi idrologiche in possesso dell'Ufficio. Per le valutazioni idrauliche, si sono pertanto assunti i seguenti valori di portata al colmo:

$$Q_{100} = 66,56 \text{ m}^3/\text{sec};$$

$$Q_{200} = 72,61 \text{ m}^3/\text{sec};$$

$$Q_{500} = 82,93 \text{ m}^3/\text{sec}.$$

5. Caratteristiche idrauliche del torrente e verifiche idrauliche

Le valutazioni idrauliche sono avvenute, come descritto in Appendice 2, attraverso l'uso di una modellazione monodimensionale a fondo fisso in regime stazionario, preceduta da un rilievo topografico *ad hoc* che ha riguardato il tratto di torrente di competenza dell'Ufficio A.I.Po di Cremona sino all'ingresso del tratto cittadino tombinato. La campagna topografica ha compreso anche il rilievo degli attraversamenti e dei salti di fondo, giungendo così ad una descrizione molto accurata della geometria dell'alveo.

Attraverso opportuni sopralluoghi, ed utilizzando le metodologie correnti, poi, si è proceduto alla stima dei valori dei coefficienti scabrezza di *Manning* da assegnare alle varie porzioni d'alveo, basandosi sulla granulometria del materiale d'alveo, sulla consistenza tipologica e sullo stato conservativo delle difese di sponda esistenti, sulla consistenza della copertura vegetale delle sponde e sulla presenza di piante ed arbusti in alveo.

Per quel che riguarda più strettamente il calcolo, la presenza di numerosi salti di fondo e di attraversamenti ha consigliato l'esecuzione della routine di computo in regime misto, il che ha significato di poter apprezzare le zone di variazione energetica della corrente, e di valutare più correttamente le estensioni delle zone di rigurgito causato da ostacoli o restringimenti della sezione idraulica.

In generale, il moto avviene in corrente veloce, come era da aspettarsi in considerazione delle elevate pendenze del fondo alveo, con transizione in corrente lenta a monte di alcuni attraversamenti, che hanno mostrato insufficienza idraulica ai sensi della Direttiva 4 allegata al P.A.I. dell'Autorità di bacino del fiume Po (*ex* Direttiva 2/99) [2]. Anche all'imbocco del tratto tombinato, al termine del dominio di integrazione, la variazione della pendenza del fondo alveo comporta l'instaurarsi di una corrente lenta.

Ulteriori approfondimenti e verifiche potrebbero essere condotti con l'imposizione della concomitanza di una piena di lago e sulla base di una verifica della geometria del tratto terminale del torrente fino al suo sbocco a lago.

Per quanto riguarda gli attraversamenti, le risultanze dell'analisi condotta saranno trasmesse all'Amministrazione Comunale e a quella Provinciale, per gli opportuni adempimenti di competenza, sia ai sensi dell'art. 19 delle NTA del P.A.I., che ai sensi delle vigenti norme in materia di protezione civile.

Nella tabella I seguente è riportata analiticamente la condizione di ogni singolo attraversamento in relazione al tempo di ritorno dell'evento considerato ed in riferimento alla Direttiva 4 precedentemente citata. Numerosi sono i ponti che risultano non adeguati, addirittura alla piena centennale, come si dettaglierà in Appendice 2.

Sezione	Profile	Q Total (m³/s)	W.S. El (m)	E.G. El (m)	V Chnl (m/s)	V Head (m)	Froude monte	Froude valle	franco (m)	verifica PAI
43.25	Tr100	66.56	417.28	419.64	6.8	2.36	2.06	0.64	2.28	SI
	Tr200	72.61	417.36	419.8	6.92	2.44	2.02	0.64	2.2	SI
	Tr500	82.93	419.31	419.68	2.7	0.37	0.51	0.65	0.25	NO
41	Tr100	66.56	409.02	409.35	2.54	0.33	0.62	0.69	5.72	SI
	Tr200	72.61	409.15	409.49	2.57	0.34	0.61	0.73	5.59	SI
	Tr500	82.93	409.36	409.71	2.64	0.35	0.6	0.7	5.38	SI
39	Tr100	66.56	399.78	400.22	2.92	0.43	0.54	1.52	1.66	SI
	Tr200	72.61	399.98	400.43	2.98	0.45	0.54	1.53	1.46	SI
	Tr500	82.93	400.3	400.78	3.09	0.49	0.53	1.55	1.14	SI
35	Tr100	66.56	365.69	366.89	4.84	1.19	1.28	1.01	6.3	SI
	Tr200	72.61	365.78	367.04	4.97	1.26	1.29	1.01	6.21	SI
	Tr500	82.93	365.92	367.29	5.19	1.37	1.31	1.01	6.07	SI
28	Tr100	66.56	325.39	325.78	2.74	0.38	0.72	0.8	1.74	SI
	Tr200	72.61	325.49	325.89	2.81	0.4	0.72	0.81	1.64	SI
	Tr500	82.93	325.64	326.07	2.92	0.43	0.72	0.81	1.49	SI
25	Tr100	66.56	310.46	310.7	2.18	0.24	0.43	1.72	1.55	SI
	Tr200	72.61	310.65	310.9	2.22	0.25	0.43	1.73	1.36	SI
	Tr500	82.93	310.96	311.22	2.27	0.26	0.42	1.76	1.05	SI
24	Tr100	66.56	299	299.46	2.99	0.46	0.61	1.01	-0.43	NO
	Tr200	72.61	299.18	299.65	3.03	0.47	0.6	1	-0.61	NO
	Tr500	82.93	299.5	300.4	3.06	0.2	0.59	1	-0.93	NO
22	Tr100	66.56	282.11	282.48	2.69	0.37	0.44	1.8	-1.66	NO
	Tr200	72.61	282.56	282.91	2.59	0.34	0.4	1.9	-2.11	NO
	Tr500	82.93	283.48	283.7	2.2	0.22	0.31	2.09	-3.03	NO
20	Tr100	66.56	273.7	276.1	6.85	2.4	2.11	1.79	1.95	SI
	Tr200	72.61	273.78	276.27	6.99	2.49	2.09	1.78	1.87	SI
	Tr500	82.93	273.9	276.53	7.18	2.63	2.04	1.76	1.75	SI
17	Tr100	66.56	266.38	267.45	4.58	1.07	1.38	1.01	0.89	NO
	Tr200	72.61	266.44	267.58	4.74	1.15	1.39	1.01	0.83	NO
	Tr500	82.93	266.54	267.8	4.99	1.27	1.41	1.01	0.73	NO
13	Tr100	66.56	245.99	246.44	2.94	0.44	0.62	0.73	-0.26	NO
	Tr200	72.61	246.19	246.64	2.95	0.44	0.6	0.74	-0.46	NO
	Tr500	82.93	246.53	246.98	2.96	0.45	0.56	0.74	-0.8	NO
9	Tr100	66.56	230.26	231.81	5.52	1.56	1.91	1.66	1.62	SI
	Tr200	72.61	230.3	231.97	5.72	1.67	1.93	1.69	1.58	SI
	Tr500	82.93	230.38	232.22	6.02	1.84	1.95	1.73	1.5	SI
5	Tr100	66.56	224.9	225.41	3.15	0.51	0.71	1.01	1.03	SI
	Tr200	72.61	225.01	225.56	3.26	0.54	0.72	1.01	0.92	NO
	Tr500	82.93	225.21	225.8	3.4	0.59	0.72	1.01	0.72	NO
4	Tr100	66.56	219.51	220.07	3.3	0.56	0.74	0.77	1.38	SI
	Tr200	72.61	219.63	220.22	3.41	0.59	0.75	0.78	1.26	SI
	Tr500	82.93	219.81	220.46	3.58	0.65	0.75	0.78	1.08	SI
3	Tr100	66.56	218.87	219.2	2.52	0.32	0.5	0.52	0.54	NO
	Tr200	72.61	219.01	219.36	2.62	0.35	0.51	0.53	0.4	NO
	Tr500	82.93	219.22	219.61	2.77	0.39	0.52	0.54	0.19	NO
2	Tr100	66.56	212.45	214.47	6.3	2.03	1.71	1.34	4.43	SI
	Tr200	72.61	212.56	214.63	6.37	2.07	1.68	1.31	4.32	SI
	Tr500	82.93	214.32	214.44	1.86	0.12	0.35	0.36	2.56	SI
0.95	Tr100	66.56	212.97	213.43	2.99	0.46	0.65	0.69	0.74	NO
	Tr200	72.61	213.11	213.59	3.07	0.48	0.65	0.68	0.6	NO
	Tr500	82.93	213.33	213.85	3.19	0.52	0.64	0.67	0.38	NO

Tabella I – verifica idraulica degli attraversamenti

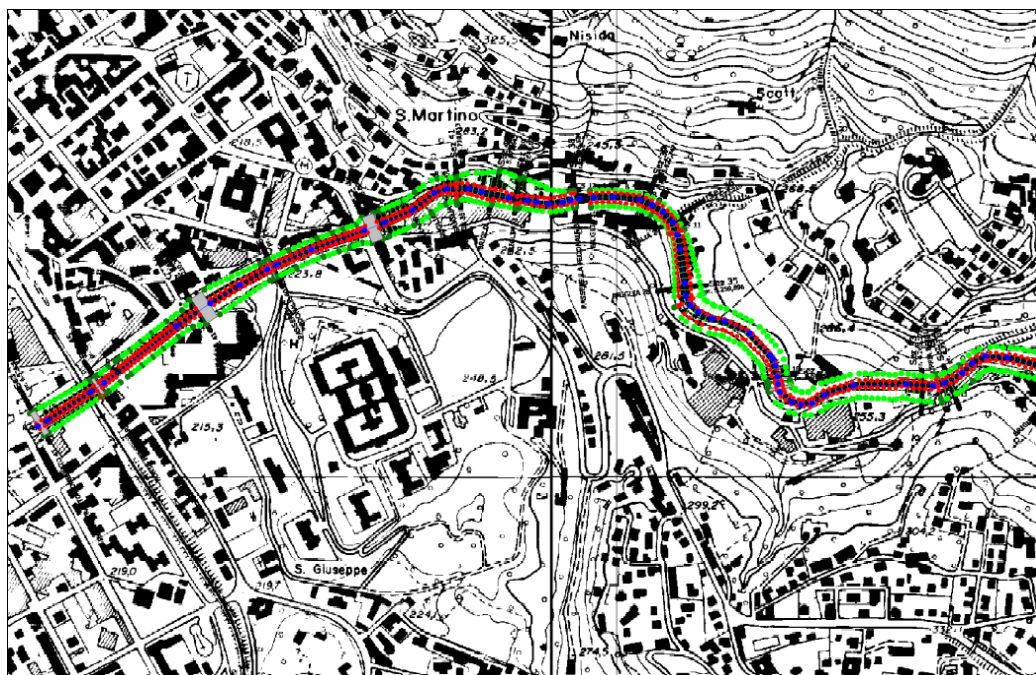


Figura 6 – Porzione terminale della schematizzazione di calcolo idraulico

6. Descrizione dell'intervento

L'intervento consta essenzialmente di azioni di manutenzione straordinaria delle opere idrauliche e dell'alveo del torrente Cosia, allo scopo di recuperare l'efficienza idraulica e l'officiosità del corso d'acqua nel tratto interessato.

Più precisamente, si prevede il ripristino funzionale di alcune briglie danneggiate o scalzate da valle a causa della normale attività della corrente e dell'evoluzione delle livellette di fondo alveo verso le pendenze di compensazione, la ripresa di erosioni al piede di difese longitudinale (e.g. muri o difese di sponda), la ricalibratura dell'alveo, il disboscamento e il recupero di piante crollate o pericolanti, ed anche l'eventuale sovrizzo delle opere di contenimento dei livelli, laddove l'analisi idraulica ha mostrato l'insufficienza dei presidi idraulici nei confronti del contenimento della piena duecentennale.

Il tutto è maggiormente dettagliato negli elaborati grafici di perizia allegati, che contengono l'esatta ubicazione dei manufatti oggetto di intervento e la delimitazione dei tratti nei quali si provvederà ad operare la rimozione della vegetazione in alveo.

IL PROGETTISTA

(Dott. Ing. Marco La Veglia)

APPENDICE 1 – Analisi geomorfologica

Introduzione

Lo sviluppo di nuove tecniche di acquisizione ed elaborazione di immagini digitali del terreno rende oggi possibile un'analisi maggiormente oggettiva delle caratteristiche morfologiche di un bacino idrografico, con ovvie applicazioni in termini idrologici.

Attraverso l'uso di mappe digitali del terreno (DTM), oggi reperibili con relativa facilità, si può arrivare alla descrizione piuttosto accurata di molte delle proprietà salienti di un bacino dal punto di vista geomorfologico.

Ad esempio, si possono conoscere la pendenza, le direzioni di drenaggio, la curvatura e l'area drenate da ogni singola cella costituente la griglia del DTM.

Quest'ultima rappresenta un indice di rilevante importanza per gli scopi prefissi dall'analisi geomorfologica, perché consente di correlare le proprietà morfologiche di un sito desunte dalla sola topografia con le caratteristiche del flusso locale, in condizioni di precipitazione uniforme.

Attraverso l'imposizione di soglie topografiche si simulano i flussi minimi di innesco della canalizzazione, allo scopo di determinare la rete di drenaggio del bacino. Questo processo è molto delicato e ha importanza cruciale in quanto la rete così individuata determina la risposta idrologica del bacino, influenzando direttamente i meccanismi di corrivazione e di concentrazione dei deflussi.

Estrazione delle reti di drenaggio

Come accennato più sopra, l'estrazione della rete di drenaggio rappresenta un punto fondamentale nell'analisi geomorfologica da DTM.

Le elevazioni del bacino del torrente Cosia chiuso al suo sbocco in lago, zona allo studio nella presente progettazione, sono state ottenute dai dati desumibili dalla cartografia del S.I.T. della Regione Lombardia, disponibile in rete al pubblico accesso.

La matrice così ottenibile ha una maglia quadrata di 20 x 20 m, da cui si sono derivate le grandezze geomorfologiche fondamentali per l'analisi dell'area allo studio.

Il programma utilizzato per ciò è l'applicativo su piattaforma LINUX sviluppato dall'Università degli Studi di Trento.

In accordo alle metodologie correnti, l'estrazione delle reti di drenaggio può avvenire attraverso due schemi:

- ad otto possibili direzioni di drenaggio, secondo cui una particella liquida iniettata in un certo pixel è obbligata a muoversi solamente verso uno degli otto confinanti seguendo la direzione della massima pendenza;
- ad infinite direzioni di drenaggio, secondo cui il trasferimento delle particelle liquide associato al un dato pixel può avvenire secondo una delle infinite direzioni dello spazio bidimensionale in cui è mappato il bacino allo studio.

I possibili criteri geomorfologici per l'individuazione dei pixel canalizzati sono di tre diversi tipi; per ciascuno di essi è possibile variare il valore della soglia di canalizzazione per ottenere la

taratura del modello alla realtà oggettiva del bacino in esame, derivata dall'esame della cartografia e della situazione di fatto rilevata sul campo.

Tali criteri sono:

- soglia sull'area drenata;
- soglia sul prodotto per area cumulata e quadrato della pendenza;
- soglia sulle celle concave drenate.

Si può fare, infatti, riferimento alle seguenti ipotesi relative alla distinzione fra lo strato di versante e quello di canale:

- la discriminante è la mole di trasporto solido, e quindi può essere adeguato porre la soglia sull'area cumulata;
- la discriminante è il processo di incisione della valle, e quindi sembra più corretto usare una soglia che tenga conto anche della pendenza;
- la discriminante è data dalla topografia, ovvero alla transizione fra forme concave e convesse della topografia e quindi può avere senso introdurre una soglia sul numero delle celle concave drenate.

I procedimenti conducono, come ovvio, a diverse schematizzazioni della rete di drenaggio, caratterizzate da una diversa forma e densità, in dipendenza del valore assunto per il valore di soglia.

Soglia sull'area drenata

Con l'uso del primo criterio si impone una soglia per la canalizzazione sulla sola area cumulata, ritenendo come canalizzati solo i pixel per cui il valore di area drenata A_i eccede il valore di soglia A_s .

Questo metodo si basa sull'ipotesi che le strutture permanenti di drenaggio si formino nelle zone di un bacino dove il flusso si concentra maggiormente.

Diminuendo il valore di soglia A_s si osserva un graduale aumento della individuazione delle strutture permanenti di drenaggio.

Scegliendo dei valori ulteriormente ridotti, la rete si infittisce venendo a comprendere anche i cosiddetti *rivoli*, ovvero strutture temporanee le cui caratteristiche di dinamica idraulica non sono confrontabili con quelle della rete permanente.

Inoltre, ciò comporta anche degli appesantimenti computazionali, risultando un materiale aumento del numero dei canali. Al diminuire del valore di A_s si assiste al tipico fenomeno del *piumaggio* della rete.

Il valore di soglia da introdurre nel modello deve anche essere ricercato sulla base delle relazioni fra le caratteristiche geomorfologiche del sito e i processi di concentrazione del flusso.

Soglia sul prodotto fra aree cumulate e quadrato delle pendenze

Questo criterio di estrazione tiene conto della circostanza naturale che i terreni sono maggiormente drenati nella loro parte montana. Risultano pertanto canalizzati quei siti per cui risulti:

$$A_i \nabla z_i^k \geq S$$

in cui:

∇z_i^k è la potenza k -esima della pendenza locale

A_i è l'area drenata.

Questo criterio si basa sulla considerazione che i fenomeni di canalizzazione si verificano preferibilmente in zone ad elevata pendenza e che, essendo l'erosione il meccanismo dominante, il che vale a dire che alla testa del canale avvenga un cambiamento nei processi di trasporto, il deflusso inizi al superamento di uno sforzo tangenziale critico al fondo, per cui l'espressione dell'area critica è la seguente:

$$a_{cr} (tg \vartheta)^2 \geq C$$

in cui $tg \vartheta$ è la pendenza locale.

La rete di drenaggio estratta con l'applicazione di questo criterio risulta caratterizzata da densità di drenaggio decrescenti da monte verso valle, a causa della diminuzione della pendenza della parte di bacino più prossima alla sezione di chiusura.

Solitamente l'esponente k della pendenza locale viene posto pari a 2; in tal modo il primo membro dell'equazione è proporzionale al quadrato dello sforzo tangenziale al fondo prodotto dal flusso in transito.

Valori minori di k rendono la rete più uniformemente drenata. Anche in questo caso, con l'ovvia differenza per le zone più pianeggianti, al diminuire del valore di soglia si verifica il fenomeno del *piumaggio* della rete.

Soglia sulle celle concave drenate

La concavità topografica è ritenuta condizione necessaria, ma non sufficiente per l'innescare dei fenomeni di erosione e di concentrazione dei deflussi che danno il via alla canalizzazione.

Di ciò si tiene conto, nei metodi precedenti, con la condizione:

$$\nabla^2 z_i \geq 0,$$

oppure considerando canalizzati quei pixel che drenano un congruo numero di celle concave per le quali la condizione suddetta sia verificata.

Generalmente questo metodo non dà risultati sostanzialmente differenti da quello della soglia sull'area cumulata, probabilmente perché le celle concave sono quelle già caratterizzate dai valori maggiori di area cumulata.

Anche per questo metodo, al diminuire del valore di soglia, si assiste all'infittimento della rete indistintamente in ogni posizione del bacino.

Considerazioni conclusive

Dalle descrizioni dei punti precedenti e dall'esame dei risultati ottenuti in studi di analisi geomorfologica di bacini, spinti a profondità maggiore del presente [7], si può in generale desumere che il criterio di estrazione basato sulla soglia di area cumulata per il quadrato della pendenza sembra approssimare più correttamente l'effettiva struttura di drenaggio di un bacino.

L'infittimento della rete ottenibile con la diminuzione del valore di soglia imposta conduce, in quel caso, a schematizzazioni che sembrano riprodurre correttamente la circostanza reale che le reti di drenaggio sono effettivamente più dense nella parte montana del bacino.

Altre conferme in tal senso derivano da considerazioni sulla densità di drenaggio, definite dalla relazione

$$D_d = \frac{1}{2L}$$

in cui L rappresenta la distanza media che una particella iniettata in un dato punto deve percorrere lungo le direzioni di drenaggio prima di incontrare una cella canalizzata.

Attraverso la creazione di mappe di densità di drenaggio per ogni singolo procedimento, si può notare che la disuniformità maggiore si ottiene nel caso area-pendenza, il che aderisce meglio alla disomogeneità tipica dei bacini reali.

APPENDICE 2 – Analisi idraulica

Ipotesi del calcolo idraulico

Il calcolo dei massimi livelli di piena raggiungibili nelle sezioni del tratto d'interesse, nella condizione di progetto, è stato effettuato sulla base delle equazioni classiche dell'idraulica dei moti a pelo libero; in particolare sono state integrate numericamente le equazioni del moto permanente per correnti monodimensionali.

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

1. monodimensionalità del moto; tale ipotesi è ampiamente giustificata nel tratto di corso d'acqua analizzato risultando 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;
2. geometria dell'alveo fissa: si trascurano gli effetti del trasporto solido durante l'evento di piena, in termini di variazione della morfologia del tratto fluviale in esame;
3. pendenza del corso d'acqua tale da poter confondere l'angolo che il suo letto forma sul piano orizzontale con la sua tangente o col suo seno trigonometrico;
4. trascurabilità, nell'equazione della conservazione della quantità di moto, degli effetti dei cambi di direzione dell'asse del canale; il che vale a dire che la superficie di pelo libero in ogni sezione trasversale è orizzontale, anche in corrispondenza delle curve;
5. fluido costituente la corrente omogeneo;
6. assunzione, a favore di sicurezza, che nel tratto fluviale in esame possano instaurarsi condizioni di regime permanente in corrispondenza della portata al colmo degli eventi di tempo di ritorno prescelto.

La scabrezza d'alveo è stata espressa attraverso il coefficiente n di *Manning* valutato attraverso riferimenti bibliografici e successivi sopralluoghi in sito.

Il Codice di Calcolo utilizzato

Per la propagazione delle onde di piena nel corso d'acqua analizzato, suddiviso per singoli tratti, è stato utilizzato il modello di calcolo "HEC-RAS River Analysis System", elaborato dall'Hydrologic Engineering Center del US Army Corps of Engineers degli U.S.A. (versione 3.1.3 – Maggio 2005).

Si tratta di uno strumento di 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 due moduli di analisi idraulica monodimensionale: analisi di moto permanente e analisi di moto vario. 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 capacità di laminazione naturale dell'alveo, della sua resistenza d'attrito, della presenza di opere interagenti con la corrente. Il modello calcola i profili di moto permanente gradualmente vario 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 di attrito (secondo *Manning*), 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 da monte ed in tutte le sezioni ove sono conosciuti ed anche le condizioni al contorno a seconda del regime di moto della corrente.

L'equazione generale dell'energia è la seguente:

$$Y_2 + Z_2 + \alpha_2 \frac{V_2^2}{2g} = Y_1 + Z_1 + \alpha_1 \frac{V_1^2}{2g} + h_e \quad (1)$$

in cui:

- 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.

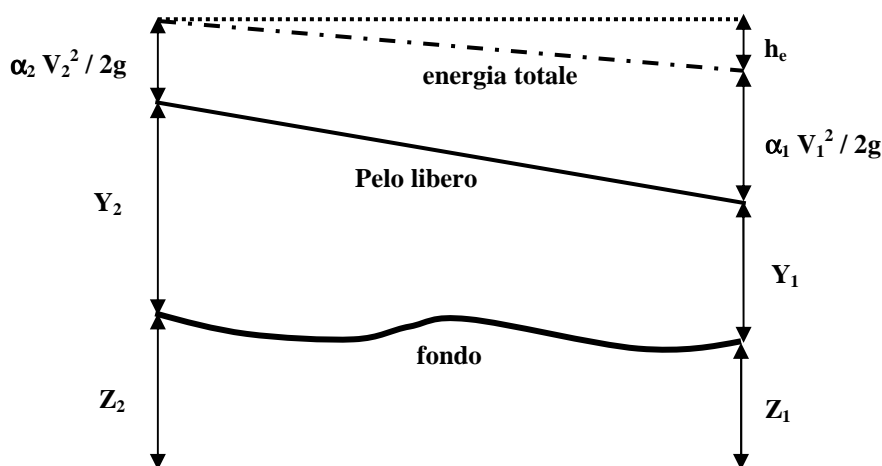


Figura 1 – Schematizzazione di un tronco di corrente fra le sezioni 1 e 2

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:

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

in cui:

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

Per la determinazione del valore della pendenza motrice S_f il programma calcola la conduttanza totale della sezione trasversale sommando la conduttanza di tutte le parti della sezione trasversale comprese fra due punti contigui. La conduttanza può essere così definita:

in cui:

$$Q = K \sqrt{S_f}$$

$K = 1.486 A R^{2/3}/n$ = conduttanza della porzione di sezione considerata;

n coefficiente di scabrezza di *Manning*;

A area della sezione idrica;

R raggio idraulico.

Per la determinazione delle perdite di carico localizzate il programma valuta la variazione del termine cinetico tra due sezioni contigue e lo moltiplica per il coefficiente di contrazione/espansione della vena liquida.

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.

Caratterizzazione morfologica e geometrica dell'alveo

I dati di caratterizzazione del corso d'acqua, necessari per permettere al modello l'applicazione delle equazioni di moto, possono essere distinti in informazioni geometriche e fisico-morfologiche.

Le prime si riferiscono alla descrizione della geometria dell'alveo e delle aree limitrofe, condotta tramite una serie sufficiente di sezioni trasversali, traducibili anche in un profilo longitudinale del tratto di studio. La descrizione geometrica del corso d'acqua propedeutica alla presente progettazione è stata desunta attraverso un apposito rilievo topografico di dettaglio, comprendente l'esame dei manufatti trasversali, siano essi attraversamenti che briglie.

Bisogna far osservare che, almeno in linea teorica, le caratteristiche geomorfologiche e le tendenze evolutive del corso d'acqua possono, in breve volgere di tempo, variare le condizioni geometriche, con ovvie conseguenze per la modellazione del corso d'acqua. Nel caso del Cosia, comunque, ciò è valido solo dove l'artificializzazione del torrente non è troppo spinta, significando con questo la parte più alta dell'alveo, all'uscita di Tavernerio, e a monte del ponte del Navedano.

Sono state utilizzate 46 sezioni dell'alveo del torrente, ad interasse variabile a seconda della presenza delle opere trasversali, delle quali si è effettuato un rilievo particolareggiato, in dipendenza della circostanza dell'esistenza di controbriglie di valle con conseguente ulteriore salto di fondo. Inoltre, il rilievo è stato completato col posizionamento, lungo l'ascissa curvilinea dell'asse di thalweg dell'alveo del torrente, degli eventuali altri salti di fondo, con valore altimetrico della quota assoluta di monte e di valle, ovvero del valore relativo del salto.

All'interno del modello, le sezioni rilevate sono state opportunamente interpolate, con passo massimo di 10 m, allo scopo di ottenere una migliore convergenza di calcolo.

Parametri idraulici e condizioni al contorno utilizzati

I parametri idraulici necessari per le successive elaborazioni sul modello numerico sono rappresentati dal valore della portata di piena di progetto e dalle condizioni fisico-morfologiche dell'alveo

Come detto al termine del paragrafo relativo alle condizioni idrologiche, sono stati scelti tre valori di portata significativi quelli corrispondenti ai tempi di ritorno 100, 200 e 500 anni, onde giungere a conclusioni teoriche complete da tenere presenti nella valutazione complessiva dell'intervento prospettato.

Le condizioni fisico-morfologiche si riferiscono alle condizioni di copertura vegetazionale delle sponde e ad eventuali ostacoli od ostruzioni locali (massi, banchi di ghiaia...) che possono essere tradotti in termini numerici da:

- coefficienti di scabrezza d'alveo,
- coefficienti di contrazione ed espansione della corrente,
- coefficienti di riduzione della sezione di deflusso.

I coefficienti di scabrezza di *Manning* e di *Gauckler-Strickler*, differenziati laddove necessario per le varie parti dell'alveo principale e per le aree di espansione laterale, sono stati assunti sulla base di ripetuti sopralluoghi ed attraverso la consultazione di pubblicazioni scientifiche in materia [6]. La determinazione dei coefficienti discende dal confronto tra i valori indicati in bibliografia e le condizioni effettive in sito.

In generale, la granulometria del fondo alveo risulta variabile, specie nello strato superficiale caratterizzato dal fenomeno del corazzamento (*armouring*, secondo la letteratura anglosassone). Si può comunque stimare con buona approssimazione un d_{90} (dove d_{90} rappresenta il diametro del setaccio da cui passa il 90% di percentuale in peso del materiale) in 0,75 m, a causa della presenza – nei tratti d'alveo più naturali – di grossi massi.

Secondo l'espressione di Müller, che fornisce per il K_s la seguente espressione

$$K_s = \frac{26}{d_{90}^{1/6}},$$

risulta un $K_s = 27,27 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$ circa.

In realtà, i valori sono stati leggermente modificati; sono stati assunti, per l'alveo inciso, coefficienti di scabrezza di *Manning* variabili da $n = 0,05 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$, corrispondente ad un valore di *Strickler* pari a $K_s = 20 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$ a $n = 0,03 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$, ovvero $K_s = 33,33 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$. Tali valori, differenziati da monte a valle in senso di scabrezza decrescente in dipendenza della crescente artificialità delle sponde e dell'alveo, sono stati scelti non solo per tenere conto delle caratteristiche sedimentologiche, ma anche in ottica conservativa nei confronti delle incertezze derivanti dai limiti intrinseci del tipo di schematizzazione numerica utilizzata. Essa, infatti, essendo puramente monodimensionale, non è in grado di tenere conto delle dissipazioni derivanti dalla presenza di curve nonché di variazioni delle dimensioni trasversali d'alveo.

Per la parte cittadina subito a monte della tombinatura, interamente artificializzata con salti di fondo e rivestimento dell'intera sezione, ben conservato, in pietra da taglio si è ritenuto corretto assumere valori bassi della scabrezza, pari a $n = 0,025 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$ ($K_s = 40 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$).

Per le presunte golene o zone di esondazione, per cercare di tenere conto delle variazioni planimetriche e delle caratteristiche della vegetazione o delle coltivazioni presenti, si è scelto un

valore del coefficiente di scabrezza di *Manning* pari a $n = 0,07 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$ ($K_s = 14,28 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$) per le zone con minore copertura vegetale, con alberi ed arbusti vari, e pari a $n = 0,1 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$, corrispondente ad un valore di $K_s = 10 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$, per le aree più densamente arborate o boscate. Molto poco frequentemente, però, queste zone sono risultate interessate significativamente dal flusso idrico.

Comunque, in alcuni tratti specifici, sono stati introdotti dei valori leggermente modificati per meglio rappresentare alcune singolarità delle sezioni emerse durante i sopralluoghi effettuati prima di dare corso alle simulazioni numeriche. Per i valori precisi si rimanda alle figure relative alle sezioni, dove sono riportati i singoli valori dei coefficienti di scabrezza sia per l'alveo inciso che per le golene.

Le simulazioni sono state condotte ipotizzando differenti condizioni di regime di corrente (lenta, veloce e mista) per poi verificare la congruenza dei risultati e quindi la validità delle ipotesi poste alla base dei calcoli.

Come è noto, nel tracciamento di un profilo di moto permanente, occorre stabilire la condizione al contorno per rendere determinato il problema matematico; tale condizione è unica, ed è da ricercare a monte del dominio di integrazione nel caso in cui il moto sia supercritico, a valle nel caso contrario.

La portata assegnata è ipotizzata costante lungo il tratto, di valore determinato dall'elaborazione del modello idrologico-geomorfologico per la sezione di chiusura del bacino studiato, trascurando – cioè – la sua variazione a valle della confluenza con gli affluenti principali.

In considerazione delle variazioni di pendenza del fondo e della granulometria media del materiale d'alveo, è stata imposta l'altezza di moto critico come condizione idraulica al contorno nella sezione di monte, mentre in quella di valle, all'imbocco del tratto tombato cittadino, si è assunta l'altezza idrometrica di moto uniforme calcolata, per le singole portate di modello, con la formula di *Chézy*. Le altezze idrometriche così calcolate sono state ovviamente confrontate con la massima quota di piena del Lario a Malgrate, pari a 200,01 m.s.l.m.m., per verificare che il rigurgito del lago all'interno del Cosia non ha nessun effetto sulla modellazione effettuata.

Bisogna comunque ribadire che il modello utilizzato è a fondo fisso, e non tiene in alcun conto le variazioni del fondo alveo che si possono verificare durante l'evento di piena, né del fenomeno del trasporto solido.

Risultati della modellazione idraulica e loro analisi

Definite le indispensabili condizioni geometriche, per la modellazione idraulica del tratto di fiume in esame si è proceduto sulla base delle condizioni idrauliche al contorno.

Le simulazioni sono state condotte con la serie di portate con tempo di ritorno 100, 200 e 500 anni desunta dall'analisi geomorfologica come condotta nel presente studio idrologico.

La presenza di numerosi manufatti di attraversamento, di diversa importanza e di uso pubblico e privato, e le già evidenziate particolarità di variazione di pendenza del fondo, hanno poi consigliato l'esecuzione della routine di calcolo in regime cosiddetto *misto*, al fine di poter rilevare la presenza di modifiche e di variazioni di regime idraulico all'interno della corrente.

L'esistenza di un ponte può determinare variazioni di deflusso in dipendenza del restringimento di sezione idraulica connesso alla presenza di ostacoli in alveo; tali fenomeni sono automaticamente evidenziati dal codice di calcolo una volta definiti i coefficienti di forma e di resistenza delle pile: in questo caso, comunque, gli attraversamenti sono tutti privi di pile in alveo, essenzialmente a causa della modestia della luce del torrente.

La presenza di una singolarità geometrica in un corso d'acqua, quale il restringimento dovuto alle spalle ed alle pile di un ponte, provoca nell'assetto idrometrico della corrente alcune modifiche delle quali è necessario tener conto nel calcolo. Per individuare lo stato che si instaura nella corrente durante l'attraversamento dei ponti si fa riferimento al grafico di seguito riportato (figura 1), nel quale si distinguono tre differenti classi di deflusso.

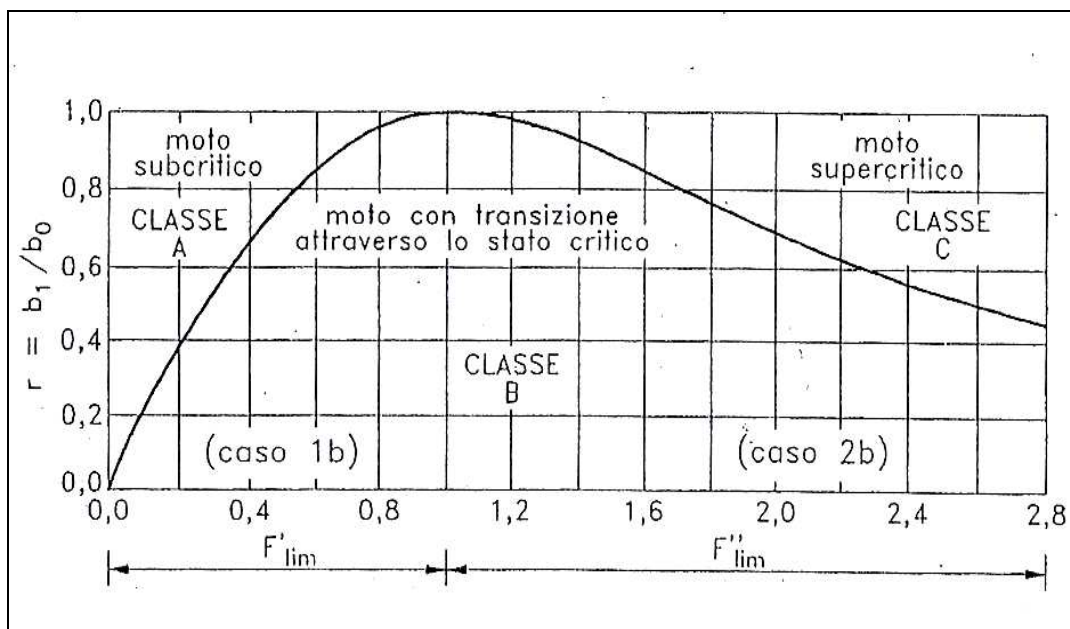


Figura 2 – Classificazione dei modi di deflusso attraverso un restringimento in un canale rettangolare.

Dall'analisi dei risultati della simulazione idraulica è possibile ottenere il valore del numero di Froude in corrispondenza del ponte e, avendo a disposizione il rilievo del manufatto stesso, può essere calcolato il rapporto di strozzatura:

$$r = b_1/b_0$$

dove:

- b_1 è la larghezza effettiva dell'attraversamento, ossia al netto della dimensione delle pile;
- b_0 è la larghezza dell'alveo senza le pile.

Questo tipo di verifica può, ovviamente, essere condotta solamente per gli attraversamenti che presentano pile in alveo, il che non è il caso presente.

I risultati della simulazione idraulica evidenziano la criticità di alcuni degli attraversamenti del torrente Cosia, a monte dei quali si instaurano condizioni di deflusso in corrente lenta, con conseguente esondazione per rigurgito.

In particolare, con riferimento alla Direttiva 4 del P.A.I., essendo il Cosia non fasciato, risultano essere insufficienti, al transito della portata centennale, le luci in corrispondenza dei ponti delle sezioni 13, 22, 24, che vanno in battuta rispettivamente di 27, 166 e 43 cm, e quelli delle sezioni 0.95 (inizio della tomlinatura), 3 e 17, che hanno un franco inferiore ad un metro. Di questi ultimi, la tomlinatura (sez. 0.95) e il ponte della sezione 3 hanno un franco minimo residuo dell'ordine della decina di centimetri rispetto alla linea dell'energia totale, mentre quello in corrispondenza della sez. 17 è insufficiente anche rispetto a questa condizione. Usando il criterio dell'energia totale, anche il ponte ad arco della sezione 20 non verifica la condizione di sicurezza.

Se l'analisi della sufficienza degli attraversamenti viene condotta in riferimento alla portata duecentennale, i risultati sono perfettamente analoghi, con ovvia riduzione dei franchi. Il solo ponte della sez. 20, però, si aggiunge a quelli che conservano un franco inferiore ad un metro, mentre per quello della sez. 22 si verifica la sommersione.

Il deflusso avviene, nel tratto di corso d'acqua esaminato, in corrente veloce quasi dovunque, con formazione di piccoli risalti idraulici in corrispondenza di restringimenti della sezione di deflusso, a valle di alcuni salti di fondo; in conseguenza della citata caratteristica energetica della corrente, il rigurgito a monte degli attraversamenti idraulicamente insufficienti ha una estensione piuttosto ridotta; in corrispondenza di essi si verifica – ovviamente – il passaggio della condizione energetica della corrente da veloce a lenta.

Senz'altro occorrerà procedere, nel futuro, ad un adeguamento degli attraversamenti da parte degli enti pubblici o dei privati proprietari; comunque essi rappresentano dei punti da sottoporre a controllo durante gli eventi di piena.

Occorre sottolineare che la schematizzazione adottata nel modello è quella di sezione a fondo fisso, per cui non c'è possibilità di valutare correttamente la eventuale possibilità di ostruzione degli attraversamenti dovuta al trasporto solido di fondo o di materiale flottante..

I risultati della modellazione idraulica sono riepilogati, di seguito, nella presente appendice; unitamente ad essi si riportano i grafici di dettaglio delle singole sezioni di calcolo.

Nelle tabelle, la colonna dell'altezza critica consente di verificare il regime di moto; infatti, se il livello idrometrico in una sezione è maggiore dell'altezza critica, allora ci troviamo in condizioni di corrente lenta; viceversa si ha una corrente veloce. Per determinare il regime di moto è possibile fare riferimento anche al numero di Froude, parametro adimensionale espresso dalla relazione:

$$F_r = \frac{v}{\sqrt{gh}}$$

Per numeri di *Froude* maggiori di 1 abbiamo correnti veloci, mentre per numeri di *Froude* minori di 1 le correnti sono lente; $F_r = 1$ individua le correnti in stato critico.

Si sottolinea che il valore della velocità riportato è un valore medio all'interno dei limiti delle sponde incise dell'alveo attivo.

Per analizzare correttamente i risultati del modello si deve obbligatoriamente considerarne i limiti, sia quelli connessi alle schematizzazioni generali di base, già evidenziate sopra, sia quelli derivanti dalla schematizzazione particolare, relativi alla ristrettezza del dominio di studio, alla distanza fra le sezioni di chiusura e le sezioni di interesse, alla disponibilità di dati topografici per la modellazione della geometria di base, alla assenza di dati storici oggettivi utilizzabili per le operazioni di taratura.

River Sta	Profile	Q Total (m3/s)	Min Ch El (m)	W.S. Elev (m)	Crit W.S. (m)	E.G. Elev (m)	Vel Chnl (m/s)	Froude # Chl
47.1	Tr100	66.56	433.75	435.35	435.35	436.01	3.6	1
47.1	Tr200	72.61	433.75	435.44	435.44	436.13	3.7	1
47.1	Tr500	82.93	433.75	435.57	435.57	436.33	3.85	1
47	Tr100	66.56	429.86	433.48	431.78	433.65	1.84	0.34
47	Tr200	72.61	429.86	433.59	431.88	433.78	1.94	0.35
47	Tr500	82.93	429.86	433.77	432.05	433.99	2.09	0.37

46.1	Tr100	66.56	431	432.78	432.78	433.43	3.59	1
46.1	Tr200	72.61	431	432.86	432.86	433.55	3.69	1
46.1	Tr500	82.93	431	432.99	432.99	433.74	3.84	1
46	Tr100	66.56	428.47	429.57	430.48	433.12	8.35	2.82
46	Tr200	72.61	428.47	429.65	430.59	433.24	8.4	2.74
46	Tr500	82.93	428.47	429.77	430.76	433.43	8.47	2.63
45.1	Tr100	66.56	427.55	429.2	429.2	429.9	3.72	1
45.1	Tr200	72.61	427.55	429.28	429.28	430.03	3.82	1.01
45.1	Tr500	82.93	427.55	429.47	429.47	430.22	3.86	1
45	Tr100	66.56	423.98	427.35	425.71	427.51	1.74	0.33
45	Tr200	72.61	423.98	427.47	425.81	427.64	1.82	0.34
45	Tr500	82.93	423.98	427.65	425.95	427.84	1.96	0.36
44.2	Tr100	66.56	423.98	427.34		427.49	1.75	0.33
44.2	Tr200	72.61	423.98	427.45		427.62	1.83	0.34
44.2	Tr500	82.93	423.98	427.63		427.83	1.97	0.36
44.1	Tr100	66.56	424.98	426.68	426.68	427.39	3.72	1
44.1	Tr200	72.61	424.98	426.79	426.79	427.51	3.77	1.01
44.1	Tr500	82.93	424.98	426.93	426.93	427.71	3.93	1.01
44	Tr100	66.56	421.34	422.5	423.5	426.99	9.39	3.36
44	Tr200	72.61	421.34	422.57	423.6	427.11	9.45	3.26
44	Tr500	82.93	421.34	422.68	423.77	427.31	9.54	3.11
43.7	Tr100	66.56	421.34	422.75	423.5	425.32	7.1	2.24
43.7	Tr200	72.61	421.34	422.82	423.6	425.51	7.26	2.23
43.7	Tr500	82.93	421.34	422.93	423.77	425.8	7.5	2.2
43.6	Tr100	66.56	421.78	423.7	423.7	424.51	4.01	1
43.6	Tr200	72.61	421.78	423.8	423.8	424.66	4.11	1
43.6	Tr500	82.93	421.78	423.97	423.97	424.9	4.27	1
43.5	Tr100	66.56	417.86	419.43	419.45	420.23	3.95	1.01
43.5	Tr200	72.61	417.86	419.52	419.54	420.37	4.07	1.02
43.5	Tr500	82.93	417.86	419.67	419.7	420.59	4.26	1.02
43.4	Tr100	66.56	416.41	417.49	418.25	420.05	7.08	2.19
43.4	Tr200	72.61	416.41	417.58	418.34	420.18	7.15	2.13
43.4	Tr500	82.93	416.41	417.72	418.5	420.41	7.27	2.05
43.3	Tr100	66.56	416.15	417.28	418.04	419.64	6.8	2.06
43.3	Tr200	72.61	416.15	417.36	418.13	419.8	6.92	2.02
43.3	Tr500	82.93	416.15	419.31	418.29	419.68	2.7	0.51
43.25	Bridge							

43.2	Tr100	66.56	416.15	418.58	418.04	419.02	2.92	0.64
43.2	Tr200	72.61	416.15	418.71	418.13	419.17	3.01	0.64
43.2	Tr500	82.93	416.15	418.91	418.29	419.41	3.15	0.65
43.1	Tr100	66.56	416.2	418.15	418.09	418.92	3.91	0.91
43.1	Tr200	72.61	416.2	418.25	418.19	419.07	4.03	0.91
43.1	Tr500	82.93	416.2	418.41	418.36	419.31	4.24	0.93
43	Tr100	66.56	415.31	418.46	417.31	418.78	2.52	0.47
43	Tr200	72.61	415.31	418.57	417.43	418.92	2.64	0.49
43	Tr500	82.93	415.31	418.75	417.61	419.16	2.84	0.51
42.3	Tr100	66.56	415.31	418.43	417.31	418.76	2.55	0.48
42.3	Tr200	72.61	415.31	418.54	417.43	418.9	2.67	0.49
42.3	Tr500	82.93	415.31	418.72	417.61	419.13	2.87	0.52
42.2	Tr100	66.56	415.68	417.64	417.64	418.39	3.88	0.93
42.2	Tr200	72.61	415.68	417.74	417.74	418.53	3.99	0.93
42.2	Tr500	82.93	415.68	417.9	417.9	418.75	4.14	0.93
42.1	Tr100	66.56	415.35	417.13	417.34	418.18	4.54	1.13
42.1	Tr200	72.61	415.35	417.27	417.47	418.32	4.55	1.12
42.1	Tr500	82.93	415.35	417.46	417.64	418.55	4.64	1.08
42	Tr100	66.56	413.08	414.38	415.31	417.92	8.34	2.72
42	Tr200	72.61	413.08	414.46	415.42	418.06	8.41	2.64
42	Tr500	82.93	413.08	414.59	415.59	418.28	8.51	2.53
41.2	Tr100	66.56	412.76	414.29	415.21	417.82	8.33	2.7
41.2	Tr200	72.61	412.76	414.37	415.33	417.97	8.41	2.63
41.2	Tr500	82.93	412.76	414.5	415.49	418.2	8.52	2.53
41.1	Tr100	66.56	406.6	409.02	408.38	409.35	2.54	0.62
41.1	Tr200	72.61	406.6	409.15	408.47	409.49	2.57	0.61
41.1	Tr500	82.93	406.6	409.36	408.63	409.71	2.64	0.6
41	Bridge							
40.9	Tr100	66.56	406.6	408.81		409.24	2.88	0.69
40.9	Tr200	72.61	406.6	408.94		409.37	2.92	0.73
40.9	Tr500	82.93	406.6	409.15		409.59	2.95	0.7
40.3	Tr100	66.56	406.6	408.64		409.16	3.19	0.8
40.3	Tr200	72.61	406.6	408.75		409.29	3.26	0.8
40.3	Tr500	82.93	406.6	408.95		409.51	3.3	0.82
40.2	Tr100	66.56	405.38	407.75	407.45	408.32	3.35	0.79
40.2	Tr200	72.61	405.38	407.86	407.55	408.47	3.45	0.79
40.2	Tr500	82.93	405.38	408.04	407.73	408.7	3.6	0.79

40.1	Tr100	66.56	405.38	407.45	407.45	408.26	3.98	1
40.1	Tr200	72.61	405.38	407.55	407.55	408.4	4.09	1
40.1	Tr500	82.93	405.38	407.73	407.73	408.64	4.23	1
40	Tr100	66.56	404.15	405.81	406.54	408.11	6.71	1.94
40	Tr200	72.61	404.15	405.91	406.65	408.25	6.78	1.9
40	Tr500	82.93	404.15	406.07	406.83	408.48	6.89	1.84
39.2	Tr100	66.56	403.39	405.63	406.26	407.65	6.29	1.74
39.2	Tr200	72.61	403.39	405.73	406.4	407.81	6.39	1.72
39.2	Tr500	82.93	403.39	405.89	406.59	408.07	6.55	1.69
39.1	Tr100	66.56	396.24	399.84		400.27	2.91	0.54
39.1	Tr200	72.61	396.24	400.04		400.49	2.98	0.54
39.1	Tr500	82.93	396.24	400.36		400.85	3.08	0.53
39.05	Tr100	66.56	396.02	399.78	398.76	400.21	2.92	0.54
39.05	Tr200	72.61	396.02	399.98	398.88	400.43	2.98	0.54
39.05	Tr500	82.93	396.02	400.3	399.08	400.79	3.09	0.53
39	Bridge							
38.9	Tr100	66.56	396.02	398.26	398.76	400.03	5.9	1.52
38.9	Tr200	72.61	396.02	398.35	398.88	400.24	6.09	1.53
38.9	Tr500	82.93	396.02	398.49	399.08	400.57	6.4	1.55
38	Tr100	66.56	385.24	387.23	387.68	388.58	5.16	1.44
38	Tr200	72.61	385.24	387.31	387.77	388.73	5.28	1.45
38	Tr500	82.93	385.24	387.44	387.89	388.98	5.49	1.47
37.2	Tr100	66.56	376.71	378.59	378.32	378.79	2.14	0.59
37.2	Tr200	72.61	376.71	378.64	378.37	378.86	2.21	0.59
37.2	Tr500	82.93	376.71	378.73	378.45	378.96	2.33	0.61
37.1	Tr100	66.56	376.77	378.33	378.33	378.71	2.86	0.88
37.1	Tr200	72.61	376.77	378.38	378.38	378.78	2.96	0.89
37.1	Tr500	82.93	376.77	378.46	378.46	378.89	3.07	0.89
37	Tr100	66.56	375.11	375.89	376.49	378.49	7.15	3.09
37	Tr200	72.61	375.11	375.93	376.56	378.55	7.17	3.01
37	Tr500	82.93	375.11	376.01	376.66	378.66	7.21	2.88
36.2	Tr100	66.56	375.29	376.16	376.57	377.51	5.14	1.93
36.2	Tr200	72.61	375.29	376.21	376.62	377.62	5.24	1.91
36.2	Tr500	82.93	375.29	376.3	376.74	377.79	5.4	1.87
36.1	Tr100	66.56	374.84	376.32	376.47	377.07	3.84	1.25
36.1	Tr200	72.61	374.84	376.36	376.54	377.18	4.01	1.28
36.1	Tr500	82.93	374.84	376.45	376.65	377.35	4.2	1.28

36	Tr100	66.56	367.69	370.63	370.63	371.6	4.35	1
36	Tr200	72.61	367.69	370.77	370.77	371.77	4.44	1
36	Tr500	82.93	367.69	370.97	370.97	372.04	4.58	1.01
35.1	Tr100	66.56	363.62	365.69	365.98	366.88	4.84	1.28
35.1	Tr200	72.61	363.62	365.78	366.09	367.04	4.97	1.29
35.1	Tr500	82.93	363.62	365.92	366.27	367.29	5.19	1.31
35	Bridge							
34.9	Tr100	66.56	363.62	365.97	365.98	366.8	4.04	1.01
34.9	Tr200	72.61	363.62	366.08	366.09	366.95	4.12	1.01
34.9	Tr500	82.93	363.62	366.26	366.27	367.18	4.26	1.01
34.2	Tr100	66.56	339.25	340.7	341.1	341.97	5.17	1.62
34.2	Tr200	72.61	339.25	341.47	341.15	341.7	2.47	0.59
34.2	Tr500	82.93	339.25	341.57	341.24	341.83	2.59	0.61
34.1	Tr100	66.56	339.13	341.08	341.08	341.51	3.19	0.85
34.1	Tr200	72.61	339.13	341.13	341.13	341.58	3.29	0.86
34.1	Tr500	82.93	339.13	341.22	341.22	341.7	3.45	0.88
34	Tr100	66.56	335.94	337.44	338.38	341.17	8.56	2.79
34	Tr200	72.61	335.94	337.53	338.49	341.25	8.54	2.7
34	Tr500	82.93	335.94	337.68	338.67	341.38	8.52	2.58
33.4	Tr100	66.56	334.21	336.46		336.65	1.93	0.5
33.4	Tr200	72.61	334.21	336.54		336.74	2	0.51
33.4	Tr500	82.93	334.21	336.66		336.89	2.12	0.52
33.3	Tr100	66.56	334.36	336.33		336.57	2.18	0.6
33.3	Tr200	72.61	334.36	336.4		336.66	2.25	0.61
33.3	Tr500	82.93	334.36	336.52		336.8	2.37	0.62
33.2	Tr100	66.56	334.28	336.23		336.51	2.31	0.65
33.2	Tr200	72.61	334.28	336.3		336.59	2.39	0.66
33.2	Tr500	82.93	334.28	336.42		336.74	2.51	0.67
33.1	Tr100	66.56	334.08	335.87	335.87	336.36	3.11	1
33.1	Tr200	72.61	334.08	335.94	335.94	336.45	3.18	1
33.1	Tr500	82.93	334.08	336.03	336.03	336.59	3.32	1
33	Tr100	66.56	333.38	335.83	335.16	336.16	2.63	0.56
33	Tr200	72.61	333.38	335.93	335.34	336.28	2.7	0.56
33	Tr500	82.93	333.38	336.08	335.53	336.46	2.83	0.58
32.4	Tr100	66.56	333.42	335.17	335.17	335.96	3.94	1.01
32.4	Tr200	72.61	333.42	335.35	335.35	336.1	3.85	0.93
32.4	Tr500	82.93	333.42	335.62	335.54	336.3	3.7	0.83

32.3	Tr100	66.56	332.93	334.92	334.89	335.69	3.89	0.97
32.3	Tr200	72.61	332.93	334.97	334.99	335.83	4.12	1.02
32.3	Tr500	82.93	332.93	335.16	335.14	336.06	4.2	0.99
32.2	Tr100	66.56	330.71	333.01	332.61	333.47	2.99	0.72
32.2	Tr200	72.61	330.71	333.12	332.72	333.6	3.08	0.72
32.2	Tr500	82.93	330.71	333.29	332.87	333.82	3.21	0.72
32.1	Tr100	66.56	330.52	332.49	332.49	333.26	3.89	1
32.1	Tr200	72.61	330.52	332.61	332.61	333.4	3.94	1
32.1	Tr500	82.93	330.52	332.77	332.77	333.61	4.07	1.01
32	Tr100	66.56	329.16	330.44	331.17	333.07	7.19	2.33
32	Tr200	72.61	329.16	330.51	331.28	333.2	7.27	2.28
32	Tr500	82.93	329.16	330.64	331.44	333.42	7.38	2.18
31.2	Tr100	66.56	329.38	331.72	331.29	332.14	2.92	0.65
31.2	Tr200	72.61	329.38	331.83	331.4	332.27	3	0.65
31.2	Tr500	82.93	329.38	331.09	331.56	332.61	5.46	1.47
31.1	Tr100	66.56	329.01	331.25	331.25	331.99	3.83	0.97
31.1	Tr200	72.61	329.01	331.35	331.35	332.12	3.9	0.96
31.1	Tr500	82.93	329.01	331.52	331.52	332.32	4	0.93
31	Tr100	66.56	327.68	329.52	330.18	331.83	6.73	2.15
31	Tr200	72.61	327.68	329.6	330.27	331.95	6.8	2.11
31	Tr500	82.93	327.68	329.73	330.44	332.16	6.91	2.05
30.4	Tr100	66.56	327.68	330.16	330.16	330.96	3.96	1
30.4	Tr200	72.61	327.68	330.25	330.25	331.1	4.07	1
30.4	Tr500	82.93	327.68	330.41	330.41	331.33	4.24	1
30.3	Tr100	66.56	325.54	328.24	327.76	328.54	2.54	0.57
30.3	Tr200	72.61	325.54	328.33	327.89	328.64	2.62	0.58
30.3	Tr500	82.93	325.54	328.46	328.05	328.8	2.76	0.59
30.2	Tr100	66.56	325.54	328.16	327.76	328.5	2.68	0.61
30.2	Tr200	72.61	325.54	328.25		328.6	2.76	0.62
30.2	Tr500	82.93	325.54	328.37		328.76	2.9	0.64
30.1	Tr100	66.56	325.69	327.81	327.81	328.43	3.55	0.9
30.1	Tr200	72.61	325.69	327.95	327.95	328.54	3.49	0.86
30.1	Tr500	82.93	325.69	328.08	328.08	328.69	3.61	0.86
30	Tr100	66.56	324.94	327.72	326.9	328.03	2.47	0.52
30	Tr200	72.61	324.94	327.83	326.99	328.15	2.55	0.53
30	Tr500	82.93	324.94	328	327.17	328.35	2.66	0.53
29.2	Tr100	66.56	325.05	327.65		327.99	2.59	0.56
29.2	Tr200	72.61	325.05	327.75		328.11	2.68	0.57

29.2	Tr500	82.93	325.05	327.91		328.3	2.81	0.58
29.1	Tr100	66.56	325.18	327.23	327.23	327.91	3.69	0.97
29.1	Tr200	72.61	325.18	327.32	327.32	328.03	3.77	0.96
29.1	Tr500	82.93	325.18	327.47	327.47	328.22	3.9	0.95
29	Tr100	66.56	323.25	325.09	325.91	327.71	7.16	2.09
29	Tr200	72.61	323.25	325.2	326.03	327.83	7.19	2.04
29	Tr500	82.93	323.25	325.36	326.21	328.02	7.22	1.97
28.1	Tr100	66.56	323.45	325.39	325.05	325.77	2.74	0.72
28.1	Tr200	72.61	323.45	325.49	325.13	325.89	2.81	0.72
28.1	Tr500	82.93	323.45	325.64	325.26	326.07	2.92	0.72
28	Bridge							
27.9	Tr100	66.56	323.45	325.27		325.72	2.98	0.8
27.9	Tr200	72.61	323.45	325.36		325.83	3.06	0.81
27.9	Tr500	82.93	323.45	325.49		326.01	3.2	0.81
27.1	Tr100	66.56	322.1	323.72	323.72	324.28	3.31	1.01
27.1	Tr200	72.61	322.1	323.8	323.8	324.38	3.38	1
27.1	Tr500	82.93	322.1	323.9	323.9	324.54	3.54	1.01
27	Tr100	66.56	320.2	322.16	322.72	324.13	6.23	2.26
27	Tr200	72.61	320.2	322.22	322.8	324.23	6.29	2.23
27	Tr500	82.93	320.2	322.32	322.93	324.39	6.38	2.15
26.1	Tr100	66.56	318.58	320.35	320.52	321.09	3.86	1
26.1	Tr200	72.61	318.58	320.4	320.61	321.21	4.06	1.03
26.1	Tr500	82.93	318.58	320.48	320.75	321.4	4.33	1.07
26	Tr100	66.56	313.56	314.21	315.16	320.52	11.13	5.05
26	Tr200	72.61	313.56	314.25	315.25	320.64	11.2	4.89
26	Tr500	82.93	313.56	314.32	315.39	320.82	11.3	4.66
25.1	Tr100	66.56	307.12	310.46	309.11	310.7	2.18	0.43
25.1	Tr200	72.61	307.12	310.65	309.21	310.9	2.22	0.43
25.1	Tr500	82.93	307.12	310.96	309.38	311.22	2.27	0.42
25	Bridge							
24.9	Tr100	66.56	307.12	308.59	309.11	310.34	5.85	1.72
24.9	Tr200	72.61	307.12	308.66	309.21	310.52	6.05	1.73
24.9	Tr500	82.93	307.12	308.77	309.38	310.83	6.36	1.76
24.1	Tr100	66.56	296.09	299	298.24	299.45	2.99	0.61
24.1	Tr200	72.61	296.09	299.18	298.36	299.65	3.03	0.6
24.1	Tr500	82.93	296.09	299.5	298.55	299.97	3.06	0.59

24		Bridge						
23.9	Tr100	66.56	296.09	298.24	298.24	299.17	4.27	1.01
23.9	Tr200	72.61	296.09	298.36	298.36	299.33	4.37	1
23.9	Tr500	82.93	296.09	298.55	298.55	299.6	4.54	1
23	Tr100	66.56	285.33	287.9	287.57	288.21	2.63	0.65
23	Tr200	72.61	285.33	288.05	287.66	288.34	2.55	0.6
23	Tr500	82.93	285.33	287.78	287.85	288.63	4.08	1.04
22.1	Tr100	66.56	278.02	282.11	280.46	282.48	2.69	0.44
22.1	Tr200	72.61	278.02	282.56	280.6	282.9	2.59	0.4
22.1	Tr500	82.93	278.02	283.48	280.82	283.7	2.2	0.31
22		Bridge						
21.9	Tr100	66.56	278.02	279.74	280.46	282.2	6.95	1.8
21.9	Tr200	72.61	278.02	279.77	280.6	282.58	7.43	1.9
21.9	Tr500	82.93	278.02	279.81	280.82	283.29	8.26	2.09
21.1	Tr100	66.56	276.92	278.19	278.4	279.01	4.07	1.24
21.1	Tr200	72.61	276.92	278.23	278.47	279.13	4.27	1.28
21.1	Tr500	82.93	276.92	278.3	278.58	279.31	4.56	1.33
21	Tr100	66.56	274.12	276.24	276.96	278.81	7.11	2.52
21	Tr200	72.61	274.12	276.3	277.04	278.93	7.18	2.46
21	Tr500	82.93	274.12	276.41	277.18	279.12	7.3	2.38
20.6	Tr100	66.56	275	276.72	276.55	277.3	3.36	0.85
20.6	Tr200	72.61	275	276.82	276.64	277.43	3.45	0.85
20.6	Tr500	82.93	275	277.01	276.78	277.64	3.51	0.86
20.5	Tr100	66.56	275	276.55	276.55	277.27	3.77	1
20.5	Tr200	72.61	275	276.64	276.64	277.4	3.88	1.01
20.5	Tr500	82.93	275	276.78	276.78	277.61	4.03	1.01
20.4	Tr100	66.56	273.83	274.73	275.4	277.1	6.83	2.33
20.4	Tr200	72.61	273.83	274.79	275.49	277.23	6.91	2.28
20.4	Tr500	82.93	273.83	274.91	275.64	277.44	7.05	2.2
20.1	Tr100	66.56	272.28	273.7	274.4	276.09	6.85	2.11
20.1	Tr200	72.61	272.28	273.78	274.5	276.27	6.99	2.09
20.1	Tr500	82.93	272.28	273.9	274.67	276.53	7.18	2.04
20		Bridge						
19.9	Tr100	66.56	272.28	273.83	274.4	275.74	6.13	1.79
19.9	Tr200	72.61	272.28	273.9	274.5	275.92	6.29	1.78
19.9	Tr500	82.93	272.28	274.03	274.67	276.2	6.52	1.76

19.1	Tr100	66.56	271.47	273.03	273.32	274.23	4.86	1.34
19.1	Tr200	72.61	271.47	273.1	273.42	274.39	5.03	1.35
19.1	Tr500	82.93	271.47	273.22	273.57	274.65	5.3	1.37
19	Tr100	66.56	270.19	272.13	272.73	274.15	6.29	1.94
19	Tr200	72.61	270.19	272.21	272.83	274.3	6.42	1.92
19	Tr500	82.93	270.19	272.32	272.99	274.57	6.63	1.89
18.1	Tr100	66.56	268.68	270.22	270.45	271.33	4.68	1.26
18.1	Tr200	72.61	268.68	270.3	270.55	271.48	4.82	1.26
18.1	Tr500	82.93	268.68	270.44	270.72	271.73	5.05	1.27
18	Tr100	66.56	268.09	270.62	269.77	270.98	2.64	0.54
18	Tr200	72.61	268.09	270.75	269.87	271.13	2.74	0.55
18	Tr500	82.93	268.09	270.95	270.03	271.38	2.9	0.56
17.5	Tr100	66.56	267.88	270.6		270.91	2.46	0.48
17.5	Tr200	72.61	267.88	270.72		271.05	2.56	0.49
17.5	Tr500	82.93	267.88	270.92		271.3	2.72	0.51
17.4	Tr100	66.56	268.33	270.01	270.01	270.84	4.02	1.01
17.4	Tr200	72.61	268.33	270.11	270.11	270.98	4.13	1
17.4	Tr500	82.93	268.33	270.28	270.28	271.22	4.31	1
17.3	Tr100	66.56	267.52	268.58	269.2	270.7	6.45	2.01
17.3	Tr200	72.61	267.52	268.66	269.3	270.85	6.55	1.97
17.3	Tr500	82.93	267.52	268.79	269.47	271.08	6.71	1.92
17.2	Tr100	66.56	266.85	267.81	268.54	270.44	7.18	2.36
17.2	Tr200	72.61	266.85	267.88	268.64	270.59	7.29	2.31
17.2	Tr500	82.93	266.85	268	268.8	270.84	7.46	2.24
17.1	Tr100	66.56	264.93	266.38	266.65	267.44	4.58	1.38
17.1	Tr200	72.61	264.93	266.44	266.73	267.58	4.74	1.39
17.1	Tr500	82.93	264.93	266.54	266.87	267.81	4.99	1.41
17	Bridge							
16.9	Tr100	66.56	264.93	266.64	266.65	267.34	3.7	1.01
16.9	Tr200	72.61	264.93	266.73	266.73	267.46	3.81	1.01
16.9	Tr500	82.93	264.93	266.86	266.87	267.67	3.97	1.01
16.1	Tr100	66.56	263.94	265.31	265.35	265.99	3.65	1.05
16.1	Tr200	72.61	263.94	265.4	265.43	266.1	3.72	1.04
16.1	Tr500	82.93	263.94	265.44	265.55	266.3	4.13	1.14
16	Tr100	66.56	262.16	262.76	263.45	265.76	7.67	3.16
16	Tr200	72.61	262.16	262.81	263.53	265.87	7.75	3.08
16	Tr500	82.93	262.16	262.89	263.65	266.07	7.9	2.97

15.1	Tr100	66.56	257.33	259.22	259.42	260.16	4.3	1.17
15.1	Tr200	72.61	257.33	259.3	259.53	260.3	4.43	1.17
15.1	Tr500	82.93	257.33	259.41	259.67	260.52	4.66	1.19
15	Tr100	66.56	253.58	257.26	255.09	257.38	1.55	0.26
15	Tr200	72.61	253.58	257.36	255.18	257.49	1.64	0.27
15	Tr500	82.93	253.58	257.51	255.32	257.67	1.8	0.29
14.1	Tr100	66.56	254.74	256.6	256.6	257.22	3.51	0.89
14.1	Tr200	72.61	254.74	256.69	256.69	257.33	3.6	0.89
14.1	Tr500	82.93	254.74	256.83	256.83	257.5	3.71	0.88
14	Tr100	66.56	251.45	252.37	253.31	256.83	9.36	3.53
14	Tr200	72.61	251.45	252.43	253.4	256.93	9.4	3.41
14	Tr500	82.93	251.45	252.53	253.57	257.1	9.47	3.24
13.1	Tr100	66.56	243.47	245.99	245.37	246.43	2.94	0.62
13.1	Tr200	72.61	243.47	246.19	245.47	246.63	2.95	0.6
13.1	Tr500	82.93	243.47	246.53	245.63	246.98	2.96	0.56
13	Bridge							
12.9	Tr100	66.56	243.47	245.76	245.37	246.31	3.28	0.73
12.9	Tr200	72.61	243.47	245.87	245.47	246.46	3.39	0.74
12.9	Tr500	82.93	243.47	246.06	245.63	246.7	3.56	0.74
12.85	Tr100	66.56	243.56	245.38	245.38	246.22	4.05	1
12.85	Tr200	72.61	243.56	245.48	245.48	246.37	4.17	1
12.85	Tr500	82.93	243.56	245.65	245.65	246.61	4.35	1
12.8	Tr100	66.56	242.54	243.6	244.31	246.05	6.94	2.2
12.8	Tr200	72.61	242.54	243.68	244.4	246.2	7.04	2.16
12.8	Tr500	82.93	242.54	243.8	244.57	246.44	7.2	2.1
12.7	Tr100	66.56	242.51	243.6	244.28	245.95	6.79	2.13
12.7	Tr200	72.61	242.51	243.68	244.38	246.1	6.89	2.09
12.7	Tr500	82.93	242.51	243.8	244.55	246.34	7.06	2.04
12.6	Tr100	66.56	242.44	243.53	244.21	245.87	6.78	2.12
12.6	Tr200	72.61	242.44	243.61	244.31	246.02	6.89	2.09
12.6	Tr500	82.93	242.44	243.73	244.47	246.27	7.06	2.03
12.1	Tr100	66.56	237.4	238.74	239.16	240.16	5.27	1.61
12.1	Tr200	72.61	237.4	238.81	239.25	240.31	5.44	1.62
12.1	Tr500	82.93	237.4	238.91	239.4	240.56	5.7	1.63
12	Tr100	66.56	236.72	237.8	238.46	240.07	6.68	2.19
12	Tr200	72.61	236.72	237.87	238.55	240.23	6.81	2.16
12	Tr500	82.93	236.72	237.98	238.71	240.48	7.01	2.13

11	Tr100	66.56	234.56	236.32	236.55	237.42	4.64	1.25
11	Tr200	72.61	234.56	236.41	236.66	237.57	4.76	1.25
11	Tr500	82.93	234.56	236.55	236.83	237.8	4.95	1.25
10.5	Tr100	66.56	234.12	235.37	235.96	237.31	6.17	1.83
10.5	Tr200	72.61	234.12	235.46	236.07	237.46	6.27	1.8
10.5	Tr500	82.93	234.12	235.6	236.24	237.7	6.42	1.76
10.4	Tr100	66.56	234.12	235.38	235.96	237.31	6.17	1.83
10.4	Tr200	72.61	234.12	235.46	236.07	237.46	6.27	1.8
10.4	Tr500	82.93	234.12	235.6	236.24	237.7	6.42	1.76
10.3	Tr100	66.56	233.07	234.09	234.93	237.18	7.79	2.52
10.3	Tr200	72.61	233.07	234.17	235.04	237.33	7.88	2.46
10.3	Tr500	82.93	233.07	234.29	235.22	237.57	8.02	2.37
10.1	Tr100	66.56	232.7	234.48	234.48	235.16	3.65	1
10.1	Tr200	72.61	232.7	234.57	234.57	235.28	3.74	1
10.1	Tr500	82.93	232.7	234.56	234.71	235.5	4.29	1.15
10	Tr100	66.56	232.2	233.79	234.17	235.09	5.06	1.56
10	Tr200	72.61	232.2	233.87	234.26	235.21	5.14	1.54
10	Tr500	82.93	232.2	233.97	234.4	235.44	5.37	1.55
9.2	Tr100	66.56	230.66	231.56	231.96	232.93	5.18	1.77
9.2	Tr200	72.61	230.66	231.61	232.04	233.07	5.36	1.78
9.2	Tr500	82.93	230.66	231.69	232.17	233.3	5.63	1.8
9.15	Tr100	66.56	229.86	230.62	231.22	232.83	6.59	2.51
9.15	Tr200	72.61	229.86	230.67	231.29	232.97	6.72	2.48
9.15	Tr500	82.93	229.86	230.75	231.42	233.2	6.94	2.44
9.1	Tr100	66.56	229.16	230.26	230.72	231.81	5.52	1.91
9.1	Tr200	72.61	229.16	230.3	230.8	231.97	5.72	1.93
9.1	Tr500	82.93	229.16	230.38	230.93	232.22	6.02	1.95
9	Bridge							
8.9	Tr100	66.56	229.16	230.34	230.72	231.63	5.01	1.66
8.9	Tr200	72.61	229.16	230.39	230.8	231.78	5.23	1.69
8.9	Tr500	82.93	229.16	230.46	230.93	232.03	5.56	1.73
8.2	Tr100	66.56	228.2	229.89	230	230.8	4.21	1.11
8.2	Tr200	72.61	228.2	230	230.1	230.93	4.28	1.09
8.2	Tr500	82.93	228.2	230.2	230.31	231.15	4.31	1.11
8	Tr100	66.56	226.79	228.4	229.01	230.57	6.52	2.28
8	Tr200	72.61	226.79	228.46	229.1	230.7	6.64	2.24
8	Tr500	82.93	226.79	228.56	229.24	230.91	6.79	2.17

7.1	Tr100	66.56	226.65	228.12	228.47	229.33	4.88	1.64
7.1	Tr200	72.61	226.65	228.16	228.54	229.48	5.1	1.68
7.1	Tr500	82.93	226.65	228.23	228.67	229.72	5.42	1.72
7	Tr100	66.56	226.52	227.68	228.16	229.29	5.61	1.93
7	Tr200	72.61	226.52	227.73	228.24	229.44	5.79	1.95
7	Tr500	82.93	226.52	227.82	228.36	229.68	6.06	1.95
6.1	Tr100	66.56	226.46	228.15	228.15	228.82	3.63	1
6.1	Tr200	72.61	226.46	228.27	228.27	228.93	3.61	1.01
6.1	Tr500	82.93	226.46	228.4	228.4	229.12	3.75	1
6	Tr100	66.56	225.21	226.46	227.06	228.67	6.58	2.5
6	Tr200	72.61	225.21	226.52	227.13	228.77	6.65	2.44
6	Tr500	82.93	225.21	226.61	227.27	228.95	6.78	2.35
5.8	Tr100	66.56	225.04	227.5	226.47	227.7	1.97	0.42
5.8	Tr200	72.61	225.04	227.62	226.55	227.83	2.04	0.42
5.8	Tr500	82.93	225.04	227.82	226.68	228.05	2.15	0.43
5.75	Tr100	66.56	225.51	226.98	226.98	227.43	3.31	0.88
5.75	Tr200	72.61	225.51	226.99	226.99	227.52	3.57	0.95
5.75	Tr500	82.93	225.51	227.1	227.1	227.66	3.74	0.96
5.7	Tr100	66.56	223	226.72	224.69	226.88	1.73	0.29
5.7	Tr200	72.61	223	226.85	224.79	227.02	1.82	0.3
5.7	Tr500	82.93	223	227.12	224.95	227.27	1.77	0.28
5.65	Tr100	66.56	224.35	225.96	225.96	226.75	3.94	1
5.65	Tr200	72.61	224.35	226.06	226.06	226.89	4.04	1
5.65	Tr500	82.93	224.35	226.21	226.21	227.13	4.23	1
5.6	Tr100	66.56	222.4	225.94	224.16	226.12	1.87	0.33
5.6	Tr200	72.61	222.4	226.07	224.25	226.27	1.96	0.34
5.6	Tr500	82.93	222.4	226.28	224.41	226.51	2.11	0.35
5.55	Tr100	66.56	223.58	225.2	225.2	226	3.96	1
5.55	Tr200	72.61	223.58	225.3	225.3	226.15	4.08	1
5.55	Tr500	82.93	223.58	225.46	225.46	226.38	4.26	1
5.5	Tr100	66.56	221.77	225.52	223.58	225.68	1.8	0.31
5.5	Tr200	72.61	221.77	225.65	223.68	225.83	1.9	0.32
5.5	Tr500	82.93	221.77	225.87	223.85	226.08	2.04	0.33
5.45	Tr100	66.56	223.06	224.86	224.75	225.56	3.7	0.9
5.45	Tr200	72.61	223.06	224.99	224.85	225.71	3.77	0.89
5.45	Tr500	82.93	223.06	225.19	225	225.95	3.86	0.87
5.4	Tr100	66.56	222.49	225.12		225.45	2.56	0.52
5.4	Tr200	72.61	222.49	225.24		225.6	2.67	0.53

5.4	Tr500	82.93	222.49	225.44		225.85	2.82	0.54
5.1	Tr100	66.56	222.45	224.9	224.48	225.41	3.15	0.71
5.1	Tr200	72.61	222.45	225.01	224.58	225.55	3.26	0.72
5.1	Tr500	82.93	222.45	225.21	224.74	225.8	3.4	0.72
5	Bridge							
4.9	Tr100	66.56	222.45	224.48	224.48	225.29	3.99	1.01
4.9	Tr200	72.61	222.45	224.58	224.58	225.44	4.1	1.01
4.9	Tr500	82.93	222.45	224.74	224.74	225.67	4.28	1.01
4.85	Tr100	66.56	220.49	221.7	222.53	225.04	8.09	2.75
4.85	Tr200	72.61	220.49	221.77	222.63	225.18	8.18	2.74
4.85	Tr500	82.93	220.49	221.88	222.79	225.41	8.33	2.71
4.55	Tr100	66.56	220.35	221.81	222.5	224.18	6.82	2.13
4.55	Tr200	72.61	220.35	221.89	222.6	224.35	6.96	2.1
4.55	Tr500	82.93	220.35	222.01	222.76	224.59	7.11	2.1
4.5	Tr100	66.56	219.8	221.15	221.95	224.12	7.63	2.51
4.5	Tr200	72.61	219.8	221.22	222.05	224.29	7.76	2.47
4.5	Tr500	82.93	219.8	221.34	222.21	224.52	7.9	2.38
4.45	Tr100	66.56	219.74	221.39	221.89	223.09	5.78	1.71
4.45	Tr200	72.61	219.74	221.45	221.99	223.28	5.99	1.73
4.45	Tr500	82.93	219.74	221.58	222.15	223.53	6.18	1.7
4.4	Tr100	66.56	219.17	220.62	221.32	223.02	6.85	2.14
4.4	Tr200	72.61	219.17	220.69	221.41	223.21	7.03	2.13
4.4	Tr500	82.93	219.17	220.82	221.58	223.45	7.19	2.13
4.35	Tr100	66.56	219.11	220.86	221.25	222.29	5.29	1.5
4.35	Tr200	72.61	219.11	220.93	221.35	222.45	5.46	1.51
4.35	Tr500	82.93	219.11	221.06	221.52	222.72	5.71	1.51
4.3	Tr100	66.56	218.58	220.11	220.73	222.22	6.44	1.95
4.3	Tr200	72.61	218.58	220.18	220.83	222.38	6.57	1.93
4.3	Tr500	82.93	218.58	220.3	220.99	222.65	6.79	1.96
4.25	Tr100	66.56	218.52	220.66	220.66	221.49	4.04	1.01
4.25	Tr200	72.61	218.52	220.76	220.76	221.64	4.16	1.01
4.25	Tr500	82.93	218.52	220.92	220.93	221.88	4.35	1.01
4.2	Tr100	66.56	217.98	219.59	220.12	221.39	5.94	1.76
4.2	Tr200	72.61	217.98	219.67	220.22	221.54	6.06	1.76
4.2	Tr500	82.93	217.98	219.8	220.39	221.78	6.22	1.72
4.15	Tr100	66.56	217.77	219.92	219.92	220.75	4.04	1.01
4.15	Tr200	72.61	217.77	220.01	220.01	220.9	4.16	1.01

4.15	Tr500	82.93	217.77	220.18	220.18	221.14	4.35	1.01
4.14	Tr100	66.56	217.26	218.88	219.41	220.65	5.89	1.76
4.14	Tr200	72.61	217.26	218.97	219.51	220.8	6	1.74
4.14	Tr500	82.93	217.26	219.1	219.67	221.04	6.17	1.7
4.1	Tr100	66.56	217	219.51	219.15	220.07	3.3	0.74
4.1	Tr200	72.61	217	219.63	219.24	220.22	3.41	0.75
4.1	Tr500	82.93	217	219.81	219.41	220.46	3.58	0.75
4	Bridge							
3.9	Tr100	66.56	217	219.46	219.15	220.05	3.39	0.77
3.9	Tr200	72.61	217	219.57	219.24	220.2	3.5	0.78
3.9	Tr500	82.93	217	219.75	219.41	220.44	3.67	0.78
3.4	Tr100	66.56	217	219.14	219.14	219.98	4.04	1.01
3.4	Tr200	72.61	217	219.24	219.24	220.13	4.16	1.01
3.4	Tr500	82.93	217	219.41	219.41	220.37	4.34	1.01
3.3	Tr100	66.56	216.47	218.09	218.62	219.88	5.93	1.78
3.3	Tr200	72.61	216.47	218.17	218.72	220.02	6.04	1.75
3.3	Tr500	82.93	216.47	218.3	218.88	220.27	6.21	1.71
3.1	Tr100	66.56	215.71	218.87	217.88	219.2	2.52	0.5
3.1	Tr200	72.61	215.71	219.01	217.98	219.35	2.62	0.51
3.1	Tr500	82.93	215.71	219.22	218.14	219.61	2.77	0.52
3	Bridge							
2.99	Tr100	66.56	215.71	218.8		219.15	2.59	0.52
2.99	Tr200	72.61	215.71	218.93		219.3	2.69	0.53
2.99	Tr500	82.93	215.71	219.14		219.55	2.85	0.54
2.95	Tr100	66.56	215.71	218.19	218.19	219.03	4.05	1
2.95	Tr200	72.61	215.71	218.29	218.29	219.18	4.18	1
2.95	Tr500	82.93	215.71	218.46	218.46	219.43	4.36	1
2.9	Tr100	66.56	215.22	217.05	217.7	218.93	6.07	1.62
2.9	Tr200	72.61	215.22	217.16	217.81	219.08	6.14	1.59
2.9	Tr500	82.93	215.22	217.34	217.97	219.33	6.24	1.54
2.85	Tr100	66.56	214.96	217.16	217.44	218.32	4.77	1.15
2.85	Tr200	72.61	214.96	217.31	217.54	218.47	4.78	1.16
2.85	Tr500	82.93	214.96	217.71	217.71	218.68	4.36	1
2.8	Tr100	66.56	214.43	216.2	216.91	218.24	6.33	1.72
2.8	Tr200	72.61	214.43	216.31	217.01	218.39	6.39	1.68
2.8	Tr500	82.93	214.43	218.12	217.18	218.23	1.82	0.34

2.75	Tr100	66.56	214.39	216.88	216.88	217.72	4.06	1
2.75	Tr200	72.61	214.39	216.98	216.98	217.87	4.18	1
2.75	Tr500	82.93	214.39	217.14	217.14	218.11	4.37	1
2.7	Tr100	66.56	213.85	215.65	216.33	217.6	6.19	1.67
2.7	Tr200	72.61	213.85	215.76	216.43	217.76	6.26	1.64
2.7	Tr500	82.93	213.85	217.47	216.6	217.59	1.89	0.36
2.65	Tr100	66.56	213.76	216.24	216.24	217.08	4.06	1
2.65	Tr200	72.61	213.76	216.34	216.34	217.23	4.18	1
2.65	Tr500	82.93	213.76	216.5	216.5	217.48	4.37	1
2.6	Tr100	66.56	213.24	215.04	215.72	216.97	6.15	1.65
2.6	Tr200	72.61	213.24	215.16	215.82	217.12	6.2	1.62
2.6	Tr500	82.93	213.24	216.9	215.99	217.02	1.85	0.35
2.55	Tr100	66.56	213.18	215.67	215.67	216.51	4.06	1
2.55	Tr200	72.61	213.18	215.77	215.77	216.66	4.17	1
2.55	Tr500	82.93	213.18	215.94	215.94	216.9	4.36	1
2.5	Tr100	66.56	212.72	214.56	215.2	216.4	6.02	1.6
2.5	Tr200	72.61	212.72	214.67	215.31	216.56	6.08	1.57
2.5	Tr500	82.93	212.72	216.31	215.47	216.44	1.9	0.37
2.45	Tr100	66.56	212.61	214.76	215.09	215.99	4.9	1.2
2.45	Tr200	72.61	212.61	214.94	215.19	216.13	4.83	1.18
2.45	Tr500	82.93	212.61	215.35	215.35	216.33	4.37	1
2.4	Tr100	66.56	212.05	213.8	214.53	215.9	6.43	1.76
2.4	Tr200	72.61	212.05	213.91	214.64	216.04	6.46	1.71
2.4	Tr500	82.93	212.05	215.7	214.8	215.82	1.86	0.35
2.3	Tr100	66.56	212.05	213.97	214.53	215.62	5.7	1.49
2.3	Tr200	72.61	212.05	214.1	214.64	215.77	5.73	1.44
2.3	Tr500	82.93	212.05	215.69	214.8	215.81	1.86	0.35
2.25	Tr100	66.56	211.98	214.46	214.46	215.3	4.06	1
2.25	Tr200	72.61	211.98	214.56	214.56	215.45	4.18	1
2.25	Tr500	82.93	211.98	214.72	214.72	215.7	4.37	1
2.2	Tr100	66.56	211.43	213.22	213.91	215.19	6.21	1.67
2.2	Tr200	72.61	211.43	213.33	214.01	215.34	6.27	1.64
2.2	Tr500	82.93	211.43	214.9	214.18	215.12	2.35	0.46
2.15	Tr100	66.56	211.26	213.37	213.74	214.66	5.04	1.24
2.15	Tr200	72.61	211.26	213.52	213.84	214.82	5.05	1.2
2.15	Tr500	82.93	211.26	214	214	214.98	4.37	1
2.1	Tr100	66.56	210.79	212.56	213.27	214.59	6.31	1.71
2.1	Tr200	72.61	210.79	212.67	213.37	214.74	6.38	1.68

2.1	Tr500	82.93	210.79	214.25	213.54	214.48	2.36	0.46
2.05	Tr100	66.56	210.67	212.45	213.16	214.47	6.3	1.71
2.05	Tr200	72.61	210.67	212.56	213.26	214.62	6.37	1.68
2.05	Tr500	82.93	210.67	214.32	213.42	214.44	1.86	0.35
2	Bridge							
1.95	Tr100	66.56	210.67	212.7	213.16	214.14	5.31	1.34
1.95	Tr200	72.61	210.67	212.83	213.26	214.29	5.36	1.31
1.95	Tr500	82.93	210.67	214.3	213.42	214.43	1.87	0.36
1	Tr100	66.56	210.16	212.97	212.41	213.43	2.99	0.65
1	Tr200	72.61	210.16	213.11	212.51	213.59	3.07	0.65
1	Tr500	82.93	210.16	213.33	212.67	213.85	3.19	0.64
0.95	Bridge							
0.9	Tr100	66.56	210.16	212.89	212.41	213.38	3.11	0.69
0.9	Tr200	72.61	210.16	213.03	212.51	213.54	3.18	0.68
0.9	Tr500	82.93	210.16	213.25	212.67	213.81	3.3	0.67

BIBLIOGRAFIA E RIFERIMENTI

- [1] Autorità di bacino del fiume Po: Direttiva sulla piena di progetto da assumere per le progettazioni e le verifiche di compatibilità idraulica – Allegato al P.A.I. – Parma 2001;
- [2] Autorità di bacino del fiume Po: Direttiva contenente i criteri per la valutazione della compatibilità idraulica delle infrastrutture pubbliche e di interesse pubblico all'interno delle fasce "A" e "B" – Allegato al P.A.I. – Parma 2001;
- [3] Chow, Maidment, Mays: Applied Hydrology – Mc Graw Hill, New York 1988;
- [4] Ugo Maione: Le piene fluviali – La Goliardica Pavese, Milano, novembre 1995;
- [5] Luigi Da Deppo, Claudio Datei, Paolo Salandin: Sistemazione dei corsi d'acqua – Libreria Cortina, Padova, gennaio 1977;
- [6] United States Geological Survey: Guide for selecting Manning's roughness coefficients for natural channels and flood plains – Water Supply, Paper 2339 – (1989);
- [7] Università degli Studi di Padova: Rinaldo et al. per Agenzia Interregionale per il fiume Po : Modello matematico della risposta idrologica del fiume Tanaro – Parma, ottobre 2004;
- [8] Mario Fugazza: Corso di sistemazioni fluviali – Università degli Studi di Pavia, Dipartimento di Ingegneria Idraulica e Ambientale – AA 2004/05;
- [9] A.K. Barbhuya, S. Dey: Local Scour at abutments: a review – 2003/04;
- [10] Valeria Mezzera: Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico – verifica della delimitazione delle Fasce Fluviali e predisposizione controdeduzioni – Comunità Montana della Valchiavenna, Chiavenna (SO), 2000;
- [11] U. Moisello, G. Malusardi: Gli effetti della regolazione sulle portate dell'Adda e sulle piene del Lago di Como – Consorzio dell'Adda, pubblicazione n. 12 – Milano 2003.