

COMUNE DI NOLE



PROVINCIA DI TORINO

**LAVORI DI SISTEMAZIONE IDRAULICA DEL
TORRENTE STURA DI LANZO NEI COMUNI DI
LANZO T.SE, BALANGERO, MATHI, CAFASSE
VILLANOVA C.SE E NOLE - 2° LOTTO**

PROGETTO ESECUTIVO

RELAZIONE IDROLOGICA ED IDRAULICA

ELABORATO : **0.6**

DATA : **Luglio 2014**

COMMITTENTE:

COMUNE DI NOLE

Via Torino, 127 - 10076 Nole (TO)

info@comune.nole.to.it

Tel. 011.9299711

RESPONSABILE DEL PROCEDIMENTO:

Arch. Fabrizio ROCCHIETTI

VISTO PROTOCOLLO:

PROGETTO:

ARCHINGEO Srl

Via Monte Angiolino, 2 - 10074 Lanzo T.se

archingeo@archingeoengineering.it

Tel/fax 0123.28716

Collaborazioni specialistiche:

Dott. Ing. Andrea ZAMPERONE

PROGETTISTA:

Ing. MARCHETTO Fabrizio

REVISIONI

N°	Data	Motivo della revisione

INDICE

INDICE.....	1
1. PREMESSA	3
2. QUADRO NORMATIVO	4
2.1. CRITERI PER LA VALUTAZIONE DELLA COMPATIBILITÀ IDRAULICA DELLE INFRASTRUTTURE PUBBLICHE E DI INTERESSE PUBBLICO ALL'INTERNO DELLE FASCE "A" E "B"	4
3. UBICAZIONE E MORFOLOGIA DEL BACINO IDROGRAFICO	6
3.1. UBICAZIONE E MORFOLOGIA DELL'AREA DI INDAGINE	7
4. ANALISI IDROLOGICA ED IDRAULICA.....	9
4.1. ANALISI IDROLOGICA	9
4.1.1. Caratteristiche generali	9
4.1.2. Definizione delle portate di piena	9
4.1.3. Le distribuzioni di probabilita'	12
4.1.4. I test statistici	14
4.1.5. Elaborazioni svolte	14
4.1.6. Calcolo della portata di piena a grange di nole	15
5. METODOLOGIA DI VERIFICA	17
5.1. Criteri di calcolo	17
5.2. Codice di calcolo HEC RAS	18
5.3. Definizione della scabrezza	21
6. VERIFICA IDRAULICA	25
6.1. Condizioni geometriche	25
6.2. Resistenza al moto.....	28
6.3. Condizioni di deflusso	29
6.4. Verifica al trascinamento (Shields).....	30
6.5. VERIFICA DELLA SAVANELLA IN PROGETTO	33
7. CONCLUSIONI.....	34
8. ALLEGATO 1 – ELABORAZIONI STATISTICHE DELLE PORTATE AL COLMO	36
9. ALLEGATO 2 – ELABORAZIONI IN MOTO PERMANENTE MONODIMENSIONALE IN HEC-RAS – STATO DI FATTO.....	37

1. PREMESSA

Il sottoscritto ing. Andrea Zamperone, iscritto all'ordine degli ingegneri della Provincia di Biella al n. 352 A, è stato incaricato dallo studio tecnico associato Archingeo di redigere la verifica di compatibilità idraulica di un intervento di difesa spondale lungo la sponda destra del T. Stura di Lanzo, ubicato in località Grange di Nole del Comune di Nole Canavese (TO).

Lo studio idraulico è stato così articolato:

- *sopralluogo di campagna finalizzato alla comprensione dei luoghi;*
- *esecuzione delle elaborazioni idrauliche, secondo le metodologie descritte nel seguito della presente relazione;*
- *formazione di un modello digitale del terreno (DTM) mediante rilievo di dettaglio a terra con stazione totale, in grado di descrivere la geometria dell'alveo e delle aree limitrofe;*
- *nella fase di restituzione sono stati rilevati i principali elementi caratteristici del terreno, come il fondo del corso d'acqua e la sommità delle sponde fluviali, base e sommità dei rilevati stradali, i rilevati arginali, le infrastrutture presenti, oltre a numerosi punti quotati utili alla descrizione geometrica del territorio;*
- *a partire dal modello digitale del terreno (DTM) è stato quindi possibile ottenere, mediante l'interpolazione dei punti quotati, una rappresentazione tridimensionale dell'area di studio;*
- *sulla base del modello tridimensionale del terreno e delle portate di piena con tempi di ritorno pari a 20, 100 e 200 anni è stata infine effettuata una valutazione preliminare relativa alla compatibilità idraulica dell'intervento in progetto;*
- *la modellazione idraulica è stata effettuata in moto permanente monodimensionale mediante l'utilizzo del software HEC RAS;*
- *sulla base delle risultanze di cui ai punti precedenti si è proceduto alla stesura della presente nota tecnica.*

Torino, 29 giugno 2012

Dott. Ing. Andrea Zamperone

2. QUADRO NORMATIVO

2.1. CRITERI PER LA VALUTAZIONE DELLA COMPATIBILITÀ IDRAULICA DELLE INFRASTRUTTURE PUBBLICHE E DI INTERESSE PUBBLICO ALL'INTERNO DELLE FASCE "A" E "B".

Il presente studio idrologico ed idraulico è stato redatto secondo le indicazioni della Direttiva n. 2, contenente i criteri per la valutazione della compatibilità idraulica delle infrastrutture pubbliche e di interesse pubblico all'interno delle fasce "A" e "B" approvata con deliberazione del comitato istituzionale n. 2 dell'11 maggio 1999.

La Direttiva n. 2, già approvata con deliberazione del Comitato Istituzionale n. 2/99 e vigente ai sensi dell'art. 15 delle Norme di attuazione del Piano Stralcio delle Fasce Fluviali (PSFF) per l'ambito territoriale interessato dalla zonizzazione della regione fluviale dello stesso PSFF, è estesa all'intero ambito territoriale di riferimento del Piano stralcio per l'Assetto Idrogeologico (PAI) di cui al Titolo II delle relative Norme di attuazione.

Obiettivo dello studio è di quantificare gli effetti prodotti dall'intervento in progetto nei confronti delle condizioni idrauliche attuali del tratto di corso da quelle attuali. Lo studio si compone dei seguenti punti, che costituiscono la caratterizzazione conoscitiva del sistema fluviale e la valutazione degli effetti ascrivibili al progetto di intervento:

- assetto geometrico dell'alveo,
- caratteristiche morfologiche dell'alveo,
- caratteristiche granulometriche del materiale d'alveo,
- caratteristiche ambientali e paesistiche della regione fluviale,
- portate di piena,
- opere di difesa idraulica,
- manufatti interferenti,
- modalità di deflusso in piena,
- effetti degli interventi in progetto.

L'ampiezza e l'approfondimento delle indagini e delle valutazioni relative a ciascuno dei punti sopra indicati devono essere commisurati all'importanza dell'intervento e alla rilevanza delle interazioni indotte con l'assetto idraulico del corso d'acqua interessato.

E' opportuno pertanto che tutti i punti sopra indicati siano contenuti nello studio, con l'indicazione, per ciascuno di essi, del livello di approfondimento trattato, in rapporto alle specifiche esigenze delle valutazioni di compatibilità collegate all'infrastruttura in progetto. Le specifiche tecniche di seguito riportate indicano in generale le procedure da seguire per le rappresentazioni conoscitive e per l'analisi dei fenomeni idrodinamici, il cui livello di approfondimento e dettaglio va pertanto commisurato caso per caso alle caratteristiche dell'intervento in progetto.

All'interno dello studio di compatibilità è riportata una sintetica descrizione delle caratteristiche generali dell'intervento in progetto, con l'evidenziazione in particolare delle componenti dello stesso che rivestono importanza ai fini delle interazioni con le condizioni morfologiche e idrauliche del corso d'acqua o che costituiscono elemento di controllo e mitigazione delle stesse.

3. UBICAZIONE E MORFOLOGIA DEL BACINO IDROGRAFICO

Il bacino dello Stura di Lanzo ha una superficie complessiva di 855 km² (1,2% della superficie del bacino del Po), di cui l'82% in ambito montano. Il bacino è delimitato ad ovest dallo spartiacque alpino compreso tra il massiccio della Levanna e quello del Rocciamelone, mentre a nord la dorsale montuosa, che va dalla Levanna al Monte Soglio, lo separa dalla valle dell'Orco; a sud il crinale tra il Rocciamelone e Monte Colombano lo divide dalla valle della Dora Riparia.

Nella parte alta del bacino il reticolo principale è costituito dalla Stura d'Ala e dalla Stura di Val Grande che confluiscono a Ceres dando origine alla Stura di Lanzo in cui più a valle, in località Funghera, confluisce la Stura di Viù. A Lanzo Torinese la Stura sbocca nella pianura canavesana, in corrispondenza della confluenza del torrente Tesso.

L'attuale percorso di pianura della Stura di Lanzo è volto in direzione sud-est e fiancheggia in destra gli antichi terrazzamenti alluvionali che ricoprono il piede dei rilievi prealpini. Nel tratto riceve a Venaria le acque del torrente Ceronda, che raccoglie i deflussi provenienti da questi ultimi rilievi. In prossimità di Torino l'alveo della Stura di Lanzo si affianca sul lato destro alla grande conoide di deiezione della Dora Riparia, su cui sorge il capoluogo regionale. L'asta principale della Stura di Lanzo è suddivisibile in due tratti distinti per caratteristiche morfologiche, morfometriche e per comportamento idraulico: il tratto montano, compreso fra la sorgente e Lanzo Torinese che si sviluppa per circa 12 km, e il tratto di pianura fino alla confluenza in Po per una lunghezza di circa 41 km.

Nel bacino della Stura di Lanzo sono presenti dei serbatoi di regolazione settimanale e stagionale dei deflussi finalizzati alla produzione di energia idroelettrica.

- Il serbatoio di Malciaussia, con regolazione settimanale per uso idroelettrico, localizzato in una conca di origine glaciale nell'alta valle del rio Solà (affluente di sinistra della Stura di Viù) a circa 780 m s.m.
- Il serbatoio del Lago della Rossa, con regolazione stagionale per uso idroelettrico e utilizzazione diretta nella centrale di pompaggio - tubinaggio del Lago Dietro la Torre; la diga sbarra un lago naturale localizzato nella conca di origine glaciale sovrastante in destra la valle del rio Gurie, a quota di circa 2.700 m s.l.m..
- Il serbatoio di Dietro la Torre, con regolazione settimanale per uso idroelettrico nella centrale omonima. Il serbatoio è localizzato in una conca di origine glaciale, presso la confluenza del rio Mangiorie con il rio Gurie, a quota 2.375 m s.l.m..

3.1. UBICAZIONE E MORFOLOGIA DELL'AREA DI INDAGINE

L'area di indagine, oggetto del presente studio, riguarda un tratto del torrente Stura di Lanzo in frazione Grange di Nole del Comune di Nole Canavese. In particolare il torrente Stura di Lanzo è stato analizzato per un tratto di lunghezza complessiva pari a circa 2400 metri a valle del ponte della S.P. di Villanova C. se.

L'area interessata dall'intervento in progetto è ubicata in sponda destra orografica del torrente Stura di Lanzo. L'area interessata dalla sistemazione spondale in progetto risulta inoltre ricadente all'interno della Fascia Fluviale A, definita dal PAI.

Grazie ai primi sopralluoghi presso l'area di studio ed alla successiva campagna di misure per la realizzazione del rilievo topografico di dettaglio è stato possibile indagare l'area oggetto dell'intervento, nonché un'estesa porzione dell'alveo e delle aree golenali del torrente Stura di Lanzo a monte ed a valle dell'intervento.

Il rilievo topografico eseguito nel corso del mese di marzo 2006 è stato integrato e corretto sulla base delle nuove misurazioni effettuate nel mese di gennaio 2009. Questa nuova campagna di misure si è resa necessaria in seguito alle modificazioni che si sono registrate nell'alveo attivo del T. Stura di Lanzo, in seguito all'evento meteorico del maggio 2008.

Punto di partenza per la realizzazione della verifica di compatibilità idraulica dell'intervento in progetto è stata la realizzazione di un piano quotato dell'area oggetto intervento, ottenuto mediante l'esecuzione di un apposito rilievo topografico con stazione totale. Il rilievo topografico così ottenuto ha consentito di ricostruire con sufficiente precisione l'intorno del corso d'acqua, rilevando, in particolare, la presenza di infrastrutture di pubblico interesse (strade), le abitazioni private e le attività commerciali ed industriali, le opere idrauliche (difese spondali, quali massicciate e scogliere, i rilevati arginali...). Sono stati inoltre rilevati argini, fossi, strade, scarpate naturali e comunque variazioni altimetriche minime di 0,50 metri.

Il risultato finale di questa prima fase è stata quindi la realizzazione di un DEM (Digital Elevation Model) a maglia non regolare.

La fase successiva del lavoro ha consentito di passare dal modello digitale del terreno ad una rappresentazione piano – altimetrica dell'area in esame, giungendo alla definizione di una planimetria per punti quotati e curve di livello ed al tracciamento di 18 sezioni trasversali del corso d'acqua e delle aree limitrofe, numerate da valle verso monte.

A tale scopo, i punti tridimensionali ricavati dalla restituzione fotogrammetrica e memorizzati in formato Cad (.dxf 3D) sono stati importati nel software Leonardo SH. Attraverso questo software è stato possibile effettuare un'interpolazione "ragionata" dei

punti quotati ed ottenere una rappresentazione tridimensionale dell'area di studio, mediante la generazione di curve di livello con un intervallo di 2,0 m.

Affinché il software effettui correttamente l'interpolazione tra i punti quotati, è necessario introdurre le cosiddette "breaklines", ovvero le linee di discontinuità del terreno. Sono state pertanto individuate le linee rappresentative del fondo alveo, della base ed del ciglio delle scarpate, delle scogliere, dei rilevati arginali, di strade, ferrovie ed abitazioni...

Ultimata l'interpolazione dei punti e definite le curve di livello rappresentative della morfologia del terreno, sempre mediante il software Leonardo SH, è stato possibile tracciare le sezioni trasversali del corso d'acqua, che, nelle fasi successive dello studio, sono state utilizzate per effettuare la verifica idraulica del torrente.

Il tracciamento delle sezioni è stato effettuato in modo tale che queste risultino perpendicolari non solo all'alveo, ma anche alle scarpate ed ai rilevati ferroviari e stradali. Per poter meglio rappresentare l'andamento del corso d'acqua, l'interasse tra le sezioni è stato mediamente pari a 40 metri. In ogni caso le sezioni sono state definite a valle e a monte di un attraversamento, all'inizio ed al termine delle curve del corso d'acqua, in presenza di difese spondali longitudinali (argini e massicciate).

Le sezioni topografiche del corso d'acqua, così definite, hanno consentito di rappresentare:

- la geometria dell'alveo attivo e delle aree golenali;
- le variazioni della larghezza dell'alveo nel tratto in esame;
- gli eventuali cambiamenti di pendenza nel profilo altimetrico;
- la presenza di manufatti idraulici ed opere di difesa spondale (muri, gabbionate, scogliere).

Per la successiva immissione delle sezioni nel software di modellazione idraulica, queste sono state definite a partire da valle verso monte; ogni sezione, inoltre, è stata tracciata dalla sponda in sinistra orografica verso quella in destra (ovvero vista da monte verso valle). Le sezioni così ottenute sono state quindi esportate in formato .dxf, utilizzabile in ambiente CAD ed in quello GIS. La traccia planimetrica delle sezioni è stata invece rappresentata nella planimetria per punti quotati e curve di livello.

Per facilitare l'immissione dei dati geometrici nel software di modellazione idraulica HEC RAS ed evitare possibili errori di inserimento dati, si è proceduto infine alla conversione dei files delle sezioni dal formato .dxf a quello .xy (dove x è la progressiva della sezione ed y la quota altimetrica di ogni punto), richiesto da HEC RAS, mediante il software dxf2xyz 1.3

4. ANALISI IDROLOGICA ED IDRAULICA

Lo studio idrologico per la verifica di compatibilità di un intervento effettuato all'interno delle Fasce Fluviali ha lo scopo di definire le portate defluenti nel corso d'acqua in concomitanza di eventi di piena. Sulla base delle portate così calcolate, la successiva modellazione idraulica consente di definire il regime idraulico del corso d'acqua (corrente lenta o veloce) e di stabilire l'interazione delle opere in progetto con il deflusso delle portate del corso d'acqua in condizioni di piena ordinaria (TR 20 anni) ed eccezionale (TR 100 e 200 anni).

4.1. ANALISI IDROLOGICA

4.1.1. CARATTERISTICHE GENERALI

Il bacino della Stura di Lanzo, a eccezione della Stura di Viù a monte di Usseglio, è di tipo alpino pedemontano, con asta principale prevalentemente orientata in direzione nord-sud, esposto alla pianura (e alle correnti umide provenienti da sud) e quindi soggetto a precipitazioni più intense di quelle che arrivano a interessare le vallate interne della cerchia alpina.

Le precipitazioni intense sono decisamente elevate e prive di apporti nevosi consistenti per ampi periodi dell'anno, determinando portate specifiche molto gravose. Le piene si verificano generalmente in autunno, e in misura minore a fine primavera o a fine estate e presentano inoltre una frequenza nettamente superiore rispetto ai bacini alpini interni. Il sottobacino della Stura di Viù è da considerarsi come bacino alpino interno, con precipitazioni sia dal punto di vista quantitativo che dall'intensità di modesta entità. Inoltre per la presenza di ampie zone al di sopra dei 2000 m s.m., le precipitazioni si manifestano nella maggior parte dell'anno prevalentemente sotto forma nevosa e non contribuiscono alla formazione delle piene. Le piene si verificano generalmente tra la fine della primavera e l'inizio dell'autunno, quando le precipitazioni nevose sono in proporzione scarse, anche se a fine primavera, la presenza di un manto nevoso ancora consistente provoca un importante incremento del contributo di piena per effetto dello scioglimento della neve.

Nel bacino idrografico le precipitazioni medie di lungo periodo variano da 900 mm/anno in pianura a 1.400 mm/anno.

4.1.2. DEFINIZIONE DELLE PORTATE DI PIENA

La valutazione delle portate di massima piena nella sezione di chiusura del bacino

idrografico oggetto di studio in località Grange di Nole prevede l'elaborazione dei dati di misura disponibili mediante l'applicazione di leggi probabilistiche.

Per le elaborazioni statistiche dei valori di portata al colmo possono essere utilizzate le serie storiche delle massime portate al colmo annuali riportate negli Annali Idrologici del Servizio Idrografico e Mareografico Italiano (Parte II, Sezione C).

Lungo il corso dello Stura di Lanzo esiste una sola stazione idrometrografica a Lanzo T. se, che sia contraddistinta da una serie storica sufficientemente lunga (50 anni di misura), anche se non caratterizzata da una continuità di misure nel tempo. In particolare non sono state effettuate misurazioni nel periodo compreso tra il 1982 ed il 1992. A partire dal 1993 fino al 2006 le misurazioni sono state effettuate, utilizzando uno strumento della rete di monitoraggio gestito dalla Regione Piemonte. Questi dati consentono di incrementare la serie storica, portandola fino a 56 anni di misura. La massima portata al colmo risulta essere quella stimata nel corso dell'evento alluvionale dell'ottobre 2000, pari a circa 2.000 m³/s.

Rispetto alle portate di piena definite nel PAI in funzione di tempi di ritorno pari a 20, 100 e 200 anni, sono stati quindi considerati altri 4 anni di misura (1999, 2000, 2001 e 2006). Nella successiva tabella sono riportati i valori delle massime portate al colmo annuali registrate all'idrometrografo di Lanzo T. se (1930 – 2006).

Tab. 1 – Valori delle massime portate al colmo annuali registrate all'idrometrografo di Lanzo T. se (1930 – 2006).

N. DATI	ANNO	PORTATA (m³/s)
1	1930	618
2	1931	201
3	1932	647
4	1933	772
5	1934	450
6	1935	210
7	1936	179
8	1937	341
9	1938	370
10	1939	111
11	1940	522
12	1941	325
13	1942	366
14	1943	229
15	1944	-
16	1945	-
17	1946	350
18	1947	1600
19	1948	220
20	1949	696
21	1950	120

22	1951	560
23	1952	147
24	1953	554
25	1954	185
26	1955	190
27	1956	568
28	1957	870
29	1958	183
30	1959	320
31	1960	515
32	1961	410
33	1962	1370
34	1963	286
35	1964	490
36	1965	570
37	1966	432
38	1967	286
39	1968	509
40	1969	350
41	1970	350
42	1971	244.6
43	1972	370.7
44	1973	422.3
45	1974	194.9
46	1975	217.9
47	1976	613.5
48	1977	892.5
49	1978	279
50	1979	324.9
51	1980	133.2
52	1981	842.8
53	1982	-
54	1983	-
55	1984	-
56	1985	-
57	1986	-
58	1987	-
59	1988	-
60	1989	-
61	1990	-
62	1991	-
63	1992	-
64	1993	1200
65	1994	810
66	1995	-
67	1996	-
68	1997	-
69	1998	-
70	1999	498
71	2000	2000
72	2001	343
73	2002	-

74	2003	-
75	2004	-
76	2005	-
77	2006	682

4.1.3. LE DISTRIBUZIONI DI PROBABILITA'

Nel seguito si descrivono le metodologie utilizzate per calcolare le portate defluenti in corrispondenza del tratto oggetto di studio. Per l'analisi dei dati di portata al colmo si è fatto riferimento a varie leggi probabilistiche: log - normale a 2 parametri e distribuzione di Gumbel, di cui si richiamano alcuni concetti teorici.

- Distribuzione di Gumbel

In campo idrologico la maggior parte delle distribuzioni di probabilità appartiene alla famiglia a cui corrisponde una distribuzione asintotica del massimo valore del tipo I. Il tipo di forma asintotica dipende dalla distribuzione originaria e da questo punto di vista esistono tre tipi di forme che vengono indicati con I, II e III. L'appartenenza della distribuzione originaria ad una famiglia è determinata dal modo in cui la funzione di probabilità tende ad uno. Il tipo I corrisponde a distribuzioni la cui funzione di probabilità, illimitata superiormente, tende ad uno nel modo della distribuzione esponenziale. Il tipo II corrisponde a distribuzioni la cui funzione di probabilità, illimitata superiormente, tende ad uno molto più lentamente rispetto al caso precedente. Infine il tipo III corrisponde a distribuzioni la cui funzione di probabilità è limitata superiormente. Caratteristica comune alle distribuzioni della famiglia di tipo I è che la funzione di probabilità $P(x)$ può essere approssimata, per valori grandi di x , con una curva che tende esponenzialmente ad uno al tendere di x all'infinito. La distribuzione del massimo valore di una grandezza in un campione di N elementi si può quindi rappresentare, indipendentemente dalla funzione di probabilità della variabile originaria, con la nuova funzione di probabilità:

$$P(x) = \exp\{-\exp[-\alpha(x-u)]\}.$$

La funzione di densità di probabilità è data dall'espressione:

$$p(x) = \alpha \exp\{-\exp[-\alpha(x-u)] - \alpha(x-u)\}.$$

La media e lo scarto quadratico medio sono ricavabili dalle seguenti relazioni:

$$\bar{x} = \frac{0,5772}{\alpha} + u$$

$$\sigma(x) = \frac{1,283}{\alpha}.$$

Il valore della portata al colmo Q , applicando la distribuzione di Gumbel, può essere calcolato in funzione degli assegnati tempi di ritorno TR (20, 100, 200 anni) attraverso la formula di seguito riportata:

$$Q = u - \frac{1}{\alpha} \ln \left[\ln \frac{TR}{TR-1} \right]$$

Dove $u = x - 0.045\sigma_x$ e $\alpha = 1,283/\sigma_x$ e x e σ_x sono rispettivamente la media e lo scarto quadratico medio. Il parametro α , inversamente proporzionale allo scarto quadratico medio, controlla la forma del grafico che rappresenta la funzione di densità: quanto più α è grande, tanto più è addensata la distribuzione. Invece il parametro u controlla la posizione del grafico: aumentando il valore di u , la distribuzione trasla verso destra, lungo l'asse delle ascisse, senza deformarla.

- Distribuzione Log – Normale a due parametri

E' una distribuzione di probabilità molto usata in idrologia. La variabile x viene trasformata in $y = \ln(x)$. La distribuzione Log – Normale è caratterizzata dal fatto che a seguire la distribuzione normale non è la variabile originaria x , ma il suo logaritmo.

La media e lo scarto quadratico medio della variabile casuale y sono legati alla media e alla varianza della variabile originaria x dalle seguenti relazioni:

$$\bar{y} = \ln \bar{x} - \frac{1}{2} \ln \left[1 + \frac{\sigma^2(x)}{\bar{x}^2} \right]$$

$$\sigma^2(x) = \ln \left[1 + \frac{\sigma^2(x)}{\bar{x}^2} \right]$$

Poiché la variabile y è distribuita normalmente ci si può ricondurre alla variabile ridotta u per mezzo della trasformazione $u = a \cdot y + b$, in cui i parametri a e b sono dati da:

$$a = \frac{1}{\sigma(y)}$$

$$b = -\frac{\bar{y}}{\sigma(y)}$$

Per ogni stazione di misura si determina il valore della portata al colmo Q in funzione degli assegnati tempi di ritorno TR (20, 100, 200 anni) attraverso una formula approssimata, funzione dei parametri della distribuzione e del tempo di ritorno dell'evento.

4.1.4. I TEST STATISTICI

La legge di Gumbel e la distribuzione Log – Normale a due parametri sono state quindi sottoposte al test di Pearson, per controllare l'ipotesi che la distribuzione, dalla quale si è estratto il campione, coincida con una distribuzione assegnata a priori. Il test di Pearson fa uso della variabile χ^2 secondo la formula

$$\chi^2 = \sum_{i=1}^N \frac{(N_i - N_{pi})^2}{N_{pi}}$$

Come campo di accettazione si adotta quello in cui, indicato con χ^2_{cr} il valore del χ^2 con probabilità di superamento uguale al livello di significatività prescelto, valga la disuguaglianza $\chi^2 < \chi^2_{cr}$.

Per confrontare tra loro le diverse leggi di probabilità applicate ad uno stesso campione è possibile utilizzare l'indice di adattamento α , definito come il complemento ad uno della probabilità corrispondente al valore χ^2_0 calcolato nella distribuzione χ^2 a f gradi di libertà. L'indice α è il massimo livello di significatività che permette di accettare ancora l'ipotesi fatta: più è grande α più piccola è la probabilità di accettare come buona una distribuzione non idonea ad interpretare il campione di dati. Statisticamente la legge che meglio interpreta il campione sarà quella con indice di adattamento maggiore. Questo confronto deve essere effettuato quando distribuzioni prese in considerazione presentano un numero di parametri differenti. Se il numero di parametri risulta essere il medesimo, è sufficiente confrontare i valori del χ^2_0 calcolato con il test di Pearson e la distribuzione migliore sarà quella con il minore valore di χ^2_0 .

4.1.5. ELABORAZIONI SVOLTE

Si regolarizzano i campioni delle portate al colmo massime annuali con le leggi di distribuzione di probabilità che meglio si adattano all'analisi dei valori massimi, con stima dei parametri mediante il metodo dei momenti ed il metodo della massima verosimiglianza. Si è scelto di utilizzare la distribuzione di Gumbel e la distribuzione Log - Normale a due parametri, verificando l'ipotesi statistica tramite il test di Pearson, il test del segno ed il test di Kolmogorov. Statisticamente la legge che meglio interpreta i dati di misura è quella che presenta l'indice di adattamento maggiore.

Le leggi di distribuzione di probabilità che meglio regolarizzano il campione di dati a disposizione (56 misure) sono risultate essere quella di Gumbel con stima dei parametri mediante il metodo della massima verosimiglianza e quella Log – Normale a 2 parametri,

con stima dei parametri mediante il metodo dei momenti. Cautelativamente si è scelto di utilizzare i valori di portata determinati con il metodo Log – Normale a 2 parametri, in quanto i risultati ottenuti presentano valori di portata maggiori, più elevati anche di quelli riportati nelle tabelle del PAI. Si precisa che la suddetta legge di distribuzione supera tutti i test statistici effettuati.

Nella seguente tabella si riportano i valori di portata massima al colmo determinati con il metodo Log – Normale a 2 parametri, confrontandoli con i valori riportati nel Piano per l'Assetto Idrogeologico (PAI) (serie storica utilizzata soltanto fino al 1994).

Tab. 2 – Valori di portata massima al colmo Q e di contributi specifici q in funzione di tempi di ritorno pari a 20, 100, 200 anni, del T. Stura di Lanzo presso l'idrometrografo di Lanzo T.se mediante la regolarizzazione con la legge Log – Normale a 2 parametri.

Tempo di ritorno (TR) (anni) Elaborazioni statistiche (1930 -2006)	Q (m³/s)	q (m³/s km²)
TR 20 anni	1.139	1,96
TR 100 anni	1.725	2,96
TR 200 anni	2.002	3,44

Tab. 3 – Valori di portata massima al colmo Q e di contributi specifici q in funzione di tempi di ritorno pari a 20, 100, 200 anni, del T. Stura di Lanzo presso l'idrometrografo di Lanzo T.se, riportati nel Piano per l'Assetto Idrogeologico (PAI).

Tempo di ritorno (TR) (anni) Elaborazioni statistiche PAI (1930 – 1994)	Q (m³/s)	q (m³/s km²)
TR 20 anni	1.080	1,86
TR 100 anni	1.590	2,73
TR 200 anni	1.810	3,11

4.1.6. CALCOLO DELLA PORTATA DI PIENA A GRANGE DI NOLE

Per la valutazione delle portate al colmo di piena nella sezione di interesse a Grange di Nole si è utilizzato il metodo della similitudine idrologica. Tale metodo prevede di correlare il valore di contributo unitario di portata nella sezione di interesse (q_A) con quello calcolato nella sezione in cui è presente l'idrometro (q_S), in funzione delle superfici

sottese dalle due sezioni. In particolare in letteratura tale correlazione è stata proposta da Gherardelli - Marchetti:

$$\frac{q_A}{q_S} = \left(\frac{S_A}{S_S} \right)^{-2/3}$$

dove:

- q ($m^3/s \text{ km}^2$) ed S (km^2) sono rispettivamente i contributi specifici di piena e la superficie del bacino idrografico relativi ad una data sezione;
- il pedice A indica le caratteristiche della sezione cui viene esteso il valore di portata per similitudine idrologica (in questo caso Grange di Nole);
- il pedice S indica le caratteristiche della sezione in cui il valore della portata risulta noto (in questo caso l'idrometro di Lanzo T.se).

Si specifica che il bacino idrografico del T. Stura chiuso in corrispondenza dell'idrometro di Lanzo ha una superficie pari a **582 km²**, mentre il bacino idrografico con sezione di chiusura a Grange di Nole presenta una superficie di circa **649 km²**. Nel tratto compreso tra Lanzo e Grange di Nole l'apporto più consistente di portata defluente è dovuto all'immissione del T. Tesso.

In questo modo è possibile ottenere i contributi specifici di piena ed i corrispondenti valori di portata al colmo del T. Stura di Lanzo riferiti alla sezione di Grange di Nole. Nella seguente tabella sono riportati i risultati delle elaborazioni.

Tab. 4 – Valori di portata massima al colmo Q e di contributi specifici q in funzione di tempi di ritorno pari a 20, 100, 200 anni, del T. Stura di Lanzo nelle sezioni di Lanzo T.se e Grange di Nole.

Tempo di ritorno (TR) (anni)	Lanzo T. se		Grange di Nole	
	Q (m^3/s)	q ($m^3/s \text{ km}^2$)	Q (m^3/s)	q ($m^3/s \text{ km}^2$)
TR 20 anni	1.139	1,96	1.225	1,89
TR 100 anni	1.725	2,96	1.855	2,86
TR 200 anni	2.002	3,44	2.153	3,32

5. METODOLOGIA DI VERIFICA

In questo capitolo si farà riferimento ai criteri di calcolo adottati e alle metodologie seguite per la verifica idraulica del ponte in progetto.

5.1. CRITERI DI CALCOLO

La *Direttiva criteri per la valutazione della compatibilità idraulica delle infrastrutture pubbliche e di interesse pubblico all'interno delle fasce A e B* prescrive anche i seguenti indirizzi riguardo le metodologie di calcolo.

Il codice di calcolo da utilizzare per il profilo idrico in piena della corrente nel tratto di corso d'acqua dipende dal livello di approfondimento delle analisi da condurre.

Vi sono le seguenti alternative che fanno riferimento a schematizzazioni progressivamente più complesse delle condizioni di moto:

- a) **moto stazionario monodimensionale (portata costante e geometria dell'alveo variabile);**
- b) moto vario monodimensionale o quasi-bidimensionale (portata variabile nel tempo e geometria variabile);
- c) moto vario bidimensionale, alle differenze o agli elementi finiti, (portata variabile nel tempo e geometria variabile).

L'utilizzo dello schema del moto uniforme, che costituisce un'ulteriore semplificazione rispetto ad a) non è consentito, in quanto comporta approssimazioni eccessive rispetto alla situazione reale, che non permettono di rappresentare i fenomeni di interesse.

Lo schema a), che tiene conto della variazione delle dimensioni dell'alveo e delle singolarità localizzate (rappresentate da manufatti, bruschi restringimenti o allargamenti, variazioni di scabrezza, salti di fondo), è generalmente adatto ad affrontare tutte le situazioni in cui la valutazione degli effetti degli interventi in progetto sulle condizioni di deflusso è rappresentabile unicamente in termini di modificazione del profilo idrico.

Nei casi invece di particolare complessità, che richiedano la valutazione di fenomeni specifici (quali ad esempio i valori locali delle velocità di corrente ai fini della quantificazione della capacità erosiva della corrente) o in cui si renda necessaria la quantificazione di modificazioni della capacità di laminazione dell'alveo ,occorre ricorrere ai codici di calcolo b) o c).

Il codice di calcolo impiegato per la valutazione del profilo idrico e delle altre

caratteristiche del moto va adeguatamente descritto. Nel caso siano utilizzati programmi di calcolo numerico generalmente noti nella letteratura tecnico-scientifica, è sufficiente l'indicazione precisa del programma utilizzato.

5.2. CODICE DI CALCOLO HEC RAS

Lo studio idraulico del corso d'acqua è stato effettuato costruendo, mediante utilizzo del codice di calcolo **HEC- RAS** (versione 3.1) Hydrologic Engineer Center - River Analysis System (US Army Corps of Engineers), un **modello numerico del tratto di interesse del T. Stura di Lanzo**.

Qui di seguito si farà brevemente riferimento al funzionamento del modello numerico utilizzato, alle sue potenzialità ed ai suoi limiti.

Il modello è in grado di determinare i profili di superficie libera in moto permanente gradualmente vario (in senso spaziale e non temporale) in alvei prismatici e non - prismatici.

Entrambi i tipi di corrente, lenta e veloce, possono essere calcolati così come le conseguenze di diverse tipologie di accidentalità e strutture di cui si conosca la relazione fra carico e portata defluente.

Il modello è comunque vincolato nel suo utilizzo da tre condizioni:

- poiché le equazioni non contengono termini dipendenti dal tempo, **il moto deve essere permanente;**

- il moto deve essere **gradualmente vario in senso spaziale** poiché le equazioni ipotizzano la distribuzione idrostatica delle pressioni in seno alla corrente;

il moto è **mono - dimensionale**.

Il software HEC - RAS consente inoltre :

- di determinare con precisione **l'effetto di rigurgito** determinato dalle spalle dei ponti o dall'ingombro delle pile in alveo o dalla presenza di soglie;
- di parametrizzare il coefficiente di scabrezza attribuendo valori differenti per alveo attivo ed aree golenali;
- è inoltre possibile creare all'interno di ciascuna sezione trasversale del corso d'acqua zone a scabrezza omogenea, definendo quindi tale parametro con precisione maggiore rispetto al coefficiente di scabrezza equivalente.

Il software permette di ottenere informazioni che riguardano sia parametri fisici del corso d'acqua, che parametri legati alla progettazione:

- quota del pelo libero (m s.l.m.);

- quota del gradiente energetico;
- velocità e portata sia dell'alveo attivo che delle aree golenali;
- larghezza del pelo libero, area bagnata ed i principali parametri geometrici;
- sezioni trasversali del corso d'acqua;
- profilo di moto permanente.

Per meglio comprendere il funzionamento del modello idraulico utilizzato è opportuno fornire una sintesi delle potenzialità e dei fondamenti teorici che stanno alla base del calcolo dei profili di moto permanente e che sono implementati nel modello stesso.

Per calcolare la quota del pelo libero incognita in una determinata sezione trasversale del corso d'acqua il modello utilizza una procedura di calcolo nota come Standard Step Method, consistente nell'integrazione dell'equazione di bilancio energetico:

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

$$h_e = L \cdot \bar{S}f + C \left| \frac{\alpha_2 V_2^2}{2g} - \frac{\alpha_1 V_1^2}{2g} \right|$$

dove:

WS_1, WS_2 = quota del pelo libero fra due sezioni di calcolo

V_1, V_2 = velocità media

α_1, α_2 = coefficienti energetici moltiplicativi della velocità

g = accelerazione di gravità

h_e = perdita di carico

L = distanza fra le sezioni trasversali

Sf = pendenza media

C = coefficiente di perdita per contrazione o espansione.

Ulteriore punto fondamentale nella comprensione del funzionamento del modello idraulico è la suddivisione della massa liquida defluente in unità elementari per le quali la velocità è distribuita uniformemente. Nel canale principale di deflusso la massa liquida defluente non viene suddivisa tranne nel caso in cui si conferiscano più valori di scabrezza differenti in alveo. In funzione dei valori di scabrezza definiti saranno individuate corrispondenti unità di deflusso.

La capacità di deflusso per ciascuna suddivisione è pertanto calcolata con la seguente espressione:

$$K = \frac{1,486}{n} aR^{2/3}$$

dove:

K = capacità di deflusso per unità elementare

n = coefficiente di Manning per la scabrezza dell'unità elementare

a = area di deflusso dell'unità elementare

R = raggio idraulico per l'unità di deflusso elementare.

La capacità totale di deflusso per la sezione trasversale è ottenuta per sommatoria delle singole capacità relative alle unità in cui la sezione è stata scomposta.

Le perdite di carico dovute ad attrito sono calcolate come prodotto della pendenza media, S_f , e della distanza L fra due sezioni trasversali consecutive.

Affinché il modello possa elaborare correttamente i profili di moto permanente per il tratto di corso d'acqua considerato e determinare la quota del pelo libero delle sezioni trasversali utilizzate, devono essere disponibili i seguenti dati riguardanti la geometria delle sezioni e le caratteristiche idrauliche della corrente:

- tipo di corrente;
- quota iniziale del pelo libero;
- valore di portata;
- coefficienti rappresentativi delle perdite;
- geometria delle sezioni trasversali;
- distanze (golene e alveo principale) tra le sezioni trasversali.

Una volta determinate le caratteristiche geometriche e quelle idrauliche, è necessario definire i valori di scabrezza per il canale attivo e per le aree golenali.

Il modello utilizzato nelle elaborazioni consente molteplici soluzioni per definire la scabrezza delle singole sezioni trasversali, la qual cosa permette di ridurre moltissimo i margini di dubbio e incertezza legati all'individuazione di questo coefficiente particolarmente importante.

Il coefficiente di scabrezza può pertanto assumere diversi valori in una singola sezione trasversale, al fine di poter rappresentare realisticamente la morfologia della stessa. Oltre a definire un valore di scabrezza per ciascuna suddivisione (golene, alveo principale) è inoltre possibile definire la scabrezza in funzione della progressiva della singola sezione trasversale oppure in funzione della quota raggiunta dal pelo libero.

Oltre alle perdite di carico valutate attraverso il coefficiente " n " di Manning (perdite per attrito), il modello consente di valutare le perdite di transizione per allargamento / restringimento utilizzando i coefficienti di espansione e contrazione, le perdite che si originano nell'attraversamento di ponti e tombini in seguito alla forma del manufatto, alla configurazione delle pile, al tipo di moto e alle condizioni di imbocco/sbocco.

5.3. DEFINIZIONE DELLA SCABREZZA

Il coefficiente di scabrezza in un alveo naturale è una misura globale della resistenza al moto. La definizione di questo parametro deve essere effettuata in seguito ad un accurato sopralluogo del corso d'acqua, considerando sia le caratteristiche granulometriche dei materiali che compongono l'alveo e le sponde, sia la copertura vegetale delle sponde e delle aree golenali interessate al deflusso.

A titolo orientativo per la scelta dei valori numerici si farà riferimento, utilizzando il coefficiente di scabrezza di Manning o di Strickler, alle indicazioni fornite dalle tabelle di "Open Channel Hydraulics", Ven Te Chow, McGraw Hill International Editions (tab. 4.1 e 4.2).

$$\textit{Strickler:} \quad v = K_s R^{2/3} i^{1/2}$$

$$\textit{Manning:} \quad v = (1/n) R^{2/3} i^{1/2}$$

dove:

v = velocità media della corrente (m/s)

R = raggio idraulico (m)

i = pendenza di fondo (m/m)

K_s = coefficiente di Strickler

n = coefficiente di Manning

dove:

$$n = (n_0 + n_1 + n_2 + n_3 + n_4) m^5$$

Tab. 5 Metodo per il calcolo del coefficiente di scabrezza n nei corsi d'acqua.

Condizioni dell'alveo		Valori	
Materiale costituente l'alveo	Terra	n_0	0.020
	Roccia		0.025
	Alluvione grossolana		0.028
	Alluvione fine		0.024
Irregolarità della superficie della sezione	Trascurabile	n_1	0.000
	Bassa		0.005
	Moderata		0.010
	Elevata		0.020
Variazione della forma e della dimensione della sezione trasversale	Graduale	n_2	0.000
	Variazione occasionalmente		0.005
	Variazione frequente		0.010-0.015
Effetto relativo di ostruzioni	Trascurabile	n_3	0.000
	Modesto		0.010-0.015
	Apprezzabile		0.020-0.030
	Elevato		0.040-0.060
Effetto della vegetazione	Basso	n_4	0.005-0.010
	Medio		0.010-0.025
	Alto		0.025-0.050
	Molto alto		0.050-0.100
Grado di sinuosità dell'alveo	Modesto	m_5	1.000
	Apprezzabile		1.150
	Elevato		1.300

La tab. 4.2 presenta i valori di riferimento per i coefficienti di scabrezza, secondo le formule di Strickler e di Manning, riferiti alle situazioni tipiche dei corsi d'acqua naturali.

Tab. 6 Valori del coefficiente di scabrezza per i corsi d'acqua naturali.

Tipologia del corso d'acqua	Strickler $K_s = 1/n \text{ (m}^{1/3} \text{ s}^{-1}\text{)}$
CORSI D'ACQUA MINORI (Raggio idraulico ~ 2 m; larghezza in piena < 30 m)	

Corsi d'acqua di pianura	45-40
alvei con fondo compatto, senza irregolarità	30-35
alvei regolari con vegetazione erbacea	25-30
alvei con ciottoli e irregolarità modeste	25-15
alvei fortemente irregolari	
Torrenti montani	30-25
fondo alveo con prevalenza di ghiaia e ciottoli, pochi grossi massi	30-25
alveo in roccia regolare	20-15
fondo alveo con ciottoli e molti grossi massi	20-15
alveo in roccia irregolare	
CORSI D'ACQUA MAGGIORI (Raggio idraulico ~ 4 m; larghezza in piena > 30 m)	
sezioni con fondo limoso, scarpate regolari a debole copertura erbosa	45-40
sezioni in depositi alluvionali, fondo sabbioso, scarpate regolari a copertura erbosa	35
sezioni in depositi alluvionali, fondo regolare, scarpate irregolari con vegetazione arbustiva e arborea	25-30
in depositi alluvionali, fondo irregolare, scarpate irregolari con forte presenza di vegetazione arbustiva e arborea	20-25
AREE GOLENALI (Raggio idraulico ~ 1 m)	
a pascolo, senza vegetazione arbustiva	40-20
coltivate	50-20
con vegetazione arbustiva spontanea	25-10
con vegetazione arborea coltivata	30-20
Alveo artificiale in terra	
materiale compatto, liscio	60
sabbia compatta, con argilla o pietrisco	50
sabbia e ghiaia, scarpata lastricata	50-45
ghiaietto 10-30 mm	45
ghiaia media 20-60 mm	40
ghiaia grossa 50-150 mm	35
limo in zolle	30
grosse pietre	30-25
sabbia, limo o ghiaia, con forte rivestimento vegetale	25-20
Alveo artificiale in roccia	
con lavorazione accurata	30-25
con lavorazione media	25-20
con lavorazione grossolana	20-15
Alveo artificiale in muratura	
muratura in pietra da taglio	80-70
muratura accurata in pietra da cava	70

muratura normale in pietra da cava	60
pietre grossolanamente squadrate	50
scarpate lastricate, fondo in sabbia e ghiaia	50-45
Alveo artificiale in calcestruzzo	
pavimentazione in cemento	100
calcestruzzo con casseforme metalliche	100-90
calcestruzzo con intonaco	95-90
calcestruzzo liscio	90
intonaco di cemento intatto	90-80
calcestruzzo con casseforme in legno, senza intonaco	70-65
calcestruzzo costipato, superficie liscia	65-60
calcestruzzo vecchio, superficie pulita	60
rivestimento in calcestruzzo ruvido	55
superfici irregolari in calcestruzzo	50

6. VERIFICA IDRAULICA

Nella presente analisi vengono prese in esame le sezioni d'alveo più significative al fine di studiarne il comportamento idraulico a fronte di determinati valori di portata. Le verifiche numeriche del T. Stura di Lanzo è stata effettuata in moto permanente monodimensionale, sulla base di n. 18 sezioni topografiche.

6.1. CONDIZIONI GEOMETRICHE

Punto di partenza per la realizzazione della verifica di compatibilità idraulica degli interventi in progetto è stata la realizzazione di un piano quotato dell'area oggetto intervento, ottenuto mediante rilievo a terra con stazione totale, effettuato nel corso del novembre 2008.

Il rilievo topografico così ottenuto ha consentito di ricostruire con sufficiente precisione l'intorno del corso d'acqua, rilevando, in particolare, la presenza di infrastrutture di pubblico interesse (strade), le opere idrauliche (difese spondali, quali massicciate. e scogliere, i rilevati arginali...). Sono stati inoltre rilevati, argini, fossi, strade, scarpate naturali e comunque variazioni altimetriche minime del mezzo metro. Il risultato finale di questa prima fase è stata quindi la realizzazione di un DEM (Digital Elevation Model) a maglia non regolare.

La fase successiva del lavoro ha consentito di passare dal modello digitale del terreno ad una rappresentazione piano – altimetrica dell'area in esame, giungendo alla definizione di una planimetria per punti quotati e curve di livello ed al tracciamento di 7 sezioni trasversali del corso d'acqua e delle aree limitrofe, numerate da valle verso monte.

A tale scopo, i punti tridimensionali ricavati dalla restituzione fotogrammetrica e memorizzati in formato Cad (.dxf 3D) sono stati importati nel software Antas. Attraverso questo software è stato possibile effettuare un'interpolazione "ragionata" dei punti quotati ed ottenere una rappresentazione tridimensionale dell'area di studio, mediante la generazione di curve di livello con un intervallo di 1,0 m.

Affinché il software effettui correttamente l'interpolazione tra i punti quotati, è necessario introdurre le cosiddette "breaklines", ovvero le linee di discontinuità del terreno. Sono state pertanto individuate le linee rappresentative del fondo alveo, della base ed del ciglio delle scarpate, delle scogliere, dei rilevati arginali, di strade...

Ultimata l'interpolazione dei punti e definite le curve di livello rappresentative della morfologia del terreno, sempre mediante il software Antas, è stato possibile tracciare le

sezioni trasversali del corso d'acqua, che, nelle fasi successive dello studio, sono state utilizzate per effettuare la verifica idraulica del torrente.

Il tracciamento delle sezioni è stato effettuato in modo tale che queste risultino perpendicolari non solo all'alveo, ma anche alle scarpate ed ai rilevati stradali. Per poter meglio rappresentare l'andamento del corso d'acqua, l'interasse tra le sezioni è stato mediamente pari a 15 metri.

Le sezioni topografiche del corso d'acqua, così definite, hanno consentito di rappresentare:

- la geometria dell'alveo attivo e delle aree golenali;
- le variazioni della larghezza dell'alveo nel tratto in esame;
- gli eventuali cambiamenti di pendenza nel profilo altimetrico;
- la presenza di manufatti idraulici ed opere di difesa spondale (muri, gabbionate, scogliere).

Per la successiva immissione delle sezioni nel software di modellazione idraulica, queste sono state definite a partire da valle verso monte; ogni sezione, inoltre, è stata tracciata dalla sponda in sinistra orografica verso quella in destra (ovvero vista da monte verso valle).

Le sezioni così ottenute sono state quindi esportate in formato .dxf, utilizzabile in ambiente CAD ed in quello GIS. La traccia planimetrica delle sezioni è stata invece rappresentata nella planimetria per punti quotati e curve di livello.

Per facilitare l'immissione dei dati geometrici nel software di modellazione idraulica HEC RAS ed evitare possibili errori di inserimento dati, si è proceduto infine alla conversione dei files delle sezioni dal formato .dxf a quello .xy (dove x è la progressiva della sezione ed y la quota altimetrica di ogni punto), richiesto da HEC RAS, mediante il software dxf2xyz 1.3.

Le sezioni desunte dal rilievo topografico (n. 18) vengono qui integrate con altre sezioni del corso d'acqua utilizzate per la progettazione dell'intervento di sistemazione della soglia in massi dell'attraversamento della S.P. 724, effettuato per conto della Provincia di Torino. In tali sezioni viene già considerato lo stato di progetto, in quanto l'intervento di sistemazione della soglia in massi sarà realizzato nel corso del mese di settembre 2012.

La verifica idraulica è stata pertanto effettuata utilizzando 46 sezioni del corso d'acqua, ed estendendo il tratto oggetto di studio a monte fin oltre il ponte della S.P. 724.

Si precisa che tutte le sezioni di verifica idraulica sono state riferite alla quota del caposaldo IGM presente sul ponte della S.P. 724 e che pertanto tra le sezioni di progetto

utilizzate (dalla sez. 1 alla sez. 18) e le sezioni di verifica idraulica nel medesimo tratto (sez. 1 – sez. 18) si è riscontrata una variazione di quota altimetrica pari a 4,46 m. Nelle sezioni di stato di fatto e di progetto nel tratto compreso tra la sez. 1 e la sez. 18 i livelli del pelo libero con TR pari a 20, 100 e 200 anni viene rappresentato in quota altimetrica relativa (quota altimetrica sistema Gauss – Boaga – 4,46 m).

6.2. RESISTENZA AL MOTO

I valori di scabrezza affidati alle singole sezioni sono quelli desunti dalle tabelle allegate:

$$n_{\text{Manning}} = 1 / K_{\text{Strickler}} = 1 / 25 = 0,04 \text{ s/m}^{1/3} \text{ per l'alveo attivo}$$

$$n_{\text{Manning}} = 1 / K_{\text{Strickler}} = 1 / 20 = 0,05 \text{ s/m}^{1/3} \text{ per le aree golenali}$$

La scabrezza associata alle sezioni si è cautelativamente assunta costante in tutto il tratto e pari a:

Scabrezza secondo Strickler K_s [$\text{m}^{1/3}/\text{s}$]		
Golena sinistra	Alveo inciso	Golena destra
20	25	20
Scabrezza secondo Manning n [$\text{s}/\text{m}^{1/3}$]		
0.05	0.04	0.05

6.3. CONDIZIONI DI DEFLUSSO

Sulla base della normativa vigente (cfr. capitolo 2) e utilizzando le metodologie ricordate nei capitoli 4 e 5, è stata determinata la portata di progetto utilizzata nella presente verifica idraulica.

Regime idraulico: in alcuni tratti corrente lenta ($Fr < 1$) ed in altri corrente veloce ($Fr > 1$);

Portata di verifica con TR pari a 200 anni:

$$Q_{tr200anni} = 2.153 \text{ m}^3/\text{s}.$$

Nella successiva tabella si riassumono i valori di portata per tutti i tempi di ritorno utilizzati nelle verifica in moto permanente monodimensionale.

Tempo di ritorno (TR) (anni)	Grange di Nole	
	Q (m ³ /s)	q (m ³ /s km ²)
TR 20 anni	1.225	1,89
TR 100 anni	1.855	2,86
TR 200 anni	2.153	3,32

Condizioni al contorno – definita a valle ed a monte come altezza nota del pelo libero. Le condizioni al contorno sono le stesse per lo stato attuale e per quello di progetto.

Tempo di ritorno (TR) (anni)	Stato di fatto e di progetto		
	Q (m ³ /s)	H (m s.l.m.) A monte (sez. 46)	H (m s.l.m.) A valle (sez. 1)
TR 20 anni	1.225	378,10	348,86
TR 100 anni	1.855	378,40	349,36
TR 200 anni	2.153	378,50	349,61

Negli Allegati 2 e 3 alla presente relazione tecnica sono riportati i tabulati relativi

all'analisi numerica effettuata mediante il software HEC RAS. Si riportano, in particolare, i livelli del profilo di moto permanente in funzione dei tempi di ritorno considerati (TR 20, 100, 200 anni) nella situazione attuale e successivamente all'intervento in progetto. Tali livelli sono riportati anche graficamente nelle sezioni di stato di fatto e di progetto.

6.4. VERIFICA AL TRASCINAMENTO (SHIELDS)

Le correnti idriche trasportano frequentemente in natura materiali solidi incoerenti che derivano dalle azioni erosive sui versanti e dagli sforzi esercitati dalla corrente stessa sull'alveo. In particolare, per torrenti montani in condizioni di piena, il fenomeno è assai diffuso e la potenza della corrente è tale da consentire il movimento di materiale anche di notevole dimensione.

Dal punto di vista idraulico la caratteristica distintiva dei materiali trasportati dalle correnti è la loro densità ρ_s . Altro fattore essenziale è la dimensione e la forma dei granuli. Essa è rappresentata con il diametro d_s della particella o con il diametro d_n di un miscuglio di sedimenti, inteso quest'ultimo come il diametro delle maglie del setaccio che consente il passaggio a n% del peso dei granuli componenti il miscuglio.

La ricerca della larghezza, della profondità e della pendenza necessarie per raggiungere lo stato di regime di un corso d'acqua richiede di associare all'equazione del moto della corrente altre condizioni che riguardano appunto il fenomeno del trasporto solido e lo stato di equilibrio del fondo.

Inizialmente sono state proposte alcune formule empiriche che esprimono un legame tra la velocità media U_{CR} alla quale dovrebbe corrispondere tale condizione e la profondità Y della corrente, tra le quali si ricorda la formula di Kennedy (1895)

$$U_{CR} = 0.55 \cdot Y^{0.64}$$

A Shields (1936) si deve la prima interpretazione del fenomeno di inizio del trasporto solido di fondo. L'indagine fu rivolta ad individuare la relazione che il valore τ_{CR} della tensione al contorno τ_0 , quella che provoca il primo movimento del materiale solido investito dalla corrente ha con le proprietà μ e ρ del fluido e con le caratteristiche ρ_s e d_s dei ciottoli.

Nella formulazione più semplice la relazione di Shields si deduce ponendo che, in condizioni critiche, la resistenza al moto dei granuli di diametro d_s e peso specifico γ_s , uguagli la forza di trascinamento al fondo all'inizio del trasporto.

Sulla base delle informazioni sperimentali si può ritenere che il coefficiente C_R sia funzione, a parità di forma dei sedimenti, di un numero tipo Reynolds costruito con le grandezze caratteristiche del moto attorno al granulo:

velocità di attrito $v_* = \sqrt{\tau_0 / \rho}$

diametro del granulo d_s

viscosità cinematica del fluido $\nu = \mu / \rho$

numero di Reynolds $Re_* = \frac{v_* \cdot d_s}{\nu}$

Ne deriva complessivamente:

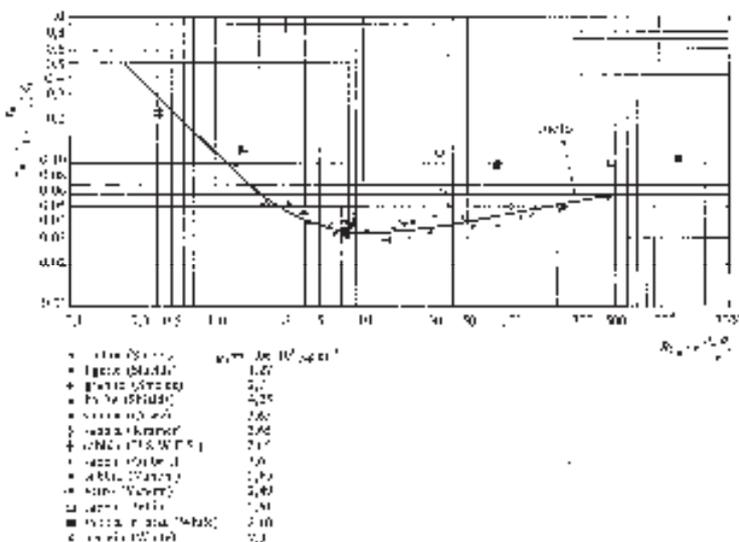
$$\tau_* = \frac{\tau_0}{(\gamma_s - \gamma) \cdot d_s} = \frac{\rho}{\rho_s - \rho} \cdot \frac{v_*^2}{g \cdot d_s}$$

ed il legame tra Re_* ed il parametro di stabilità è rappresentato, in condizioni critiche, dalla curva di Shields sotto riportata.

La limitazione più restrittiva alla curva di Shields deriva dal fatto di essere riferita a materiali omogenei, cioè con granulometria praticamente uniforme. Nel caso di miscugli non omogenei Egiazaroff (1965) ha proposto, nel campo del regime assolutamente turbolento, l'impiego della relazione

$$\frac{\tau_{CR}}{(\gamma_s - \gamma) \cdot d_s} = \frac{0,1}{[\log_{19}(d_s/d_{50})]^2}$$

per valutare la tensione critica di trascinamento dei granuli di diametro d_s appartenenti ad un miscuglio disuniforme di cui d_{50} indica evidentemente il diametro medio. Questa relazione, per $d_s = d_{50}$, assume al secondo membro il valore 0,06 di Shields.



In situazioni di moto assolutamente turbolento la condizione di incipienza non è influita dal numero di Reynolds, ma si ha quando la tensione critica adimensionale τ_* assume valori pari a 0.06.

In tal caso, se sono note le condizioni idrodinamiche della corrente, si può facilmente determinare la dimensione minima del solido al di sotto della quale esso comincia a muoversi. Occorre in ogni caso tener conto di un certo margine di sicurezza.

Nel nostro caso, la situazione più gravosa comporta:

i	0,021	ρ_s	2200 kg/mc
Ω	485,66 mq	$d = \frac{\rho \cdot R \cdot i}{(\rho_s - \rho) \cdot 0.06} = 55 \text{ cm}$	
C	253,14 m		
$R = \frac{\Omega}{C}$	1,92 m	$V = \frac{4}{3} \cdot \pi \frac{d^3}{8} = 0,09 \text{ mc} \times 1,5 = 0,13 \text{ mc}$	
ρ	1000 kg/mc		

Considerando che in realtà i gabbioni vengono disposti in modo da non contrastare il deflusso delle acque e che pertanto le condizioni di spinta sono assai meno favorevoli che quelle ipotizzate nella teoria su esposta, si ritiene che un coefficiente di sicurezza pari a 1.5 sia sufficiente a compensare i limiti e le incertezze dei calcoli, tenendo anche conto che viene del tutto trascurato l'effetto di vincolo che ogni gabbione ha con quelli adiacenti.

Pertanto il volume minimo del singolo gabbione utilizzato pari a circa 1,0 mc (peraltro tale gabbione è ubicato in corrispondenza della sommità della gabbionata e quindi raramente interessato da eventi di piena) è decisamente maggiore rispetto al volume calcolato in precedenza con la condizione di incipiente movimento (0,13 mc).

Tale verifica, in via cautelativa, non considera che ciascun gabbione sarà opportunamente vincolato a quelli vicini mediante delle legature in filo di acciaio e che nei gabbioni di fondazione sarà realizzato una chiodatura passiva di ancoraggio.

6.5. VERIFICA DELLA SAVANELLA IN PROGETTO

Si è inoltre proceduto alla verifica della savanella prevista in progetto e che avrà la duplice funzione di deviare la portata defluente durante l'esecuzione dei lavori e di allontanare il canale attivo dalla sponda destra, attualmente in erosione.

La verifica idraulica è stata effettuata considerando la portata Q_{10} (che si registra nel corso d'acqua in media per 10 giorni all'anno), desunta dalla curva di durata delle portate della Stura di Lanzo. I valori di tale curva sono stati ricavati dalle elaborazioni del PTA ("Piano di tutela delle acque) della Regione Piemonte.

Per la sezione di interesse, sempre tramite criteri di similitudine idrologica con la sezione di Lanzo, il valore di Q_{10} è risultato essere pari a **65 m³/s**.

La Q_{10} , che rappresenta la portata di morbida del corso d'acqua, sulla base delle verifiche numeriche effettuate, viene contenuta all'interno del nuovo canale aperto al centro dell'alveo del T. Stura. La nuova savanella è pertanto funzionale per l'esecuzione dei lavori in progetto.

Nell'Allegato 4 sono riportati i tabulati di calcolo e le sezioni idrauliche utilizzate nella verifica della savanella con la Q_{10} .

7. CONCLUSIONI

Nel presente studio è stata effettuata un'analisi idraulica del T. Stura di Lanzo in un tratto di lunghezza pari a circa 2400 metri compreso tra il ponte della S.P. 724 a monte e la località Grange di Nole a valle.

Obiettivo dello studio idraulico è stato quello di comprendere il comportamento del corso d'acqua in occasione di eventi alluvionali e di valutare la compatibilità idraulica dell'intervento in progetto.

La valutazione della compatibilità idraulica della difesa spondale con gabbionate prevista in progetto, è stato affrontato, a livello di progetto definitivo, mediante una modellazione idraulica in moto permanente monodimensionale.

Per le valutazioni di tipo numerico è stato necessario determinare i valori di portata di piena relativi a tempi di ritorno pari a 20, 100 e 200 anni. Per definire tali portate si è fatto riferimento al campione di misure di portate al colmo disponibili alla stazione di misura di Lanzo T.se.

Sulla base di queste portate di progetto sono quindi stati tracciati i profili di moto permanente in funzione di TR pari a 10, 100, 200 anni. Le elaborazioni svolte hanno consentito di determinare l'interazione tra la sistemazione spondale in progetto e la dinamica di piena del T. Stura di Lanzo. L'intervento di difesa spondale va ad interessare la sponda destra del torrente, in corrispondenza delle sezioni comprese tra la n. 10 e la n. 15. La sponda destra, nel tratto in esame, è caratterizzata da una forte erosione al piede, per cui l'intervento in progetto non avrà funzione di arginatura, bensì di protezione contro i fenomeni di erosione. A tale scopo si prevede di realizzare una gabbionata al piede avente altezza complessiva di 5 metri, di cui 4 fuori terra, e di rimodellare parzialmente la sponda riducendo l'attuale elevata inclinazione della scarpata. Si sottolinea inoltre che l'attuale quota della sommità spondale, interessata dalla gabbionata, non sarà incrementata.

La modellazione numerica in moto permanente monodimensionale è stata effettuata sia in condizioni di stato attuale che in seguito alla realizzazione dell'intervento in progetto, che comprendono anche l'esecuzione di una savanella, necessaria per allontanare le portate defluenti durante l'esecuzione dei lavori. I risultati ottenuti consentono di affermare che la gabbionata in progetto non comporterà alcuna variazione al regolare deflusso delle portate del T. Stura in occasione di eventi di piena. Il regime idraulico del corso d'acqua, nel tratto oggetto di intervento, permane, inoltre, in corrente lenta anche in seguito alla realizzazione dell'intervento. La sponda destra è in grado di contenere le portate di piena con TR 200 anni sia in condizioni di stato attuale che di progetto. La

gabbionata in progetto potrà in alcuni tratti essere sommersa da eventi di piena con TR 200 anni. Poiché la funzione prevalente dell'opera è quella antiersiva, ben più importante è la difesa del piede della sponda da fenomeni di erosione, che si verificano principalmente in occasione di portate di morbida (TR pari a 2 – 5 anni).

Il presente aggiornamento delle verifiche idrauliche è stato effettuato considerando un tratto molto più esteso del corso d'acqua (da 800 a 2400 m). Le variazioni di livello del pelo libero delle sezioni di progetto rispetto alle elaborazioni effettuate nel progetto preliminare sono centimetriche e pertanto poco significative.

Si è inoltre proceduto alla verifica al trascinamento del singolo gabbione, che, sulla base dei calcoli effettuati, non risulta possibile con le condizioni idrodinamiche che si verificano in corrispondenza di eventi con TR di 200 anni.

In conclusione si può affermare, inoltre, che gli scenari di piena rappresentati mediante il tracciamento del profilo di moto permanente con TR pari a 20, 100 e 200 anni sono in grado di ben descrivere il comportamento in caso di evento alluvionale del T. Stura di Lanzo.

Torino, 29 giugno 2012

il tecnico incaricato
ing. Andrea Zamperone

8. ALLEGATO 1 – ELABORAZIONI STATISTICHE DELLE PORTATE AL COLMO

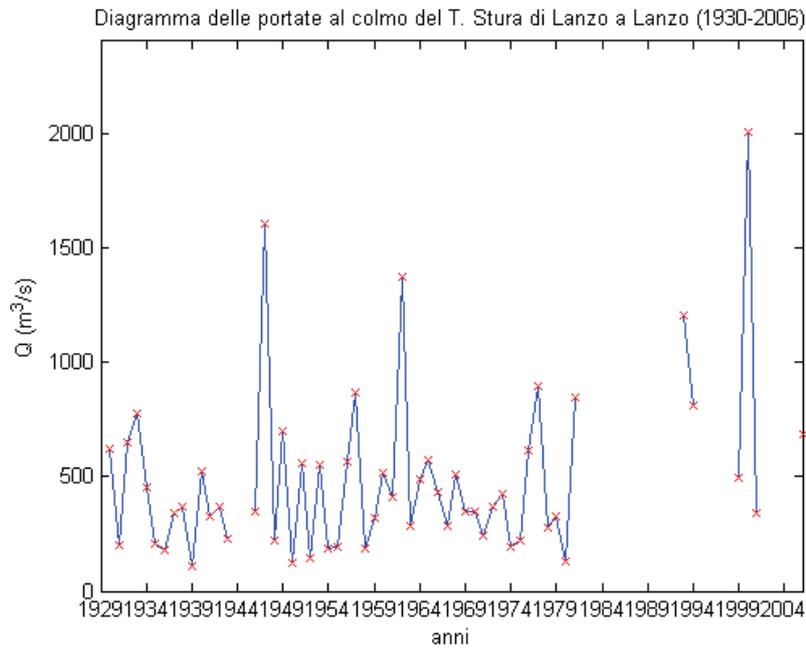


Figura 1 – Diagramma cronologico delle portate al colmo massime annuali registrate in corrispondenza dell'idrometro di Lanzo T. se.

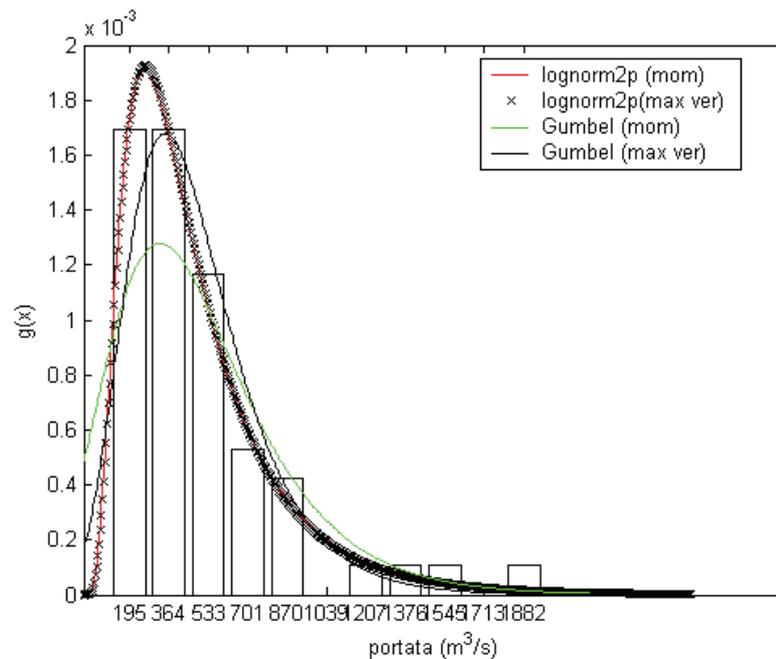


Figura 2 – Confronto tra le diverse leggi probabilistiche utilizzate e la densità di frequenza delle portate al colmo.

9. ALLEGATO 2 – ELABORAZIONI IN MOTO PERMANENTE MONODIMENSIONALE IN HEC-RAS – STATO DI FATTO

HEC-RAS Plan: Plan 01 River: Fiume Stura di L Reach: Grange di Nole

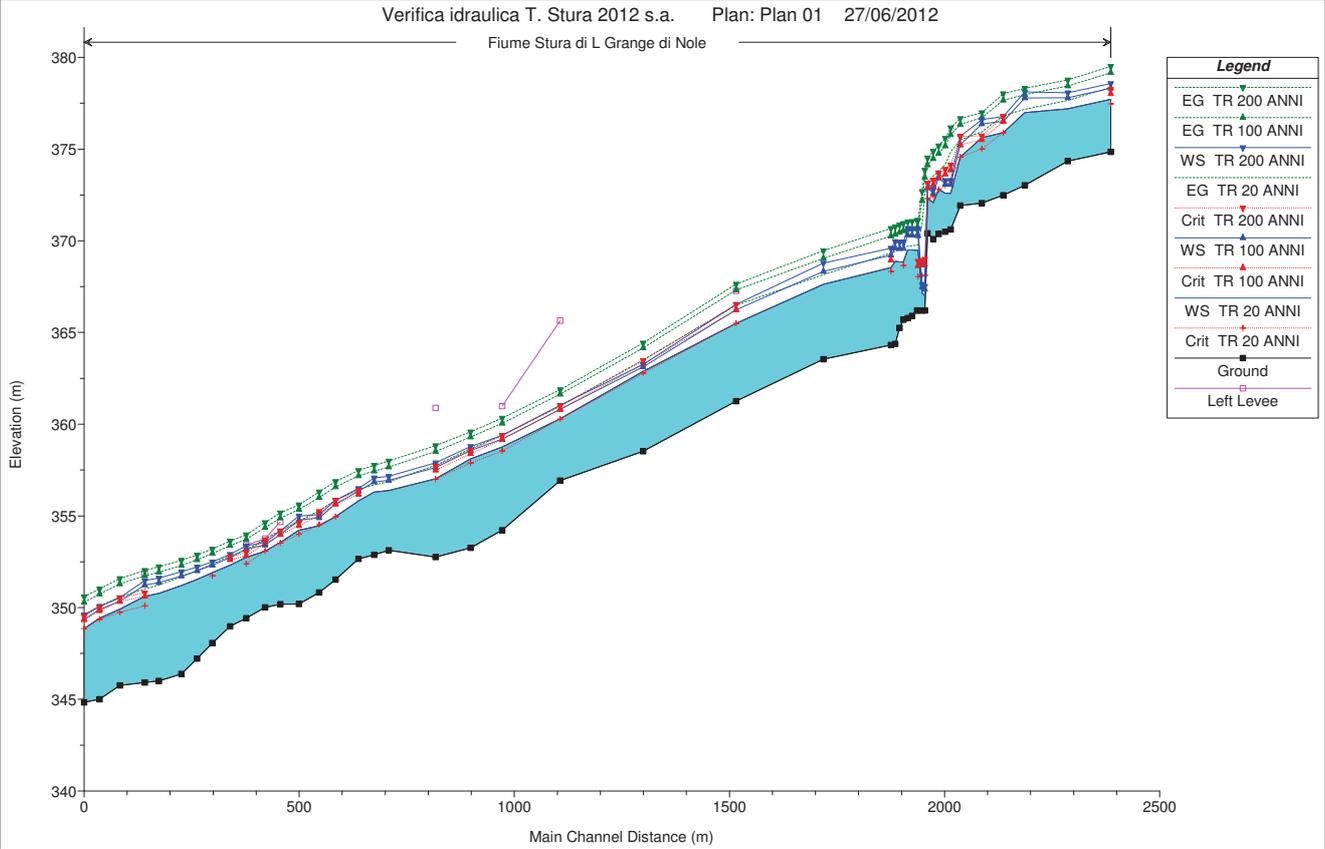
Reach	River Sta	Profile	Q Total (m3/s)	Min Ch El (m)	W.S. Elev (m)	Crit W.S. (m)	E.G. Elev (m)	E.G. Slope (m/m)	Vel Chnl (m/s)	Flow Area (m2)	Top Width (m)	Froude # Chl
Grange di Nole	46	TR 20 ANNI	1225.00	374.85	377.72	377.47	378.36	0.008545	3.55	345.22	180.73	0.82
Grange di Nole	46	TR 100 ANNI	1855.00	374.85	378.32	378.02	379.16	0.008059	4.07	455.86	185.85	0.83
Grange di Nole	46	TR 200 ANNI	2153.00	374.85	378.57	378.25	379.51	0.007945	4.28	502.91	187.95	0.84
Grange di Nole	45	TR 20 ANNI	1225.00	374.34	377.19		377.65	0.005138	3.01	407.18	186.33	0.65
Grange di Nole	45	TR 100 ANNI	1855.00	374.34	377.80		378.44	0.005593	3.53	525.26	201.32	0.70
Grange di Nole	45	TR 200 ANNI	2153.00	374.34	378.07		378.77	0.005637	3.71	580.55	207.97	0.71
Grange di Nole	44	TR 20 ANNI	1225.00	373.02	376.98		377.18	0.003136	1.96	626.02	376.69	0.48
Grange di Nole	44	TR 100 ANNI	1855.00	373.02	377.78		377.98	0.002154	1.95	951.99	439.43	0.42
Grange di Nole	44	TR 200 ANNI	2153.00	373.02	378.12		378.31	0.001899	1.95	1106.94	468.86	0.40
Grange di Nole	43	TR 20 ANNI	1225.00	372.48	375.90	375.90	376.82	0.013305	4.25	287.95	158.28	1.01
Grange di Nole	43	TR 100 ANNI	1855.00	372.48	376.51	376.51	377.67	0.012136	4.77	390.15	182.62	1.00
Grange di Nole	43	TR 200 ANNI	2153.00	372.48	376.78	376.78	378.02	0.011399	4.94	441.67	202.86	0.99
Grange di Nole	42	TR 20 ANNI	1225.00	372.06	375.62	375.00	375.94	0.005011	2.53	483.90	280.60	0.62
Grange di Nole	42	TR 100 ANNI	1855.00	372.06	376.37	375.52	376.72	0.003794	2.60	712.13	321.39	0.56
Grange di Nole	42	TR 200 ANNI	2153.00	372.06	376.61	375.71	376.99	0.003846	2.73	788.77	335.39	0.57
Grange di Nole	41	TR 20 ANNI	1225.00	371.92	374.56	374.56	375.50	0.012829	4.29	285.55	158.67	1.00
Grange di Nole	41	TR 100 ANNI	1855.00	371.92	375.23	375.23	376.35	0.010412	4.71	412.45	220.79	0.95
Grange di Nole	41	TR 200 ANNI	2153.00	371.92	375.69	375.69	376.67	0.007506	4.47	551.90	367.74	0.83
Grange di Nole	40	TR 20 ANNI	1225.00	370.62	372.58	373.26	374.86	0.053247	6.69	183.13	145.70	1.90
Grange di Nole	40	TR 100 ANNI	1855.00	370.62	373.07	373.87	375.78	0.041602	7.30	254.17	147.19	1.77
Grange di Nole	40	TR 200 ANNI	2153.00	370.62	373.29	374.14	376.16	0.037731	7.51	286.83	147.86	1.72
Grange di Nole	39	TR 20 ANNI	1225.00	370.49	372.60	373.01	374.16	0.027771	5.54	221.25	143.22	1.42
Grange di Nole	39	TR 100 ANNI	1855.00	370.49	373.07	373.63	375.17	0.026495	6.42	288.99	144.33	1.45
Grange di Nole	39	TR 200 ANNI	2153.00	370.49	373.29	373.90	375.59	0.025459	6.72	320.40	144.84	1.44
Grange di Nole	38	TR 20 ANNI	1225.00	370.37	372.80	372.80	373.80	0.014497	4.45	275.58	137.59	1.00
Grange di Nole	38	TR 100 ANNI	1855.00	370.37	373.43	373.43	374.76	0.013841	5.11	363.14	137.59	1.00
Grange di Nole	38	TR 200 ANNI	2153.00	370.37	373.70	373.70	375.18	0.013702	5.38	400.48	137.59	1.01
Grange di Nole	37	TR 20 ANNI	1225.00	370.09	372.08	372.43	373.52	0.024896	5.31	230.83	146.64	1.35
Grange di Nole	37	TR 100 ANNI	1855.00	370.09	372.58	373.04	374.48	0.023106	6.11	303.82	147.33	1.36
Grange di Nole	37	TR 200 ANNI	2153.00	370.09	372.79	373.30	374.89	0.022447	6.42	335.59	147.57	1.36
Grange di Nole	36	TR 20 ANNI	1225.00	370.40	372.30	372.30	373.23	0.012917	4.29	285.67	152.54	1.00
Grange di Nole	36	TR 100 ANNI	1855.00	370.40	372.89	372.89	374.13	0.011905	4.92	377.18	153.78	1.00
Grange di Nole	36	TR 200 ANNI	2153.00	370.40	373.15	373.15	374.51	0.011599	5.17	416.49	154.33	1.00
Grange di Nole	35	TR 20 ANNI	1225.00	366.20	367.00	368.11	372.57	0.239724	10.46	117.16	147.41	3.74
Grange di Nole	35	TR 100 ANNI	1855.00	366.20	367.35	368.72	373.46	0.162056	10.95	169.37	147.77	3.27
Grange di Nole	35	TR 200 ANNI	2153.00	366.20	367.51	368.99	373.85	0.141511	11.15	193.08	147.94	3.12
Grange di Nole	34	TR 20 ANNI	1225.00	366.20	367.14	368.08	370.91	0.129791	8.60	142.48	151.76	2.83
Grange di Nole	34	TR 100 ANNI	1855.00	366.20	367.47	368.68	372.19	0.109236	9.62	192.87	152.20	2.73
Grange di Nole	34	TR 200 ANNI	2153.00	366.20	367.63	368.93	372.69	0.101320	9.97	215.92	152.41	2.67
Grange di Nole	33	TR 20 ANNI	1225.00	366.20	369.48	368.05	369.77	0.001959	2.38	514.38	159.05	0.42
Grange di Nole	33	TR 100 ANNI	1855.00	366.20	370.28	368.63	370.71	0.002189	2.89	641.84	160.80	0.46
Grange di Nole	33	TR 200 ANNI	2153.00	366.20	370.63	368.89	371.11	0.002246	3.08	698.30	161.65	0.47
Grange di Nole	32	TR 20 ANNI	1225.00	366.20	369.48		369.77	0.001956	2.38	515.48	159.81	0.42
Grange di Nole	32	TR 100 ANNI	1855.00	366.20	370.28		370.70	0.002182	2.88	643.58	161.59	0.46
Grange di Nole	32	TR 200 ANNI	2153.00	366.20	370.63		371.11	0.002237	3.07	700.35	162.43	0.47
Grange di Nole	31	TR 20 ANNI	1225.00	365.91	369.50		369.73	0.001383	2.12	577.38	163.34	0.36
Grange di Nole	31	TR 100 ANNI	1855.00	365.91	370.31		370.66	0.001622	2.61	709.54	164.62	0.40
Grange di Nole	31	TR 200 ANNI	2153.00	365.91	370.66		371.06	0.001692	2.80	767.88	165.18	0.42
Grange di Nole	30	TR 20 ANNI	1225.00	365.78	369.51		369.71	0.001164	2.00	613.65	166.88	0.33
Grange di Nole	30	TR 100 ANNI	1855.00	365.78	370.32		370.63	0.001396	2.47	749.53	168.59	0.37
Grange di Nole	30	TR 200 ANNI	2153.00	365.78	370.67		371.03	0.001466	2.66	809.71	169.50	0.39
Grange di Nole	29	TR 20 ANNI	1225.00	365.69	368.85	368.64	369.63	0.009318	3.90	314.17	152.34	0.87
Grange di Nole	29	TR 100 ANNI	1855.00	365.69	369.59		370.54	0.007979	4.32	428.96	158.14	0.84
Grange di Nole	29	TR 200 ANNI	2153.00	365.69	369.94		370.94	0.007233	4.44	484.60	159.19	0.81
Grange di Nole	28	TR 20 ANNI	1225.00	365.25	368.84		369.53	0.007778	3.68	333.12	153.97	0.80
Grange di Nole	28	TR 100 ANNI	1855.00	365.25	369.57		370.45	0.006845	4.15	447.19	156.36	0.78
Grange di Nole	28	TR 200 ANNI	2153.00	365.25	369.92		370.86	0.006415	4.29	502.00	158.82	0.77
Grange di Nole	27	TR 20 ANNI	1225.00	364.38	368.88		369.42	0.005122	3.26	375.46	151.50	0.66
Grange di Nole	27	TR 100 ANNI	1855.00	364.38	369.61		370.35	0.005034	3.80	487.69	153.91	0.68
Grange di Nole	27	TR 200 ANNI	2153.00	364.38	369.96		370.76	0.004848	3.98	541.56	158.90	0.68
Grange di Nole	26	TR 20 ANNI	1225.00	364.32	368.54	368.33	369.33	0.009063	3.93	311.49	145.76	0.86
Grange di Nole	26	TR 100 ANNI	1855.00	364.32	369.21	368.94	370.25	0.008544	4.53	409.50	147.94	0.87
Grange di Nole	26	TR 200 ANNI	2153.00	364.32	369.59		370.68	0.007541	4.61	466.70	149.20	0.83
Grange di Nole	25	TR 20 ANNI	1225.00	363.54	367.62		368.16	0.005548	3.24	377.90	161.93	0.68
Grange di Nole	25	TR 100 ANNI	1855.00	363.54	368.33		369.04	0.005987	3.74	495.65	160.90	0.72
Grange di Nole	25	TR 200 ANNI	2153.00	363.54	368.78		369.45	0.006535	3.63	593.57	243.23	0.74
Grange di Nole	24	TR 20 ANNI	1225.00	361.25	365.50	365.50	366.48	0.012656	4.39	278.83	141.29	1.00
Grange di Nole	24	TR 100 ANNI	1855.00	361.25	366.24	366.24	367.32	0.012209	4.61	402.13	184.22	1.00
Grange di Nole	24	TR 200 ANNI	2153.00	361.25	366.53	366.53	367.64	0.012255	4.66	461.73	208.88	1.00

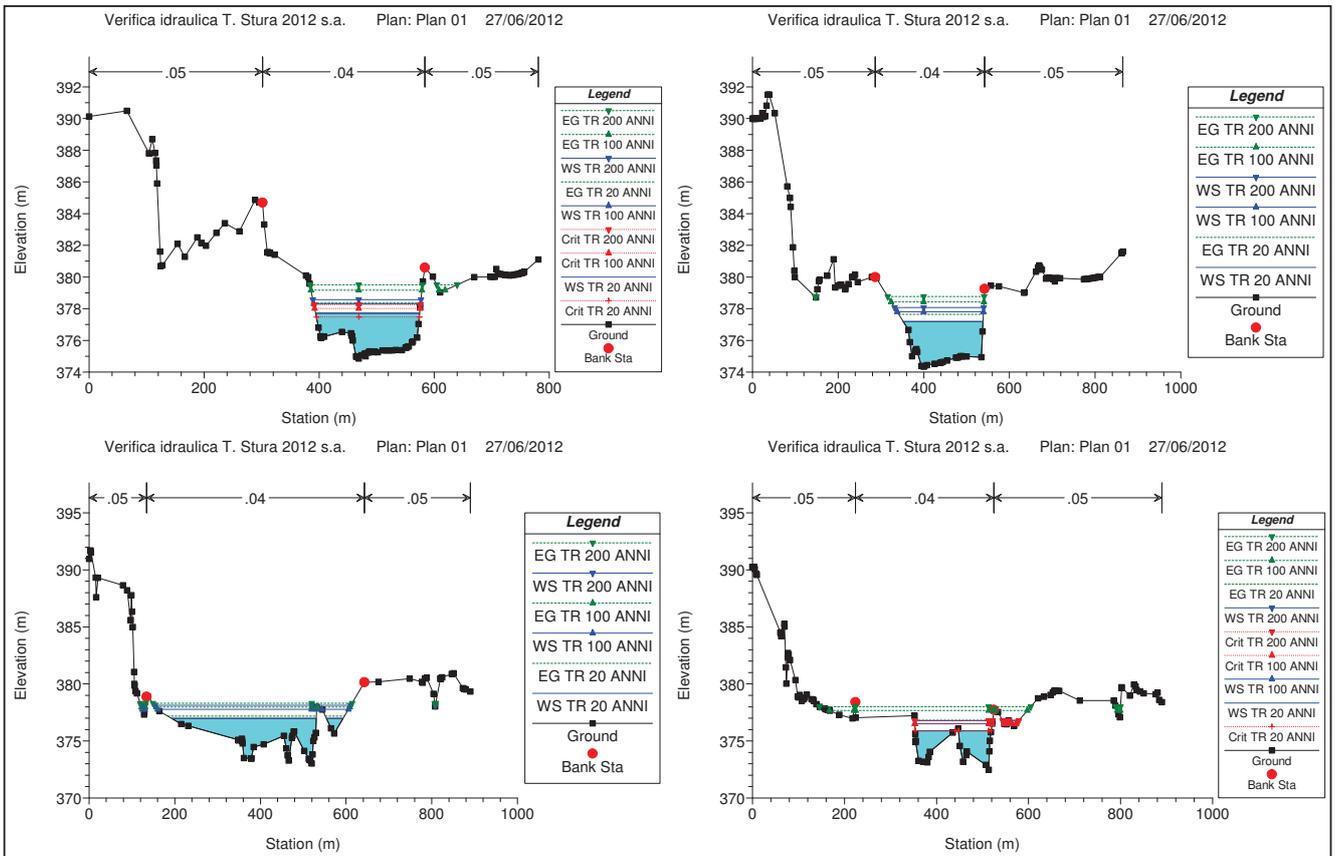
HEC-RAS Plan: Plan 01 River: Fiume Stura di L. Reach: Grange di Nole (Continued)

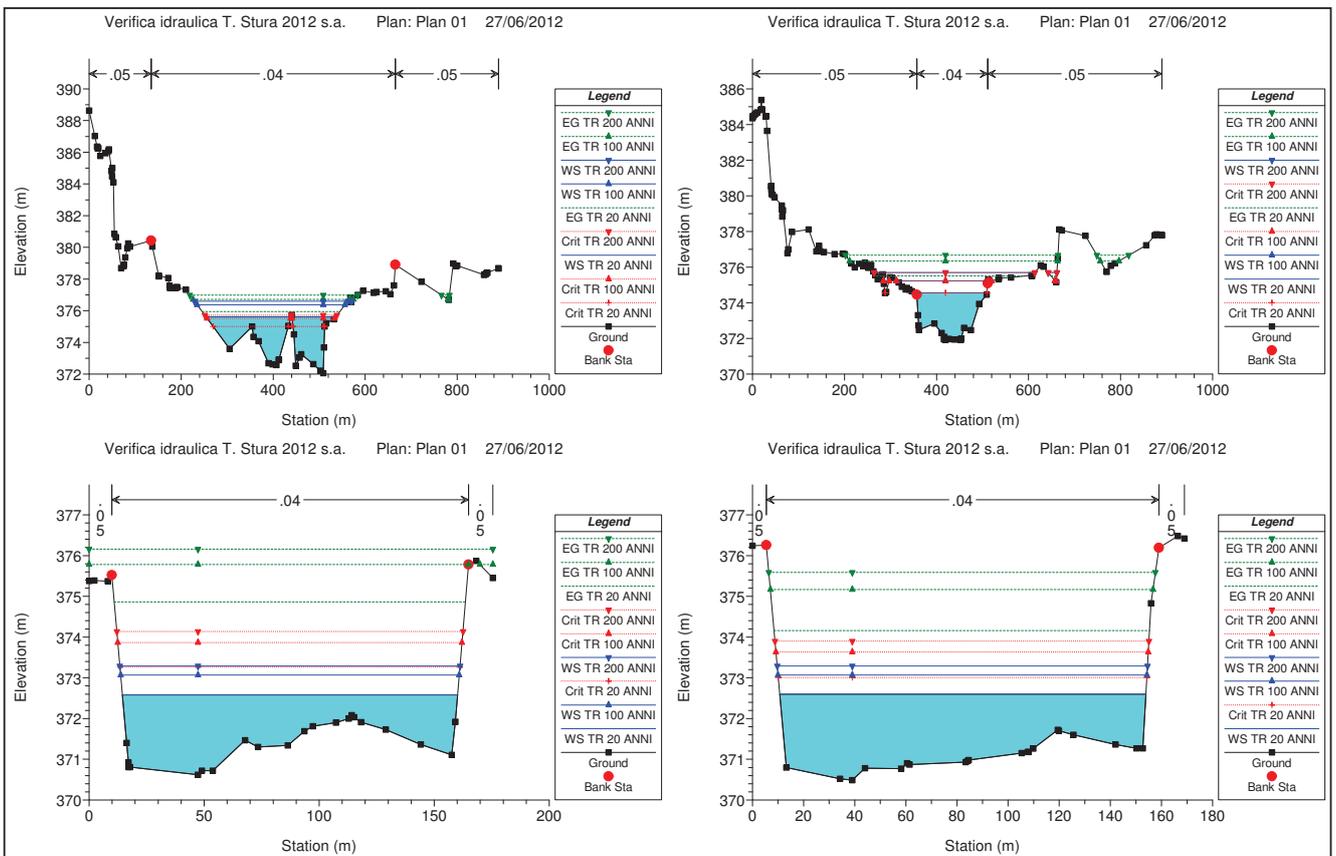
Reach	River Sta	Profile	Q Total (m3/s)	Min Ch El (m)	W.S. Elev (m)	Crit W.S. (m)	E.G. Elev (m)	E.G. Slope (m/m)	Vel Chnl (m/s)	Flow Area (m2)	Top Width (m)	Froude # Chl
Grange di Nole	23	TR 20 ANNI	1225.00	358.52	362.88	362.78	363.50	0.012533	3.50	350.31	247.39	0.94
Grange di Nole	23	TR 100 ANNI	1855.00	358.52	363.12	363.27	364.15	0.017773	4.50	411.81	258.59	1.14
Grange di Nole	23	TR 200 ANNI	2153.00	358.52	363.26	363.46	364.43	0.018269	4.79	449.67	263.09	1.17
Grange di Nole	22	TR 20 ANNI	1225.00	356.93	360.30	360.28	360.99	0.013448	3.68	333.21	231.20	0.98
Grange di Nole	22	TR 100 ANNI	1855.00	356.93	360.81	360.80	361.63	0.013177	4.01	462.51	277.34	0.99
Grange di Nole	22	TR 200 ANNI	2153.00	356.93	361.03	361.01	361.89	0.012846	4.10	524.63	298.24	0.99
Grange di Nole	21	TR 20 ANNI	1225.00	354.22	358.75	358.53	359.40	0.010454	3.71	368.78	258.13	0.89
Grange di Nole	21	TR 100 ANNI	1855.00	354.22	359.19	359.17	360.05	0.010678	4.33	485.27	271.82	0.93
Grange di Nole	21	TR 200 ANNI	2153.00	354.22	359.38	359.38	360.33	0.010624	4.56	537.04	275.88	0.94
Grange di Nole	20	TR 20 ANNI	1225.00	353.26	358.11	357.88	358.66	0.009071	3.29	380.59	257.04	0.82
Grange di Nole	20	TR 100 ANNI	1855.00	353.26	358.56	358.39	359.30	0.009033	3.85	500.17	274.00	0.85
Grange di Nole	20	TR 200 ANNI	2153.00	353.26	358.78	358.59	359.58	0.008627	4.01	560.34	279.33	0.84
Grange di Nole	19	TR 20 ANNI	1225.00	352.76	357.03	356.99	357.77	0.012895	3.80	322.06	204.19	0.97
Grange di Nole	19	TR 100 ANNI	1855.00	352.76	357.64	357.50	358.51	0.010148	4.13	448.78	209.59	0.90
Grange di Nole	19	TR 200 ANNI	2153.00	352.76	357.90	357.71	358.83	0.009479	4.28	503.10	212.03	0.89
Grange di Nole	18	TR 20 ANNI	1225.00	353.12	356.39		356.87	0.004954	3.07	398.67	171.74	0.64
Grange di Nole	18	TR 100 ANNI	1855.00	353.12	356.94		357.66	0.005684	3.75	494.60	175.00	0.71
Grange di Nole	18	TR 200 ANNI	2153.00	353.12	357.16		357.99	0.006034	4.04	532.84	176.26	0.74
Grange di Nole	17	TR 20 ANNI	1225.00	352.88	356.29		356.69	0.004062	2.79	438.55	187.95	0.58
Grange di Nole	17	TR 100 ANNI	1855.00	352.88	356.86		357.45	0.004612	3.40	545.10	190.87	0.64
Grange di Nole	17	TR 200 ANNI	2153.00	352.88	357.08		357.76	0.004866	3.66	587.64	191.64	0.67
Grange di Nole	16	TR 20 ANNI	1225.00	352.66	355.82		356.46	0.009108	3.52	348.03	193.20	0.84
Grange di Nole	16	TR 100 ANNI	1855.00	352.66	356.35	356.17	357.18	0.009741	4.05	457.48	215.98	0.89
Grange di Nole	16	TR 200 ANNI	2153.00	352.66	356.50	356.39	357.48	0.010530	4.39	490.08	217.47	0.93
Grange di Nole	15	TR 20 ANNI	1225.00	351.52	354.96	354.96	355.85	0.013314	4.18	292.96	165.68	1.00
Grange di Nole	15	TR 100 ANNI	1855.00	351.52	355.65	355.65	356.58	0.012680	4.29	435.19	245.80	0.99
Grange di Nole	15	TR 200 ANNI	2153.00	351.52	355.85	355.85	356.87	0.012281	4.49	485.78	251.22	0.99
Grange di Nole	14	TR 20 ANNI	1225.00	350.83	354.46	354.52	355.30	0.014891	4.05	302.56	194.73	1.04
Grange di Nole	14	TR 100 ANNI	1855.00	350.83	354.89	355.05	356.01	0.017438	4.68	395.96	230.64	1.14
Grange di Nole	14	TR 200 ANNI	2153.00	350.83	355.06	355.24	356.31	0.017117	4.94	435.88	231.16	1.15
Grange di Nole	13	TR 20 ANNI	1225.00	350.20	354.22	353.99	354.72	0.009302	3.11	394.39	267.21	0.82
Grange di Nole	13	TR 100 ANNI	1855.00	350.20	354.77	354.47	355.35	0.008016	3.37	549.66	294.02	0.79
Grange di Nole	13	TR 200 ANNI	2153.00	350.20	354.99	354.64	355.61	0.007507	3.50	614.69	295.95	0.78
Grange di Nole	12	TR 20 ANNI	1225.00	350.19	353.56	353.52	354.22	0.013175	3.61	338.93	237.78	0.97
Grange di Nole	12	TR 100 ANNI	1855.00	350.19	353.98	353.98	354.88	0.012962	4.20	441.41	243.83	1.00
Grange di Nole	12	TR 200 ANNI	2153.00	350.19	354.18	354.18	355.16	0.012615	4.40	488.97	246.72	1.00
Grange di Nole	11	TR 20 ANNI	1225.00	350.01	353.08	353.08	353.73	0.014262	3.60	340.65	256.26	1.00
Grange di Nole	11	TR 100 ANNI	1855.00	350.01	353.41	353.49	354.37	0.015972	4.34	427.74	264.46	1.09
Grange di Nole	11	TR 200 ANNI	2153.00	350.01	353.55	353.70	354.64	0.016631	4.63	464.75	268.24	1.12
Grange di Nole	10	TR 20 ANNI	1225.00	349.42	352.74	352.39	353.13	0.006979	2.77	441.79	286.24	0.71
Grange di Nole	10	TR 100 ANNI	1855.00	349.42	353.20	352.83	353.73	0.007216	3.22	575.93	305.40	0.75
Grange di Nole	10	TR 200 ANNI	2153.00	349.42	353.37	353.01	353.97	0.007385	3.42	630.66	318.91	0.77
Grange di Nole	9	TR 20 ANNI	1225.00	348.98	352.32		352.81	0.009803	3.12	392.17	274.66	0.83
Grange di Nole	9	TR 100 ANNI	1855.00	348.98	352.73	352.60	353.39	0.010696	3.59	517.15	314.34	0.89
Grange di Nole	9	TR 200 ANNI	2153.00	348.98	352.90	352.76	353.63	0.010599	3.78	569.50	317.72	0.90
Grange di Nole	8	TR 20 ANNI	1225.00	348.07	351.90	351.74	352.39	0.010725	3.09	396.80	302.13	0.86
Grange di Nole	8	TR 100 ANNI	1855.00	348.07	352.31		352.96	0.010106	3.56	521.74	307.06	0.87
Grange di Nole	8	TR 200 ANNI	2153.00	348.07	352.49		353.20	0.009715	3.73	577.67	307.38	0.87
Grange di Nole	7	TR 20 ANNI	1225.00	347.22	351.54		352.02	0.010077	3.05	401.04	294.79	0.84
Grange di Nole	7	TR 100 ANNI	1855.00	347.22	352.00		352.61	0.008772	3.45	537.79	296.50	0.82
Grange di Nole	7	TR 200 ANNI	2153.00	347.22	352.21		352.87	0.008292	3.60	598.83	297.26	0.81
Grange di Nole	6	TR 20 ANNI	1225.00	346.38	351.20		351.67	0.008854	3.03	404.46	272.56	0.79
Grange di Nole	6	TR 100 ANNI	1855.00	346.38	351.73		352.31	0.007622	3.37	549.80	281.37	0.77
Grange di Nole	6	TR 200 ANNI	2153.00	346.38	351.95		352.58	0.007196	3.51	613.45	283.31	0.76
Grange di Nole	5	TR 20 ANNI	1225.00	346.00	350.78		351.24	0.007674	3.02	405.74	248.14	0.75
Grange di Nole	5	TR 100 ANNI	1855.00	346.00	351.37		351.94	0.006499	3.34	555.28	258.71	0.73
Grange di Nole	5	TR 200 ANNI	2153.00	346.00	351.61		352.23	0.006226	3.49	618.28	262.66	0.72
Grange di Nole	4	TR 20 ANNI	1225.00	345.92	350.62	350.10	351.01	0.005227	2.79	448.93	248.50	0.64
Grange di Nole	4	TR 100 ANNI	1855.00	345.92	351.23	350.61	351.73	0.004777	3.16	603.55	256.03	0.64
Grange di Nole	4	TR 200 ANNI	2153.00	345.92	351.48	350.80	352.03	0.004731	3.32	666.65	259.32	0.64
Grange di Nole	3	TR 20 ANNI	1225.00	345.76	349.91	349.74	350.58	0.009499	3.66	348.23	225.06	0.86
Grange di Nole	3	TR 100 ANNI	1855.00	345.76	350.34	350.33	351.29	0.010507	4.38	451.65	242.78	0.93
Grange di Nole	3	TR 200 ANNI	2153.00	345.76	350.54	350.54	351.58	0.010491	4.62	500.61	245.17	0.94
Grange di Nole	2	TR 20 ANNI	1225.00	345.01	349.43	349.36	350.08	0.011230	3.82	362.87	244.51	0.92
Grange di Nole	2	TR 100 ANNI	1855.00	345.01	349.90	349.83	350.74	0.010751	4.34	481.76	250.92	0.94
Grange di Nole	2	TR 200 ANNI	2153.00	345.01	350.07	350.02	351.02	0.011184	4.63	523.12	252.17	0.97
Grange di Nole	1	TR 20 ANNI	1225.00	344.84	348.86	348.84	349.61	0.014202	4.08	333.41	227.49	1.02
Grange di Nole	1	TR 100 ANNI	1855.00	344.84	349.36	349.33	350.30	0.012696	4.58	449.31	233.82	1.01

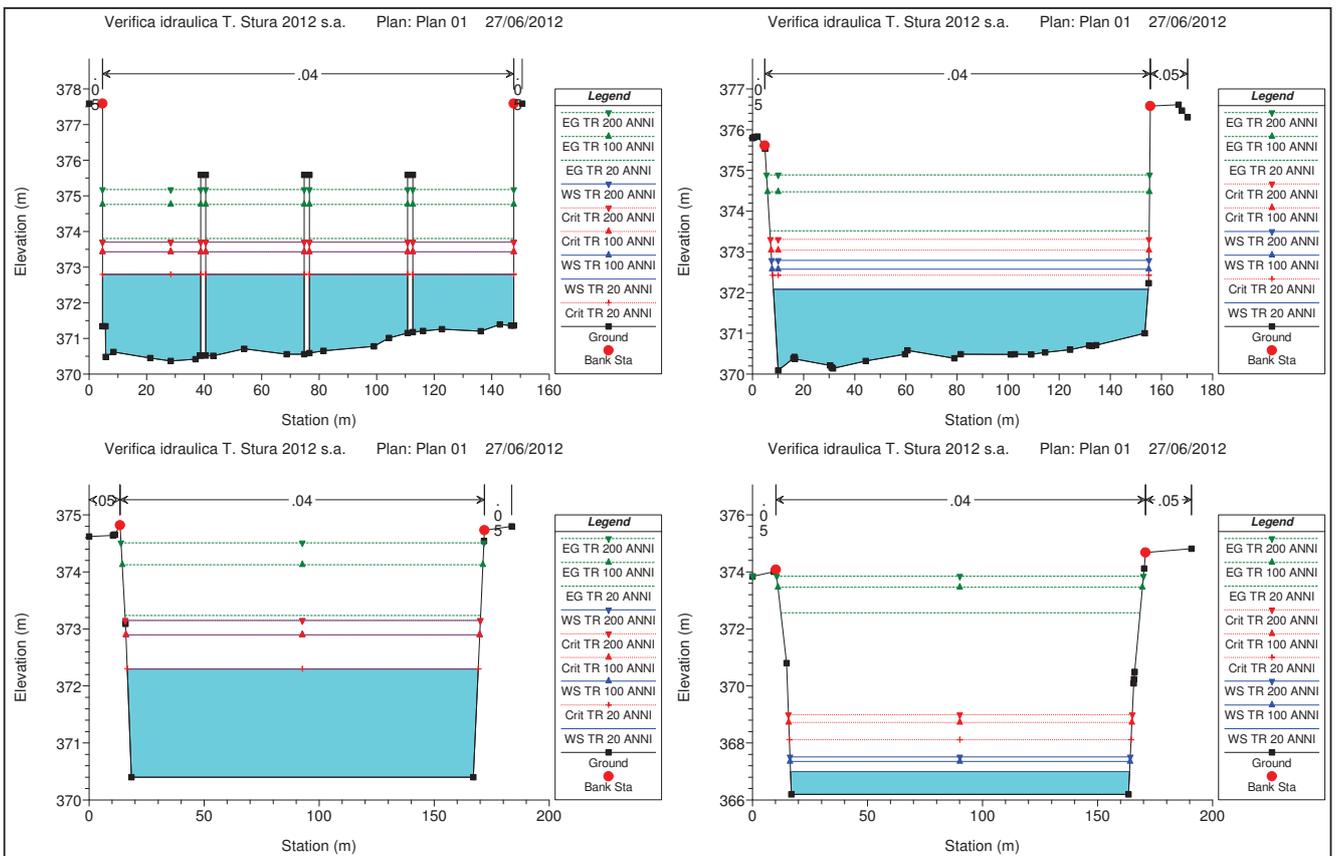
HEC-RAS Plan: Plan 01 River: Fiume Stura di L Reach: Grange di Nole (Continued)

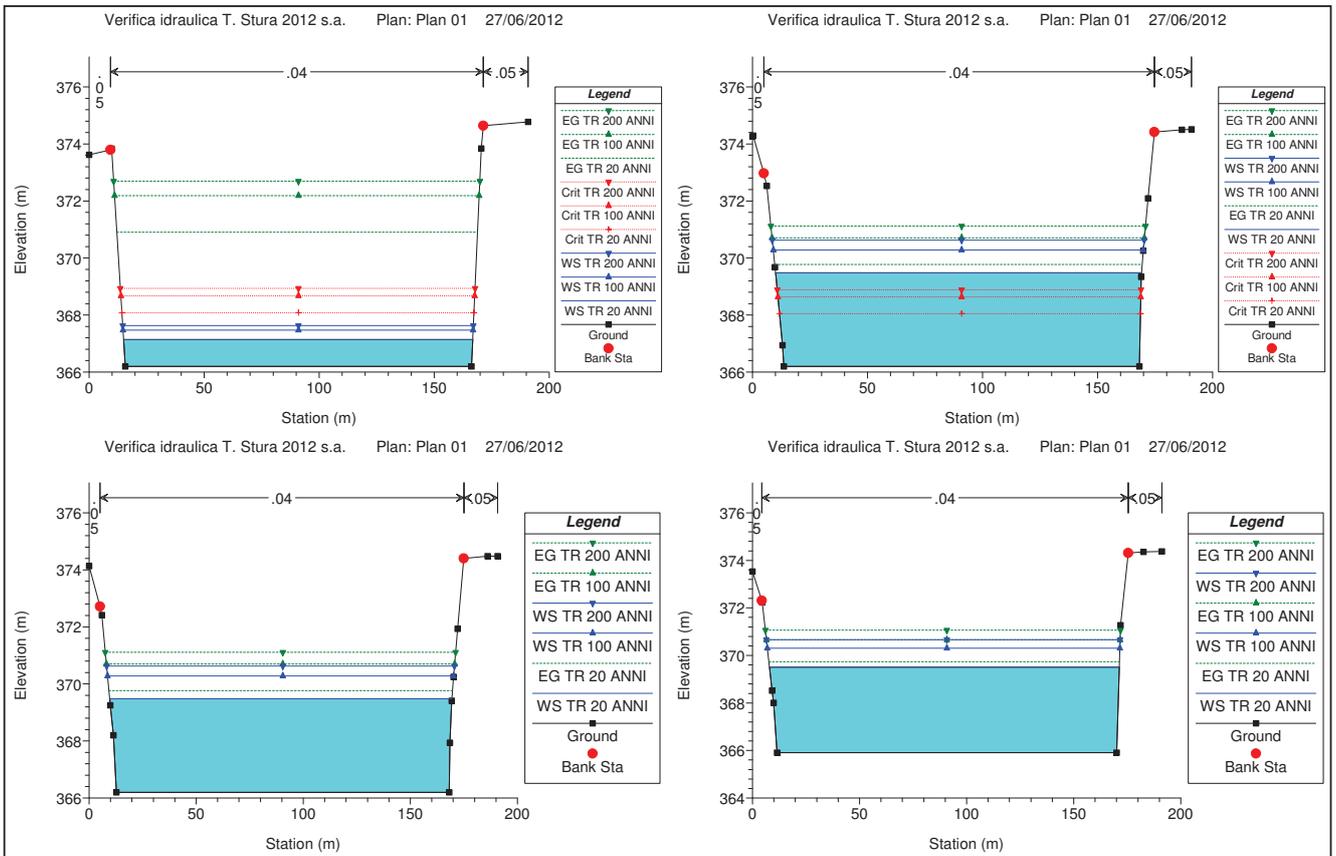
Reach	River Sta	Profile	Q Total	Min Ch El	W.S. Elev	Crit W.S.	E.G. Elev	E.G. Slope	Vel Chnl	Flow Area	Top Width	Froude # Chl
			(m ³ /s)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m/m)	(m/s)	(m ²)	(m)	
Grange di Nole	1	TR 200 ANNI	2153.00	344.84	349.61	349.53	350.59	0.011546	4.70	507.96	235.42	0.98

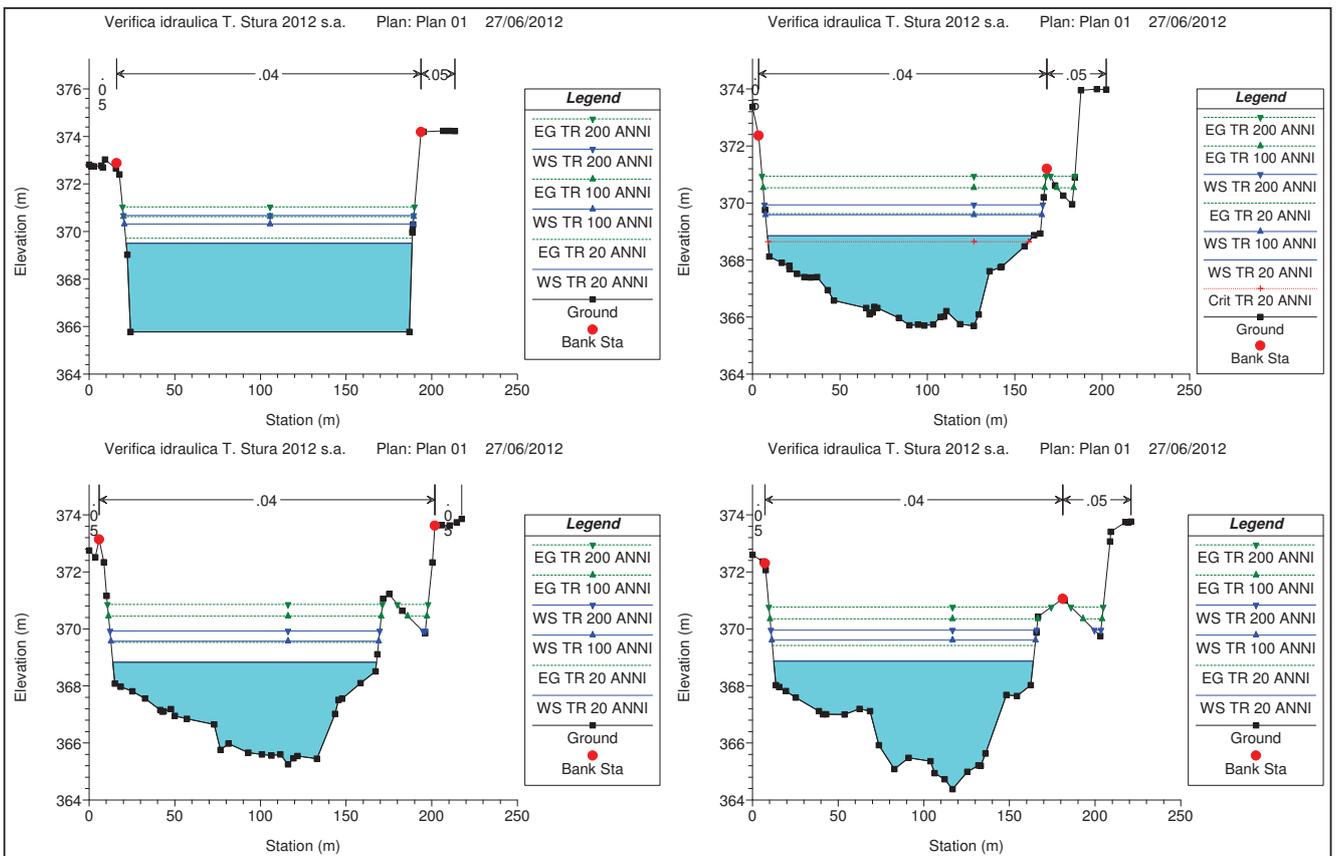


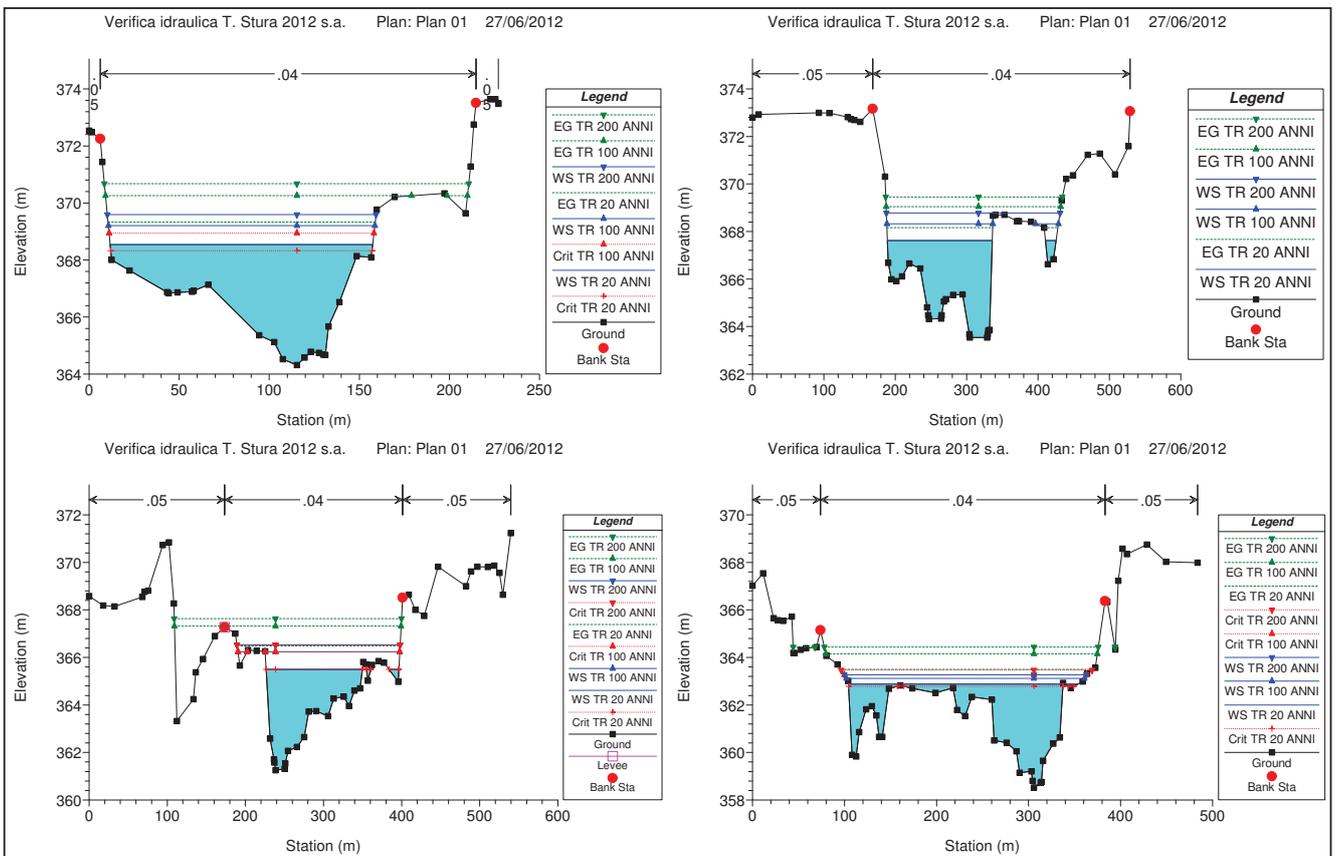


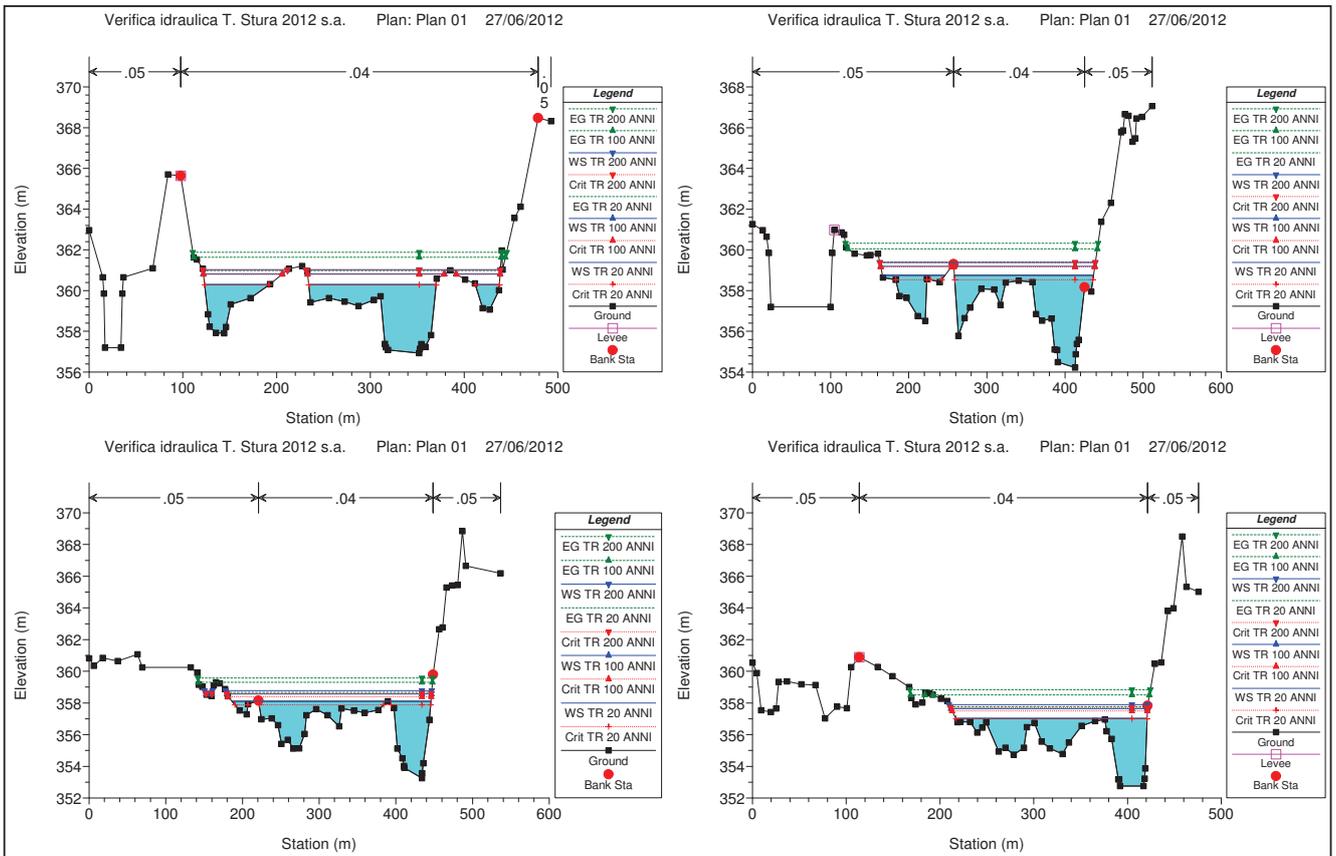


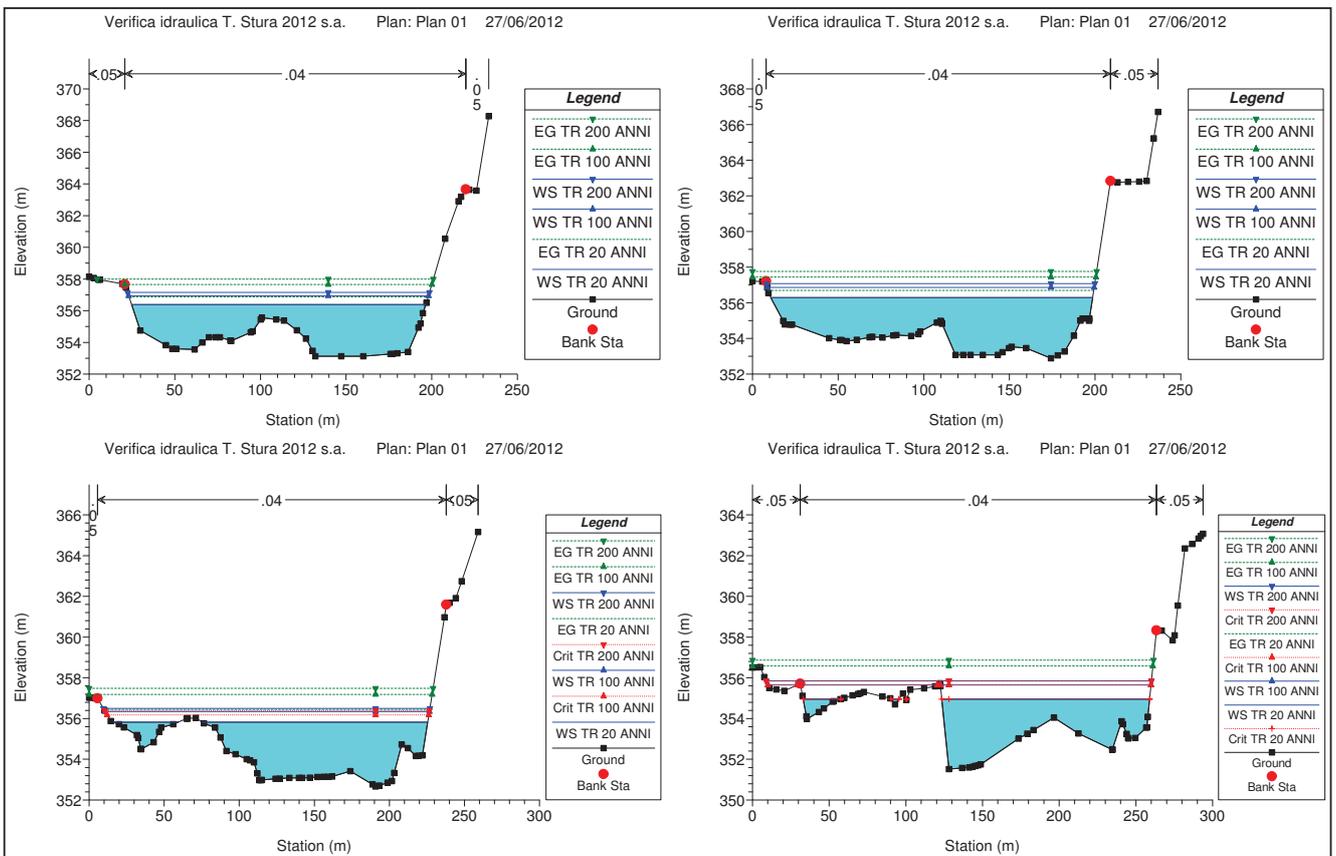


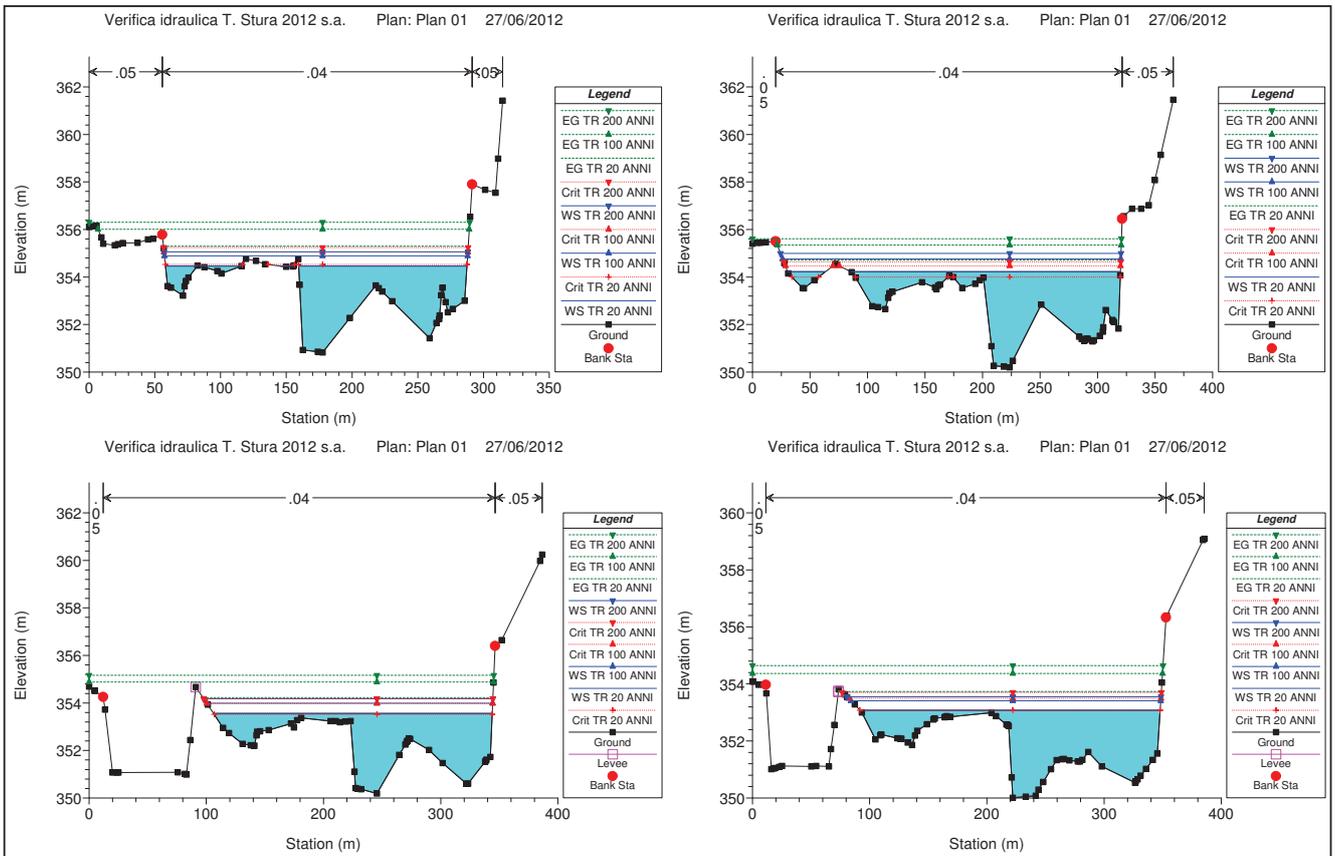


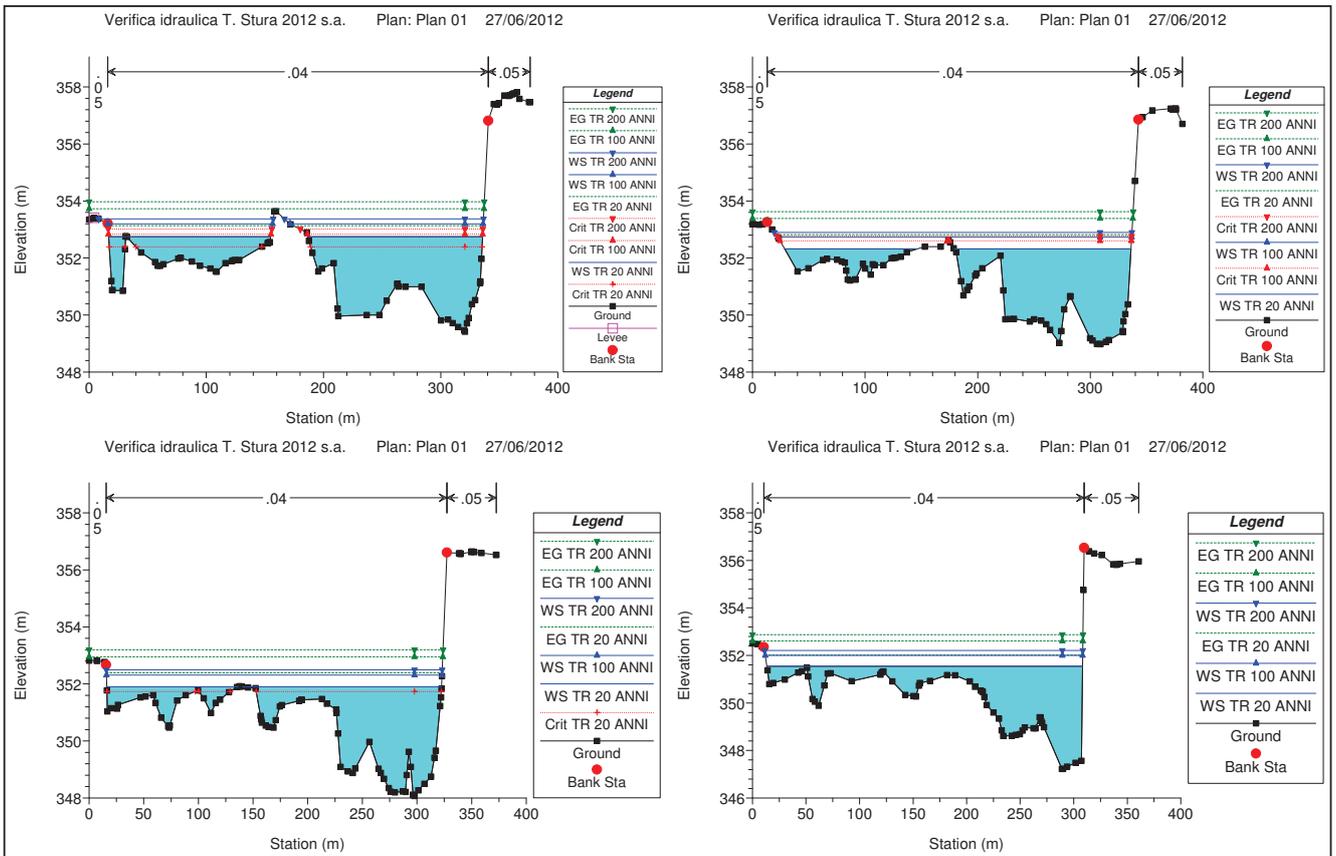


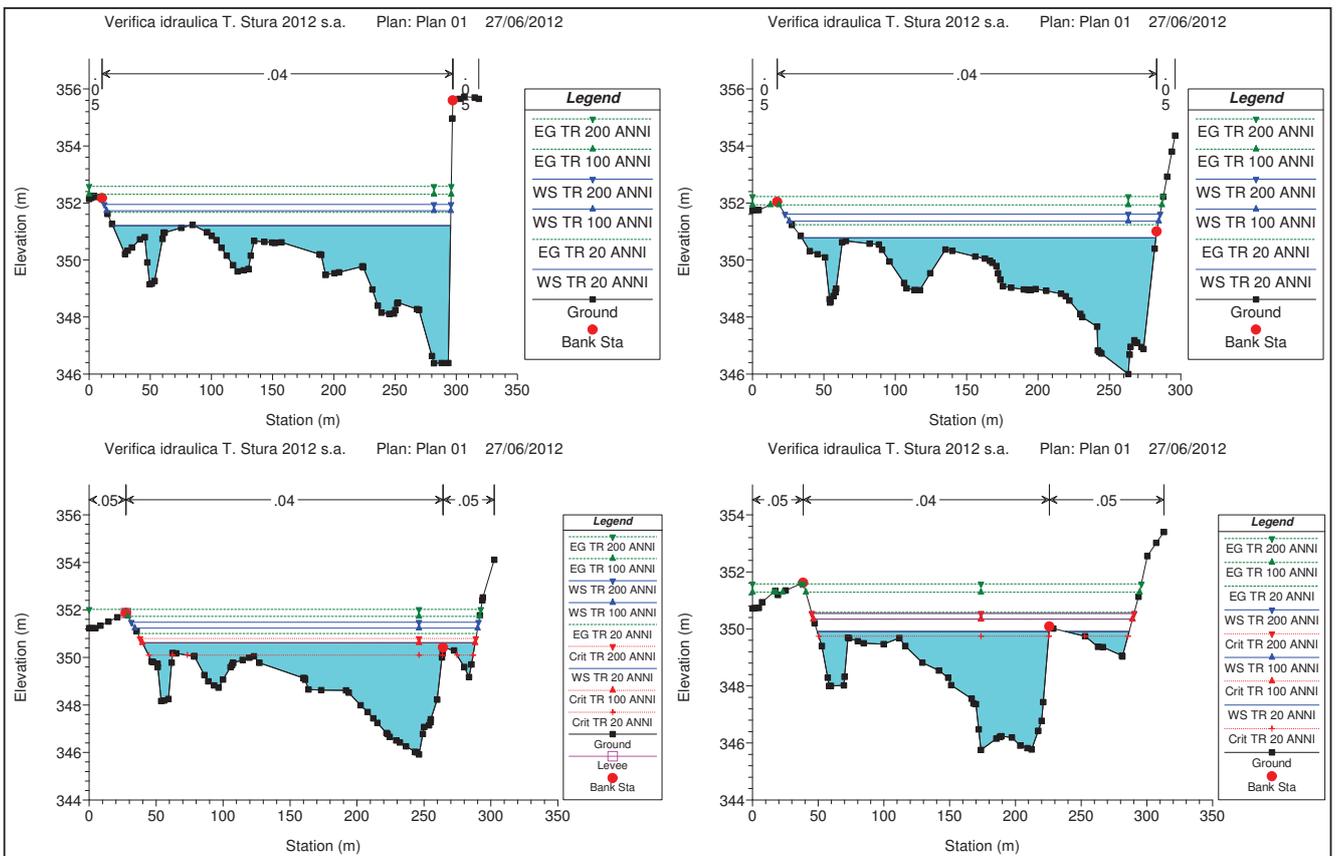




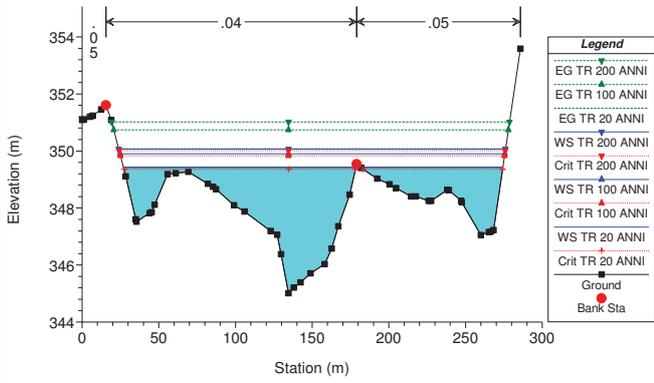




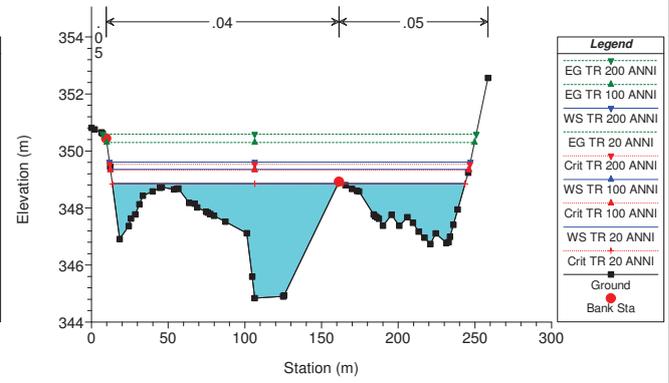




Verifica idraulica T. Stura 2012 s.a. Plan: Plan 01 27/06/2012



Verifica idraulica T. Stura 2012 s.a. Plan: Plan 01 27/06/2012



10. ALLEGATO 3 – ELABORAZIONI IN MOTO PERMANENTE MONODIMENSIONALE IN HEC-RAS – STATO DI PROGETTO

HEC-RAS Plan: Plan 01 River: Fiume Stura di L. Reach: Grange di Nole

Reach	River Sta	Profile	Q Total (m3/s)	Min Ch El (m)	W.S. Elev (m)	Crit W.S. (m)	E.G. Elev (m)	E.G. Slope (m/m)	Vel Chnl (m/s)	Flow Area (m2)	Top Width (m)	Froude # Chl
Grange di Nole	46	TR 20 ANNI	1225.00	374.85	377.72	377.47	378.36	0.008545	3.55	345.22	180.73	0.82
Grange di Nole	46	TR 100 ANNI	1855.00	374.85	378.32	378.02	379.16	0.008059	4.07	455.86	185.85	0.83
Grange di Nole	46	TR 200 ANNI	2153.00	374.85	378.57	378.25	379.51	0.007945	4.28	502.91	187.95	0.84
Grange di Nole	45	TR 20 ANNI	1225.00	374.34	377.19		377.65	0.005138	3.01	407.18	186.33	0.65
Grange di Nole	45	TR 100 ANNI	1855.00	374.34	377.80		378.44	0.005593	3.53	525.26	201.32	0.70
Grange di Nole	45	TR 200 ANNI	2153.00	374.34	378.07		378.77	0.005637	3.71	580.55	207.97	0.71
Grange di Nole	44	TR 20 ANNI	1225.00	373.02	376.98		377.18	0.003136	1.96	626.02	376.69	0.48
Grange di Nole	44	TR 100 ANNI	1855.00	373.02	377.78		377.98	0.002154	1.95	951.99	439.43	0.42
Grange di Nole	44	TR 200 ANNI	2153.00	373.02	378.12		378.31	0.001899	1.95	1106.94	468.86	0.40
Grange di Nole	43	TR 20 ANNI	1225.00	372.48	375.90	375.90	376.82	0.013305	4.25	287.95	158.28	1.01
Grange di Nole	43	TR 100 ANNI	1855.00	372.48	376.51	376.51	377.67	0.012136	4.77	390.15	182.62	1.00
Grange di Nole	43	TR 200 ANNI	2153.00	372.48	376.78	376.78	378.02	0.011399	4.94	441.67	202.86	0.99
Grange di Nole	42	TR 20 ANNI	1225.00	372.06	375.62	375.00	375.94	0.005011	2.53	483.90	280.60	0.62
Grange di Nole	42	TR 100 ANNI	1855.00	372.06	376.37	375.52	376.72	0.003794	2.60	712.13	321.39	0.56
Grange di Nole	42	TR 200 ANNI	2153.00	372.06	376.61	375.71	376.99	0.003846	2.73	788.77	335.39	0.57
Grange di Nole	41	TR 20 ANNI	1225.00	371.92	374.56	374.56	375.50	0.012829	4.29	285.55	158.67	1.00
Grange di Nole	41	TR 100 ANNI	1855.00	371.92	375.23	375.23	376.35	0.010412	4.71	412.45	220.79	0.95
Grange di Nole	41	TR 200 ANNI	2153.00	371.92	375.69	375.69	376.67	0.007506	4.47	551.90	367.74	0.83
Grange di Nole	40	TR 20 ANNI	1225.00	370.62	372.58	373.26	374.86	0.053247	6.69	183.13	145.70	1.90
Grange di Nole	40	TR 100 ANNI	1855.00	370.62	373.07	373.87	375.78	0.041602	7.30	254.17	147.19	1.77
Grange di Nole	40	TR 200 ANNI	2153.00	370.62	373.29	374.14	376.16	0.037731	7.51	286.83	147.86	1.72
Grange di Nole	39	TR 20 ANNI	1225.00	370.49	372.60	373.01	374.16	0.027771	5.54	221.25	143.22	1.42
Grange di Nole	39	TR 100 ANNI	1855.00	370.49	373.07	373.63	375.17	0.026495	6.42	288.99	144.33	1.45
Grange di Nole	39	TR 200 ANNI	2153.00	370.49	373.29	373.90	375.59	0.025459	6.72	320.40	144.84	1.44
Grange di Nole	38	TR 20 ANNI	1225.00	370.37	372.80	372.80	373.80	0.014497	4.45	275.58	137.59	1.00
Grange di Nole	38	TR 100 ANNI	1855.00	370.37	373.43	373.43	374.76	0.013841	5.11	363.14	137.59	1.00
Grange di Nole	38	TR 200 ANNI	2153.00	370.37	373.70	373.70	375.18	0.013702	5.38	400.48	137.59	1.01
Grange di Nole	37	TR 20 ANNI	1225.00	370.09	372.08	372.43	373.52	0.024896	5.31	230.83	146.64	1.35
Grange di Nole	37	TR 100 ANNI	1855.00	370.09	372.58	373.04	374.48	0.023106	6.11	303.82	147.33	1.36
Grange di Nole	37	TR 200 ANNI	2153.00	370.09	372.79	373.30	374.89	0.022447	6.42	335.59	147.57	1.36
Grange di Nole	36	TR 20 ANNI	1225.00	370.40	372.30	372.30	373.23	0.012917	4.29	285.67	152.54	1.00
Grange di Nole	36	TR 100 ANNI	1855.00	370.40	372.89	372.89	374.13	0.011905	4.92	377.18	153.78	1.00
Grange di Nole	36	TR 200 ANNI	2153.00	370.40	373.15	373.15	374.51	0.011599	5.17	416.49	154.33	1.00
Grange di Nole	35	TR 20 ANNI	1225.00	366.20	367.00	368.11	372.57	0.239724	10.46	117.16	147.41	3.74
Grange di Nole	35	TR 100 ANNI	1855.00	366.20	367.35	368.72	373.46	0.162056	10.95	169.37	147.77	3.27
Grange di Nole	35	TR 200 ANNI	2153.00	366.20	367.51	368.99	373.85	0.141511	11.15	193.08	147.94	3.12
Grange di Nole	34	TR 20 ANNI	1225.00	366.20	367.14	368.08	370.91	0.129791	8.60	142.48	151.76	2.83
Grange di Nole	34	TR 100 ANNI	1855.00	366.20	367.47	368.68	372.19	0.109236	9.62	192.87	152.20	2.73
Grange di Nole	34	TR 200 ANNI	2153.00	366.20	367.63	368.93	372.69	0.101320	9.97	215.92	152.41	2.67
Grange di Nole	33	TR 20 ANNI	1225.00	366.20	369.48	368.05	369.77	0.001959	2.38	514.38	159.05	0.42
Grange di Nole	33	TR 100 ANNI	1855.00	366.20	370.28	368.63	370.71	0.002189	2.89	641.84	160.80	0.46
Grange di Nole	33	TR 200 ANNI	2153.00	366.20	370.63	368.89	371.11	0.002246	3.08	698.30	161.65	0.47
Grange di Nole	32	TR 20 ANNI	1225.00	366.20	369.48		369.77	0.001956	2.38	515.48	159.81	0.42
Grange di Nole	32	TR 100 ANNI	1855.00	366.20	370.28		370.70	0.002182	2.88	643.58	161.59	0.46
Grange di Nole	32	TR 200 ANNI	2153.00	366.20	370.63		371.11	0.002237	3.07	700.35	162.43	0.47
Grange di Nole	31	TR 20 ANNI	1225.00	365.91	369.50		369.73	0.001383	2.12	577.38	163.34	0.36
Grange di Nole	31	TR 100 ANNI	1855.00	365.91	370.31		370.66	0.001622	2.61	709.54	164.62	0.40
Grange di Nole	31	TR 200 ANNI	2153.00	365.91	370.66		371.06	0.001692	2.80	767.88	165.18	0.42
Grange di Nole	30	TR 20 ANNI	1225.00	365.78	369.51		369.71	0.001164	2.00	613.65	166.88	0.33
Grange di Nole	30	TR 100 ANNI	1855.00	365.78	370.32		370.63	0.001396	2.47	749.53	168.59	0.37
Grange di Nole	30	TR 200 ANNI	2153.00	365.78	370.67		371.03	0.001466	2.66	809.71	169.50	0.39
Grange di Nole	29	TR 20 ANNI	1225.00	365.69	368.85	368.64	369.63	0.009318	3.90	314.17	152.34	0.87
Grange di Nole	29	TR 100 ANNI	1855.00	365.69	369.59		370.54	0.007979	4.32	428.96	158.14	0.84
Grange di Nole	29	TR 200 ANNI	2153.00	365.69	369.94		370.94	0.007233	4.44	484.60	159.19	0.81
Grange di Nole	28	TR 20 ANNI	1225.00	365.25	368.84		369.53	0.007778	3.68	333.12	153.97	0.80
Grange di Nole	28	TR 100 ANNI	1855.00	365.25	369.57		370.45	0.006845	4.15	447.19	156.36	0.78
Grange di Nole	28	TR 200 ANNI	2153.00	365.25	369.92		370.86	0.006415	4.29	502.00	158.82	0.77
Grange di Nole	27	TR 20 ANNI	1225.00	364.38	368.88		369.42	0.005122	3.26	375.46	151.50	0.66
Grange di Nole	27	TR 100 ANNI	1855.00	364.38	369.61		370.35	0.005034	3.80	487.69	153.91	0.68
Grange di Nole	27	TR 200 ANNI	2153.00	364.38	369.96		370.76	0.004848	3.98	541.56	158.90	0.68
Grange di Nole	26	TR 20 ANNI	1225.00	364.32	368.54	368.33	369.33	0.009063	3.93	311.49	145.76	0.86
Grange di Nole	26	TR 100 ANNI	1855.00	364.32	369.21	368.94	370.25	0.008544	4.53	409.50	147.94	0.87
Grange di Nole	26	TR 200 ANNI	2153.00	364.32	369.59		370.68	0.007541	4.61	466.70	149.20	0.83
Grange di Nole	25	TR 20 ANNI	1225.00	363.54	367.62		368.16	0.005548	3.24	377.90	161.93	0.68
Grange di Nole	25	TR 100 ANNI	1855.00	363.54	368.33		369.04	0.005987	3.74	495.65	160.90	0.72
Grange di Nole	25	TR 200 ANNI	2153.00	363.54	368.78		369.45	0.006535	3.63	593.57	243.23	0.74
Grange di Nole	24	TR 20 ANNI	1225.00	361.25	365.50	365.50	366.48	0.012656	4.39	278.83	141.29	1.00
Grange di Nole	24	TR 100 ANNI	1855.00	361.25	366.24	366.24	367.32	0.012209	4.61	402.13	184.22	1.00
Grange di Nole	24	TR 200 ANNI	2153.00	361.25	366.53	366.53	367.64	0.012255	4.66	461.73	208.88	1.00

HEC-RAS Plan: Plan 01 River: Fiume Stura di L. Reach: Grange di Nole (Continued)

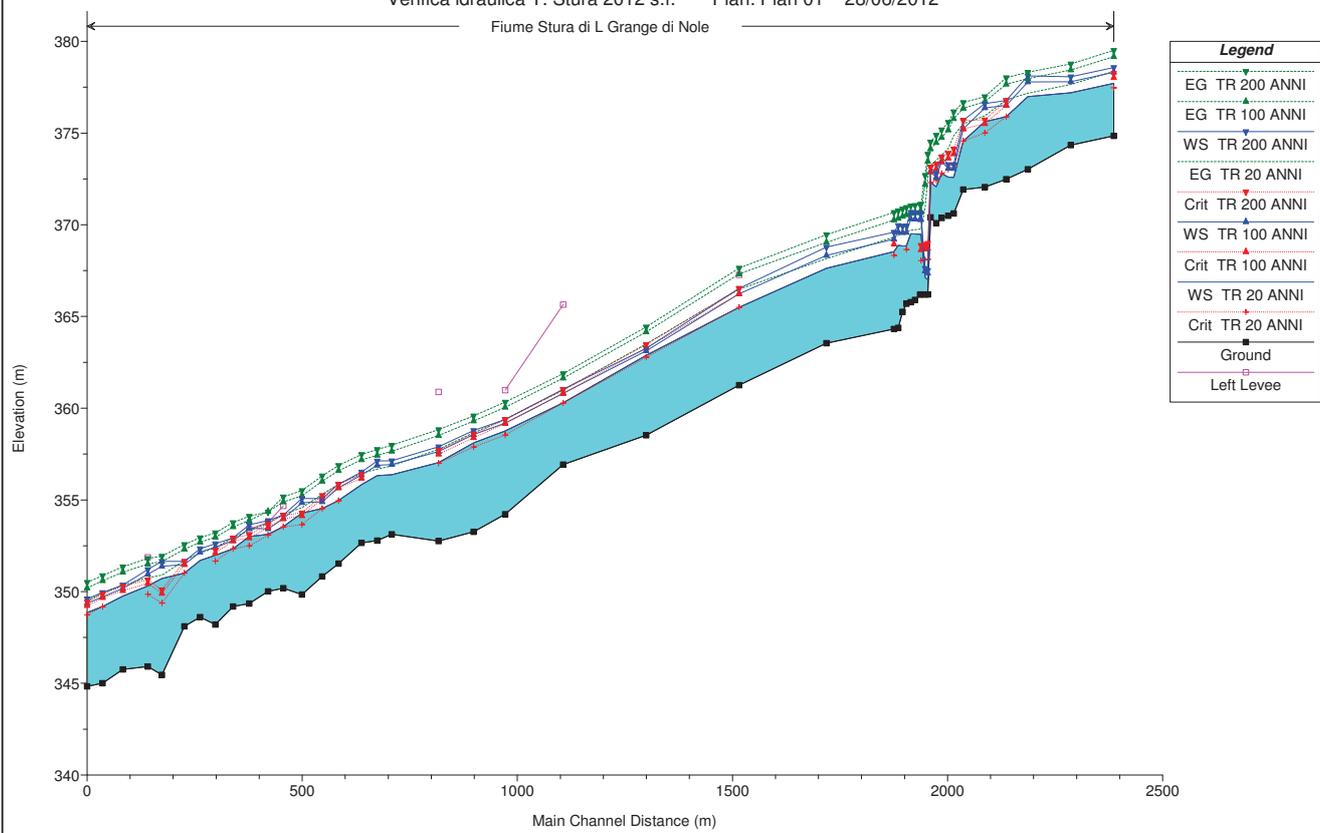
Reach	River Sta	Profile	Q Total (m3/s)	Min Ch El (m)	W.S. Elev (m)	Crit W.S. (m)	E.G. Elev (m)	E.G. Slope (m/m)	Vel Chnl (m/s)	Flow Area (m2)	Top Width (m)	Froude # Chl
Grange di Nole	23	TR 20 ANNI	1225.00	358.52	362.88	362.78	363.50	0.012533	3.50	350.31	247.39	0.94
Grange di Nole	23	TR 100 ANNI	1855.00	358.52	363.12	363.27	364.15	0.017773	4.50	411.81	258.59	1.14
Grange di Nole	23	TR 200 ANNI	2153.00	358.52	363.26	363.46	364.43	0.018269	4.79	449.67	263.09	1.17
Grange di Nole	22	TR 20 ANNI	1225.00	356.93	360.30	360.28	360.99	0.013448	3.68	333.21	231.20	0.98
Grange di Nole	22	TR 100 ANNI	1855.00	356.93	360.81	360.80	361.63	0.013171	4.01	462.60	277.38	0.99
Grange di Nole	22	TR 200 ANNI	2153.00	356.93	361.03	361.01	361.89	0.012846	4.10	524.63	298.24	0.99
Grange di Nole	21	TR 20 ANNI	1225.00	354.22	358.75	358.53	359.40	0.010453	3.71	368.79	258.13	0.89
Grange di Nole	21	TR 100 ANNI	1855.00	354.22	359.19	359.17	360.05	0.010681	4.33	485.21	271.81	0.93
Grange di Nole	21	TR 200 ANNI	2153.00	354.22	359.38	359.38	360.33	0.010624	4.56	537.04	275.88	0.94
Grange di Nole	20	TR 20 ANNI	1225.00	353.26	358.11	357.88	358.66	0.009072	3.29	380.57	257.03	0.82
Grange di Nole	20	TR 100 ANNI	1855.00	353.26	358.56	358.39	359.30	0.009015	3.85	500.49	274.03	0.85
Grange di Nole	20	TR 200 ANNI	2153.00	353.26	358.78	358.59	359.58	0.008610	4.01	560.71	279.37	0.84
Grange di Nole	19	TR 20 ANNI	1225.00	352.76	357.03	356.99	357.77	0.012892	3.80	322.08	204.19	0.97
Grange di Nole	19	TR 100 ANNI	1855.00	352.76	357.64	357.50	358.51	0.010182	4.14	448.31	209.57	0.90
Grange di Nole	19	TR 200 ANNI	2153.00	352.76	357.90	357.71	358.83	0.009514	4.28	502.51	212.00	0.89
Grange di Nole	18	TR 20 ANNI	1225.00	353.12	356.37		356.86	0.005095	3.10	395.22	171.64	0.65
Grange di Nole	18	TR 100 ANNI	1855.00	353.12	356.92		357.65	0.005796	3.77	491.60	174.90	0.72
Grange di Nole	18	TR 200 ANNI	2153.00	353.12	357.14		357.98	0.006155	4.07	529.55	176.15	0.75
Grange di Nole	17	TR 20 ANNI	1225.00	352.78	356.32		356.68	0.003468	2.66	460.74	188.82	0.54
Grange di Nole	17	TR 100 ANNI	1855.00	352.78	356.89		357.43	0.003983	3.25	570.29	191.34	0.60
Grange di Nole	17	TR 200 ANNI	2153.00	352.78	357.12		357.75	0.004227	3.51	613.81	199.78	0.63
Grange di Nole	16	TR 20 ANNI	1225.00	352.66	355.83		356.46	0.009045	3.51	349.14	193.74	0.83
Grange di Nole	16	TR 100 ANNI	1855.00	352.66	356.36	356.17	357.19	0.009501	4.02	461.06	216.14	0.88
Grange di Nole	16	TR 200 ANNI	2153.00	352.66	356.52	356.39	357.48	0.010173	4.35	495.40	217.71	0.92
Grange di Nole	15	TR 20 ANNI	1225.00	351.52	354.97	354.96	355.85	0.013239	4.17	293.78	165.26	1.00
Grange di Nole	15	TR 100 ANNI	1855.00	351.52	355.65	355.65	356.59	0.012745	4.30	434.51	244.56	0.99
Grange di Nole	15	TR 200 ANNI	2153.00	351.52	355.85	355.85	356.88	0.012363	4.50	484.55	249.41	0.99
Grange di Nole	14	TR 20 ANNI	1225.00	350.83	354.52	354.52	355.30	0.014272	3.91	313.38	205.15	1.01
Grange di Nole	14	TR 100 ANNI	1855.00	350.83	354.89	355.05	356.01	0.017452	4.69	395.56	229.07	1.14
Grange di Nole	14	TR 200 ANNI	2153.00	350.83	355.07	355.24	356.31	0.017151	4.94	435.60	229.91	1.15
Grange di Nole	13	TR 20 ANNI	1225.00	349.84	354.28	353.65	354.58	0.004531	2.42	507.08	290.86	0.58
Grange di Nole	13	TR 100 ANNI	1855.00	349.84	354.85	354.13	355.23	0.004143	2.76	673.26	295.96	0.58
Grange di Nole	13	TR 200 ANNI	2153.00	349.84	355.09	354.29	355.51	0.004032	2.89	744.36	302.86	0.58
Grange di Nole	12	TR 20 ANNI	1225.00	350.19	353.55	353.53	354.22	0.013556	3.65	336.02	237.06	0.98
Grange di Nole	12	TR 100 ANNI	1855.00	350.19	353.98	353.98	354.89	0.013191	4.23	438.99	242.81	1.00
Grange di Nole	12	TR 200 ANNI	2153.00	350.19	354.17	354.17	355.17	0.012790	4.42	487.27	246.10	1.00
Grange di Nole	11	TR 20 ANNI	1225.00	350.01	353.12	353.08	353.74	0.012882	3.49	351.43	256.24	0.95
Grange di Nole	11	TR 100 ANNI	1855.00	350.01	353.42	353.51	354.37	0.015836	4.33	428.40	263.15	1.08
Grange di Nole	11	TR 200 ANNI	2153.00	350.01	353.87	353.69	354.35	0.005643	3.05	704.96	335.95	0.67
Grange di Nole	10	TR 20 ANNI	1225.00	349.35	353.01	352.49	353.31	0.005144	2.43	504.20	316.66	0.61
Grange di Nole	10	TR 100 ANNI	1855.00	349.35	353.45	352.93	353.87	0.005286	2.86	648.98	337.64	0.65
Grange di Nole	10	TR 200 ANNI	2153.00	349.35	353.84	353.10	354.11	0.005310	3.04	710.95	337.91	0.66
Grange di Nole	9	TR 20 ANNI	1225.00	349.19	352.33	352.33	352.97	0.014801	3.52	347.97	276.64	1.00
Grange di Nole	9	TR 100 ANNI	1855.00	349.19	352.76	352.76	353.53	0.013982	3.88	478.08	314.98	1.01
Grange di Nole	9	TR 200 ANNI	2153.00	349.19	352.93	352.93	353.77	0.013523	4.06	530.30	318.34	1.00
Grange di Nole	8	TR 20 ANNI	1225.00	348.20	351.98	351.66	352.38	0.007984	2.80	436.74	306.48	0.75
Grange di Nole	8	TR 100 ANNI	1855.00	348.20	352.42	352.10	352.96	0.007537	3.25	570.84	307.24	0.76
Grange di Nole	8	TR 200 ANNI	2153.00	348.20	352.61	352.26	353.21	0.007375	3.42	628.70	307.57	0.76
Grange di Nole	7	TR 20 ANNI	1225.00	348.61	351.70		352.10	0.007822	2.83	432.94	295.35	0.75
Grange di Nole	7	TR 100 ANNI	1855.00	348.61	352.15		352.69	0.007365	3.27	567.02	297.02	0.76
Grange di Nole	7	TR 200 ANNI	2153.00	348.61	352.34		352.95	0.007252	3.45	623.64	297.73	0.76
Grange di Nole	6	TR 20 ANNI	1225.00	348.11	351.01	351.01	351.70	0.014557	3.67	333.50	244.67	1.00
Grange di Nole	6	TR 100 ANNI	1855.00	348.11	351.47	351.47	352.31	0.013770	4.05	458.29	278.93	1.01
Grange di Nole	6	TR 200 ANNI	2153.00	348.11	351.65	351.65	352.57	0.013346	4.24	507.21	280.70	1.01
Grange di Nole	5	TR 20 ANNI	1225.00	345.46	350.72	349.37	350.90	0.001704	1.88	652.45	264.42	0.38
Grange di Nole	5	TR 100 ANNI	1855.00	345.46	351.38	349.90	351.63	0.001790	2.24	839.38	288.37	0.40
Grange di Nole	5	TR 200 ANNI	2153.00	345.46	351.65	350.09	351.94	0.001815	2.38	917.81	289.39	0.41
Grange di Nole	4	TR 20 ANNI	1225.00	345.92	350.31	349.85	350.77	0.006688	3.02	411.29	237.44	0.71
Grange di Nole	4	TR 100 ANNI	1855.00	345.92	350.95	350.44	351.50	0.005631	3.33	569.69	252.40	0.69
Grange di Nole	4	TR 200 ANNI	2153.00	345.92	351.20	350.64	351.81	0.005435	3.48	634.59	255.61	0.68
Grange di Nole	3	TR 20 ANNI	1225.00	345.76	349.76		350.34	0.007472	3.41	368.37	209.19	0.77
Grange di Nole	3	TR 100 ANNI	1855.00	345.76	350.17	350.05	351.06	0.009106	4.22	463.77	240.72	0.87
Grange di Nole	3	TR 200 ANNI	2153.00	345.76	350.36	350.29	351.36	0.009420	4.49	509.29	242.99	0.89
Grange di Nole	2	TR 20 ANNI	1225.00	345.01	349.18	349.17	349.91	0.010332	3.97	348.81	222.07	0.90
Grange di Nole	2	TR 100 ANNI	1855.00	345.01	349.72	349.67	350.59	0.010386	4.39	479.12	249.52	0.92
Grange di Nole	2	TR 200 ANNI	2153.00	345.01	349.95	349.87	350.87	0.009916	4.54	536.08	251.25	0.92
Grange di Nole	1	TR 20 ANNI	1225.00	344.84	348.86	348.73	349.50	0.010563	3.77	361.79	227.49	0.90
Grange di Nole	1	TR 100 ANNI	1855.00	344.84	349.36	349.24	350.20	0.010183	4.33	477.69	233.83	0.91

HEC-RAS Plan: Plan 01 River: Fiume Stura di L Reach: Grange di Nole (Continued)

Reach	River Sta	Profile	Q Total (m3/s)	Min Ch El (m)	W.S. Elev (m)	Crit W.S. (m)	E.G. Elev (m)	E.G. Slope (m/m)	Vel Chnl (m/s)	Flow Area (m2)	Top Width (m)	Froude # Chl
Grange di Nole	1	TR 200 ANNI	2153.00	344.84	349.61	349.44	350.50	0.009503	4.47	536.34	235.45	0.90

Verifica idraulica T. Stura 2012 s.f. Plan: Plan 01 28/06/2012

Fiume Stura di L. Grange di Nole



Legend

- EG TR 200 ANNI
- EG TR 100 ANNI
- WS TR 200 ANNI
- EG TR 20 ANNI
- Crit TR 200 ANNI
- WS TR 100 ANNI
- Crit TR 100 ANNI
- WS TR 20 ANNI
- Crit TR 20 ANNI
- Ground
- Left Levee

