COMMITTENTE

STE (Soluzioni Tecniche Energetiche) S.p.A.
Sede Legale: Via Piffetti 15 – 10143 Torino – tel +39 011 4737401 – fax +39 011 480476
Codice fiscale e Partita IVA 01694160027

PROGETTISTI

STE (Soluzioni Tecniche Energetiche) S.p.A.
Sede Legale
Via Piffetti, 15 – 10143 TO
Tel +39 011 4737401
Fax +39 011 480476
Cap Soc E 800.000,00 i.v.
Codice fiscale e Partita IVA 01694160027

STUDIO DI INGEGNERIA FERRARI E GIRAUDO
Corso Nizza 67/A CUNEO
Tel. 0171 698783 Fax 0171 697676
e-mail: ufficio@ferrariegiraudo.it

Dott. Ing. Franco Giraudo

Dott. Ing. Stefano Ferrari

IMPIANTO IDROELETTRICO ALIMENTATO CON LE ACQUE DEL TORRENTE NEGRONE IN LOCALITA' PORNASSINO NEI COMUNI DI ORMEA (CN) E COSIO D'ARROSCIA (IM)

VALUTAZIONE DI IMPATTO AMBIENTALE

PROGETTO DEFINITIVO

STUDIO DI COMPATIBILITA' CON IL PAI

	0011_Orm_ID_D_27_SCP_14_Rev0			Maggio 2012	
2					
1					
0	05/2012	Emissione			BLA
REV	DATA	DESCRIZIONE	RED.	VER.	APP.

CONSULENZE

ITTIOFAUNA:
Dott. Massimo Pascale
FAUNA:
Dott. ssa Mara Calvini
FLORA ECOSISTEMI:
Dott. For. Paolo Correndo
GEOLOGIA:
Dott. Geol. Aldo Acquarone
MACROINVERTEBRATI BENTONICI
Dott. Stefano Fenoglio
IMPATTO ACUSTICO
Dott.ssa Sara Viglietti

Il Progettista delle opere specialistiche
STE S.p.A
arch. Laura Burzio

CONSULENZA SPECIALISTICA

Il Responsabile del progetto
STE S.p.A
ing. Michele Blandino

N° ELABORATO

14

Questo elaborato è di proprietà riservata della STE S.p.A.; ne è vietata la riproduzione anche parziale, nonchè la presentazione a terzi senza esplicita autorizzazione. L'inosservanza è perseguibile ai termini di legge.

Premessa....2
Inquadramento geografico....5
I criteri di verifica....5
Stima delle portate....6
La morfologia del bacino....6
Pioggia di progetto....7
Ricostruzione Afflussi deflussi....8
Trasformazione afflussi deflussi: idrogramma unitario SCS....10
Opera di presa....13
Centrale....14
Metodo Razionale....15
Definizione delle portate di progetto....15
Assetto geometrico dell'alveo....17
Caratteristiche morfologiche dell'alveo....17
Tendenze evolutive e stabilità delle sponde....20
Possibilità di alterazione della forma di canale....21
Caratteristiche ambientali e paesistiche della regione fluviale....21
Opere di difesa idraulica....22
Manufatti interferenti....22
Modalità di deflusso in piena....23
Metodo di calcolo....23
Condizioni al contorno....23
Condizioni fisiche di riferimento....24
Coefficienti di scabrezza....24
Risultati....24
Effetti indotti dalle opere in progetto....25
Caratteristiche granulometriche del materiale d'alveo....28
Analisi quali quantitativa del trasporto solido....28
Interrimento a monte dell'opera di presa....29
Erosione localizzata....29
Allegati....35
Scenario 0 (stato esistente) – Tabelle profili e sezioni....36
Scenario 1 (stato di progetto) – Tabelle profili e sezioni....37
Verifiche di stabilità dello sbarramento....38

Premessa

La presente relazione intende valutare la compatibilità delle opere in progetto con le norme di attuazione del PAI ed in particolare con quanto prescritto all'art. 38.

Le opere in progetto sono costituite da un impianto idroelettrico ad acqua fluente, costituito da:

- opera di presa
- condotta forzata interrata
- centrale idroelettrico e scarico

La sovrapposizione delle opere in progetto con il quadro dei dissesti è riportato nelle seguenti figure, in cui si presentano come sfondo l'Atlante dei Piani e soprattutto il PRGC del Comune di Ormea nelle tavole di adeguamento del PRGC al PAI. Quest'ultimo elaborato presenta il riferimento più aggiornato e dettagliato dei dissesti nell'area di interesse.

Dalla cartografia presentata risulta che le opere interferiscano con i seguenti dissesti:

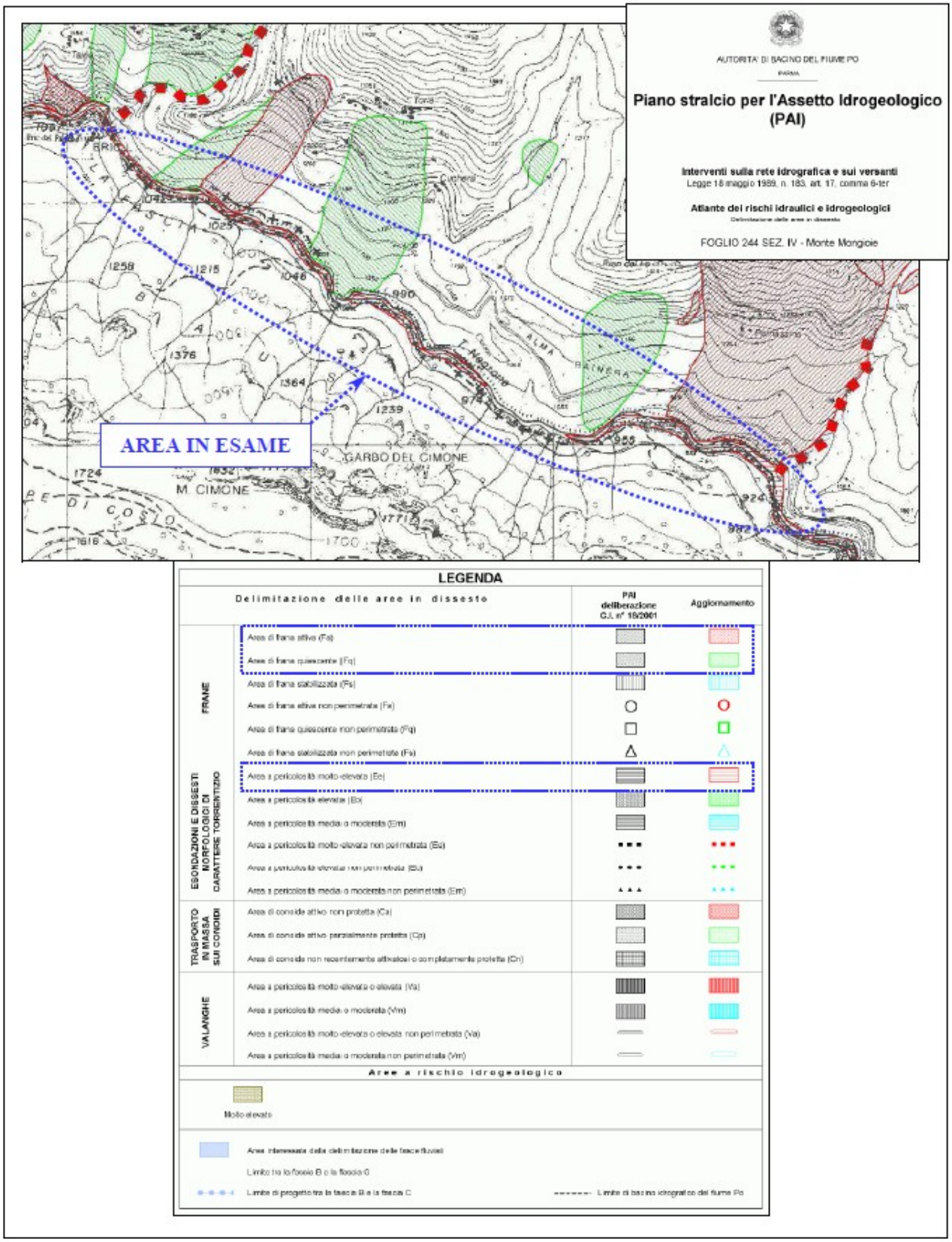
Area a pericolosità molto elevata (Ee) riferita a tutta l'asta del Torrente Negrone

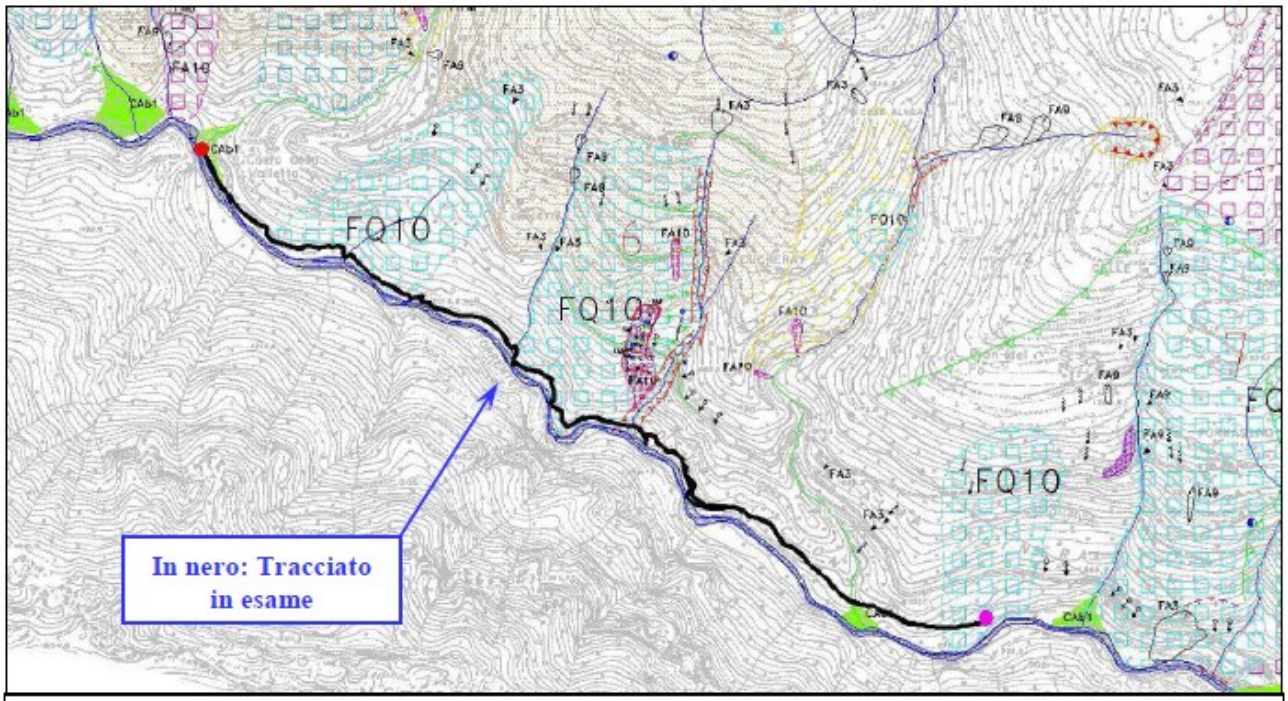
Area di frana quiescente (Fq)

Per quanto riguarda la perimetrazione della conoide attiva in corrispondenza dell'opera di presa, si fa presente che il punto di ubicazione della traversa è nel Torrente Negrone, a valle delle opere di difesa realizzate per confinare la divagazione del Rio Regioso in corrispondenza della confluenza con il T. Negrone.

Si ritiene pertanto l'opera non interferente con l'area a conoide attiva Ca.

In ogni caso, per ogni ulteriore valutazione in merito dalle dinamiche di versante si rimanda alla relazione geologica di cui all'allegato 5.


AUTORITA' DI BACINO DEL FIUME PO
PARMA
Piano stralcio per l'Assetto Idrogeologico (PAI)
Interventi sulla rete idrografica e sui versanti
Legge 18 maggio 1989, n. 183, art. 17, comma 6-ter
Atlante dei rischi idraulici e idrogeologici
FOGLIO 244 SEZ. IV - Monte Mongioie
AREA IN ESAME
GARBO DEL CIMONE
M. CIMONE
LEGENDA
Delimitazione delle aree in dissesto
PAI deliberazione C.I. n° 18/2001
Aggiornamento
FRANE
Area di frana attiva (Fa)
Area di frana quiescente (Fq)
Area di frana stabilizzata (Fs)
Area di frana attiva non perimetrata (Fa)
Area di frana quiescente non perimetrata (Fq)
Area di frana stabilizzata non perimetrata (Fs)
ESONDAZIONI E DISSESTI MORFOLOGICI DI CARATTERE TORRENTIZIO
Area a pericolosità molto elevata (Eb)
Area a pericolosità elevata (Eb)
Area a pericolosità media o moderata (Em)
Area a pericolosità molto elevata non perimetrata (Ea)
Area a pericolosità elevata non perimetrata (Eb)
Area a pericolosità media o moderata non perimetrata (Em)
TRASPORTO IN MASSA SUI CONOIDI
Area di conoide attivo non protetta (Ca)
Area di conoide attivo parzialmente protetta (Cp)
Area di conoide non recentemente attivatosi o completamente protetta (Cn)
VALANGHE
Area a pericolosità molto elevata o elevata (Va)
Area a pericolosità media o moderata (Vm)
Area a pericolosità molto elevata o elevata non perimetrata (Va)
Area a pericolosità media o moderata non perimetrata (Vm)
Aree a rischio idrogeologico
Molto elevato
Area interessata dalla delimitazione delle fasce fluviali
Limite tra la fascia B e la fascia C
Limite di progetto tra la fascia B e la fascia C
Limite di bacino idrografico del fiume Po



LEGENDA

DINAMICA DEI VERSANTI

Principali frane di dimensioni cartografabili (a) e non fedelmente cartografabili (b), distinte in base alla seguente tipologia: FA1: crolli di roccia, attivi; FA3: scivolamenti rotazionali di detrito e/o di roccia, attivi; FA4: scivolamenti traslativi di detrito e/o di roccia, attivi; FA8: frane per saturazione e fluidificazione della copertura detritica, attive.

Movimenti gravitativi compositi, attivi. FA10

Movimenti gravitativi compositi, quiescenti. FQ10

Movimenti gravitativi compositi, stabilizzati. FS10

Coltri e lembi di detrito e/o di terra, di dimensioni non fedelmente cartografabili (soliflusso), attivi. FA5

Indizi morfologici e strutturali di deformazione gravitativa profonda, quiescente. FQ8
All'interno della compitura, dove riconoscibile, è stata indicata l'andamento di fratture di trazione, trenchi e fratture beanti (i trattini indicano la parte ribassata).

Indizi morfologici e strutturali di deformazione gravitativa profonda, stabilizzata. FS8
All'interno della compitura, dove riconoscibile, è stata indicata l'andamento di fratture di trazione, trenchi e fratture beanti (i trattini indicano la parte ribassata).

Fratture di trazione collegate a movimenti gravitativi in atto.

Scarpate interessate da processi di erosione accelerata (ad es. lungo tagli stradali).

Orli delle principali scarpate morfologiche legate all'evoluzione dei versanti.

Scarpate secondarie (altezza 0-1 m) e scarpate di origine antropica.

Principali conoidi alluvionali; il simbolo CS, dove presente indica i settori stabilizzati naturalmente.

Porzioni di conoidi alluvionali attive a pericolosità elevata, con interventi di sistemazione assenti/inefficaci (1) o migliorativi (2). CAb

Ruscellamento diffuso lungo versanti ed impluvi.

Ruscellamento concentrato associato a trasporto di detrito e a locali fenomeni erosivi a carico della superficie del terreno.

Scarpate di erosione fluviale o torrentizia con battuta di sponda.

Sulla base dei dissesti segnalati, ed in particolare per la presenza della fascia Ee lungo il Torrente Negrone, per la verifica della compatibilità con il PAI verrà fatto riferimento alla direttive tecniche dell'Autorità di Bacino ed in particolare ai “Criteri integrativi per la valutazione della compatibilità di opere trasversali e degli impianti per l’uso della risorsa idrica”.

Inquadramento geografico

Il Torrente Negrone è un corso d'acqua minore che con il Torrente Tanarello concorre a formare il Fiume Tanaro.

Il territorio di riferimento è collocato nelle Alpi Liguri, caratterizzate da una discreta piovosità (1100 – 1200 mm annui).

La quota massima del bacino è rappresentata dal Monte Marguareis (2655 m s.l.m.), mentre la sezione di chiusura dell'opera di presa è posta, a quota 1050 m s.l.m. in corrispondenza della confluenza del Rio Regioso, mentre la sezione di chiusura della centrale è posta a quota 950 m s.l.m. circa.

I criteri di verifica

Sotto il profilo delle verifiche idrologiche ed idrauliche ci si propone di :

- stimare l’idrogramma di progetto per assegnati tempi di ritorno (20 e 200 e 500 anni) per la sezione di chiusura del Torrente Negrone nella sezione di presa e presso la centrale;
- elaborare un modello idraulico in moto permanente che consenta di simulare la situazione esistente e lo scenario di progetto per le opere realizzate in alveo. Per realizzarlo è stato utilizzato il software Hec-Ras nella versione 4.1.0.

Stima delle portate

La stima idrologica è stata redatta facendo ricorso alla modellazione con idrogramma IUH tipo SCS, confrontata con il metodo razionale. Vengono illustrati i parametri morfologici e meteorologici comuni ad entrambe le elaborazioni.

La morfologia del bacino

Dalla carta tecnica regionale si è ricavato lo schema della rete idrografica del Torrente Negrone.

Il bacino idrografico è stato distinto in tre sottobacini, di cui vengono di seguito proposte le caratteristiche morfologiche. In Tav. 02 è proposta la delimitazione dei sottobacini.

Il **bacino Negrone** è il bacino idrografico chiuso alla sezione di presa, e comprende tutta la testata del bacino del T. Negrone comprendente la massima quota del bacino, il Monte Marguareis (quota 2651 m s.l.m).

Bacino	Negrone
Superficie (km^2)	58,5
L versante (m)	405
q max (m s.l.m.)	2651
q min (m.s.l.m.)	2480
Pendenza versante	42%
L asta (m)	10469
q max (m s.l.m.)	2480
q min (m s.l.m.)	1040
Pendenza asta	13,8%
Altezza media del bacino (m s.l.m.)	1712,95

Tabella 1 Caratteristiche morfologiche del bacino del T. Negrone chiuso alla presa

Il bacino **Re Bianco** è un tributario di sinistra del Torrente Negrone e comprende, oltre al bacino del corso d'acqua principale, anche le aree scolanti in sinistra idrografica comprese tra la presa e la centrale.

Bacino	Re Bianco
Superficie (km^2)	4,8
L versante (m)	448
q max (m s.l.m.)	2479,9
q min (m.s.l.m.)	2263
Pendenza versante	48%
L asta (m)	4610
q max (m s.l.m.)	2263
q min (m s.l.m.)	950
Pendenza asta	28,5%
Altezza media del bacino (m s.l.m.)	1590,96

Tabella 2: Caratteristiche del bacino del Rio Re Bianco

Il versante destro comprende tutte le aree drenate in destra idrografica e comprese tra la presa e la centrale.

Bacino	Versante destro
Superficie (km^2)	2,7
L versante (m)	390
q max (m s.l.m.)	1895
q min (m.s.l.m.)	1640
Pendenza versante	65%
L asta (m)	3456
q max (m s.l.m.)	1640
q min (m s.l.m.)	950
Pendenza asta	20,0%
Altezza media del bacino (m s.l.m.)	1327,75

Tabella 3: Caratteristiche del bacino del versante destro

Pioggia di progetto

Il bacino è posizionato, rispetto alla modellazione adottata dalla AdB, in corrispondenza della cella AY 156. Da questa si derivano le curve di possibilità pluviometrica, legate ai tempi di ritorno di 20, 100, 200 e 500 anni, rispettivamente:

$h = 36{,}55\ t^{0{,}50}$

$h = 46{,}82\ t^{0{,}50}$

$h = 51{,}21\ t^{0{,}50}$

$h = 56{,}99\ t^{0{,}50}$

Se ne derivano le seguenti precipitazioni, per assegnata durata:

AY156	TR 20	TR 100	TR 200	TR 500
a	**36,55**	**46,82**	**51,21**	**56,99**
n	**0,5**	**0,5**	**0,5**	**0,5**
5 minuti	10,52	13,45	14,71	16,33
15 minuti	18,25	23,35	25,53	28,38
30 minuti	25,83	33,06	36,16	40,21
1 ora	36,55	46,82	51,21	56,99
2 ore	51,73	66,31	72,52	80,76
3 ore	63,38	81,27	88,89	99,04
6 ore	89,69	115,1	125,89	140,35
12 ore	126,93	163	178,28	198,9
24 ore	179,63	230,83	252,48	281,87
48 ore	254,21	326,9	357,55	399,45

Tabella 4 Altezze di pioggia per relativo tempo di ritorno

Ricostruzione Afflussi deflussi

Il modello applicato stima la formazione del deflusso diretto nel bacino sottraendo all'apporto meteorico la perdita iniziale per intercettazione più la perdita per piccoli invasi, e la successiva perdita per infiltrazione.

Il deflusso efficace viene quindi trasformato in idrogramma di portate mediante l'operazione di circonvoluzione con un idrogramma unitario. Si è disposto un idrogramma sintetico derivato dallo schema SCS. Di seguito si illustrano le componenti del modello.

Gli afflussi

L'afflusso meteorico di progetto è stato studiato facendo riferimento alle piogge di progetto sopra riportate.

Dal punto di vista meteorologico sono stati elaborati degli ietogrammi a precipitazione costante elaborati con diverse durate di pioggia, comprese tra 6 e12 ore.

Le perdite

Le perdite iniziali sono dovute all'intercettazione fogliare ed ai piccoli invasi. Si è adottato come coefficiente di imbibimento iniziale il valore di 0.1 dell'assorbimento totale, valore più cautelativo rispetto al 0.2 suggerito dallo stesso S.C.S. e di consueto adottato in assenza di altre informazioni.
In particolare per i sottobacini in esame sono stati adottati i seguenti valori:

Sottobacino	CN	Ia (assorbimento iniziale)
Negrone	69	11,41
Re Bianco	66	13,08
Versante destro	55	20,78

Per modellare le successive perdite per infiltrazione sulla precipitazione totale nel caso in studio si è adottato il metodo noto come C.N., ovvero "Curve Number", elaborato dal Soil Conservation Center del Dipartimento U.S. dell'Agricoltura. Il metodo è particolarmente interessante per valutare l'impatto idrologico delle alterazioni di uso del suolo in quanto è basato su di una parametrizzazione anche qualitativa e pedologica piuttosto adattabile alle diverse condizioni.
Il metodo richiede in primo luogo la definizione delle caratteristiche di imbibimento iniziale del suolo, fondamentali per la stima delle perdite per infiltrazione. Nel lavoro si è fatto riferimento alla classe II relativa a condizioni di suolo medie, esprimenti il parametro CN II. Queste comportano una precipitazione nei 5 giorni antecedenti compresa tra 13 e 28 mm nella stagione di riposo vegetativo.
Il metodo richiede quindi la definizione del tipo idrologico di suolo, che si è individuato, per ogni bacino, note le caratteristiche geopedologiche dei versanti del bacino drenato, nell'ambito del tipo B, caratterizzati da terricci di tipo marnoso e sabbioso.
Tale parametro consente di stimare la massima ritenzione potenziale del suolo, indicata come V:

$$V = V_0\left(\frac{100}{CNIII} - I\right)$$

dove V_0 è una costante di scala pari a 254 mm, mentre *I* è il volume precipitato, ovvero l'afflusso.

Se *P* è il volume di deflusso superficiale, ovvero il ruscellamento cumulato, *F* il volume infiltrato, I_a

è la quota persa per assorbimento iniziale dal volume precipitato, l'equazione di stima delle perdite è la

$$\frac{P}{V} = \frac{P}{I + I_a}$$

che combinata con l'equazione di conservazione della massa $F = I + I_a - P$ conduce all'espressione:

$$P = \frac{\left(I - I_a\right)^2}{I - I_a + V}$$

che consente, nota la serie di precipitazioni totali, di derivare le precipitazioni efficaci.

Trasformazione afflussi deflussi: idrogramma unitario SCS

In ogni sottobacino la trasformazione afflussi deflussi è simulata mediante una convoluzione delle piogge sull'idrogramma unitario istantaneo di tipo SCS.

La curva d'onda è caratterizzata da un valore del tempo di picco legato alla stima del tempo di ritardo del bacino (tlag). Il modello di idrogramma unitario SCS è costituito da un idrogramma unimodale, quale quello mostrato nella FIGURA 1

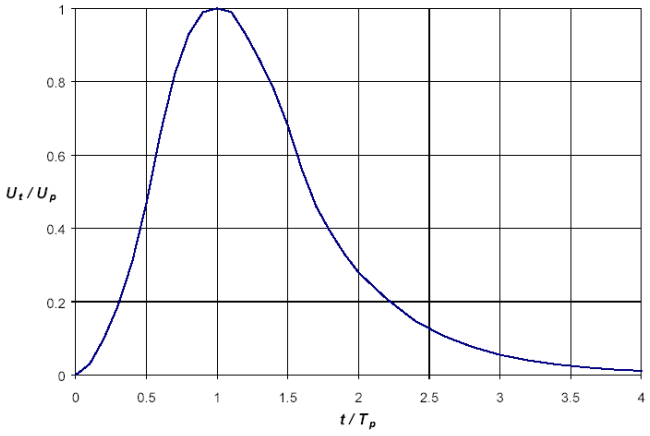


FIGURA 1 Idrogramma unitaria adimensionale SCS

Secondo il metodo il valore di picco U_P ed il tempo in cui questo si verifica T_P, sono legati dalla relazione:

$$U_P = C \frac{A}{T_P}$$

dove A = superficie drenata, e C = fattore di conversione (2.08 nel S.I.). Il tempo di picco è inoltre legato alla unità di tempo assunta come base di rappresentazione della precipitazione efficace dalla relazione:

$$T_P = \frac{\Delta t}{2} + t_{lag}$$

dove Δt = l'intervallo di tempo adottato come base di rappresentazione della precipitazione efficace, e tlag = il tempo di "ritardo" del bacino, espresso come differenza tra il centro di massa della rappresentazione geometrica della pioggia efficace ed il picco dell'idrogramma unitario.

La stima del tempo di "ritardo" tlag può farsi, secondo lo stesso SCS, con riferimento al tempo di concentrazione del bacino, tramite la relazione:

tlag = 0.6 * tc;

Il tempo di concentrazione tc va qui inteso come parametro fisico. Ai fini della stima, esso è considerato fisicamente pari al massimo dei teorici tempi di trasporto dei deflussi lungo la rete di scorrimento superficiale e dunque calcolabile in base alla somma dei tempi di trasporto tramite i diversi segmenti del reticolo idrologico, secondo la relazione:

- $tc = \max (t_{sheet} + t_{shallow} + t_{channel})$

la somma si fa lungo il percorso idraulicamente più lungo, somma dei tre modi di rappresentare schematicamente il tipo di percorrenza: t_{sheet} = somma dei tempi di percorrenza lungo i versanti; $t_{shallow}$ = somma dei tempi di percorrenza di tubazioni, canalizzazioni chiuse o anche deflusso di superficie concentrato in rivoletti; e infine $t_{channel}$ = somma delle percorrenze in alvei naturali aperti.

$$t_{sheet} = \frac{0.007(NL)^{0.8}}{(P20)^{0.5} S^{0.4}}$$

dove L è la lunghezza del tratto a deflusso superficiale, P20 è la precipitazione con tempo di ritorno 20 anni, S la pendenza del versante. N è un coefficiente legato all'uso del suolo, in questo caso si è applicato un valore pari a 0.15, riferito ad una prevalente copertura erbosa.

$t_{shallow} = L/\alpha \; k \; S^{0,5}$

in cui α è un fattore di conversione costante, pari a 10 nel S.I.

e k è un fattore adimensionale dipendente dall'uso del suolo.

Per quanto attiene alla stima del tempo di trasporto lungo i tratti incanalati, un metodo di riferimento con cui confrontare i risultati è quello di CHOW, (1988), secondo cui le velocità di trasporto possono essere stimate secondo la seguente

	Pendenza (%)			
Tipo di scorrimento	0-3	4-7	8-11	> 12
A- Diffuso				
Boschi	0 - 0.45	0.45 - 0.75	0.75 - 1	> 1.0
Pascoli	0 – 0.75	0.75 – 1.0	1.0 – 1.25	> 1.25
Coltivi	0 – 0.9	0.9 – 1.35	1.35 – 1.65	> 1.65
Zone pavimentate	0 – 2.5	2.5 – 4.0	4.0 – 5.1	> 5.1
B Concentrato in alveo	0 – 0.6	0.6 – 1.20	1.20 – 2.10	> 2.10

Tabella 5Velocità della corrente in scorrimento superficiale

da cui: $t_{channel} = L/V_{Chow}$

Per i sottobacini in cui il deflusso si articola prevalentemente in alveo dopo un breve tratto di deflusso superficiale e ruscellato su versante, si può ricorrere alla nota formula di Tournon con i coefficienti determinati da Merlo (1973) per i corsi d'acqua delle Alpi piemontesi, che fornisce i tempo di corrivazione, (che possono essere equiparati ai tempi di trasporto) in ore:

- $tc = 0.396 L \frac{L}{\sqrt{i_a}} \left(\frac{A}{L^2} \frac{\sqrt{i_a}}{\sqrt{i_v}} \right)^{0.72}$

dove i_a è la pendenza dell'asta principale e i_v la pendenza dei versanti;

da cui si ricava il t_{lag} secondo la formula già citata.

Il Tlag può essere inoltre determinato con la formula proposta da Giandotti

- $tc = (4 A^{0,5} + 1,5L)/(0,8 h_m^{0,5})$

in cui A è l'area del bacino in km^2,

L è la lunghezza dell'asta in km,

e h_m è l'altezza media del bacino rispetto alla sezione di chiusura considerata.

Quando si è stimato il tlag è possibile calcolare i valori di Tp e Up, da cui deriva la forma dell'idrogramma unitario che sarà usato per stimare la risposta del bacino alla precipitazione efficace.

Nelle elaborazioni di HMS è stato adottato un il valore di Time Lag derivante dalla formula di Tournon, che viene riassunto nella seguente tabella:

Sottobacino	Tempo di concentrazione	Time Lag
Negrone	285 min	171 min
Re Bianco	58 min	35 min
Versante destro	41 min	27 min

Risultati del modello SCS

Opera di presa

Le portate al colmo per la sezione di presa ottenute sono illustrate nella seguente:

Durata evento (ore)	*TR20 (m3/s)*	*TR100 (m3/s)*	*TR200 (m3/s)*	*TR500 (m3/s)*
6	106,3			
7	109,8		185,9	
8	113,3	165,9	188,8	219,3
9	115	166,4	188,4	
10	115,9	165,3	187,9	
11	114,8			
12	114			

Tabella 6: Opera di presa: risultati del modello SCS

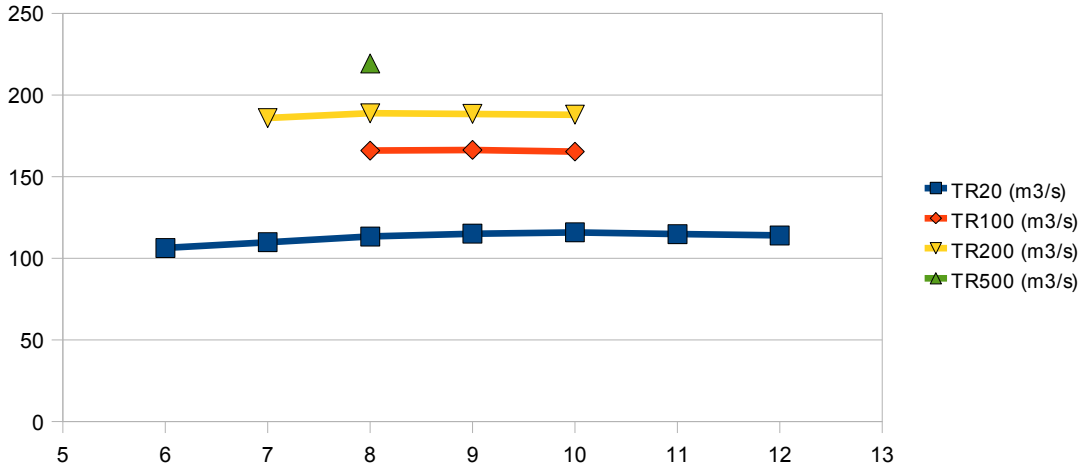


Grafico 1: Opera di presa: portate al colmo per tempo di ritorno e durata di pioggia

Centrale

Le portate al colmo per la sezione della centrale sono illustrate nella seguente:

Durata evento (ore)	TR20 (m3/s)	TR100 (m3/s)	TR200 (m3/s)	TR500 (m3/s)
6	107,2			
7	113,8		196,6	
8	120,3	178,4	203,9	237,9
9	124,1	181,5	206,1	
10	126,4	181,8	207,2	
11	126	180,8	204,7	
12	125,7			

Tabella 7: Centrale: risultati del modello SCS

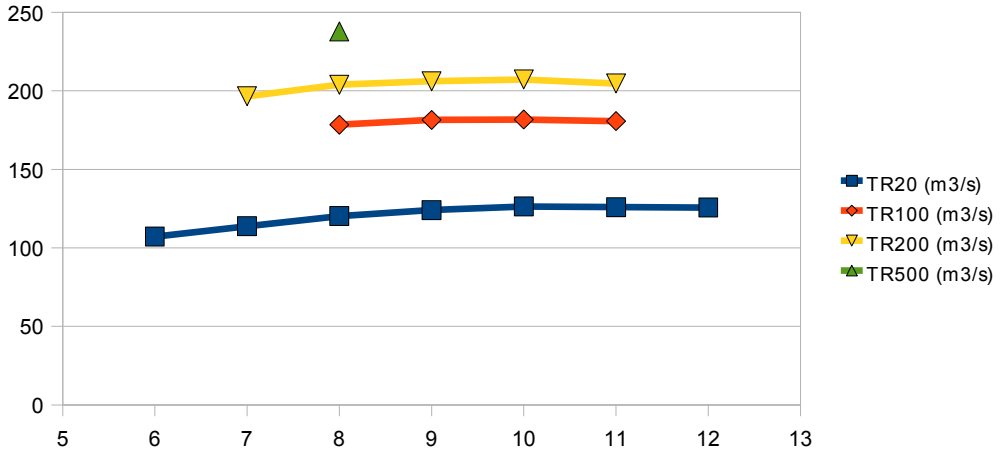


Grafico 2: Centrale: portate al colmo per tempo di ritorno e durata di pioggia

Metodo Razionale

Il confronto con il Metodo Razionale viene effettuato per validare le portate di piena ricavate con il metodo SCS. Viene riportata la verifica esclusivamente alla sezione di presa, adottando come durata di pioggia il tempo di concentrazione calcolato con la formula di Tournon ed un coefficiente di deflusso pari a 0,54 corrispondente ai valori proposti da Lotti per terreni cespugliati abbastanza permeabili.

Metodo razionale	tr20		tr 100		tr 200		tr 500	
	a	n	a	n	a	n	a	n
	36,55	0,50	46,82	0,50	51,21	0,50	56,99	0,50
Stima della portata di progetto								
Tempo di ritorno(anni)	Tr	20,00	Tr	100,00	Tr	200,00	Tr	500,00
precipitazione (mm)	hp	79,78	hp	102,36	hp	111,96	hp	124,79
riduzione per area	Ca	0,90	Ca	0,90	Ca	0,90	Ca	0,90
precipitazione ragguagliata mm	hr	71,80	hr	92,12	hr	100,76	hr	112,31
Durata di pioggia h	tp	4,75	tp	4,75	tp	4,75	tp	4,75
intensità pioggia (mm/ora)	i	15,12	i	19,39	i	21,21	i	23,64
Coefficiente di deflusso	Cd	0,54	Cd	0,54	Cd	0,54	Cd	0,54
Area bacino (kmq)	A	58,50	A	58,50	A	58,50	A	58,50
Portata liquida m^3/s	Ql_20	**132,65**	Ql_100	**170,19**	Ql_200	**186,14**	Ql_500	**207,48**
Contributo unitario $m^3/s/kmq$	qp_20	2,27	qp_100	2,91	qp_200	3,18	qp_500	3,55

Tabella 8: Metodo razionale: calcoli presso la sezione di presa

Definizione delle portate di progetto

Le portate dedotte dall'analisi idrologica con il metodo S.C.S, confrontate con metodo razionale evidenziano valori che non si discostano sostanzialmente, pertanto vengono adottate come riferimento le portate massime dedotte con il metodo S.C.S.

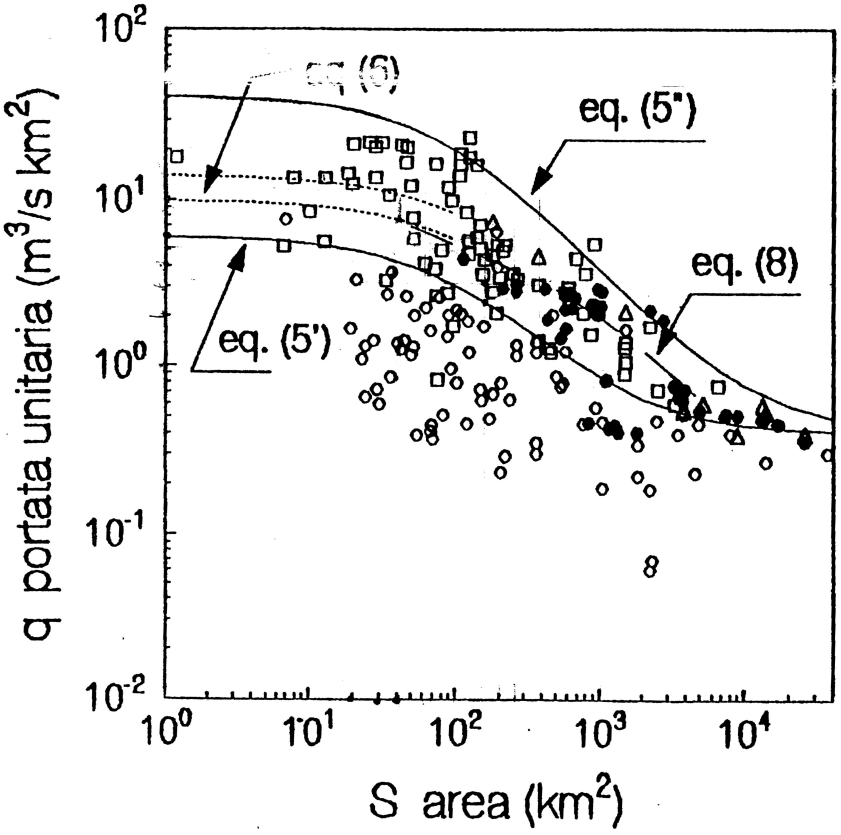


Grafico 3 Valori massimi delle portate al colmo osservate o indirettamente valutate in Piemonte, Valle d'Aosta e ticino svizzero a fronte di alcune relazioni di inviluppo dei valori con Tr 200 proposti dall'Autorità di Bacino per il Po (cerchi pieni).

Tali valori vengono confrontate con i valori massimi registrati in Piemonte e con quanto propone l'Autorità di Bacino per il Po.

	TR 20	***TR 100***	***TR 200***	***TR 500***
Opera di presa - Portate di progetto (m^3/s)	115,9	166,4	188,8	219,3
Portata unitaria ($m^3/s/kmq$)	1,98	2,84	3,22	3,74
Centrale - Portate di progetto (m^3/s)	126,4	181,8	207,2	237,9
Portata unitaria ($m^3/s/kmq$)	1,91	2,75	3,13	3,6

Tabella 9 Portate assunte come riferimento per la verifica idraulica

Il contributo unitario delle portate stimate risulta compatibile con le portate proposte dall'Autorità di Bacino per il Po, pertanto le portate sopra riportate saranno assunte come riferimento nelle seguenti verifiche idrauliche.

Assetto geometrico dell'alveo

Per una esauriente valutazione delle condizioni di deflusso si sono allestite, previo rilievo topografico, 27 sezioni idrauliche comprese tra la confluenza del Rio Regioso, ove viene collocata la presa, e lo scarico della centrale idroelettrica in progetto.

Le sezioni sono illustrate nelle tavole grafiche e nei documenti allegati.

La collocazione generale delle sezioni è riportato in Tav. 04 Planimetria su CTR, mentre in dettaglio sono riportate nelle planimetrie dell'opera di presa (Tav.07) e planimetria della centrale (Tav. 19).

Le sezioni di deflusso presso l'opera di presa sono riportate in Tav. 09.

Le sezioni di deflusso lungo il tracciato della condotta sono riportate nelle specifiche tavole grafiche (Tavv.12 – 15).

Caratteristiche morfologiche dell'alveo

Il corso d'acqua scorre in una stretta incisione valliva a partire dall'abitato di Upega fino a Ponte di Nava. I versanti montuosi di destra e sinistra idrografica presentano pendenze significative ed in più punti sono definiti da pareti rocciose subverticali.



Foto 1: Vallone del T. Negrone

In particolare nei punti definiti dalle sezioni 210 e 250 si rilevano due forti restringimenti del vallone originati dalle pareti rocciose degli opposti versanti che costringono il Torrente Negrone ad un percorso sinuoso obbligato con un tratto a rapide.



Foto 2: Vista della "gola" di sezione 210



Foto 3: Vista della "gola" di sezione 250

Il corso d'acqua, in ragione delle caratteristiche del territorio limitrofo, non presenta ampi spazi di divagazione, e pertanto non sono riconoscibili forme golenali se non marginali e riferibili a pregressi percorsi d'alveo. Tali forme sono in ogni caso ubicate entro i ristretti spazi di fondo vallone.

La pendenza media del corso d'acqua nel tratto di interesse è del 3,7%, con tratti più pianeggianti intorno all'1% (sezione 190) e tratti più pendenti in corrispondenza delle rapide a valle delle gole precedentemente descritte.

In generale il corso d'acqua presenta un profilo definito da grossi massi ciclopici alternati a buche e raschi e le acque si presentano generalmente turbolente.

A supporto delle valutazioni sulla morfologia del corso d'acqua si riporta in allegato la schedatura relativa al T. Negrone secondo il sistema di valutazione idromorfologica, analisi e monitoraggio dei corsi d'acqua. IDRAIM proposto da ISPRA.



Foto 4: Tratto d'alveo con bassa pendenza (1%) in sez. 190

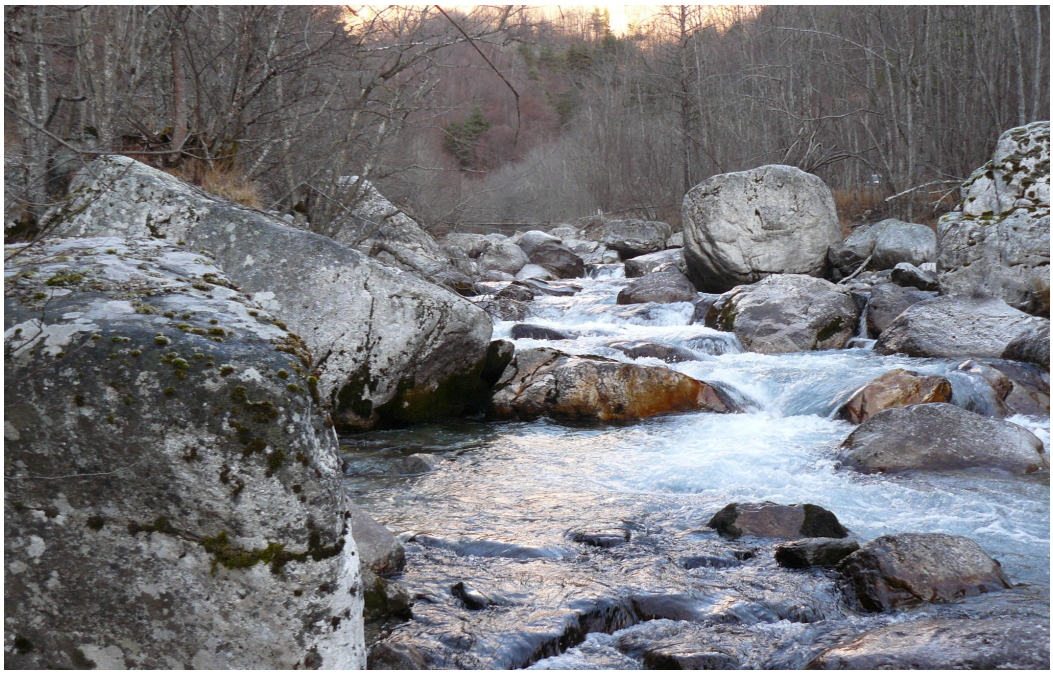


Foto 5: Morfologia dell'alveo

Tendenze evolutive e stabilità delle sponde

Le condizioni morfologiche dei versanti non consentono divagazioni laterali del corso d'acqua, ma piuttosto possono manifestarsi localizzate erosioni al piede delle sponde fluviali.

Possibilità di alterazione della forma di canale

Il canale inciso presenta una sezione trapezia di larghezza variabile tra 15 e 30 m. La forma è soggetta a possibili modifiche in caso di eventi di piena soprattutto in relazione alle possibili dinamiche di trasporto solido che si possono innescare lungo l'asta torrentizia. Il canale inciso, infatti, presenta tracce di vecchi percorsi d'alveo che però si rilevano unicamente entro la ristretta area di fondovalle.

Come già detto, risultano ridotti spazi per la divagazione laterale, ma in occasione di piene rilevanti possono attendersi alterazioni localizzate delle forme del canale.

Caratteristiche ambientali e paesistiche della regione fluviale

Il territorio in cui si inserisce l'impianto idroelettrico in progetto si presenta prevalentemente montano. L'elemento geomorfologico principale risulta essere il torrente Negrone, orientato in direzione SE-NW e posto a quota inferiore rispetto al piano campagna circostante e mai visibile dalle principali vie di comunicazione nel tratto sotteso.

La tipologia di paesaggio presente nell'area in esame è quello tipico delle zone perifluviali e dei boschi cedui di latifoglie.

I principali elementi di antropizzazione del territorio sono costituiti:

- dalla frazione Viozene, posta a Nord ed in quota (circa +200 m) della zona della presa;
- dalle piccole borgate sparse in prossimità della viabilità che conduce a Viozene ed a Pornassino;
- dalla rete viaria, costituita dalla SP154 Ponte di Nava-Viozene-Upega, e da una fitta rete viaria minore che da questa si diparte per raggiungere le piccole frazioni sparse, incluse anche le piste forestali sterrate.

Immaginando di descrivere il paesaggio mediante matrici, macchie e corridoi, l'area in esame è caratterizzata dalla matrice del paesaggio dei rilievi montuosi e delle valli alpine, all'interno della quale si riconoscono le macchie riferite alla vegetazione in primis ed agli edifici, e dal corridoio

dell'alveo del Negrone e delle sue fasce perifluviali. Potrebbe essere considerata come corridoio secondario la rete delle piste forestali e delle strade.

Secondo la classificazione dei paesaggi agrari e forestali elaborata dalla Regione Piemonte, in collaborazione con l'IPLA, la porzione di territorio comunale al confine con la Regione Liguria ricade nelle seguenti categorie:

- sistema paesaggio P – Rilievi montuosi e valli alpine (latifoglie)/sottosistema monregalese, per la porzione lungo il torrente Negrone. Questo sistema di paesaggio ricomprende tutto l'alveo del t.Negrone prima e del fiume Tanaro poi, ivi compreso l'abitato di Ormea;
- sistema paesaggio Q – Rilievi montuosi e valli alpine (conifere)/sottosistema rilievi interni delle valli occidentali, per la porzione a monte della frazione Viozene;
- sistema paesaggio R – Praterie alpine/sottosistema affioramenti silicatici, per la fascia di territorio posto a quota maggiore (in questo sistema ricade il Monte Mongioie);
- sistema paesaggio S – Alta montagna alpina/sottosistema formazioni rocciose calcaree e/o dolomitiche.

Si specifica che l'area di intervento ricade esclusivamente nel sistema paesaggio P.

Opere di difesa idraulica

Lungo il Torrente Negrone, nel tratto sotteso dalla presente derivazione, non sono presenti opere di difesa idraulica.

L'unica opera esistente che può avere un'interazione con le opere in progetto è la scogliera di protezione sul versante sinistro del conoide di deiezione del Rio Regioso. Tale scogliera difende la viabilità forestale e fissa l'ambito di divagazione del tributario laterale prima della confluenza.

Le opere in progetto sono compatibili con l'esistente difesa spondale, in quanto nell'ambito dell'opera di presa si prevede di realizzare una breve scogliera di collegamento tra il manufatto di presa vero e proprio e la scogliera esistente.

Manufatti interferenti

Non si rileva la presenza di manufatti interferenti con le opere in progetto.

Modalità di deflusso in piena

Metodo di calcolo

Per la verifica idraulica il modello utilizzato è il software HEC-RAS (River Analysis System) dell'Hydrologic Engineering Center del U.S. Army Corps of Engineers di Davies nella versione 4.1.0. (Febbraio 2010). Il modello risolve le equazioni del moto permanente monodimensionali.

HEC-RAS è in grado di modellare il profilo della corrente in regime di corrente lenta e/o veloce prendendo in esame anche situazioni miste in cui siano possibili alternanze di tronchi in corrente lenta e veloce. Nel caso specifico, si è deciso di verificare il deflusso sia in condizioni di corrente mista, sia in condizioni di corrente critica, per tenere conto dell'effetto dell'elevato trasporto sul fondo, che in caso di piena contribuisce ad una non indifferente dispersione dell'energia e conseguente innalzamento del pelo libero.

Le normali perdite di energia meccanica sono valutate dal modello tenendo conto dell'attrito e di coefficienti di espansione-contrazione (moltiplicati per la variazione di velocità media della corrente), questi sono rispettivamente assunti pari a 0.1 e 0.3 nelle sezioni senza brusche variazioni e pari a 0.3 e 0.5 nelle sezioni con brusche variazioni (ad es. in corrispondenza dei ponti). Il modello permette di simulare gli effetti di vari ostacoli al deflusso come possono essere edifici, i ponti, i tombini e può calcolare i profili di corrente in corrispondenza di confluenze.

Condizioni al contorno

Sono state studiate le condizioni di deflusso per le piene Q20, Q100, e Q200, e Q500 così come stimate nel relativo capitolo.

Per quanto riguarda le condizioni idrauliche, sia al contorno di monte che a quello di valle si è assegnato il valore di altezza in moto uniforme assegnando la pendenza caratteristica nel tratto in esame. Al fine di verificare l'eventuale effetto indotto dall'alterazione nelle condizioni al contorno, sono state impostate delle altezze d'acqua diverse e non sono emerse differenze nel profilo idrico stimato a monte del ponte, rispetto alla adozione di condizioni di contorno in moto uniforme.

Ciò permette di considerare sufficientemente esteso il tratto d'alveo indagato.

Condizioni fisiche di riferimento

Sono stati studiati DUE scenari,

- **SCENARIO 0**, geometria d'alveo **esistente** .

  Rappresenta le condizioni dell'alveo esistenti al novembre 2010, quando è stato effettuato il rilievo topografico. Tale scenario viene utilizzato per confrontare i risultati dei diversi interventi.

- **SCENARIO 1**, geometria con la realizzazione delle **opere in progetto**, ossia con l'inserimento delle opere in progetto. In particolare l'unica opera in grado di alterare le condizioni di deflusso esistenti è l'opera di presa che presenta una traversa fissa.

  In corrispondenza delle opere di consolidamento del versante le difese spondali fissano il profilo esistente, pertanto non si ritiene modificata la geometria esistente rispetto alle condizioni di progetto.

Coefficienti di scabrezza

Il modello richiede che la scabrezza sia espressa secondo la formula di Manning. Per quanto riguarda la scabrezza si sono adottati numeri di Manning pari a 0.06 $m^{1/3}/s$ per le sponde e per le sezioni d'alveo naturali. Tali valori sono congruenti con quelli indicati nella letteratura di settore e nelle normative della Autorità di bacino.

Risultati

I risultati dettagliati di calcolo sono riportati **negli allegati al termine della presente relazione**, dove sono illustrate le sezioni idrauliche, i profili e tutti i dati idraulici elaborati dal software relativi ai livelli idrici di piena.

Effetti indotti dalle opere in progetto

E1 Modifiche indotte sul profilo inviluppo di piena

L'opera di presa si inserisce in alveo con una traversa in massi di cava che si eleva di 1,38 m rispetto al fondo alveo. Il profilo di rigurgito indotto dalla realizzazione dell'opera si estende di poco a monte in quanto l'alveo presenta una pendenza significativa.

Come è possibile dedurre anche dai seguenti profili idraulici, l'alterazione dei profili nelle diverse condizioni di piena si estende per circa 37 m.

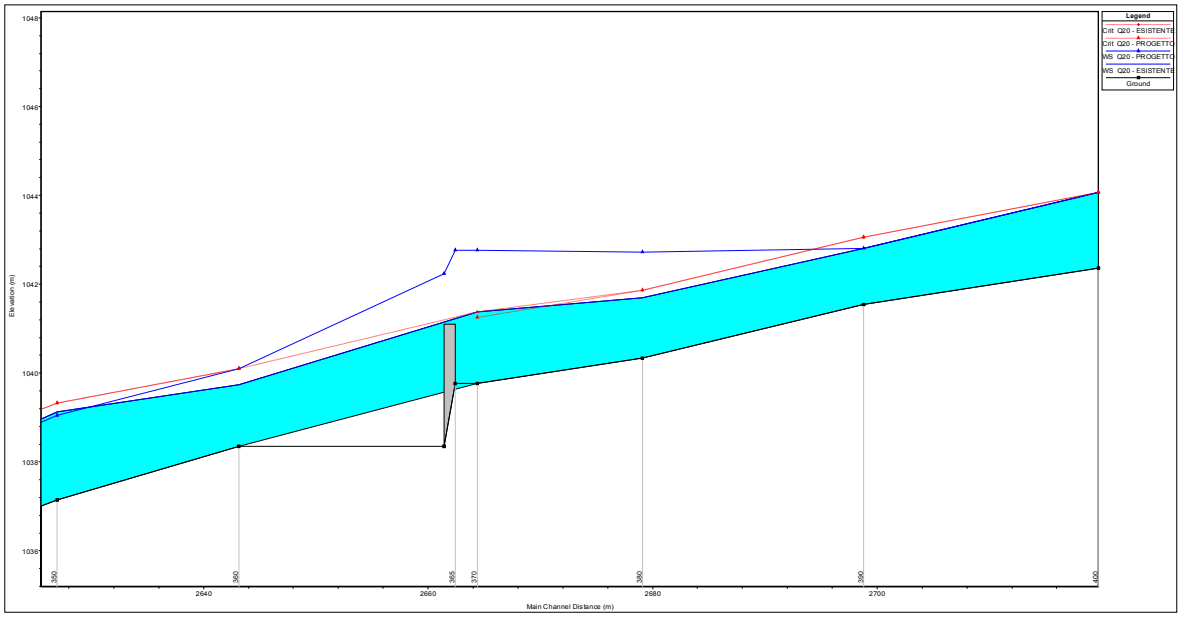


FIGURA 2: Profili idrici Tr20 a confronto ANTE E POST OPERAM

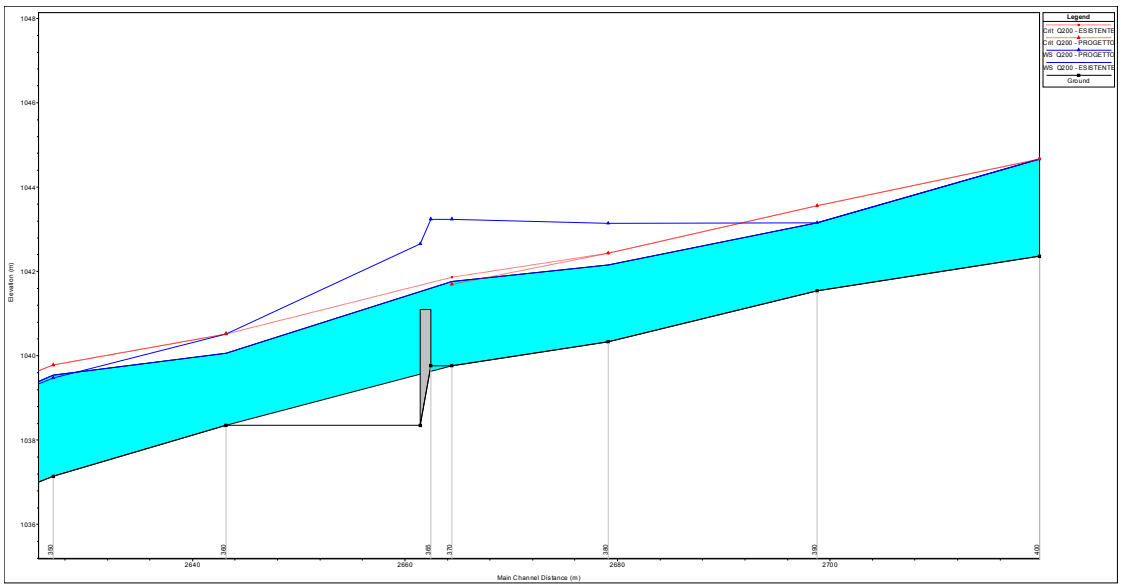


FIGURA 3: Profili idrici Tr200 a confronto ANTE E POST OPERAM

Le portate Tr 20 e Tr 200 risultano contenute entro l'alveo inciso, senza generare variazioni delle aree allagabili nell'intorno dell'opera di presa.

Per quanto riguarda la portata Tr 500 essa non risulta contenuta entro l'alveo inciso.

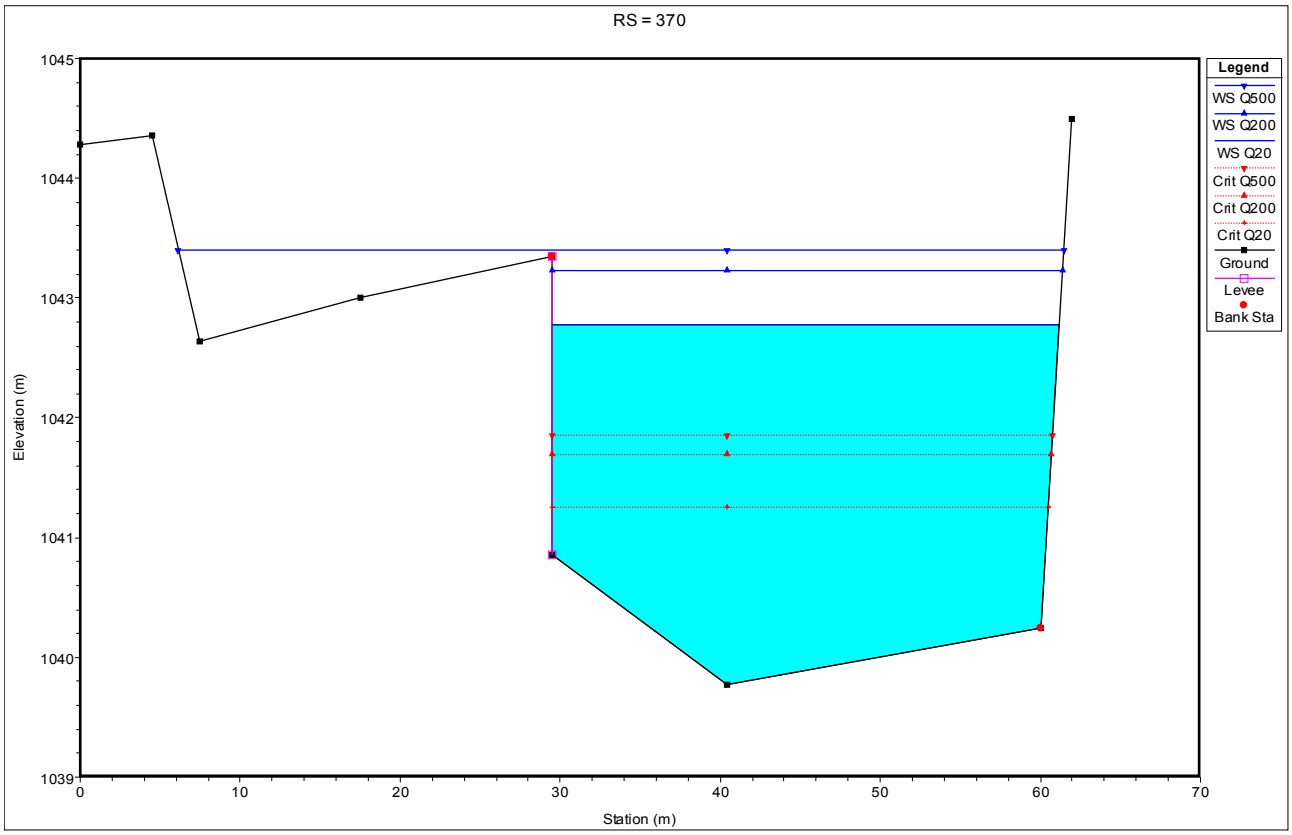


FIGURA 4: Sezione a monte della traversa: Q20, Q200 e Q500

Lungo il tracciato della condotta, le opere di difesa idrauliche a sostegno del versante orografico sinistro consolidano la sponda fissando il profilo esistente, pertanto non modificano le condizioni di deflusso.

Per quanto riguarda il canale di scarico esso non restringe né modifica le sezioni idrauliche, pertanto non influisce i profili idraulici di piena.

E2 Riduzione della capacità di invaso dell'alveo

Le opere sono collocate in un ambito montano con alveo a forte pendenza in cui viene inserita esclusivamente una traversa fluviale e collocando le opere idrauliche parzialmente interrate senza diminuire la capacità d'invaso e le aree allagabili.

E3 Interazione con le opere di difesa idrauliche

Nell'ambito delle opera di presa non sono presenti opere di difesa idraulica che interferiscono con la traversa fluviale in progetto.

E4 Opere idrauliche in progetto nell'ambito dell'intervento

La traversa, posta a quota 1041,10 m s.l.m. ad una altezza di circa 1,38 m dal fondo alveo, modifica limitatamente le condizioni naturali di deflusso in alveo.

La larghezza della traversa è di 30,0 m e comprende la scala di rimonta dell'ittiofauna. Alcuni massi ciclopici verranno inglobati entro lo scivolo dell'opera di presa.

Nel punto di ammorsamento della sponda la stessa verrà consolidata con massi di cava posti anche a protezione della vasca di carico.

In particolare verrà realizzata una scogliera di collegamento tra la scogliera esistente a protezione del conoide del Rio Regioso e la vasca di carico.

Sono previsti alcuni interventi a sostegno del versante orografico sinistro, ove è posto il tracciato della condotta e della pista forestale. Le difese spondali in alveo che si prevede sono costituite da scogliere in massi di cava o reperiti in alveo rinverdite con talee. Le scogliere, nei tratti di alveo ove emerge la roccia viva, saranno chiodate e legate alla stessa.

E5 Modifiche sull'assetto morfologico planimetrico ed altimetrico dell'alveo

L'opera di presa introduce delle ridotte interazioni morfologiche in alveo in quanto l'opera risulta estremamente puntiforme e di limitata estensione. Le opere non modificano l'attuale assetto delle sponde incise e dell'andamento altimetrico dell'alveo.

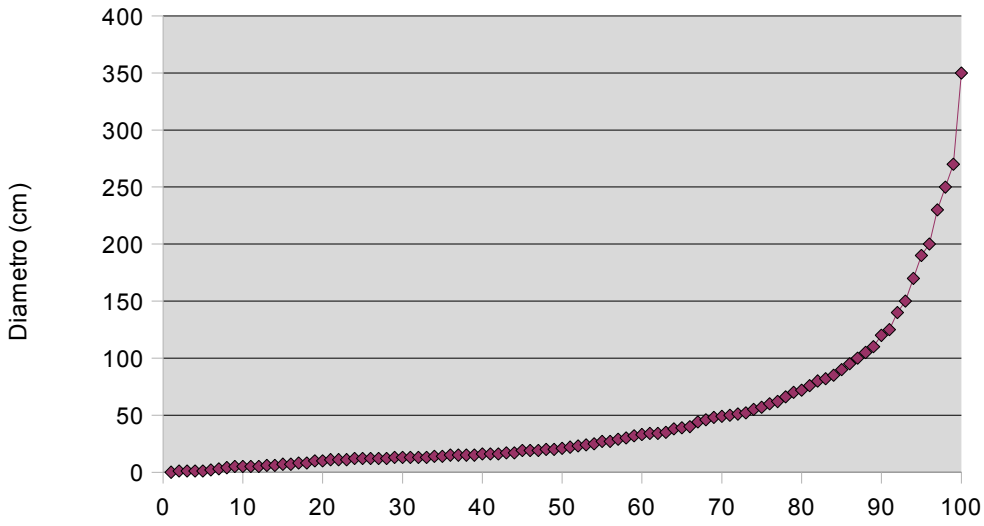
La gestione dei sedimenti a monte della traversa sarà effettuata con una cadenza programmata e non si verificheranno pertanto alterazioni significative sotto il profilo altimetrico.

Le difese spondali consolidano il versante esistente, senza variazioni planoaltimetriche significative.

Caratteristiche granulometriche del materiale d'alveo

E' stata condotta una analisi granulometrica del materiale costituente lo strato superficiale del fondo alveo in un punto rappresentativo per il tratto interessato dalla derivazione. La curva è stata costruita campionando 100 elementi lapidei lungo una griglia a passo metrico. L'indagine ha portato i seguenti risultati.

Stazione	***D_{50}***	***D_{90}***
Torrente Negrone	21 cm	120 cm



Analisi quali quantitativa del trasporto solido

Ai fini della determinazione del trasporto solido si adotta il criterio di Fortier che determina la velocità media che non provoca il movimento.

$Vf = c*d^{0.5}$

in cui il coefficiente è variabile tra 4 e 6 ed è stato scelto il valore medio di 5.

Si ottengono i seguenti valori:

VELOCITA' LIMITE		
$Vf = c\ d^{0,5}$		Negrone
C	Coefficiente	5
D	Diametro medio (in m)	0,210
Vf	Velocità limite	2,29

FIGURA 5: Velocità limite per innesco trasporto solido

PORTATA LIMITE		
$Q = (17\ d\ /i)^{3/2}$		Negrone
D	Diametro medio (in m)	0,210
I	Pendenza alveo	0,037
Q lim	l/s m lineare	947,76
Q lim	m^3/s m lineare	0,95

FIGURA 6: Portata limite per innesco del trasporto solido

I dati ricavati danno una conferma della movimentabilità dei classi minori presenti sul fondo dell'alveo, soprattutto per i piccoli depositi alluvionali che caratterizzano il corso d'acqua in occasione di portate valutabili nell'ordine di 30 – 50 m^3/s e che possono essere assimilati ad un portata Tr 5-10 anni. I valori ricavati dalle formule empiriche sopra citate tendono a sovrastimare l'entità del trasporto non tenendo conto di particolari condizioni dell'alveo (corazzatura) dovuta al vincolo reciproco tra i massi.

Interrimento a monte dell'opera di presa

L'interrimento a monte dell'opera di presa potrà essere significativo esclusivamente a seguito di eventi alluvionali. Sarà possibile, con una rampa di accesso al letto del fiume, poter rimuovere il materiale che si potrà accumulare nel corso delle piene.

La traversa di presa è dotata di una paratoia sghiaiatrice che consentirà di ripristinare le normali condizioni di movimentazione del materiale lungo l'asta torrentizia mediante l'apertura programmata.

Erosione localizzata

A valle della presa è prevedibile una azione di urto della lama stramazzante.

La traversa in progetto presenta una platea in massi che consente di limitare l'azione erosiva della corrente.

E6 Modifiche indotte sulle caratteristiche naturali e paesaggistiche della regione fluviale

L'opera di presa è posta in sponda sinistra e risulterà parzialmente interrata.

La traversa di presa è realizzata con quota di sfioro 1041,10 m s.l.m. ed è realizzata con massi di cava e massi reperiti in loco disposti con irregolarità e parzialmente cementati su un basamento in calcestruzzo armato che non risulterà visibile. Gli interstizi tra i massi componenti lo scivolo non saranno cementati.

La scala di risalita per i pesci si presenta come compresa all'interno del corpo della traversa.

La traversa si immorsa in sponda sinistra in un masso di grosse dimensioni che può considerarsi inamovibile e che garantisce un buon inserimento con l'ambiente torrentizio.

Dal punto di vista paesaggistico la traversa avrà un cromatismo similare a quello dei materiali lapidei che compongono l'alveo, ossia una tonalità bianche/grigio chiaro ed ocra.

La traversa inoltre si presenta di ridotte dimensioni, con un'altezza dal fondo di soli 138 cm, pertanto non si distinguerà particolarmente in alveo, che è caratterizzato da buche e salti e dalla presenza di massi di grosse dimensioni.

Parte della traversa sarà costituita da massi inamovibili che saranno mantenuti all'interno della struttura.

In sponda sinistra sono presenti scogliere di protezione in massi. Potranno inoltre trovare collocazione massi di grande dimensione di risulta dagli scavi, che serviranno a raccordare la traversa con la sponda sinistra.

La vasca di carico è posta in sponda sinistra e risulta parzialmente interrata. Risulta esclusivamente visibile il prospetto est, ossia dal lato del torrente, dove è presente la finestra di imbocco e lo sfioratore laterale di sicurezza.

Tutta la parete visibile sarà rivestita in pietra, con giunti a filo interno, al fine di richiamare le tipologie di muri a secco della zona.

Le aperture tecniche dell'opera di presa sono mitigate dalla presenza di un architrave in legno tassellato al muro in calcestruzzo. Le dimensioni delle aperture è stato limitato al minimo indispensabile.

Si è potuto verificare la posizione dalla scarpata fluviale in destra ed i massi che la contraddistinguono. L'opera di presa risulterà percepibile esclusivamente nell'intorno dell'alveo, ed in particolare in destra (ove è presente un sentiero escursionistico) da cui è visibile la parete a vista.

E7 Condizioni di sicurezza dell'intervento rispetto alla piena

In corrispondenza dell'opera di presa si rilevano come i livelli di piena siano compatibili con le sezioni d'alveo nelle condizioni di progetto.

In particolare risulta:

- che la piena Tr 100, assunta come riferimento per la pericolosità elevata nell'ambito di interesse, evidenzi altezze d'acqua contenute entro la traversa di presa (1043,17 m s.l.m) senza tracimare in corrispondenza della vasca di carico, che presenta quota massima di 1043,30 m s.l.m.
- che la piena Tr 20, assunta come riferimento per la pericolosità molto elevata, evidenzi altezza massima d'acqua di 1042,77 m s.l.m.
- che a monte della traversa di presa la sponda destra presenta quota superiori a quelle delle piene Tr20 e Tr100 e pertanto l'area risulti in condizioni di sicurezza

Per quanto attiene a tutte le sezioni d'alveo comprese tra la traversa e lo scarico, risulta che entrambe le portate di riferimento Tr20 e Tr100 siano convogliate entro l'alveo inciso, senza livelli idrometrici tali da interessare la sede della pista forestale nè tanto meno le opere in progetto, ed in particolare la centrale.

Per quanto riguarda le condizioni di piena per la portata di piena catastrofica Tr 500 anni, il modello idraulico ne verifica il convogliamento entro la sezione d'alveo, ma nell'ambito torrentizio

di indagine, per il possibile innesco di fenomeni di trasporto solido in alveo, è da ritenersi potenzialmente soggetto ad eventuali modifiche alla forma del canale ed a erosioni di sponda che potrebbero coinvolgere la pista forestale.
In ogni caso l'inserimento della traversa e della presa, per le ridotte dimensioni e sviluppo, risulta trascurabile nel caso del verificarsi di un evento di natura catastrofica.

Per quanto attiene le **verifiche di stabilità in appendice** alla presente relazione è riportata la verifica di stabilità allo schiacciamento, allo slittamento ed al ribaltamento.

Per quanto riguarda la **verifica al sifonamento** vale quanto segue.
Per “sifonamento” di una opera idraulica come quella in parola si intendono due diversi fenomeni: per l'opera idraulica con corpo non filtrante si intende il sollevamento del materiale mobile di fondo a valle dell'opera stessa. Con riferimento invece al terreno di appoggio si intende la rimozione da parte del moto di filtrazione delle particelle più piccole costituenti il terreno e l'apertura di passaggi idrici che tendono ad innescare un fenomeno auto alimentante di formazione di veri e propri condotti sotto l'opera.
L’opera di presa di cui trattasi è costituita da uno sbarramento in massi cementati con altezza 1,38 m fondato per circa 2,00 rispetto al fondo alveo. La base in sezione trasversale misurerà 5,00 m di lunghezza, nella direzione del moto del fluido.

Sia a monte che a valle della platea armata saranno posti massi di grandi dimensioni

In condizioni di funzionamento ordinario la traversa si comporterà quindi come un piccolo sbarramento atto a creare a monte un maggiore livello idrico rispetto a quello realizzatosi a valle. Nella ipotesi più sfavorevole a monte il livello di massimo invaso sarà a q 1041,10. m slm, mentre a valle si ipotizza l'emergere dell'acqua solo sul piano di fondo, ossia a 1038,72 slm. In tale condizione quindi si ha un dislivello tra monte e valle DH paria a:

DH = 1041,1 – 1038,72 = 2,38 m

che comporta l'instaurarsi, nel mezzo poroso costituente il fondo alveo, di un moto di filtrazione.

Sotto il profilo della stabilità ed efficienza dell'opera occorre tenere conto dei seguenti aspetti:

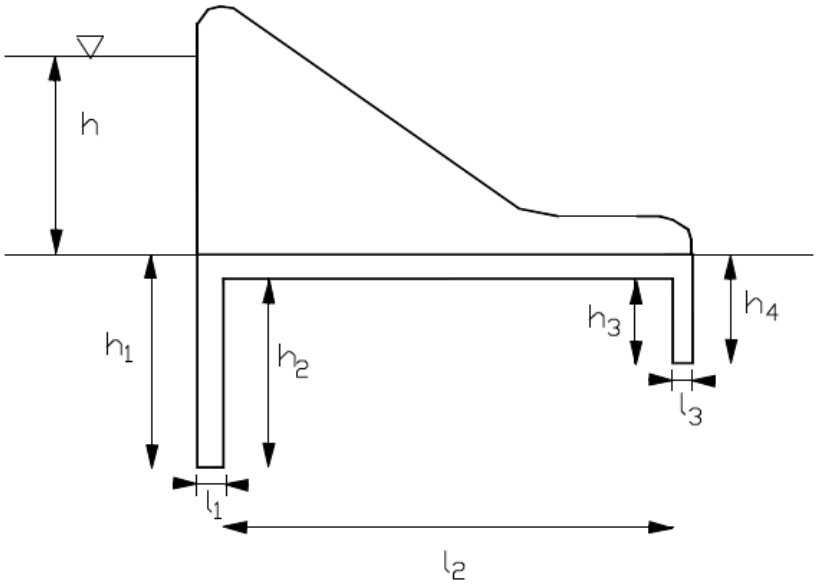
1) il moto di filtrazione comporta la presenza di pressioni dovute alla presenza dell'acqua sotto la platea; di tali sottopressioni (variabili da uno a zero metri di colonna d'acqua, da monte a valle) sono state tenute in conto conto nella verifica statica della platea stessa;

2) l'eventuale moto di filtrazione a valle comporta il riemergere del fluido ed una conseguente azione di sollevamento ed asportazione del materiale più fine con indebolimento della struttura del suolo; tale asportazione può propagarsi verso monte generando la formazione di veri e propri percorsi preferenziali (sifoni);

Lasciando il punto 1) alla relazione di verifica strutturale, si affronta la criticità di cui al punto 2).

Per ovviare alle criticità sopraesposte è necessario procedere in primo luogo a verifica della possibilità di instaurarsi di un fenomeno di filtrazione nel terreno sottostante il corpo della traversa.

Il criterio di Lane, adottato tecnicamente nelle condizioni per cui non sia realistica una valutazione più dettagliata del moto di filtrazione, è legato alla stima del gradiente DH/L, ove L è il percorso che la filtrazione dovrebbe affrontare per emergere a valle, legato alla tipologia di materiale costituente il fondo.



Avendo già indicato in DH = 2,38 m il valore di calcolo per il carico idraulico da dissipare, L è stimato come la somma delle percorrenze pesate che il fluido segue al di sotto dell'opera. Con riferimento alla figura di esempio riportata, alle percorrenze verticali “h” si attribuisce peso 1, mentre a quelle orizzontali “l” si assegna peso 0,33. Questo in ragione del fatto che normalmente la permeabilità secondo un percorso orizzontale è maggiore.

Infine il gradiente stimato è confrontato con un gradiente critico che lo si definisce secondo una tabella riferita alla struttura del terreno. Per terreno costituito in prevalenza da massi con ciottoli e ghiaia il valore Ic risulta paria a 0,40.

Procedendo nel calcolo:

DH = 2,38 m

L = (2,0 + 1,38 + 1,0) + (5)*0,33 = 6,03 m

DH / L = 0,38 < Ic = 0,40

Secondo il criterio di Lane pertanto la dimensione della platea proposta risulterebbe tale da evitare l'instaurarsi di un percorso di filtrazione.

Ciò non di meno, a titolo di cautela a valle della traversa, sia per contenere l'eventuale filtrazione sia per evitare la formazione di scavi al piede della platea, dovuti anche alla possibile agitazione della corrente di piena per effetto del dente di fondo della traversa, si ritiene necessaria la posa di una platea interrata in scogliera di maggiori dimensioni, ossia circa massi di circa 0,50 meti cubi, per la lunghezza di 5 metri a valle.

Allegati

Scenario 0 (stato esistente) – Tabelle profili e sezioni

Scenario 1 (stato di progetto) – Tabelle profili e sezioni

Verifiche di stabilità della traversa fluviale

Il relatore:

ing. Stefano Ferrari

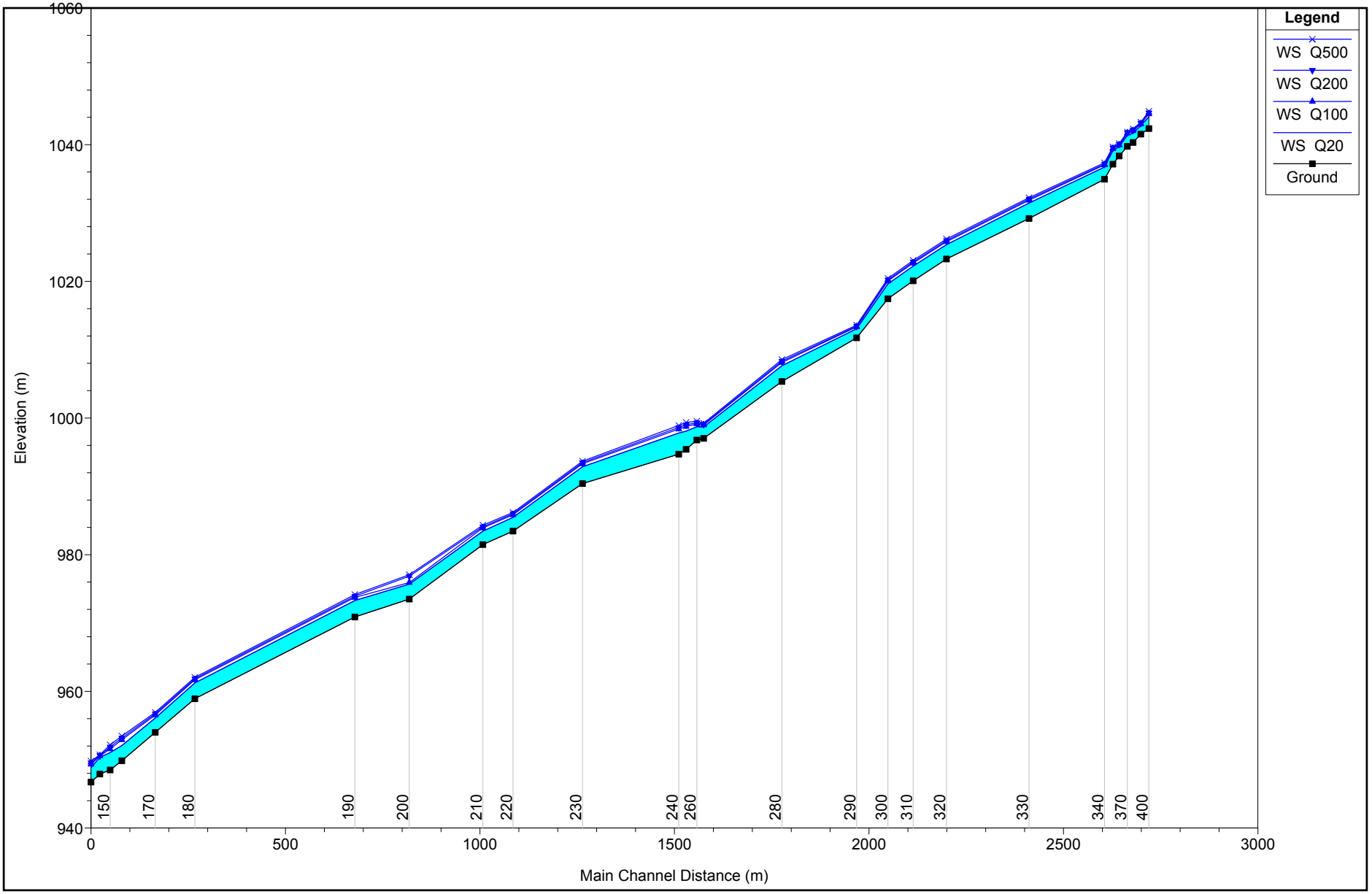
Scenario 0 (stato esistente) – Tabelle profili e sezioni

HEC-RAS Plan: ESISTENTE River: Negrone Reach: Negrone

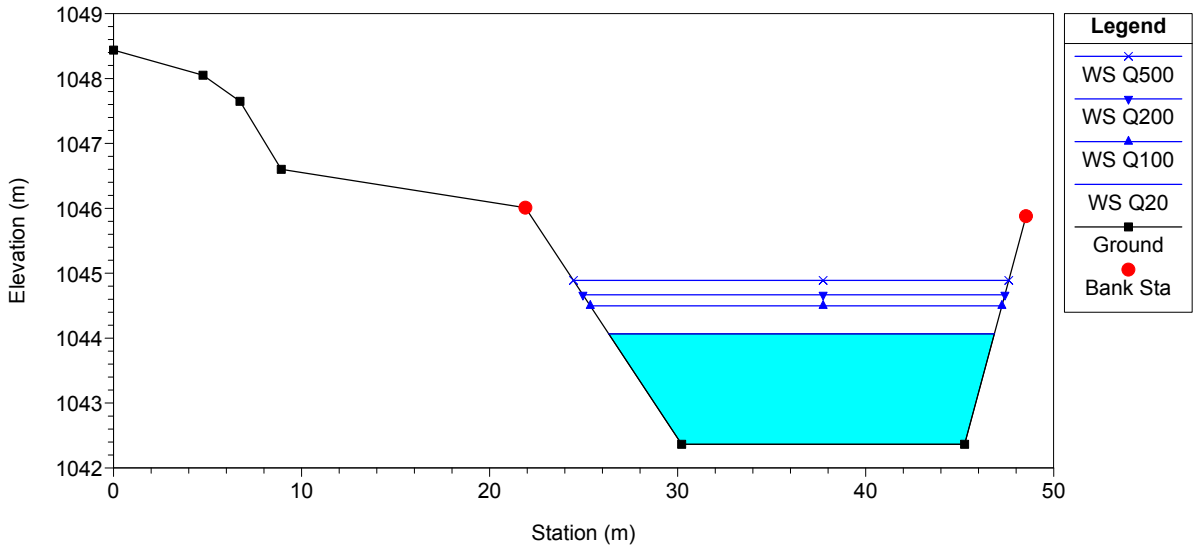
Reach	River Sta	Profile	Q Total	Min Ch El	W.S. Elev	Crit W.S.	E.G. Elev	E.G. Slope	Vel Chnl	Flow Area	Top Width	Froude # Chl
			(m3/s)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m/m)	(m/s)	(m2)	(m)	
Negrone	400	Q20	115.90	1042.36	1044.07	1044.07	1044.81	0.033661	3.83	30.27	20.51	1.01
Negrone	400	Q100	166.40	1042.36	1044.50	1044.50	1045.41	0.031837	4.22	39.39	21.89	1.01
Negrone	400	Q200	188.80	1042.36	1044.67	1044.67	1045.64	0.031283	4.37	43.20	22.44	1.01
Negrone	400	Q500	219.30	1042.36	1044.89	1044.89	1045.94	0.030634	4.55	48.23	23.15	1.01
Negrone	390	Q20	115.90	1041.54	1042.81	1043.06	1043.80	0.070600	4.43	26.17	25.21	1.39
Negrone	390	Q100	166.40	1041.54	1043.05	1043.42	1044.40	0.072834	5.14	32.41	25.92	1.45
Negrone	390	Q200	188.80	1041.54	1043.15	1043.56	1044.64	0.072745	5.40	35.09	26.21	1.47
Negrone	390	Q500	219.30	1041.54	1043.29	1043.77	1044.94	0.072345	5.71	38.63	26.60	1.48
Negrone	380	Q20	115.90	1040.33	1041.70	1041.87	1042.59	0.051662	4.19	27.67	22.40	1.20
Negrone	380	Q100	166.40	1040.33	1042.03	1042.27	1043.17	0.049143	4.73	35.40	24.50	1.21
Negrone	380	Q200	188.80	1040.33	1042.16	1042.44	1043.40	0.048963	4.95	38.53	25.35	1.22
Negrone	380	Q500	219.30	1040.33	1042.31	1042.65	1043.70	0.049031	5.24	42.61	26.43	1.23
Negrone	370	Q20	115.90	1039.77	1041.38	1041.38	1041.98	0.033471	3.45	33.77	28.14	1.00
Negrone	370	Q100	166.40	1039.77	1041.70	1041.73	1042.47	0.033356	3.90	43.00	29.80	1.03
Negrone	370	Q200	188.80	1039.77	1041.76	1041.86	1042.67	0.037553	4.23	44.97	30.14	1.10
Negrone	370	Q500	219.30	1039.77	1041.86	1042.05	1042.94	0.042230	4.62	47.81	30.63	1.17
Negrone	360	Q20	115.90	1038.35	1039.74	1040.11	1040.91	0.074174	5.12	26.31	34.26	1.43
Negrone	360	Q100	166.40	1038.35	1039.96	1040.39	1041.38	0.076339	5.76	34.45	37.12	1.49
Negrone	360	Q200	188.80	1038.35	1040.06	1040.52	1041.53	0.073830	5.91	38.20	37.57	1.48
Negrone	360	Q500	219.30	1038.35	1040.18	1040.61	1041.74	0.072391	6.13	42.76	38.11	1.48
Negrone	350	Q20	115.90	1037.15	1039.13	1039.32	1039.94	0.040235	4.20	31.50	32.73	1.10
Negrone	350	Q100	166.40	1037.15	1039.43	1039.66	1040.38	0.038663	4.66	41.96	36.65	1.12
Negrone	350	Q200	188.80	1037.15	1039.54	1039.78	1040.55	0.038169	4.83	46.25	37.40	1.12
Negrone	350	Q500	219.30	1037.15	1039.68	1039.93	1040.77	0.038124	5.05	51.36	37.90	1.13
Negrone	340	Q20	115.90	1034.94	1036.71	1037.25	1038.41	0.131424	5.77	20.10	20.77	1.87
Negrone	340	Q100	166.40	1034.94	1037.04	1037.63	1038.96	0.112587	6.14	27.11	22.61	1.79
Negrone	340	Q200	188.80	1034.94	1037.17	1037.78	1039.16	0.106840	6.25	30.20	23.54	1.76
Negrone	340	Q500	219.30	1034.94	1037.35	1037.97	1039.42	0.099500	6.37	34.41	24.67	1.72
Negrone	330	Q20	115.90	1029.21	1031.47	1031.31	1032.09	0.024442	3.50	33.14	20.39	0.88
Negrone	330	Q100	166.40	1029.21	1031.87	1031.76	1032.68	0.025831	3.99	41.72	21.83	0.92
Negrone	330	Q200	188.80	1029.21	1032.03	1031.93	1032.92	0.026367	4.17	45.23	22.39	0.94
Negrone	330	Q500	219.30	1029.21	1032.24	1032.16	1033.22	0.026631	4.38	50.04	23.14	0.95
Negrone	320	Q20	115.90	1023.27	1025.38	1025.38	1026.11	0.032730	3.78	30.63	21.07	1.00
Negrone	320	Q100	166.40	1023.27	1025.81	1025.81	1026.69	0.030920	4.16	40.00	22.71	1.00
Negrone	320	Q200	188.80	1023.27	1025.98	1025.98	1026.92	0.030353	4.30	43.93	23.36	1.00
Negrone	320	Q500	219.30	1023.27	1026.19	1026.19	1027.21	0.030113	4.49	48.88	24.16	1.01
Negrone	310	Q20	115.90	1020.08	1022.23	1022.29	1023.12	0.036551	4.17	27.77	17.34	1.05
Negrone	310	Q100	166.40	1020.08	1022.67	1022.77	1023.78	0.036491	4.66	35.67	18.64	1.08
Negrone	310	Q200	188.80	1020.08	1022.85	1022.97	1024.04	0.036310	4.84	39.03	19.16	1.08
Negrone	310	Q500	219.30	1020.08	1023.07	1023.21	1024.37	0.036081	5.05	43.45	19.83	1.09
Negrone	300	Q20	115.90	1017.46	1019.63	1019.76	1020.60	0.041199	4.36	26.59	17.23	1.12
Negrone	300	Q100	166.40	1017.46	1020.05	1020.24	1021.26	0.041143	4.86	34.22	18.64	1.15
Negrone	300	Q200	188.80	1017.46	1020.22	1020.44	1021.52	0.041269	5.05	37.35	19.18	1.16
Negrone	300	Q500	219.30	1017.46	1020.43	1020.68	1021.85	0.041482	5.29	41.44	19.88	1.17
Negrone	290	Q20	115.90	1011.73	1013.07	1013.62	1014.92	0.140801	6.03	19.21	19.56	1.94
Negrone	290	Q100	166.40	1011.73	1013.34	1014.04	1015.67	0.133615	6.76	24.61	20.09	1.95
Negrone	290	Q200	188.80	1011.73	1013.45	1014.21	1015.96	0.130346	7.02	26.91	20.31	1.95
Negrone	290	Q500	219.30	1011.73	1013.60	1014.43	1016.33	0.126079	7.32	29.97	20.60	1.94
Negrone	280	Q20	115.90	1005.34	1007.65	1007.65	1008.45	0.028586	4.08	30.02	18.90	0.97
Negrone	280	Q100	166.40	1005.34	1008.13	1008.13	1009.08	0.027179	4.48	39.56	20.95	0.97
Negrone	280	Q200	188.80	1005.34	1008.32	1008.32	1009.33	0.026559	4.62	43.68	21.78	0.97
Negrone	280	Q500	219.30	1005.34	1008.56	1008.56	1009.64	0.026111	4.80	48.98	22.80	0.97
Negrone	270	Q20	115.90	997.01	998.69	999.04	999.95	0.067747	5.01	23.55	19.73	1.42
Negrone	270	Q100	166.40	997.01	998.98	999.47	1000.65	0.071235	5.78	29.44	20.77	1.50
Negrone	270	Q200	188.80	997.01	999.09	999.64	1000.94	0.072690	6.08	31.81	21.18	1.53
Negrone	270	Q500	219.30	997.01	999.25	999.87	1001.30	0.073326	6.42	35.08	21.72	1.55
Negrone	260	Q20	115.90	996.79	998.72	998.72	999.44	0.032889	3.77	30.77	21.34	1.00
Negrone	260	Q100	166.40	996.79	999.14	999.14	1000.02	0.031168	4.15	40.08	22.92	1.00
Negrone	260	Q200	188.80	996.79	999.30	999.31	1000.25	0.030906	4.31	43.84	23.52	1.01
Negrone	260	Q500	219.30	996.79	999.53	999.53	1000.54	0.029945	4.46	49.16	24.35	1.00
Negrone	250	Q20	115.90	995.41	998.08	997.47	998.49	0.012352	2.85	40.66	19.67	0.63
Negrone	250	Q100	166.40	995.41	998.75	997.93	999.23	0.010878	3.05	54.53	21.32	0.61
Negrone	250	Q200	188.80	995.41	999.02	998.12	999.52	0.010469	3.13	60.35	21.98	0.60
Negrone	250	Q500	219.30	995.41	999.37	998.36	999.89	0.010038	3.22	68.04	22.81	0.60
Negrone	240	Q20	115.90	994.71	997.80	997.04	998.26	0.011942	2.99	38.78	15.95	0.61
Negrone	240	Q100	166.40	994.71	998.39		998.99	0.013054	3.44	48.42	16.91	0.65
Negrone	240	Q200	188.80	994.71	998.62		999.28	0.013475	3.61	52.35	17.29	0.66
Negrone	240	Q500	219.30	994.71	998.91		999.65	0.013974	3.82	57.44	18.17	0.68
Negrone	230	Q20	115.90	990.41	992.87	992.87	993.61	0.033109	3.81	30.38	20.80	1.01
Negrone	230	Q100	166.40	990.41	993.31	993.31	994.19	0.031401	4.15	40.14	23.13	1.00

HEC-RAS Plan: ESISTENTE River: Negrone Reach: Negrone (Continued)

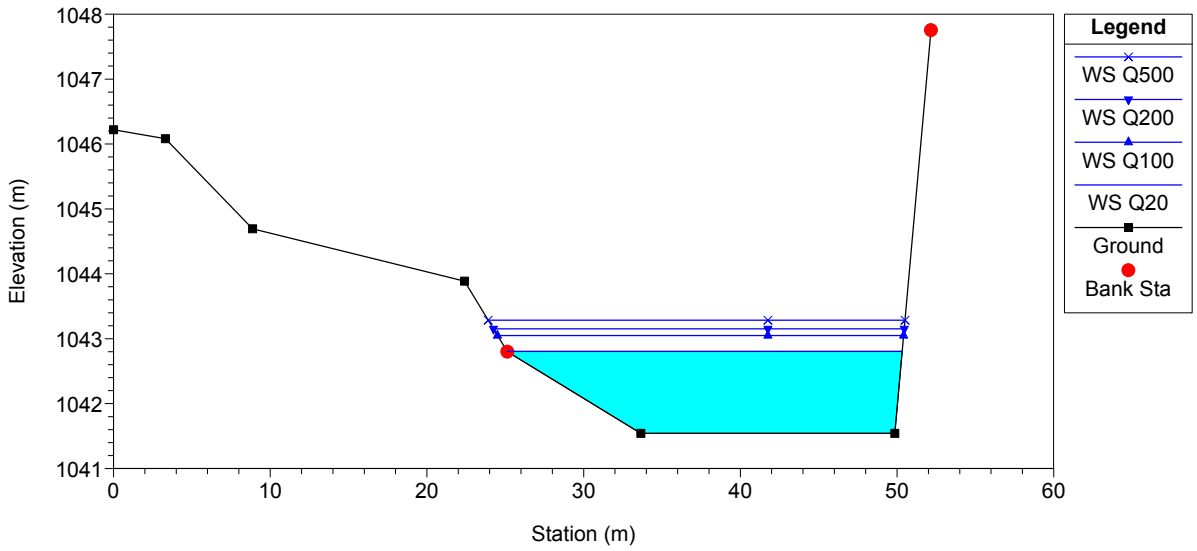
Reach	River Sta	Profile	Q Total	Min Ch El	W.S. Elev	Crit W.S.	E.G. Elev	E.G. Slope	Vel Chnl	Flow Area	Top Width	Froude # Chl
			(m3/s)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m/m)	(m/s)	(m2)	(m)	
Negrone	230	Q200	188.80	990.41	993.47	993.47	994.42	0.030874	4.30	43.90	23.47	1.00
Negrone	230	Q500	219.30	990.41	993.68	993.68	994.71	0.030402	4.50	48.78	23.90	1.00
Negrone	220	Q20	115.90	983.44	985.46	985.67	986.52	0.048895	4.55	25.46	17.75	1.21
Negrone	220	Q100	166.40	983.44	985.84	986.14	987.19	0.049576	5.14	32.38	18.84	1.25
Negrone	220	Q200	188.80	983.44	985.99	986.33	987.45	0.049920	5.36	35.22	19.27	1.27
Negrone	220	Q500	219.30	983.44	986.18	986.56	987.79	0.050059	5.62	39.01	19.83	1.28
Negrone	210	Q20	115.90	981.48	983.44	983.44	984.27	0.035011	4.03	28.77	17.59	1.01
Negrone	210	Q100	166.40	981.48	983.90	983.90	984.93	0.033453	4.50	36.97	17.99	1.00
Negrone	210	Q200	188.80	981.48	984.08	984.08	985.20	0.033273	4.69	40.26	18.15	1.01
Negrone	210	Q500	219.30	981.48	984.32	984.33	985.55	0.032901	4.91	44.64	18.36	1.01
Negrone	200	Q20	115.90	973.50	975.68	976.05	976.69	0.046206	4.48	27.36	33.72	1.18
Negrone	200	Q100	166.40	973.50	975.93	976.33	977.18	0.051045	5.13	37.89	46.52	1.26
Negrone	200	Q200	188.80	973.50	976.84	976.43	977.16	0.009014	2.76	81.51	49.39	0.56
Negrone	200	Q500	219.30	973.50	977.06	976.57	977.38	0.008420	2.79	92.49	50.09	0.55
Negrone	190	Q20	115.90	970.89	973.30	973.26	974.07	0.029876	3.89	29.77	17.93	0.96
Negrone	190	Q100	166.40	970.89	973.73	973.73	974.72	0.031168	4.40	37.81	19.42	1.01
Negrone	190	Q200	188.80	970.89	973.93	973.93	974.97	0.030255	4.52	41.78	20.11	1.00
Negrone	190	Q500	219.30	970.89	974.17	974.17	975.29	0.029795	4.69	46.74	20.95	1.00
Negrone	180	Q20	126.40	958.92	961.22	961.22	962.01	0.028840	4.54	33.10	20.48	1.01
Negrone	180	Q100	181.80	958.92	961.68	961.68	962.64	0.028501	5.16	42.84	22.12	1.04
Negrone	180	Q200	207.20	958.92	961.86	961.88	962.91	0.028547	5.41	46.91	22.76	1.05
Negrone	180	Q500	237.90	958.92	962.06	962.09	963.20	0.029081	5.72	51.36	23.49	1.08
Negrone	170	Q20	126.40	954.00	956.10	956.53	957.59	0.069584	5.41	23.38	16.17	1.44
Negrone	170	Q100	181.80	954.00	956.53	957.05	958.32	0.066360	5.94	30.63	17.62	1.44
Negrone	170	Q200	207.20	954.00	956.71	957.27	958.62	0.064847	6.12	33.86	18.24	1.43
Negrone	170	Q500	237.90	954.00	956.92	957.51	958.93	0.062331	6.28	37.86	18.97	1.42
Negrone	160	Q20	126.40	949.84	952.06	952.17	952.84	0.041417	3.91	32.35	25.53	1.11
Negrone	160	Q100	181.80	949.84	952.93	952.56	953.45	0.016978	3.21	56.65	30.62	0.75
Negrone	160	Q200	207.20	949.84	953.18	952.71	953.70	0.015258	3.21	64.50	32.09	0.72
Negrone	160	Q500	237.90	949.84	953.47	952.91	953.99	0.013599	3.21	74.10	33.80	0.69
Negrone	150	Q20	126.40	948.50	951.04	950.96	951.96	0.027395	4.25	30.20	14.88	0.92
Negrone	150	Q100	181.80	948.50	951.57	951.57	952.75	0.027173	4.86	38.75	18.37	0.95
Negrone	150	Q200	207.20	948.50	951.86	951.86	953.07	0.024306	4.93	44.55	21.00	0.91
Negrone	150	Q500	237.90	948.50	952.17	952.17	953.41	0.022291	5.04	51.48	24.60	0.89
Negrone	140	Q20	126.40	947.89	950.35	950.35	951.12	0.032717	3.89	32.50	21.24	1.00
Negrone	140	Q100	181.80	947.89	950.54	950.87	951.78	0.051226	4.93	36.88	23.69	1.26
Negrone	140	Q200	207.20	947.89	950.62	951.06	952.08	0.059747	5.36	38.67	24.62	1.36
Negrone	140	Q500	237.90	947.89	950.72	951.27	952.41	0.067501	5.75	41.35	25.95	1.45
Negrone	130	Q20	126.40	946.73	948.84	949.18	950.07	0.063031	4.91	25.72	19.49	1.37
Negrone	130	Q100	181.80	946.73	949.34	949.64	950.62	0.050530	5.02	36.22	22.46	1.26
Negrone	130	Q200	207.20	946.73	949.55	949.83	950.84	0.046018	5.03	41.21	23.74	1.22
Negrone	130	Q500	237.90	946.73	949.79	950.04	951.10	0.042403	5.07	46.97	25.14	1.18


Legend
WS Q500
WS Q200
WS Q100
WS Q20
Ground
Elevation (m)
1060
1040
1020
1000
980
960
940
0
500
1000
1500
2000
2500
3000
Main Channel Distance (m)
150
170
180
190
200
210
220
230
240
260
280
290
300
310
320
330
340
370
400

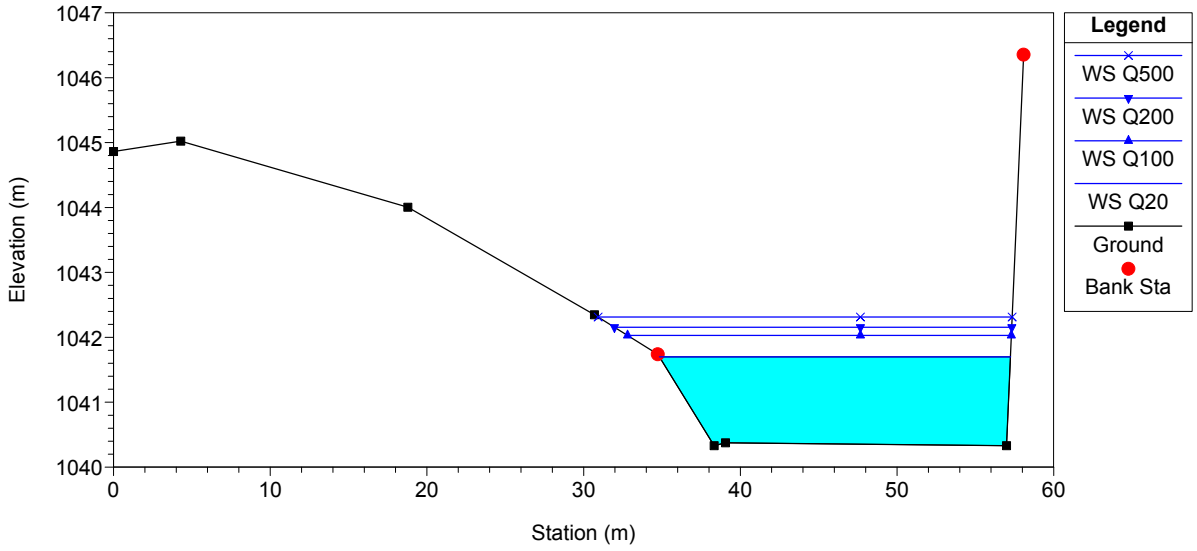
RS = 400



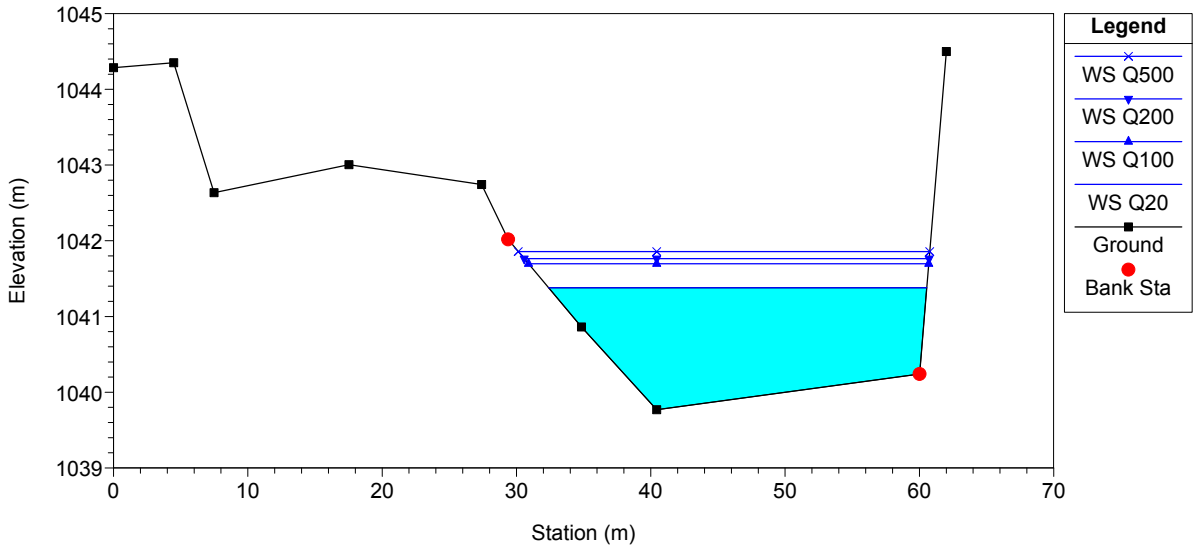
RS = 390



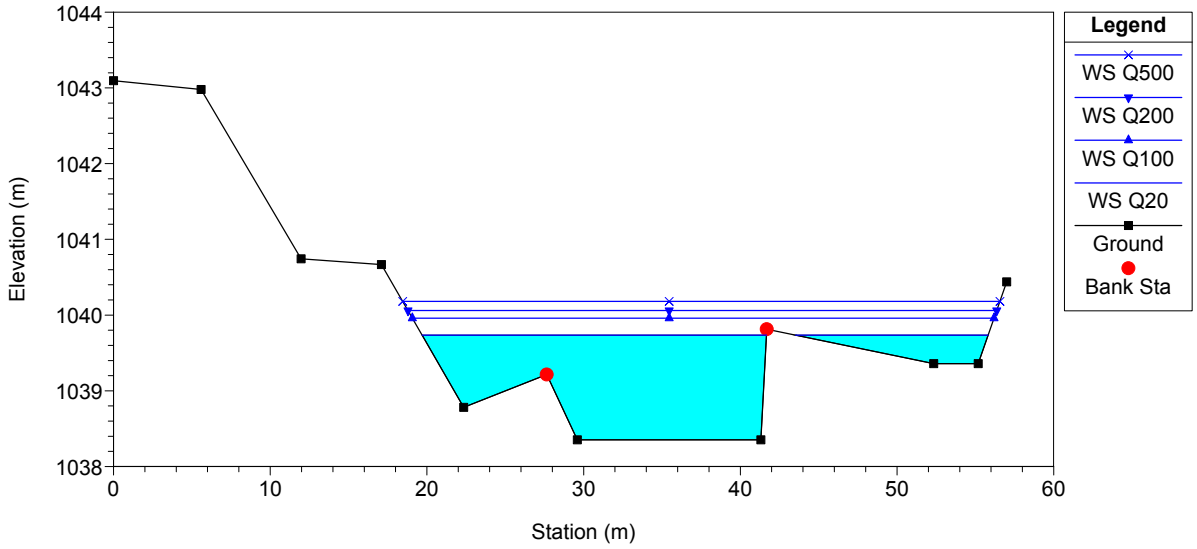
RS = 380



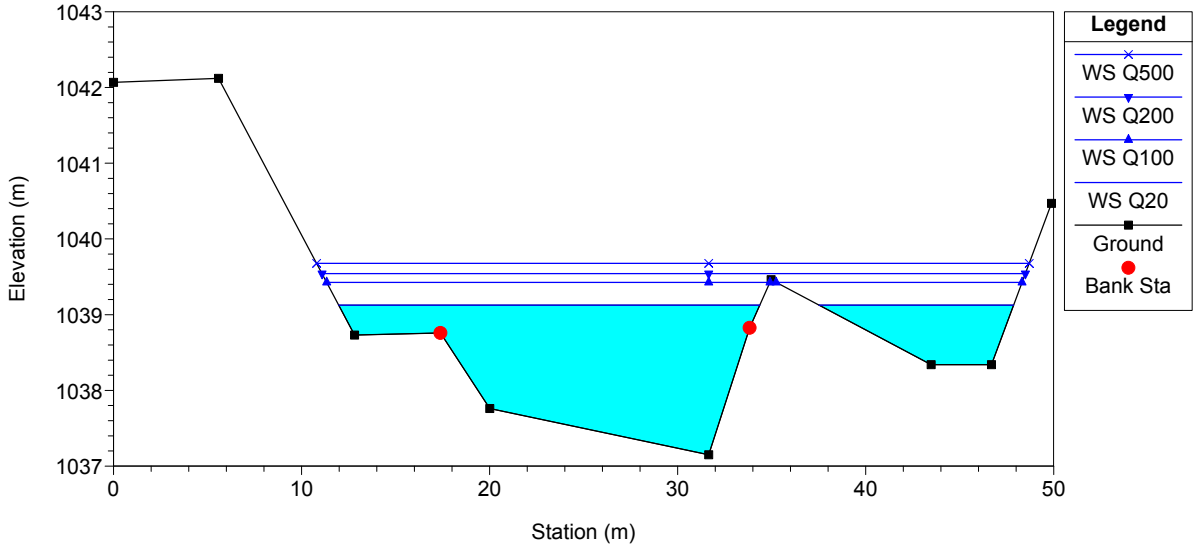
RS = 370



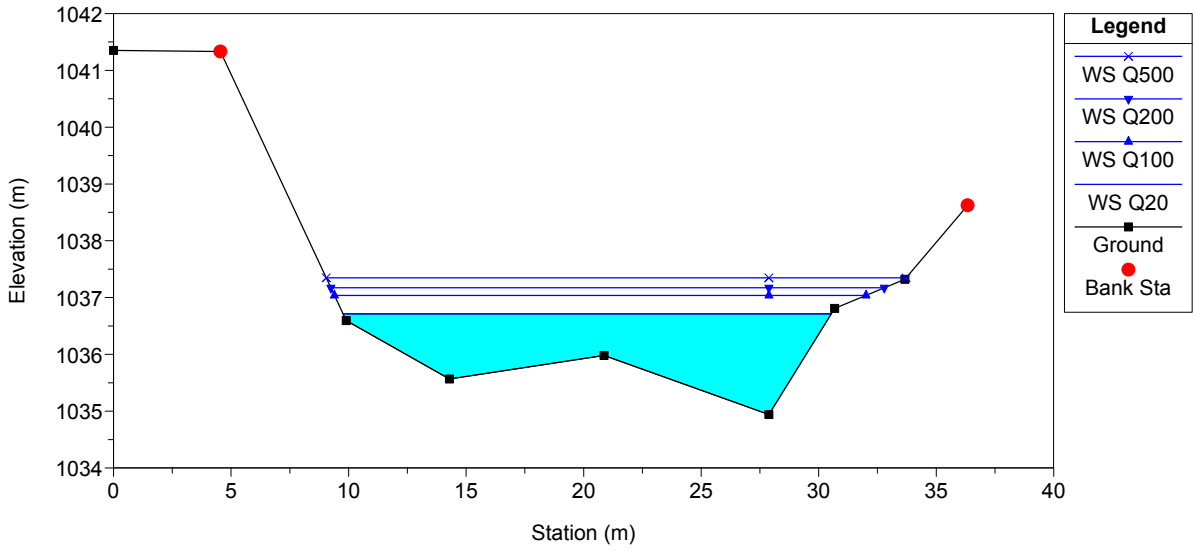
RS = 360



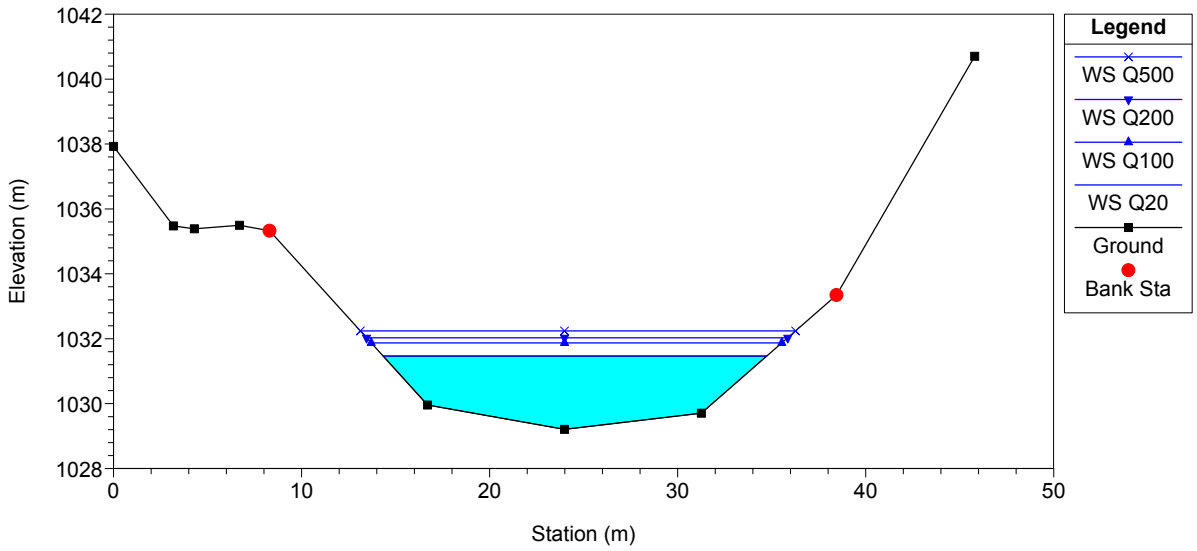
RS = 350



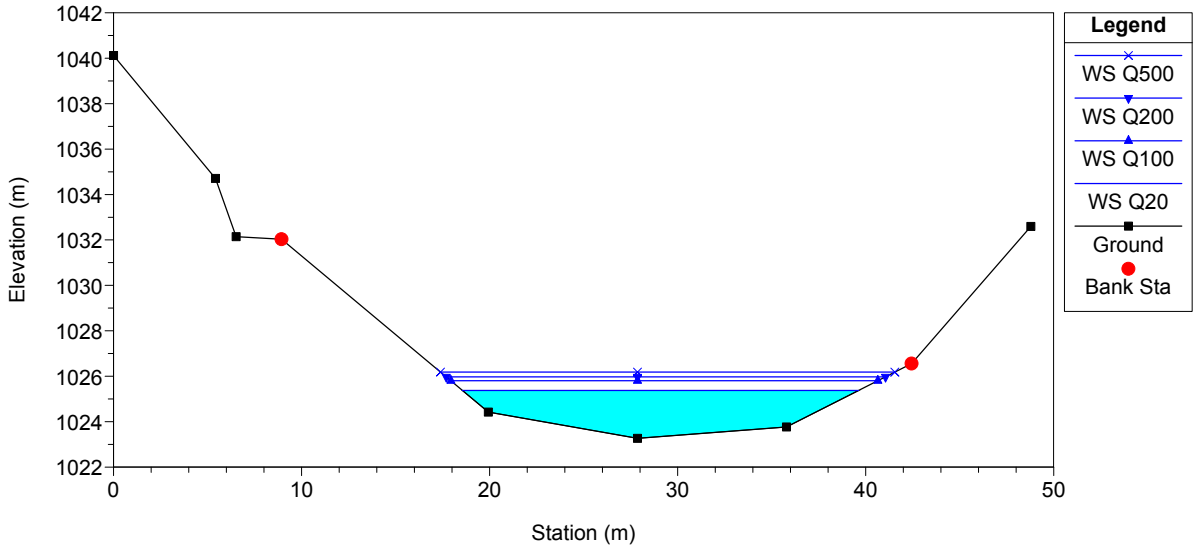
RS = 340



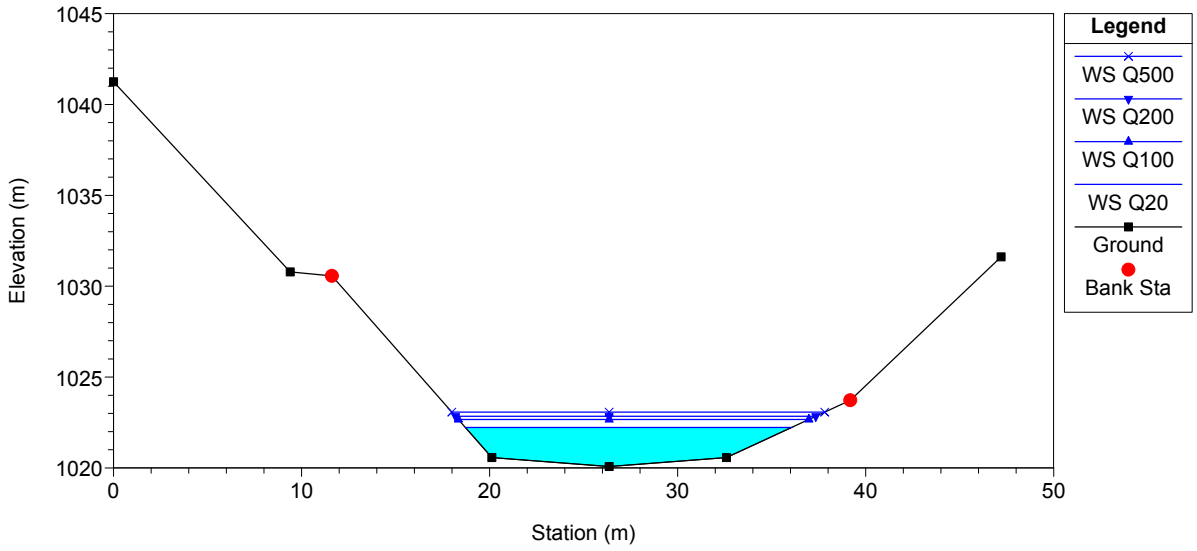
RS = 330



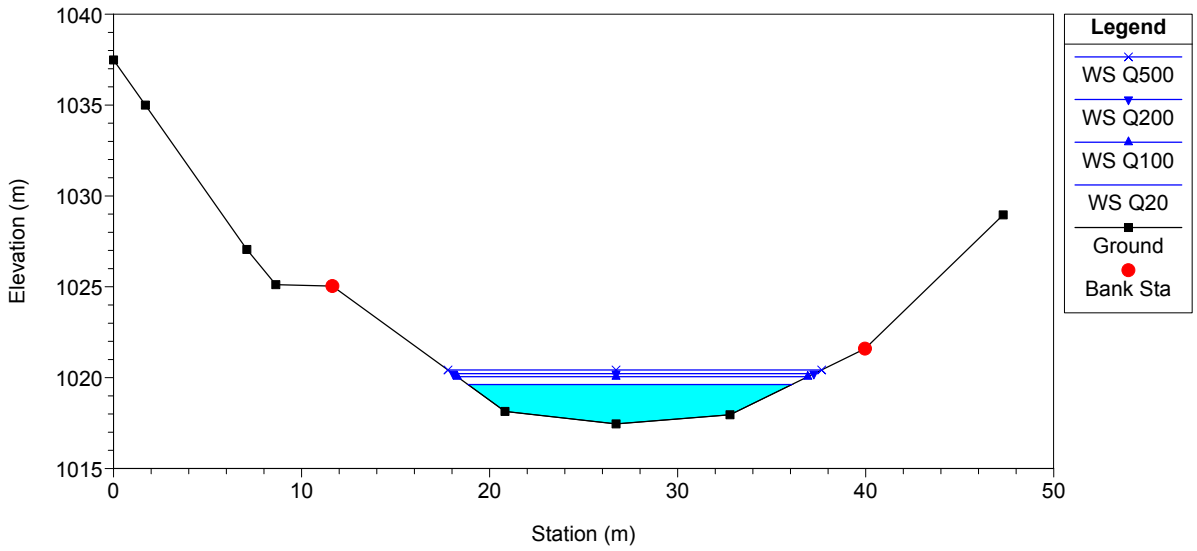
RS = 320



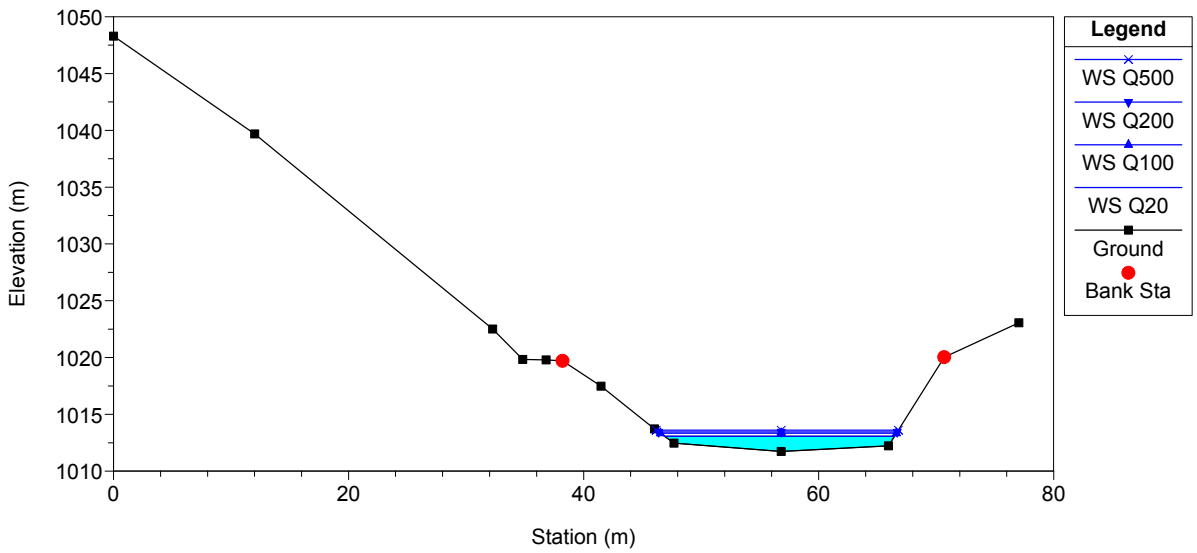
RS = 310



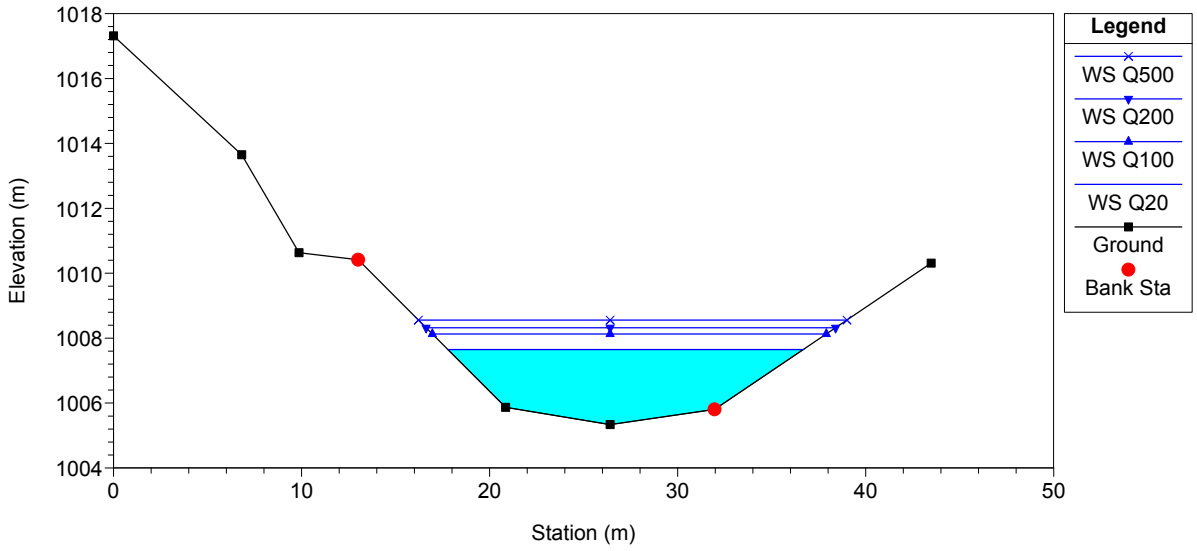
RS = 300



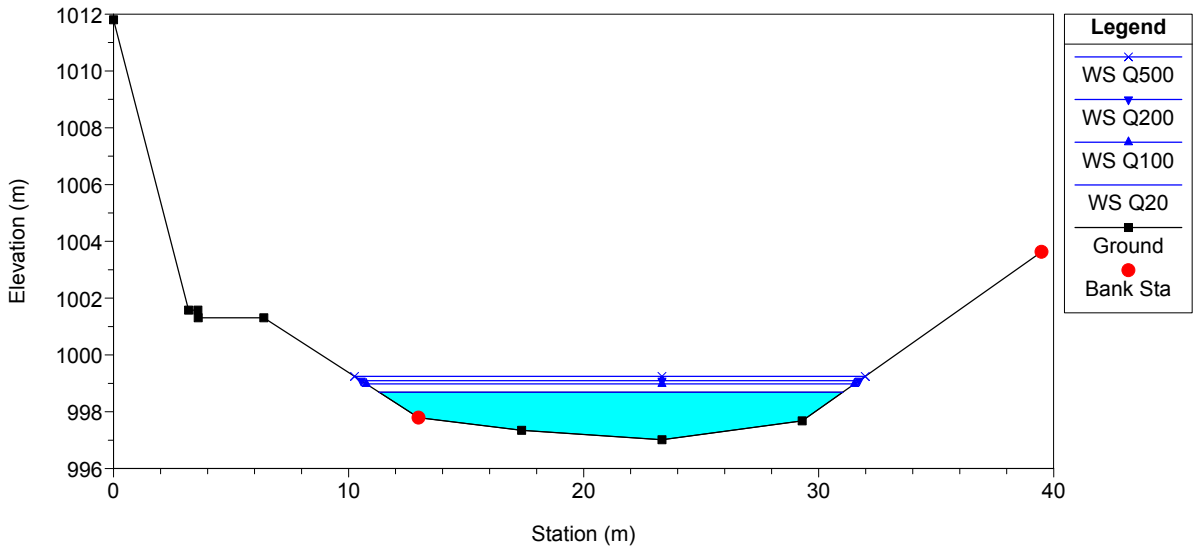
RS = 290



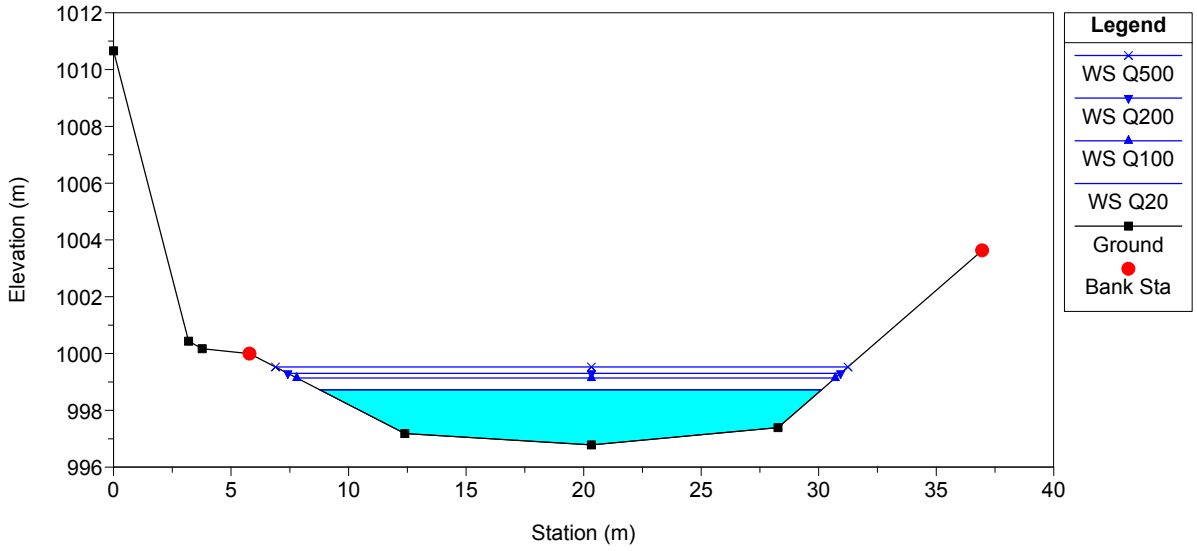
RS = 280



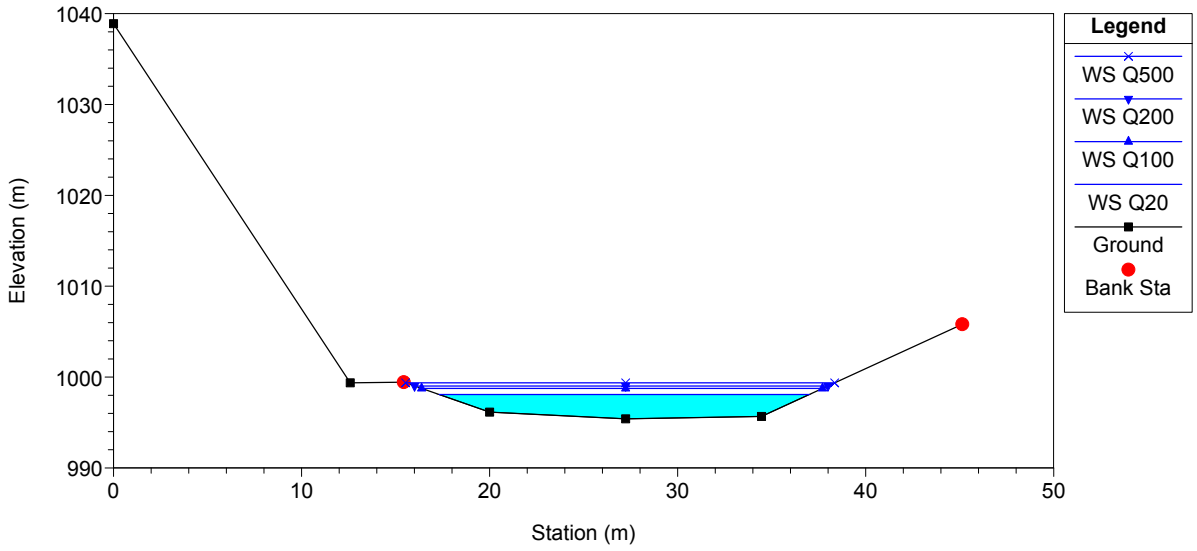
RS = 270



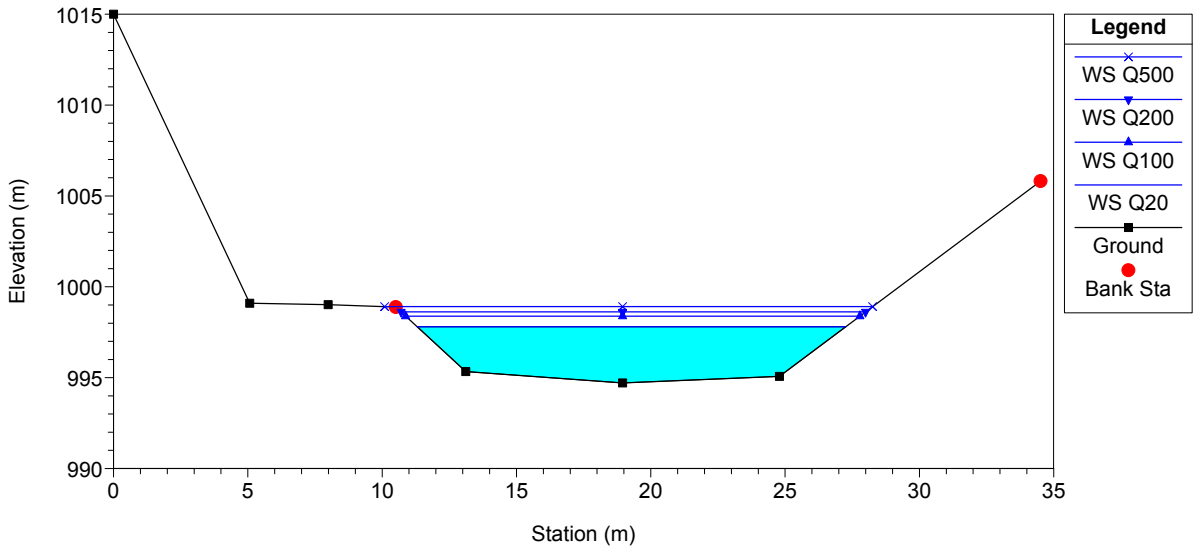
RS = 260



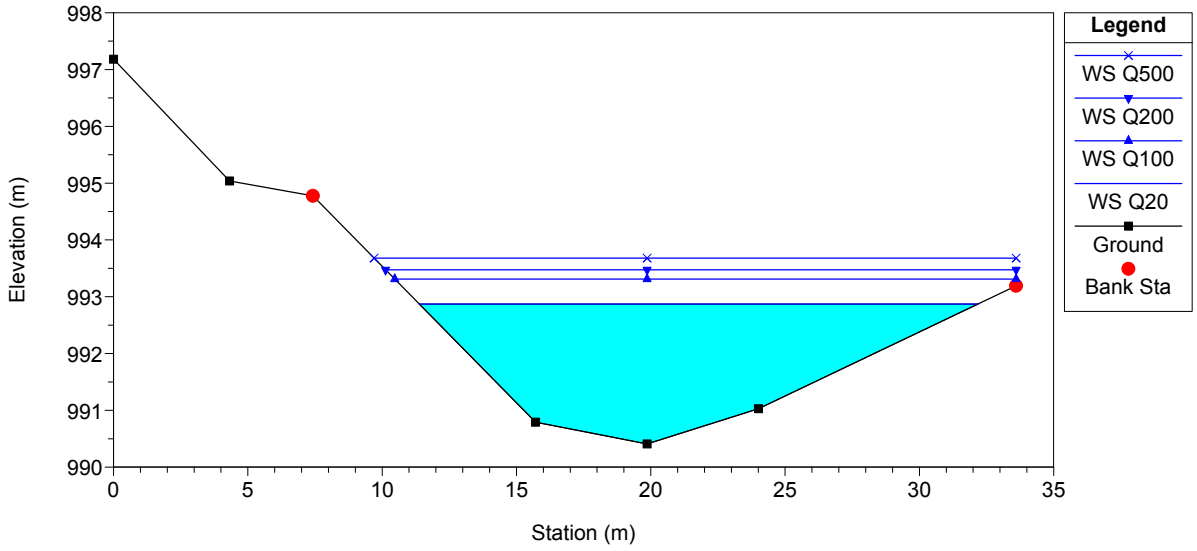
RS = 250



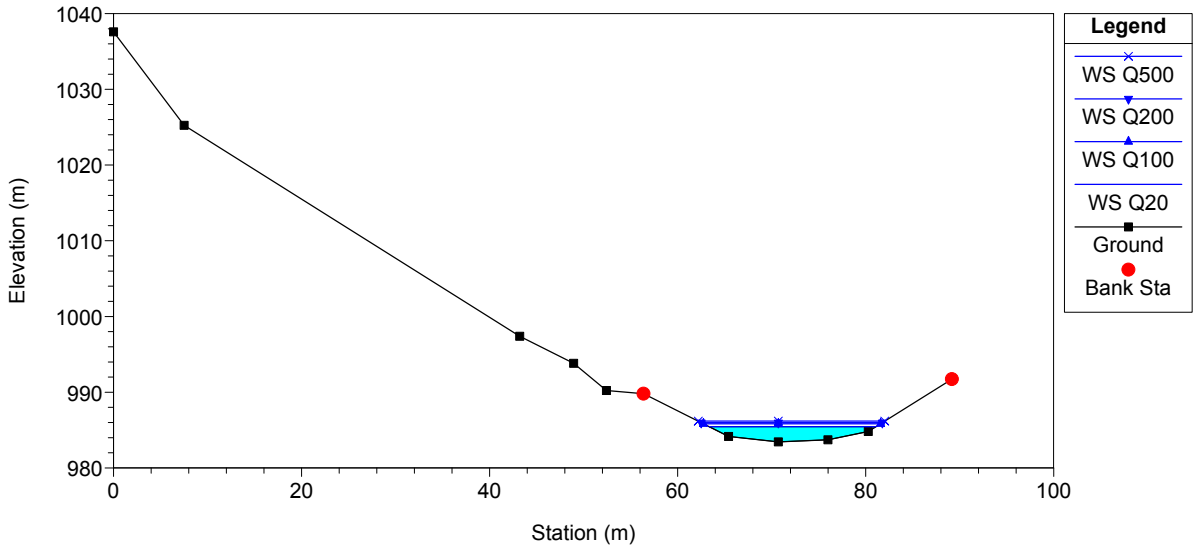
RS = 240



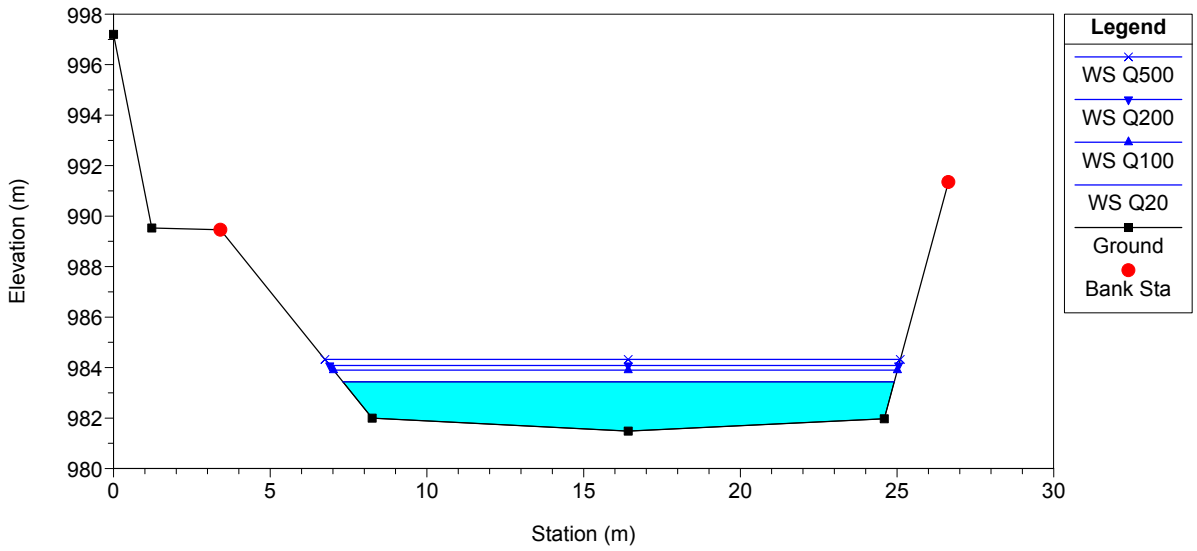
RS = 230



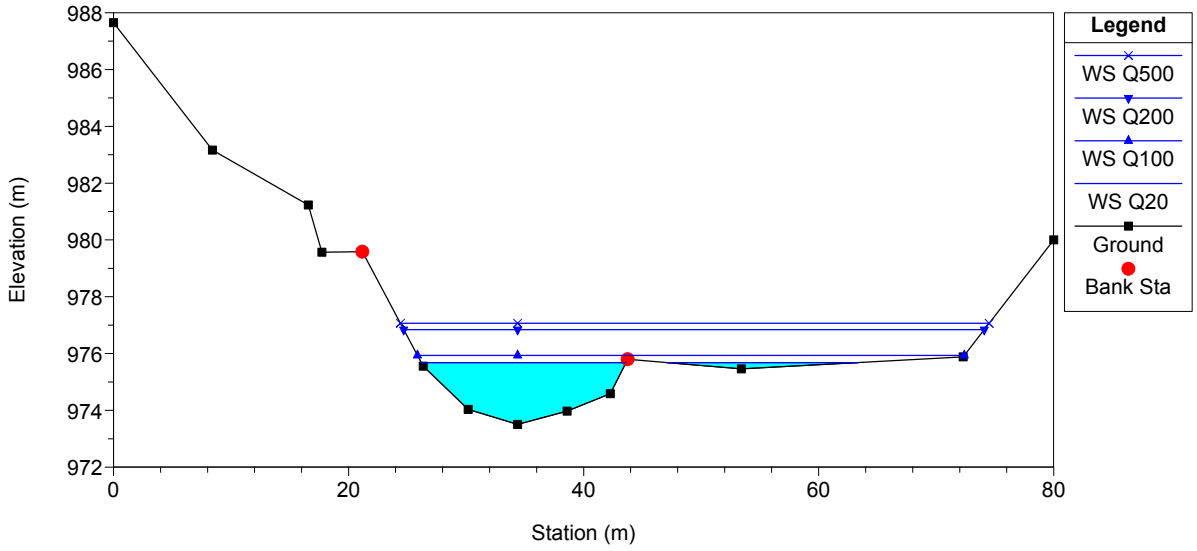
RS = 220



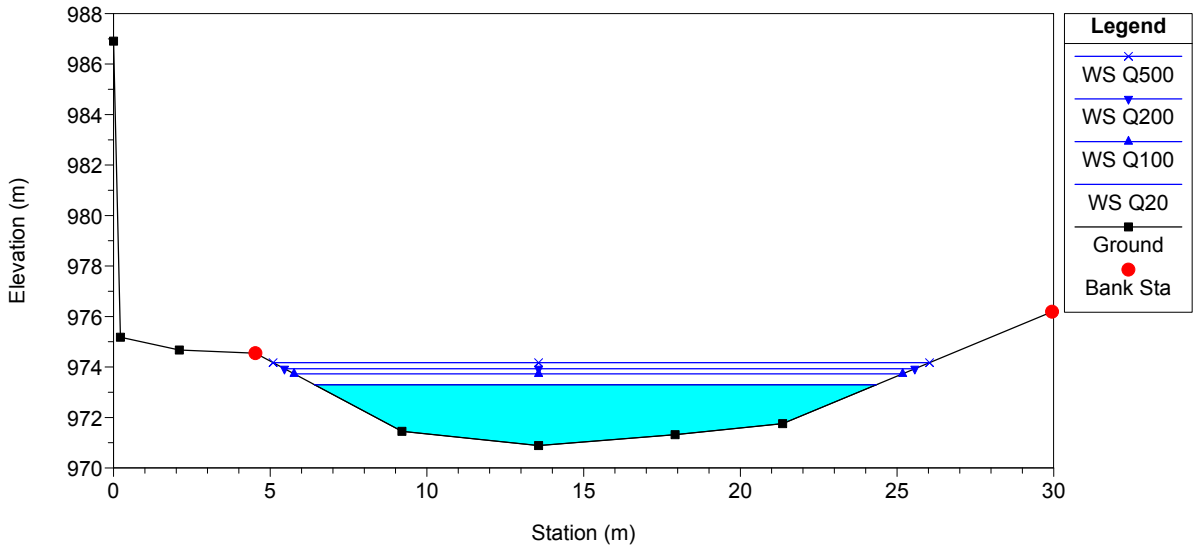
RS = 210



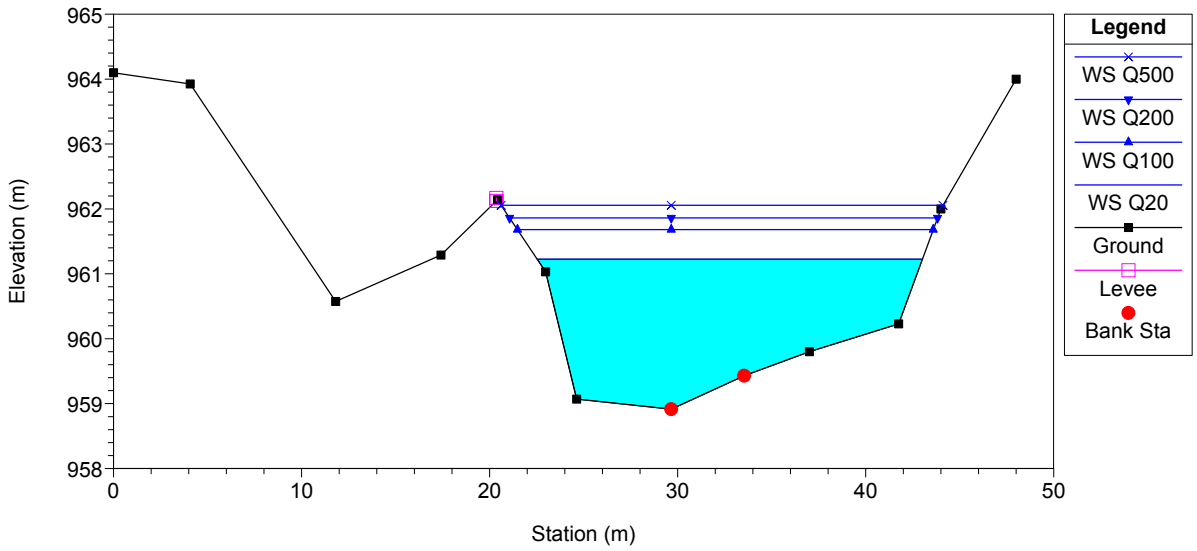
RS = 200



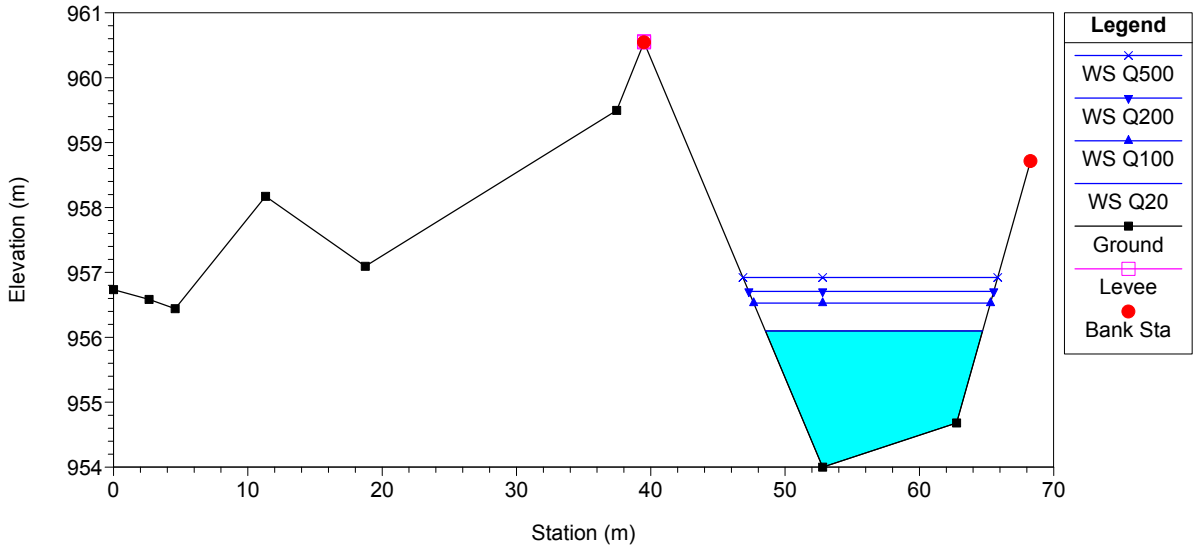
RS = 190



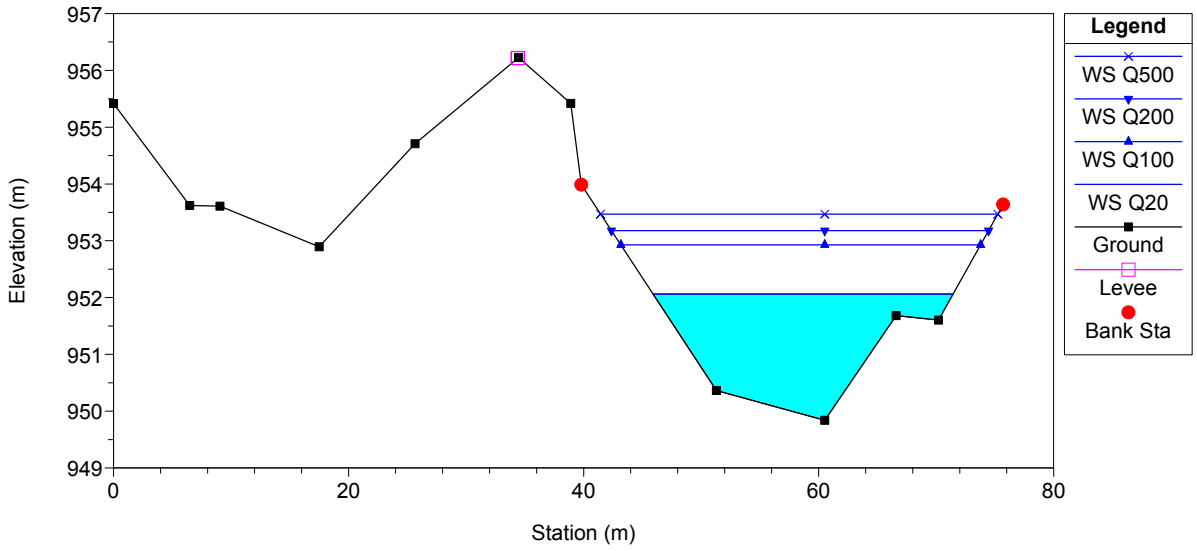
RS = 180



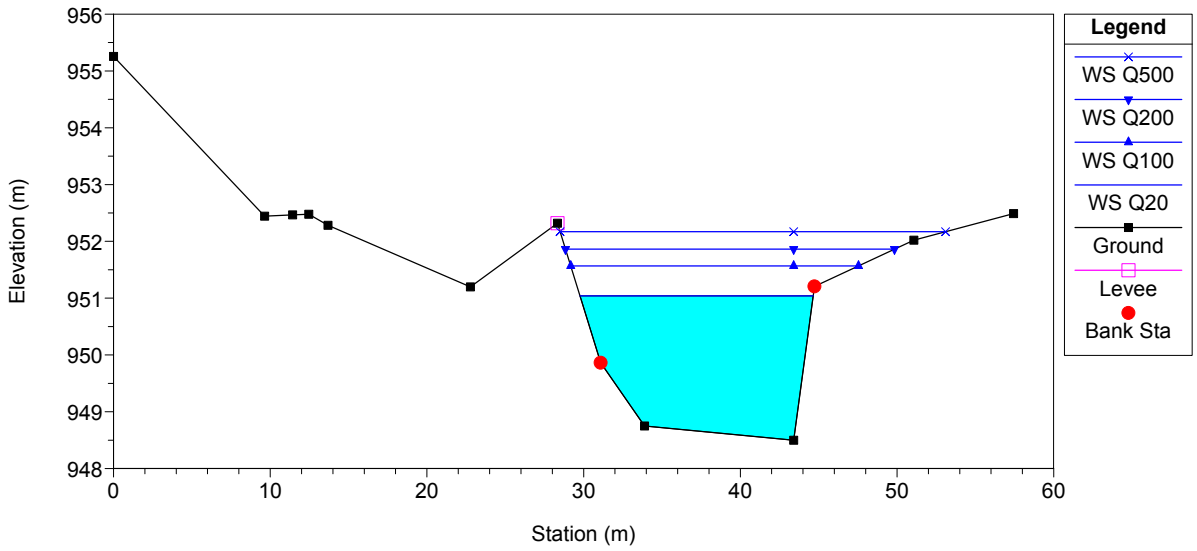
RS = 170



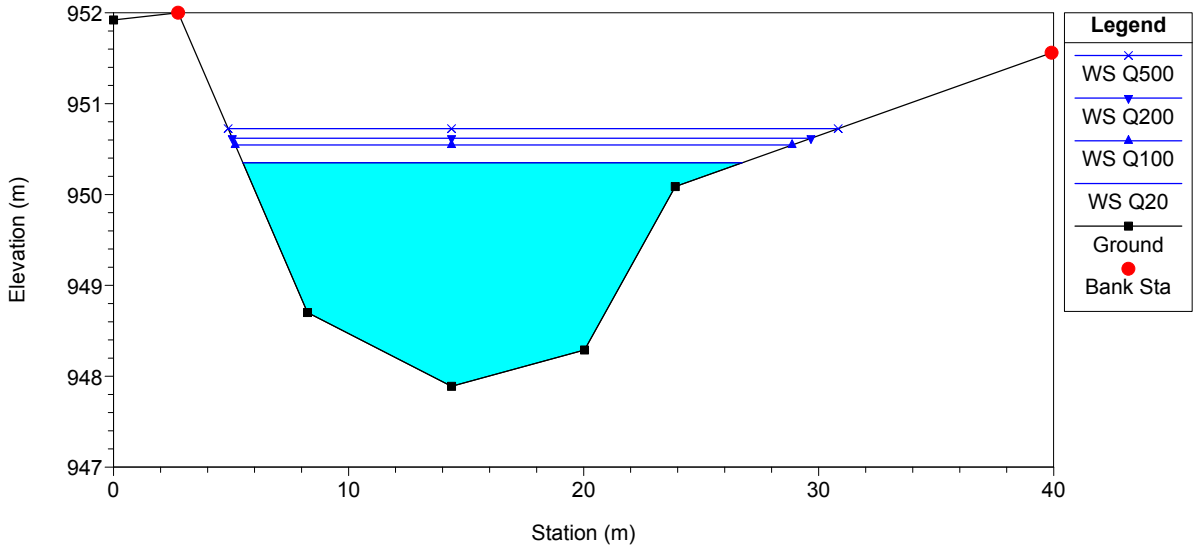
RS = 160

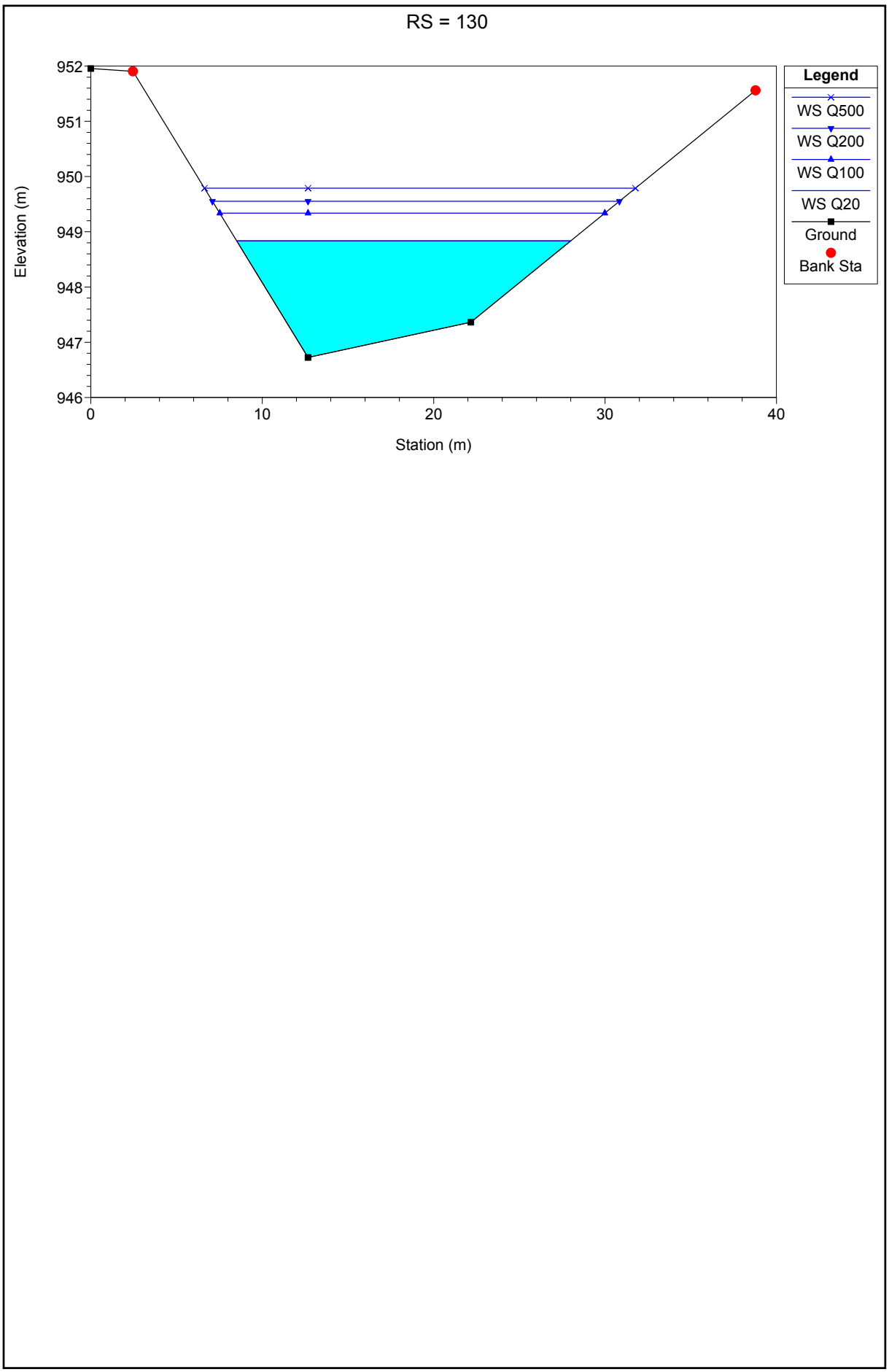


RS = 150



RS = 140




RS = 130
Elevation (m)
952
951
950
949
948
947
946
0
10
20
30
40
Station (m)
Legend
WS Q500
WS Q200
WS Q100
WS Q20
Ground
Bank Sta

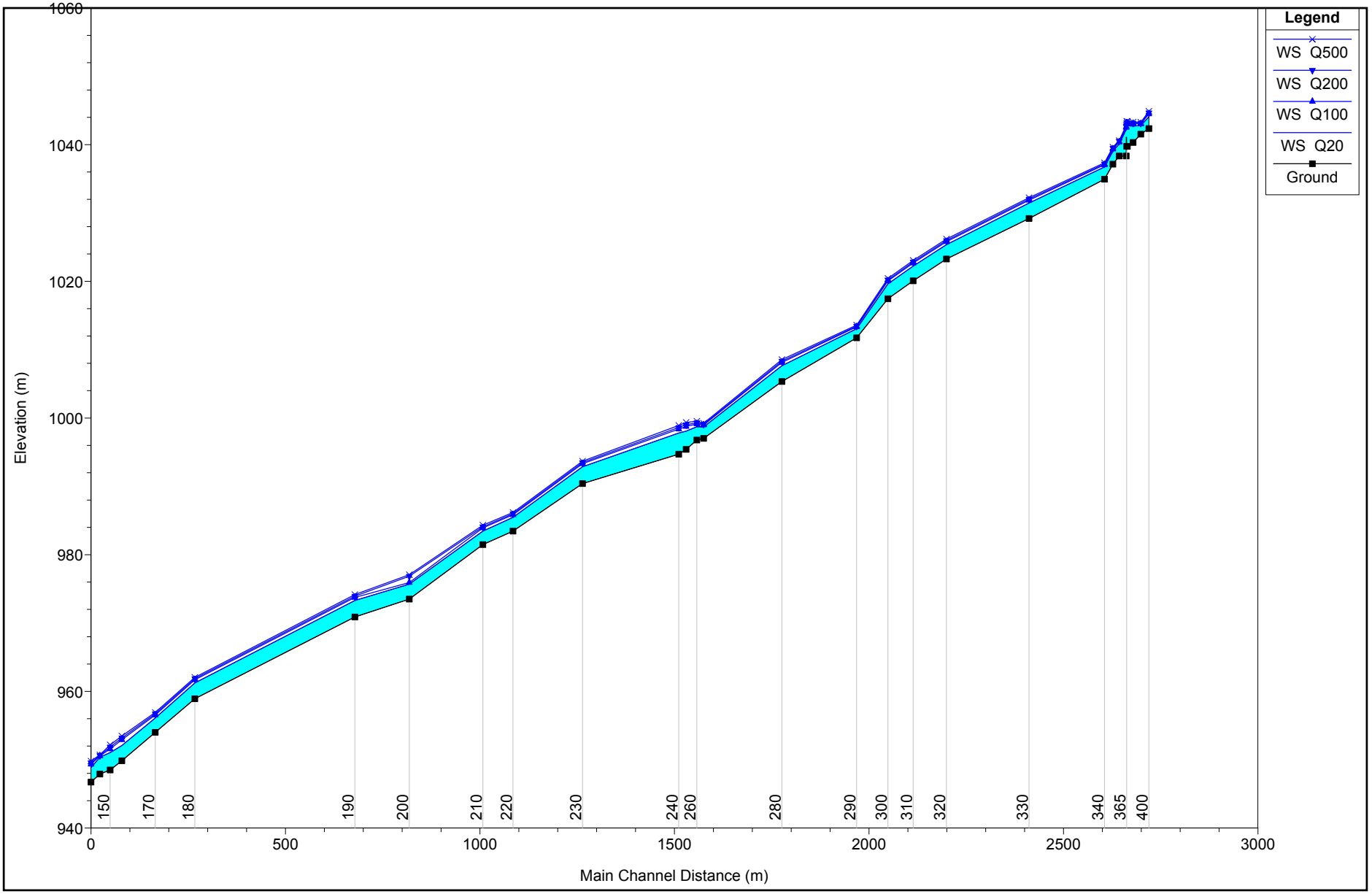
Scenario 1 (stato di progetto) – Tabelle profili e sezioni

HEC-RAS Plan: PROGETTO River: Negrone Reach: Negrone

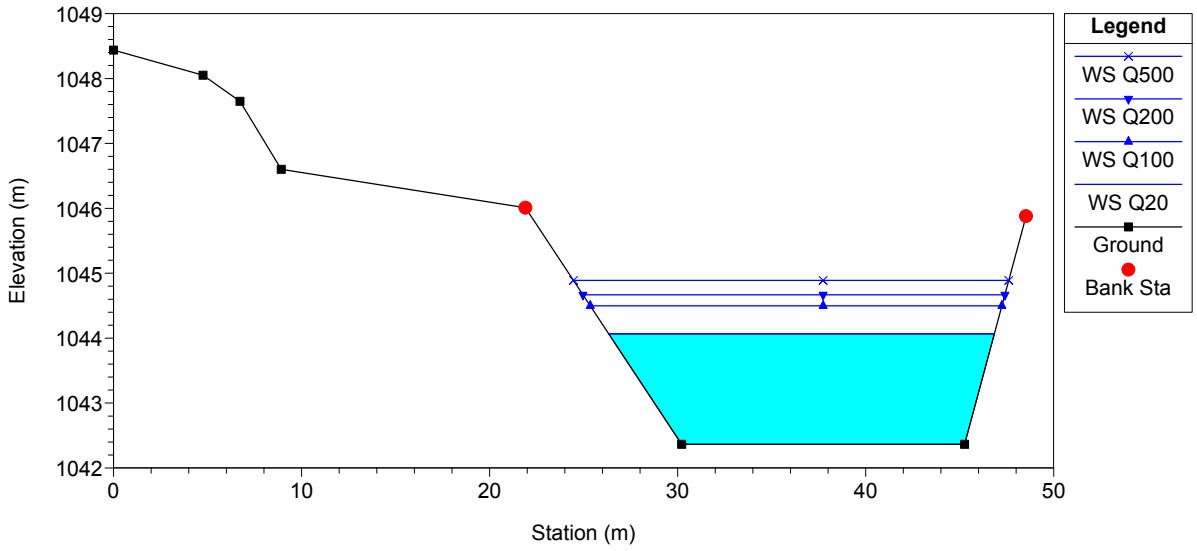
Reach	River Sta	Profile	Q Total	Min Ch El	W.S. Elev	Crit W.S.	E.G. Elev	E.G. Slope	Vel Chnl	Flow Area	Top Width	Froude # Chl
			(m3/s)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m/m)	(m/s)	(m2)	(m)	
Negrone	400	Q20	115.90	1042.36	1044.07	1044.07	1044.81	0.033661	3.83	30.27	20.51	1.01
Negrone	400	Q100	166.40	1042.36	1044.50	1044.50	1045.41	0.031829	4.22	39.40	21.89	1.01
Negrone	400	Q200	188.80	1042.36	1044.67	1044.67	1045.64	0.031280	4.37	43.20	22.44	1.01
Negrone	400	Q500	219.30	1042.36	1044.89	1044.89	1045.94	0.030615	4.55	48.24	23.15	1.01
Negrone	390	Q20	115.90	1041.54	1042.81	1043.06	1043.80	0.070600	4.43	26.17	25.21	1.39
Negrone	390	Q100	166.40	1041.54	1043.05	1043.42	1044.40	0.072848	5.14	32.40	25.92	1.45
Negrone	390	Q200	188.80	1041.54	1043.15	1043.56	1044.64	0.072745	5.40	35.09	26.21	1.47
Negrone	390	Q500	219.30	1041.54	1043.29	1043.77	1044.94	0.072368	5.71	38.63	26.60	1.48
Negrone	380	Q20	115.90	1040.33	1042.72	1041.87	1042.97	0.006906	2.23	54.10	29.44	0.47
Negrone	380	Q100	166.40	1040.33	1043.10	1042.27	1043.45	0.008330	2.68	65.62	32.19	0.53
Negrone	380	Q200	188.80	1040.33	1043.15	1042.44	1043.58	0.010065	2.98	67.15	32.54	0.58
Negrone	380	Q500	219.30	1040.33	1043.30	1042.65	1043.81	0.011159	3.24	72.17	33.66	0.62
Negrone	370	Q20	115.90	1039.77	1042.77	1041.26	1042.88	0.002149	1.42	82.51	31.67	0.28
Negrone	370	Q100	166.40	1039.77	1043.17	1041.56	1043.33	0.002832	1.77	95.02	31.86	0.32
Negrone	370	Q200	188.80	1039.77	1043.23	1041.70	1043.43	0.003405	1.97	97.10	31.89	0.36
Negrone	370	Q500	219.30	1039.77	1043.40	1041.86	1043.62	0.004423	2.12	111.64	55.35	0.37
Negrone	365		Inl Struct									
Negrone	360	Q20	115.90	1038.35	1040.11	1040.11	1040.61	0.024580	3.47	39.92	37.77	0.86
Negrone	360	Q100	166.40	1038.35	1040.39	1040.39	1041.01	0.025185	3.90	50.90	39.05	0.89
Negrone	360	Q200	188.80	1038.35	1040.52	1040.52	1041.17	0.024734	4.03	55.80	39.48	0.89
Negrone	360	Q500	219.30	1038.35	1040.61	1040.61	1041.38	0.027800	4.39	59.34	39.73	0.95
Negrone	350	Q20	115.90	1037.15	1039.04	1039.32	1040.01	0.051167	4.55	28.75	31.62	1.23
Negrone	350	Q100	166.40	1037.15	1039.36	1039.66	1040.43	0.045102	4.91	39.60	35.81	1.20
Negrone	350	Q200	188.80	1037.15	1039.48	1039.78	1040.60	0.043855	5.06	44.03	37.19	1.20
Negrone	350	Q500	219.30	1037.15	1039.64	1039.93	1040.80	0.041434	5.20	49.90	37.76	1.18
Negrone	340	Q20	115.90	1034.94	1036.75	1037.25	1038.33	0.118722	5.58	20.76	20.85	1.79
Negrone	340	Q100	166.40	1034.94	1037.06	1037.63	1038.92	0.107623	6.04	27.55	22.75	1.75
Negrone	340	Q200	188.80	1034.94	1037.19	1037.78	1039.13	0.103384	6.18	30.56	23.65	1.74
Negrone	340	Q500	219.30	1034.94	1037.36	1037.97	1039.40	0.097671	6.34	34.62	24.69	1.71
Negrone	330	Q20	115.90	1029.21	1031.47	1031.31	1032.09	0.024442	3.50	33.14	20.39	0.88
Negrone	330	Q100	166.40	1029.21	1031.87	1031.76	1032.68	0.025831	3.99	41.72	21.83	0.92
Negrone	330	Q200	188.80	1029.21	1032.03	1031.93	1032.92	0.026367	4.17	45.23	22.39	0.94
Negrone	330	Q500	219.30	1029.21	1032.24	1032.16	1033.22	0.026631	4.38	50.04	23.14	0.95
Negrone	320	Q20	115.90	1023.27	1025.38	1025.38	1026.11	0.032730	3.78	30.63	21.07	1.00
Negrone	320	Q100	166.40	1023.27	1025.81	1025.81	1026.69	0.030920	4.16	40.00	22.71	1.00
Negrone	320	Q200	188.80	1023.27	1025.98	1025.98	1026.92	0.030353	4.30	43.93	23.36	1.00
Negrone	320	Q500	219.30	1023.27	1026.19	1026.19	1027.21	0.030113	4.49	48.88	24.16	1.01
Negrone	310	Q20	115.90	1020.08	1022.23	1022.29	1023.12	0.036551	4.17	27.77	17.34	1.05
Negrone	310	Q100	166.40	1020.08	1022.67	1022.77	1023.78	0.036491	4.66	35.67	18.64	1.08
Negrone	310	Q200	188.80	1020.08	1022.85	1022.97	1024.04	0.036310	4.84	39.03	19.16	1.08
Negrone	310	Q500	219.30	1020.08	1023.07	1023.21	1024.37	0.036081	5.05	43.45	19.83	1.09
Negrone	300	Q20	115.90	1017.46	1019.63	1019.76	1020.60	0.041199	4.36	26.59	17.23	1.12
Negrone	300	Q100	166.40	1017.46	1020.05	1020.24	1021.26	0.041143	4.86	34.22	18.64	1.15
Negrone	300	Q200	188.80	1017.46	1020.22	1020.44	1021.52	0.041269	5.05	37.35	19.18	1.16
Negrone	300	Q500	219.30	1017.46	1020.43	1020.68	1021.85	0.041482	5.29	41.44	19.88	1.17
Negrone	290	Q20	115.90	1011.73	1013.07	1013.62	1014.92	0.140801	6.03	19.21	19.56	1.94
Negrone	290	Q100	166.40	1011.73	1013.34	1014.04	1015.67	0.133615	6.76	24.61	20.09	1.95
Negrone	290	Q200	188.80	1011.73	1013.45	1014.21	1015.96	0.130346	7.02	26.91	20.31	1.95
Negrone	290	Q500	219.30	1011.73	1013.60	1014.43	1016.33	0.126079	7.32	29.97	20.60	1.94
Negrone	280	Q20	115.90	1005.34	1007.65	1007.65	1008.45	0.028586	4.08	30.02	18.90	0.97
Negrone	280	Q100	166.40	1005.34	1008.13	1008.13	1009.08	0.027179	4.48	39.56	20.95	0.97
Negrone	280	Q200	188.80	1005.34	1008.32	1008.32	1009.33	0.026559	4.62	43.68	21.78	0.97
Negrone	280	Q500	219.30	1005.34	1008.56	1008.56	1009.64	0.026111	4.80	48.98	22.80	0.97
Negrone	270	Q20	115.90	997.01	998.69	999.04	999.95	0.067747	5.01	23.55	19.73	1.42
Negrone	270	Q100	166.40	997.01	998.98	999.47	1000.65	0.071235	5.78	29.44	20.77	1.50
Negrone	270	Q200	188.80	997.01	999.09	999.64	1000.94	0.072690	6.08	31.81	21.18	1.53
Negrone	270	Q500	219.30	997.01	999.25	999.87	1001.30	0.073326	6.42	35.08	21.72	1.55
Negrone	260	Q20	115.90	996.79	998.72	998.72	999.44	0.032889	3.77	30.77	21.34	1.00
Negrone	260	Q100	166.40	996.79	999.14	999.14	1000.02	0.031168	4.15	40.08	22.92	1.00
Negrone	260	Q200	188.80	996.79	999.30	999.31	1000.25	0.030906	4.31	43.84	23.52	1.01
Negrone	260	Q500	219.30	996.79	999.53	999.53	1000.54	0.029945	4.46	49.16	24.35	1.00
Negrone	250	Q20	115.90	995.41	998.08	997.47	998.49	0.012352	2.85	40.66	19.67	0.63
Negrone	250	Q100	166.40	995.41	998.75	997.93	999.23	0.010878	3.05	54.53	21.32	0.61
Negrone	250	Q200	188.80	995.41	999.02	998.12	999.52	0.010469	3.13	60.35	21.98	0.60
Negrone	250	Q500	219.30	995.41	999.37	998.36	999.89	0.010038	3.22	68.04	22.81	0.60
Negrone	240	Q20	115.90	994.71	997.80	997.04	998.26	0.011942	2.99	38.78	15.95	0.61
Negrone	240	Q100	166.40	994.71	998.39		998.99	0.013054	3.44	48.42	16.91	0.65
Negrone	240	Q200	188.80	994.71	998.62		999.28	0.013475	3.61	52.35	17.29	0.66
Negrone	240	Q500	219.30	994.71	998.91		999.65	0.013974	3.82	57.44	18.17	0.68

HEC-RAS Plan: PROGETTO River: Negrone Reach: Negrone (Continued)

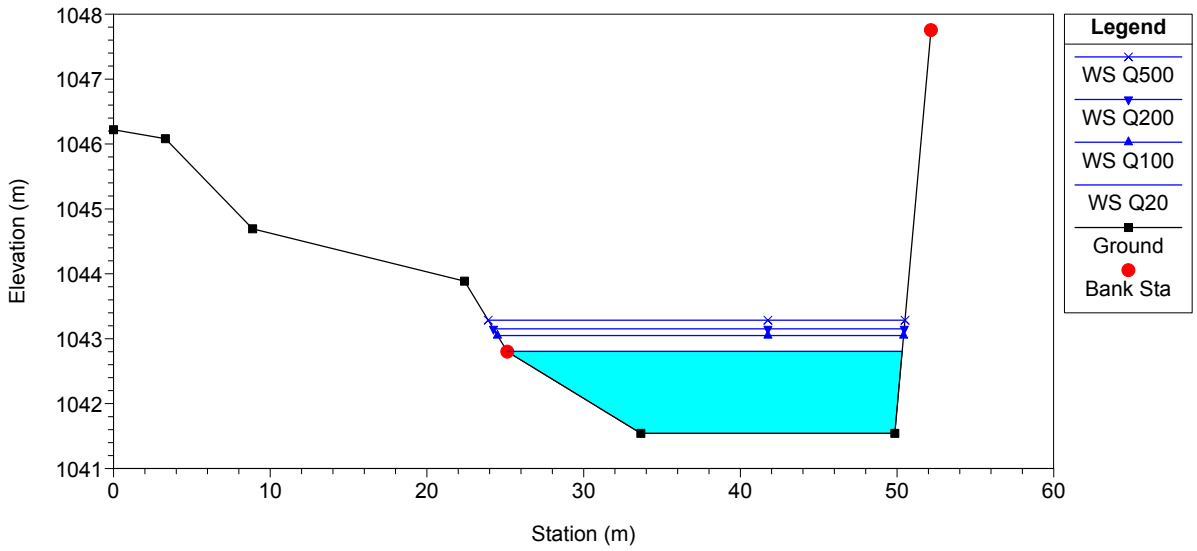
Reach	River Sta	Profile	Q Total	Min Ch El	W.S. Elev	Crit W.S.	E.G. Elev	E.G. Slope	Vel Chnl	Flow Area	Top Width	Froude # Chl
			(m3/s)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m/m)	(m/s)	(m2)	(m)	
Negrone	230	Q20	115.90	990.41	992.87	992.87	993.61	0.033109	3.81	30.38	20.80	1.01
Negrone	230	Q100	166.40	990.41	993.31	993.31	994.19	0.031401	4.15	40.14	23.13	1.00
Negrone	230	Q200	188.80	990.41	993.47	993.47	994.42	0.030874	4.30	43.90	23.47	1.00
Negrone	230	Q500	219.30	990.41	993.68	993.68	994.71	0.030402	4.50	48.78	23.90	1.00
Negrone	220	Q20	115.90	983.44	985.46	985.67	986.52	0.048895	4.55	25.46	17.75	1.21
Negrone	220	Q100	166.40	983.44	985.84	986.14	987.19	0.049576	5.14	32.38	18.84	1.25
Negrone	220	Q200	188.80	983.44	985.99	986.33	987.45	0.049920	5.36	35.22	19.27	1.27
Negrone	220	Q500	219.30	983.44	986.18	986.56	987.79	0.050059	5.62	39.01	19.83	1.28
Negrone	210	Q20	115.90	981.48	983.44	983.44	984.27	0.035011	4.03	28.77	17.59	1.01
Negrone	210	Q100	166.40	981.48	983.90	983.90	984.93	0.033453	4.50	36.97	17.99	1.00
Negrone	210	Q200	188.80	981.48	984.08	984.08	985.20	0.033273	4.69	40.26	18.15	1.01
Negrone	210	Q500	219.30	981.48	984.32	984.33	985.55	0.032901	4.91	44.64	18.36	1.01
Negrone	200	Q20	115.90	973.50	975.68	976.05	976.69	0.046206	4.48	27.36	33.72	1.18
Negrone	200	Q100	166.40	973.50	975.93	976.33	977.18	0.051045	5.13	37.89	46.52	1.26
Negrone	200	Q200	188.80	973.50	976.84	976.43	977.16	0.009014	2.76	81.51	49.39	0.56
Negrone	200	Q500	219.30	973.50	977.06	976.57	977.38	0.008420	2.79	92.49	50.09	0.55
Negrone	190	Q20	115.90	970.89	973.30	973.26	974.07	0.029876	3.89	29.77	17.93	0.96
Negrone	190	Q100	166.40	970.89	973.73	973.73	974.72	0.031168	4.40	37.81	19.42	1.01
Negrone	190	Q200	188.80	970.89	973.93	973.93	974.97	0.030255	4.52	41.78	20.11	1.00
Negrone	190	Q500	219.30	970.89	974.17	974.17	975.29	0.029795	4.69	46.74	20.95	1.00
Negrone	180	Q20	126.40	958.92	961.22	961.22	962.01	0.028840	4.54	33.10	20.48	1.01
Negrone	180	Q100	181.80	958.92	961.68	961.68	962.64	0.028501	5.16	42.84	22.12	1.04
Negrone	180	Q200	207.20	958.92	961.86	961.88	962.91	0.028547	5.41	46.91	22.76	1.05
Negrone	180	Q500	237.90	958.92	962.06	962.09	963.20	0.029081	5.72	51.36	23.49	1.08
Negrone	170	Q20	126.40	954.00	956.10	956.53	957.59	0.069584	5.41	23.38	16.17	1.44
Negrone	170	Q100	181.80	954.00	956.53	957.05	958.32	0.066360	5.94	30.63	17.62	1.44
Negrone	170	Q200	207.20	954.00	956.71	957.27	958.62	0.064847	6.12	33.86	18.24	1.43
Negrone	170	Q500	237.90	954.00	956.92	957.51	958.93	0.062331	6.28	37.86	18.97	1.42
Negrone	160	Q20	126.40	949.84	952.06	952.17	952.84	0.041417	3.91	32.35	25.53	1.11
Negrone	160	Q100	181.80	949.84	952.93	952.56	953.45	0.016978	3.21	56.65	30.62	0.75
Negrone	160	Q200	207.20	949.84	953.18	952.71	953.70	0.015258	3.21	64.50	32.09	0.72
Negrone	160	Q500	237.90	949.84	953.47	952.91	953.99	0.013599	3.21	74.10	33.80	0.69
Negrone	150	Q20	126.40	948.50	951.04	950.96	951.96	0.027395	4.25	30.20	14.88	0.92
Negrone	150	Q100	181.80	948.50	951.57	951.57	952.75	0.027173	4.86	38.75	18.37	0.95
Negrone	150	Q200	207.20	948.50	951.86	951.86	953.07	0.024306	4.93	44.55	21.00	0.91
Negrone	150	Q500	237.90	948.50	952.17	952.17	953.41	0.022291	5.04	51.48	24.60	0.89
Negrone	140	Q20	126.40	947.89	950.35	950.35	951.12	0.032717	3.89	32.50	21.24	1.00
Negrone	140	Q100	181.80	947.89	950.54	950.87	951.78	0.051226	4.93	36.88	23.69	1.26
Negrone	140	Q200	207.20	947.89	950.62	951.06	952.08	0.059747	5.36	38.67	24.62	1.36
Negrone	140	Q500	237.90	947.89	950.72	951.27	952.41	0.067501	5.75	41.35	25.95	1.45
Negrone	130	Q20	126.40	946.73	948.84	949.18	950.07	0.063031	4.91	25.72	19.49	1.37
Negrone	130	Q100	181.80	946.73	949.34	949.64	950.62	0.050530	5.02	36.22	22.46	1.26
Negrone	130	Q200	207.20	946.73	949.55	949.83	950.84	0.046018	5.03	41.21	23.74	1.22
Negrone	130	Q500	237.90	946.73	949.79	950.04	951.10	0.042403	5.07	46.97	25.14	1.18


Legend
WS Q500
WS Q200
WS Q100
WS Q20
Ground
Elevation (m)
1060
1040
1020
1000
980
960
940
0
500
1000
1500
2000
2500
3000
Main Channel Distance (m)
150
170
180
190
200
210
220
230
240
260
280
290
300
310
320
330
340
365
400

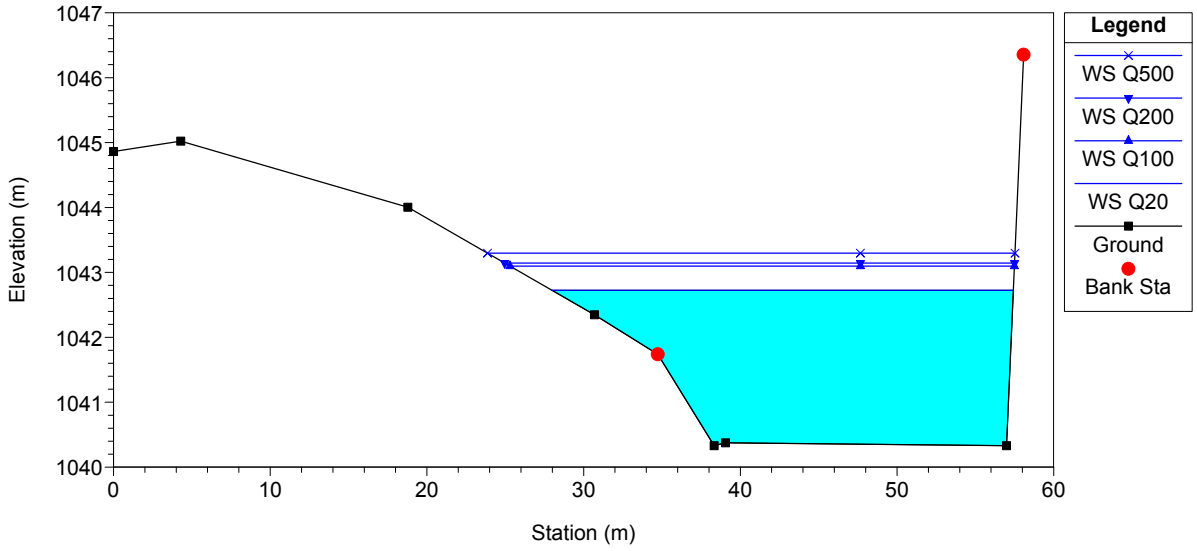
RS = 400



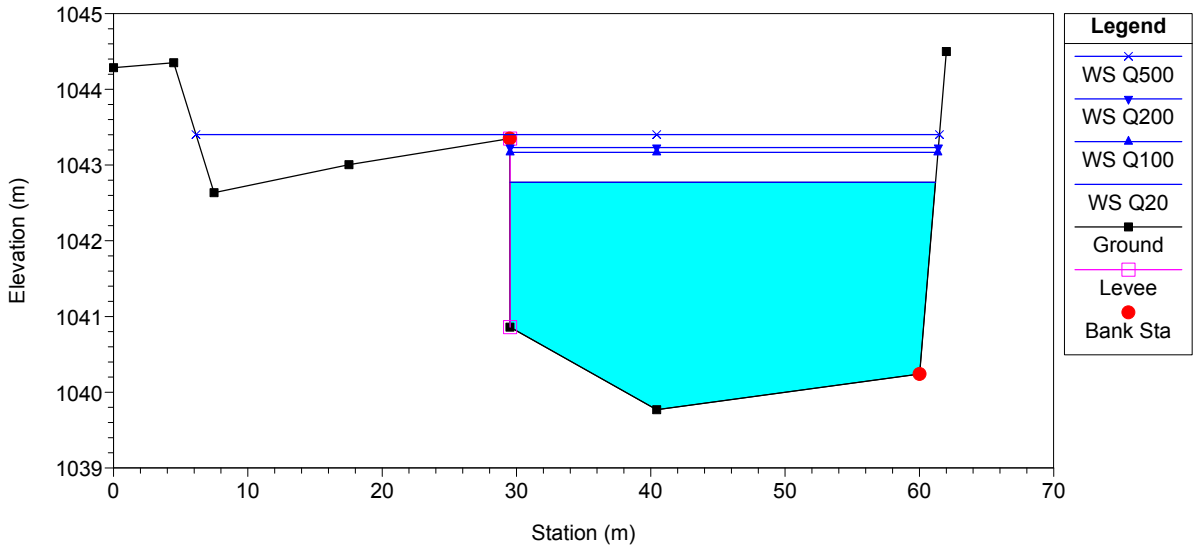
RS = 390



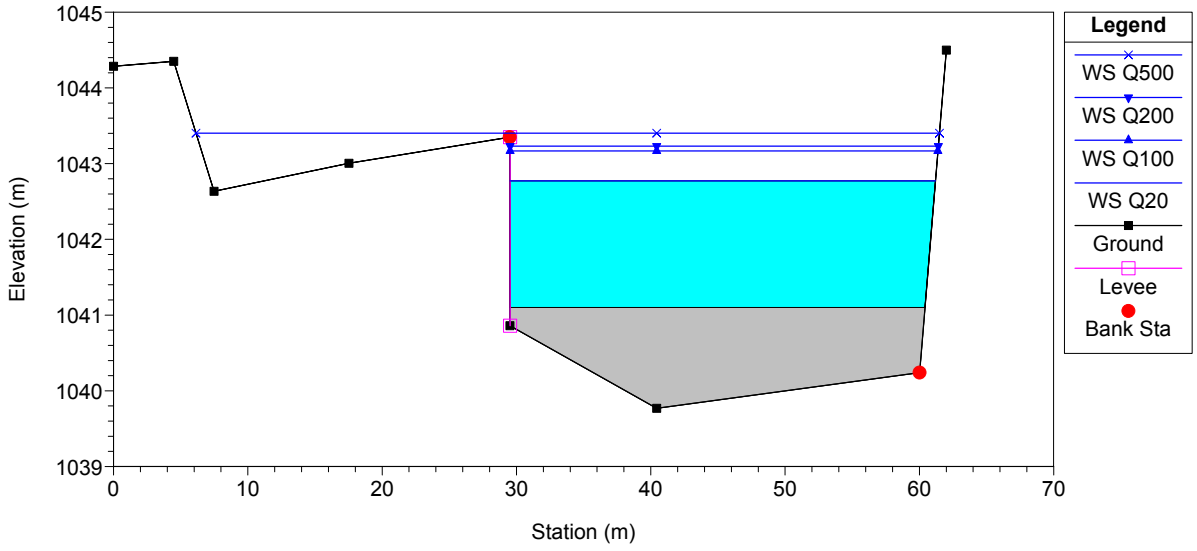
RS = 380



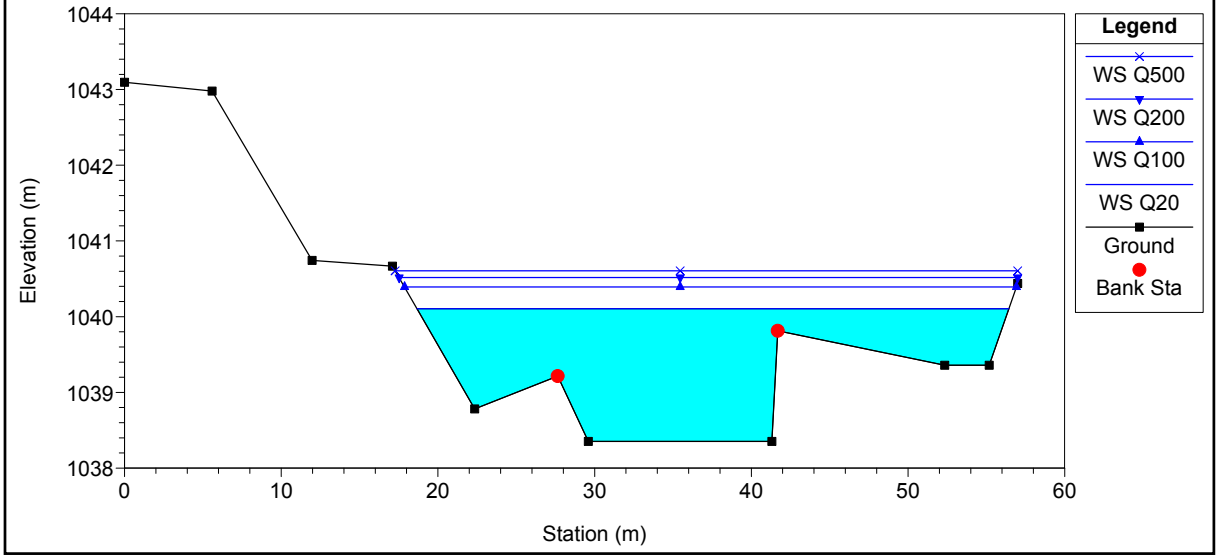
RS = 370



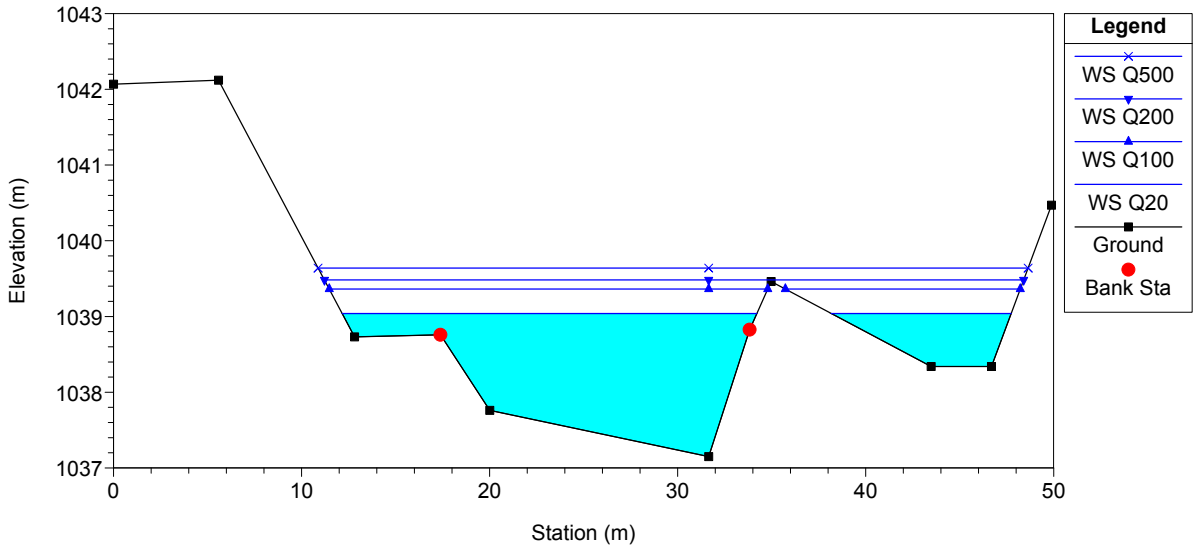
RS = 365 IS



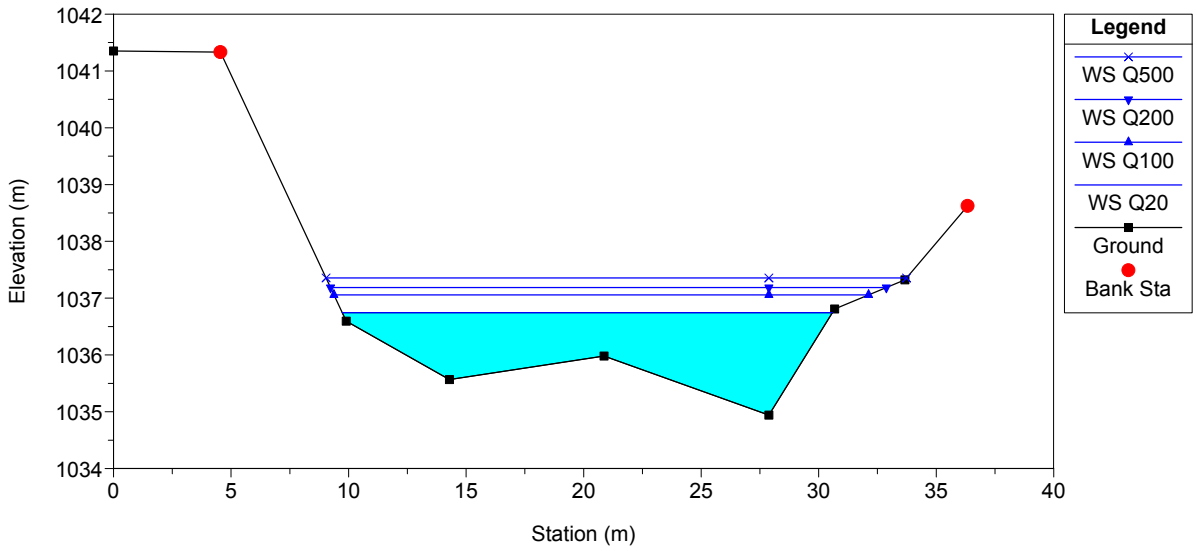
RS = 360



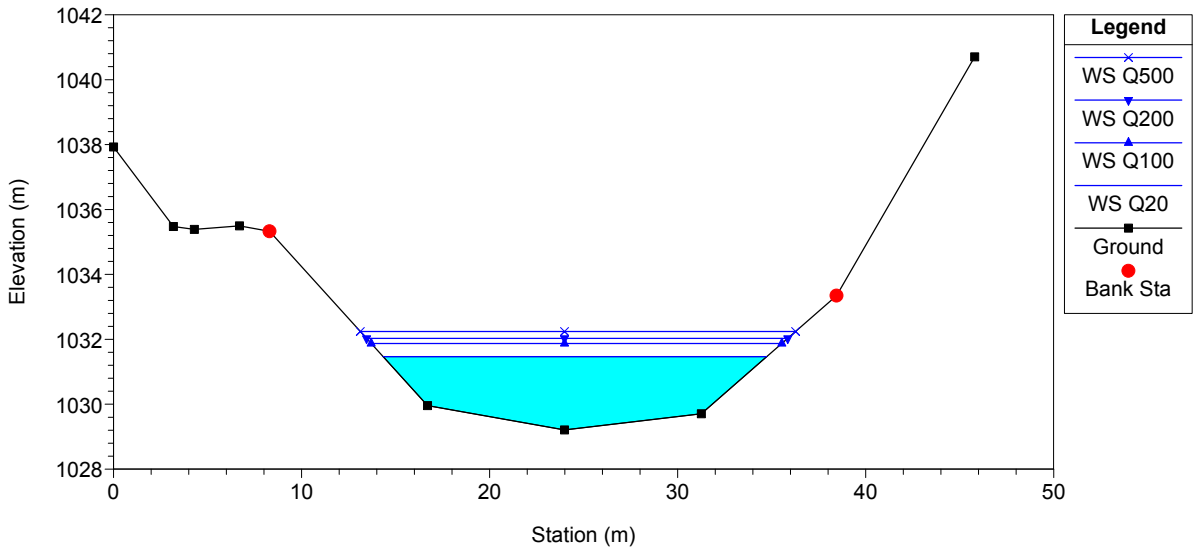
RS = 350



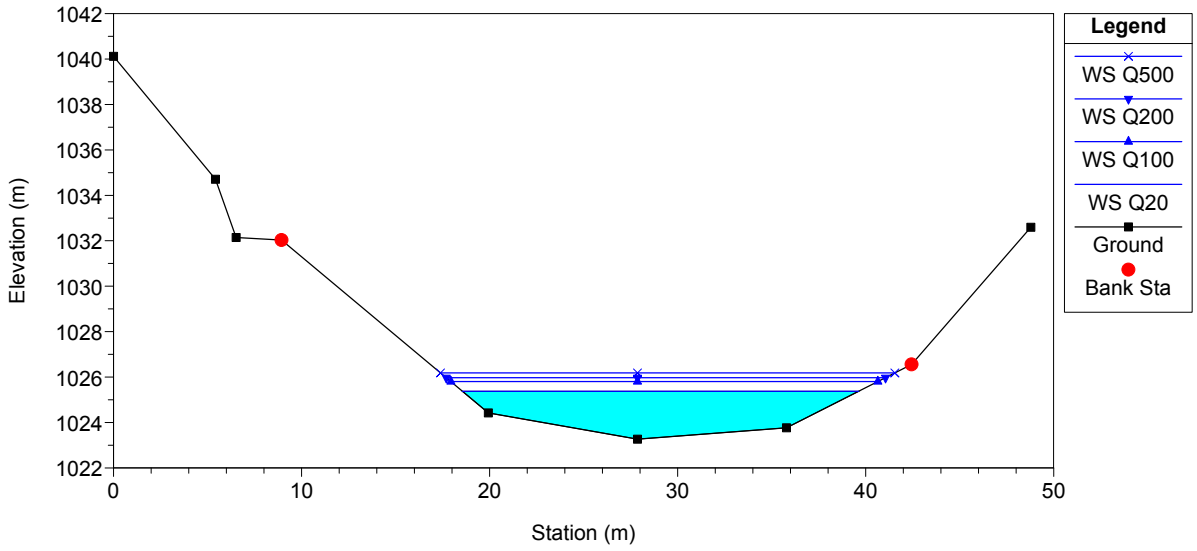
RS = 340



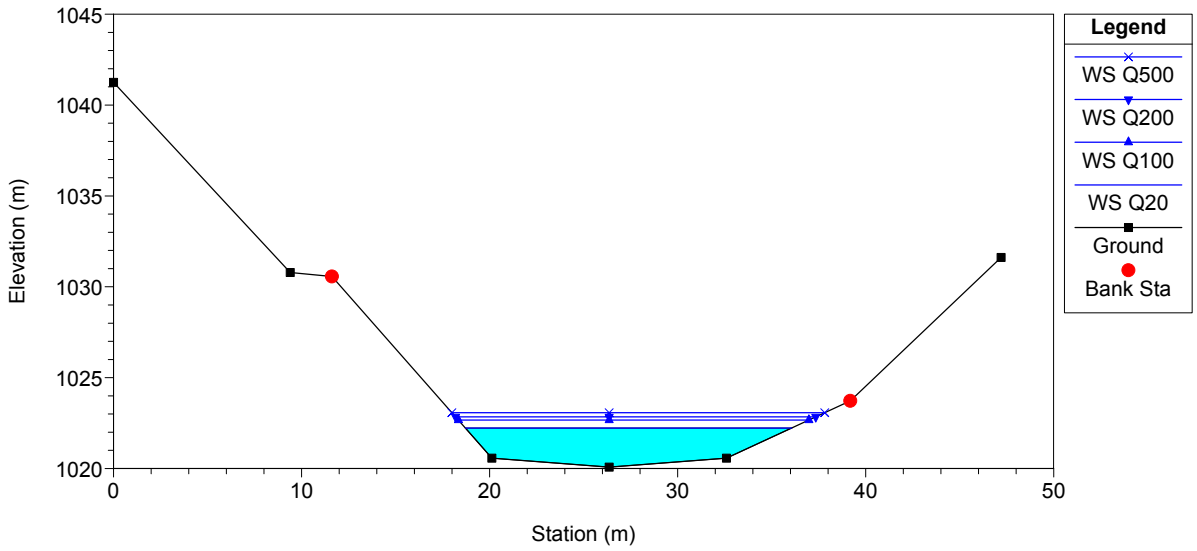
RS = 330



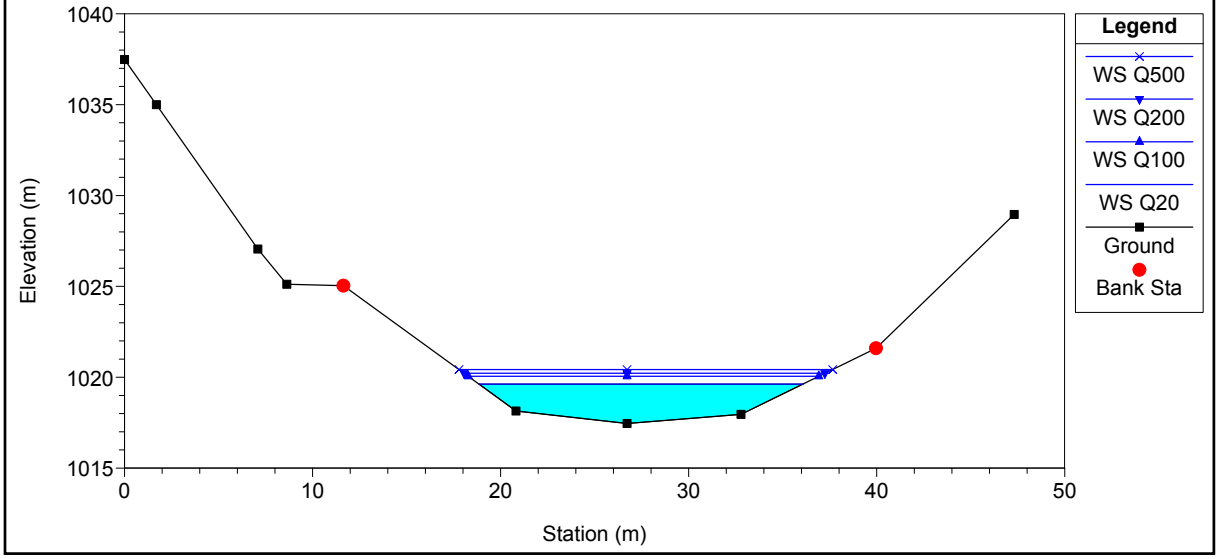
RS = 320



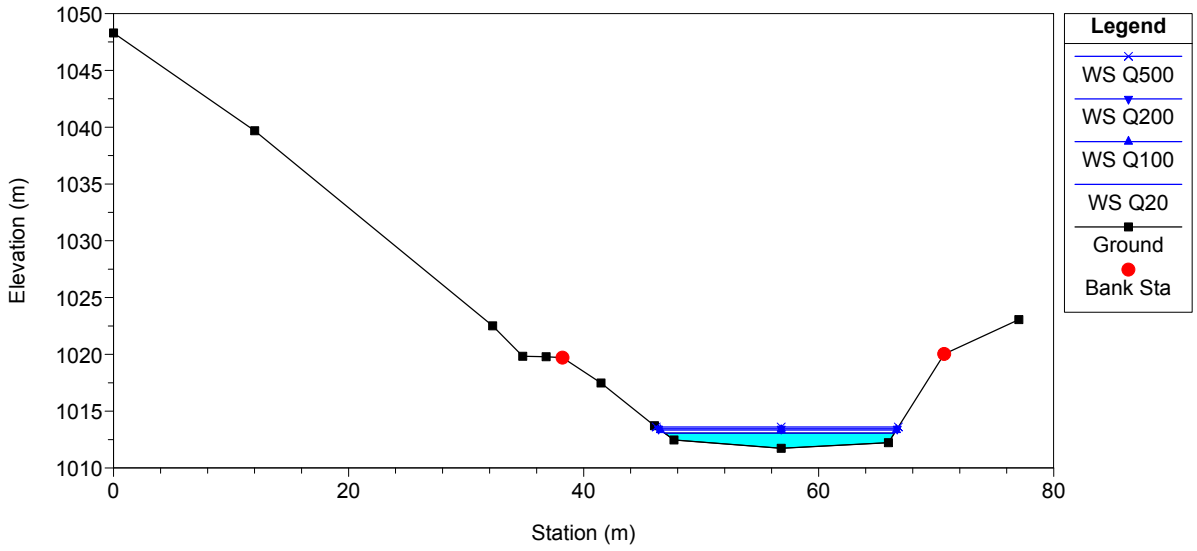
RS = 310



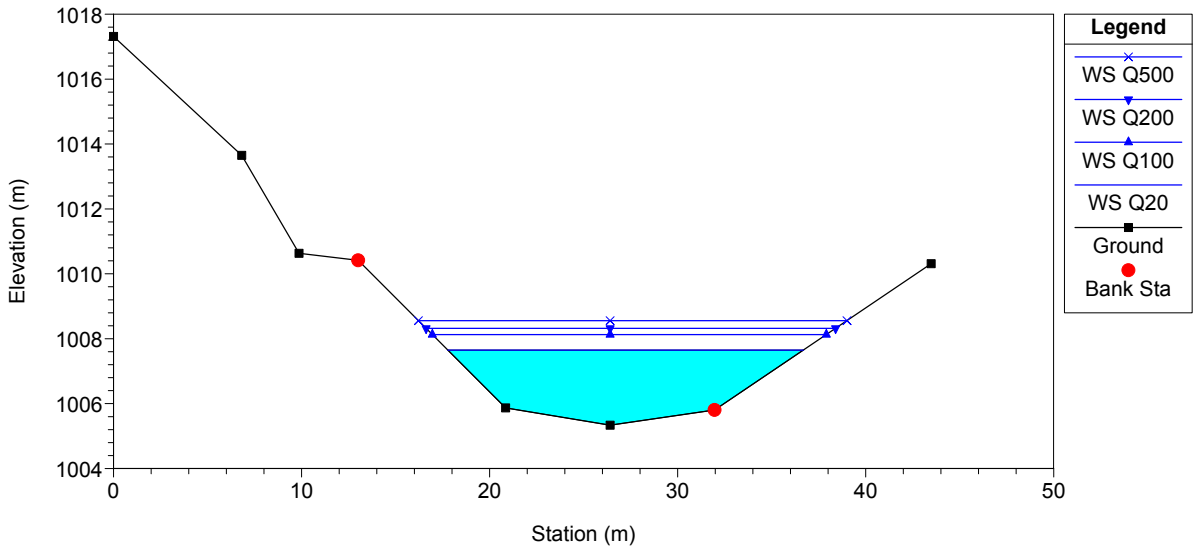
RS = 300



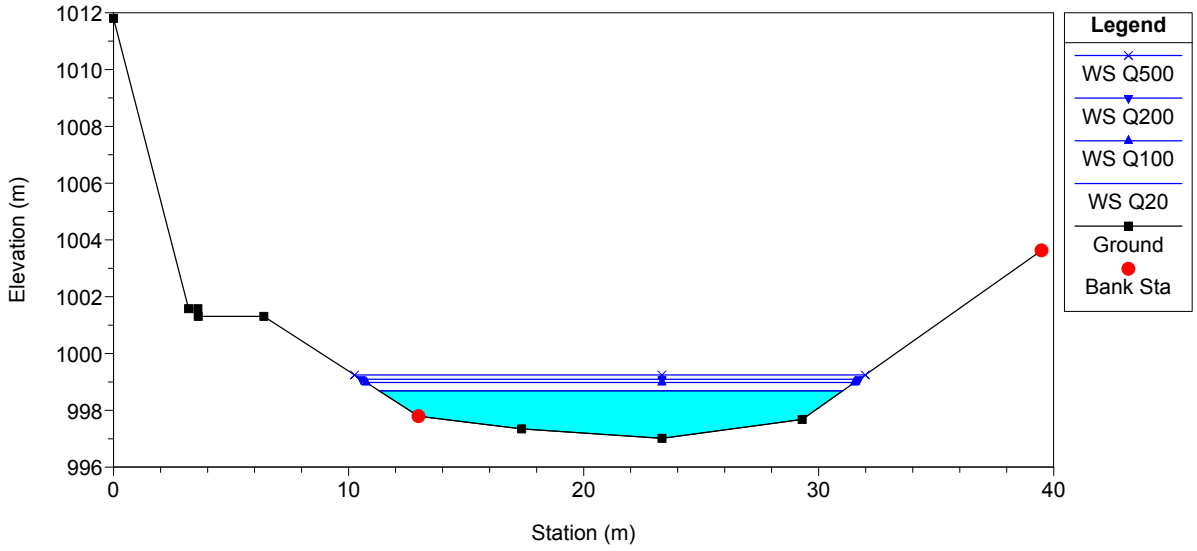
RS = 290



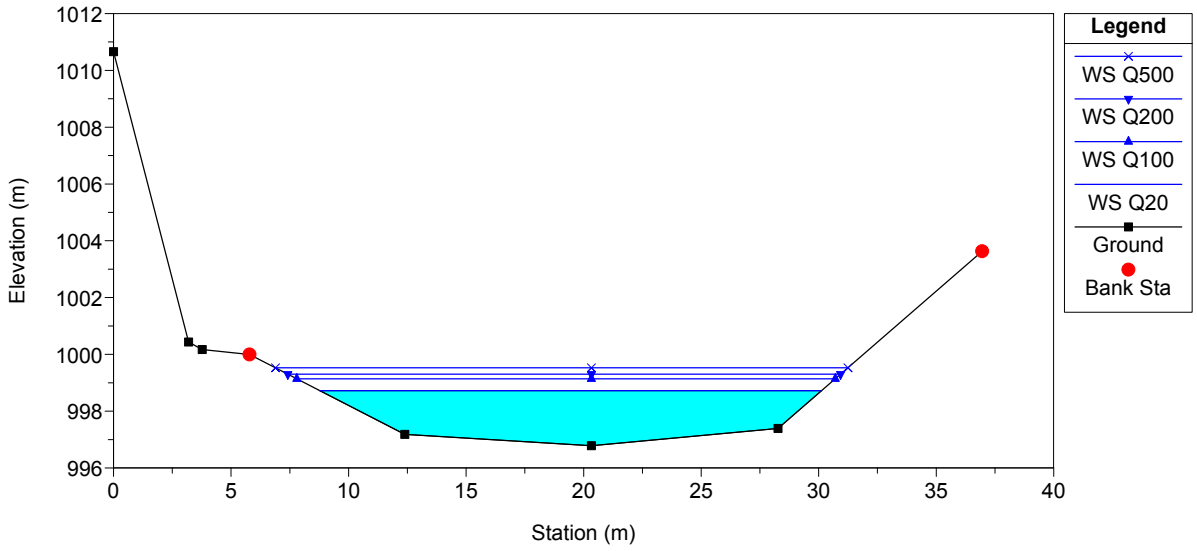
RS = 280



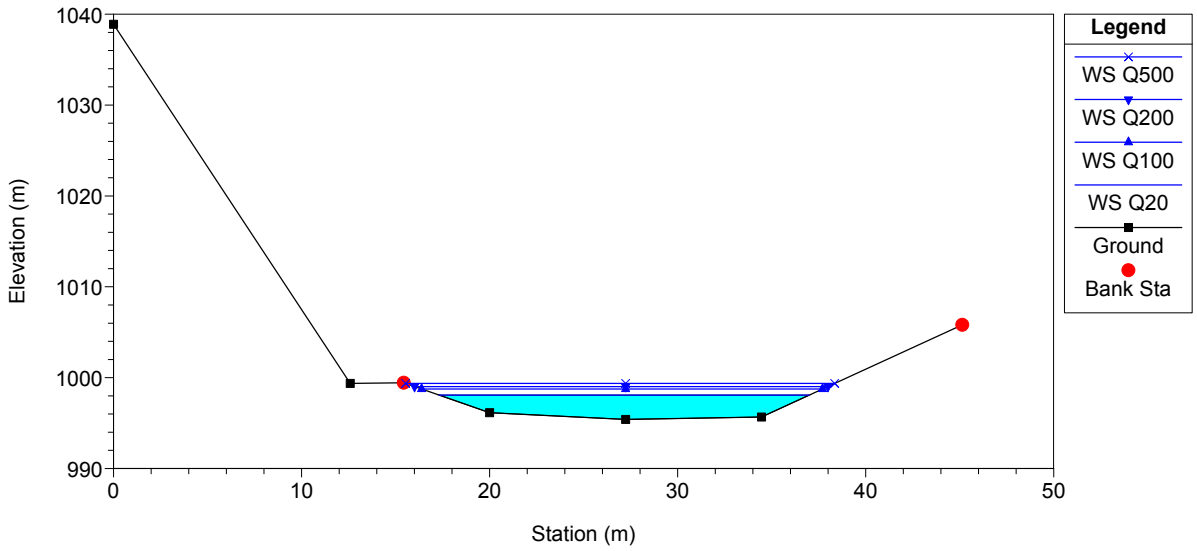
RS = 270



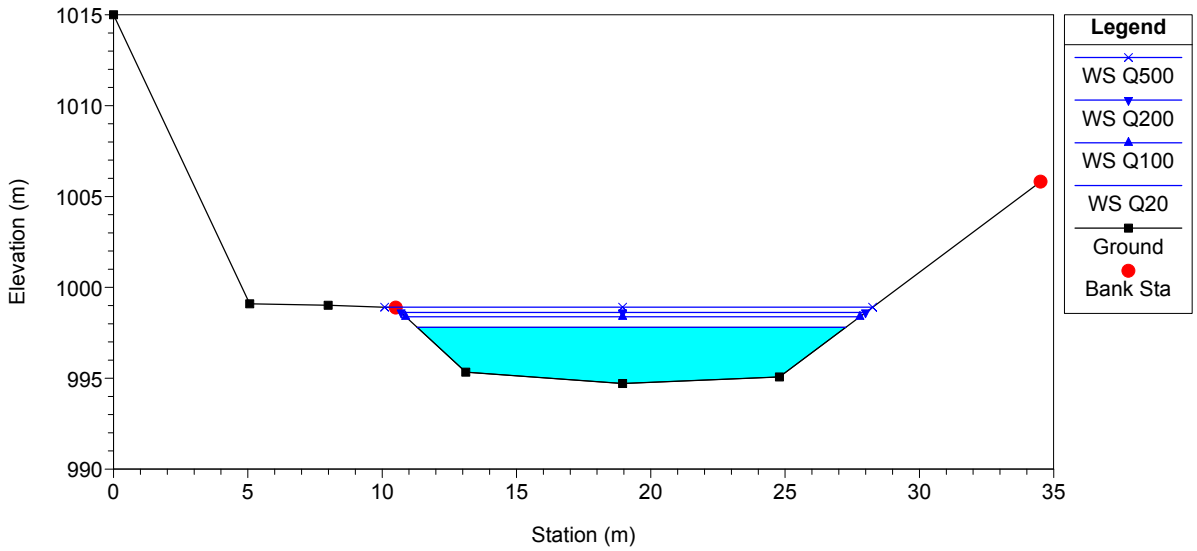
RS = 260



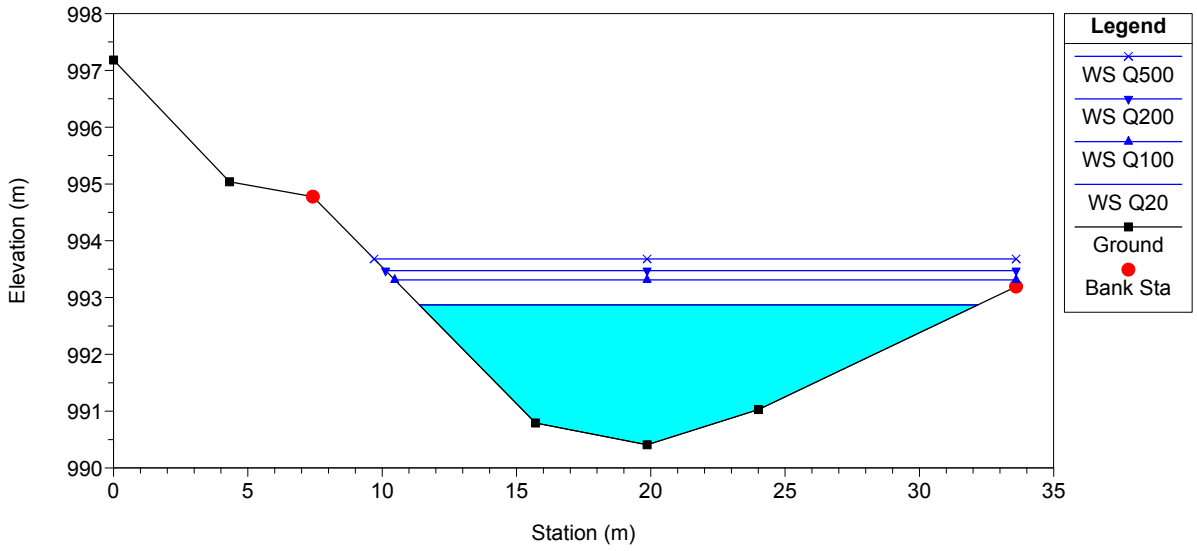
RS = 250



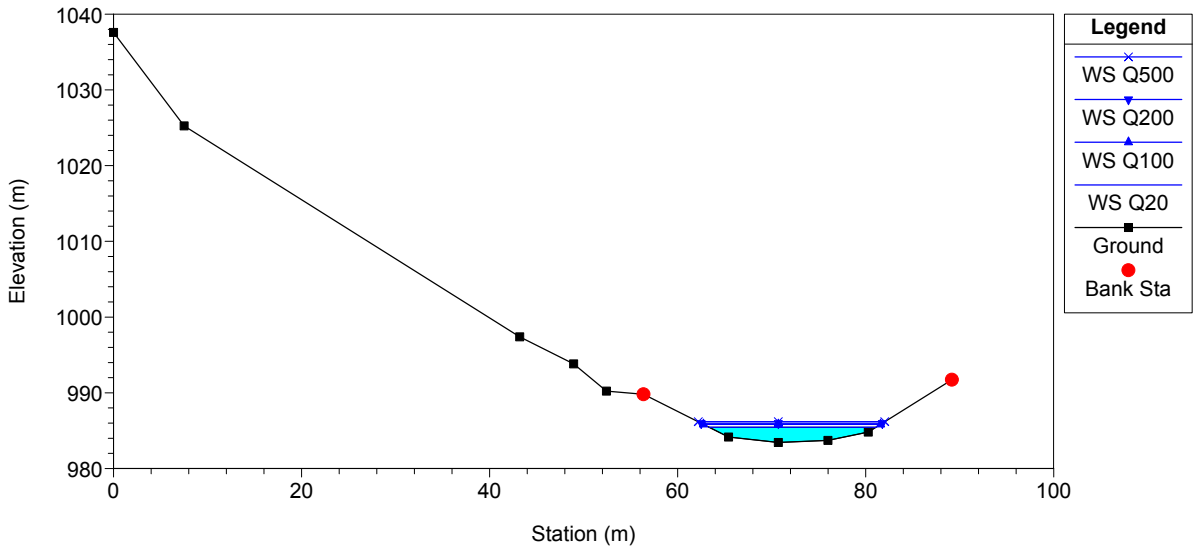
RS = 240



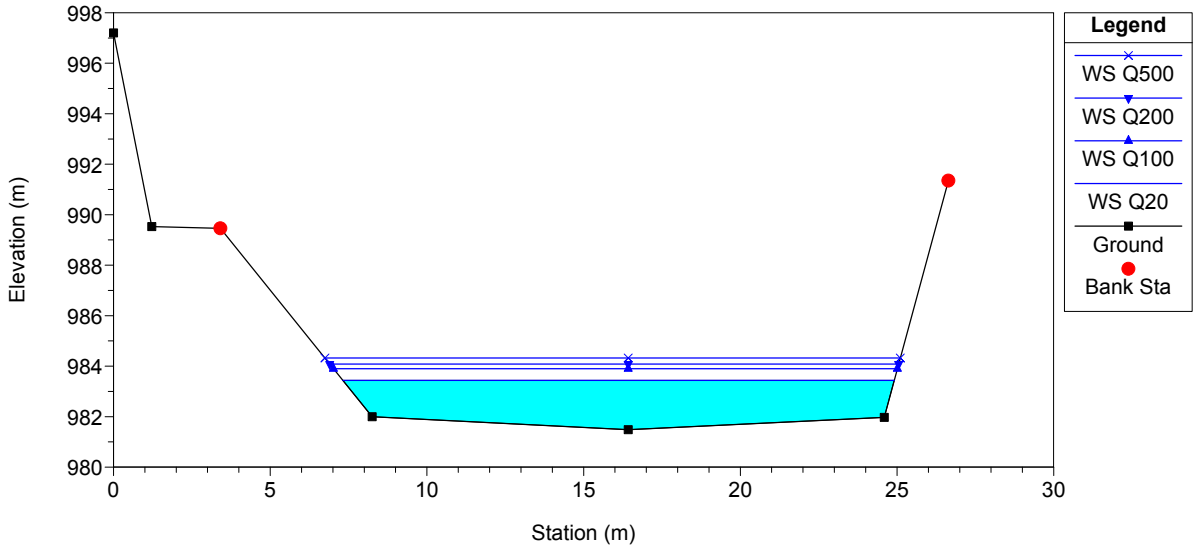
RS = 230



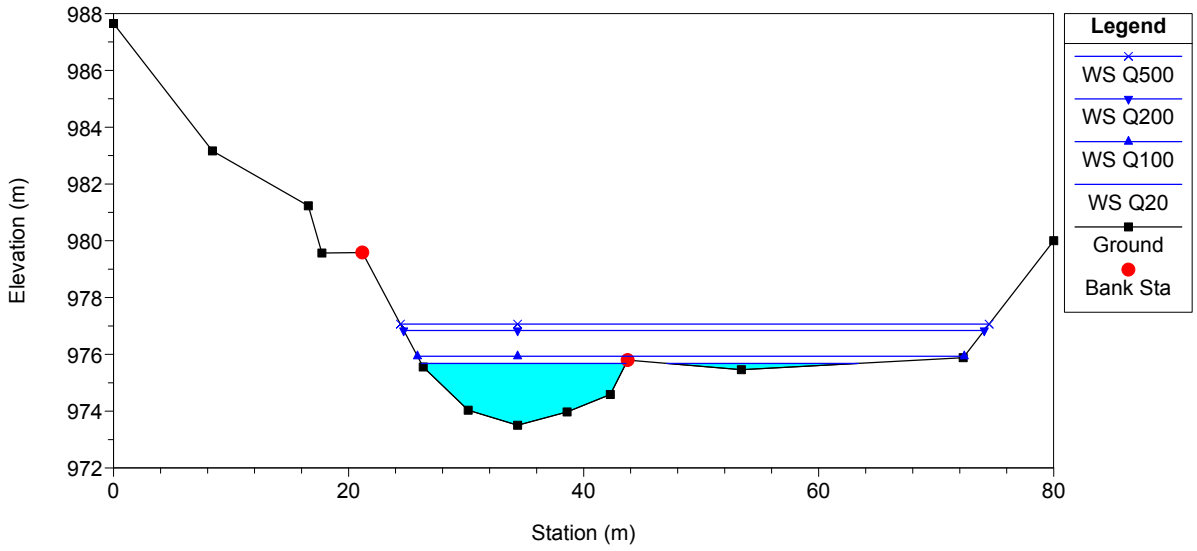
RS = 220



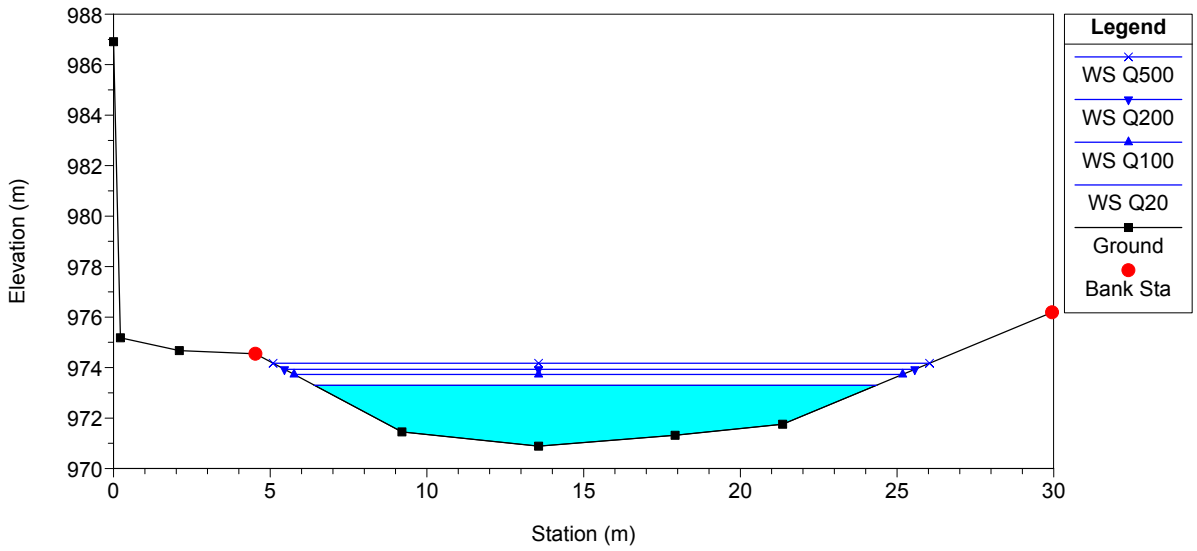
RS = 210



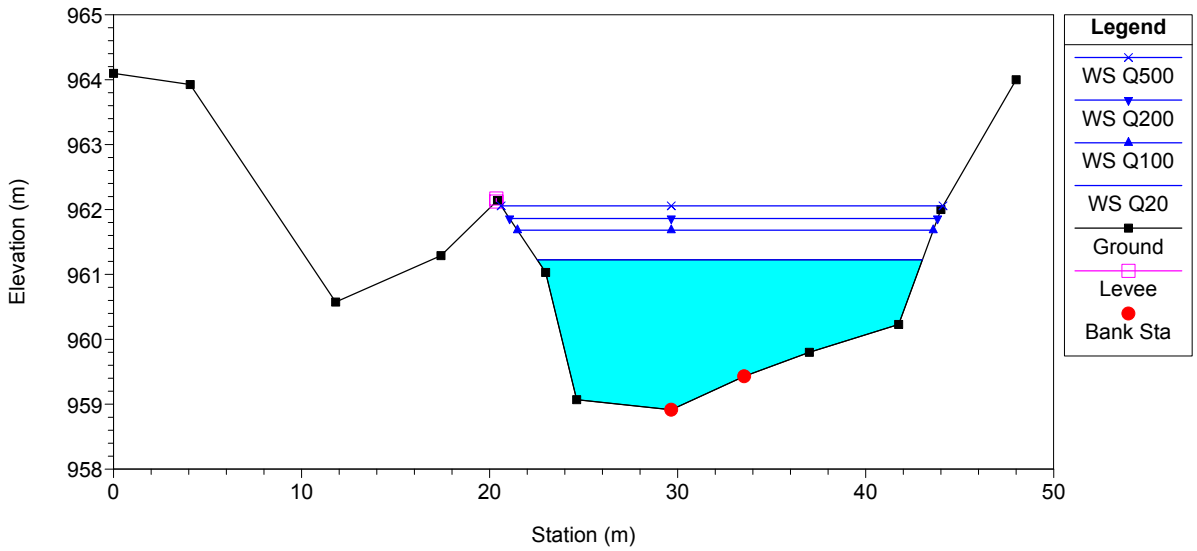
RS = 200



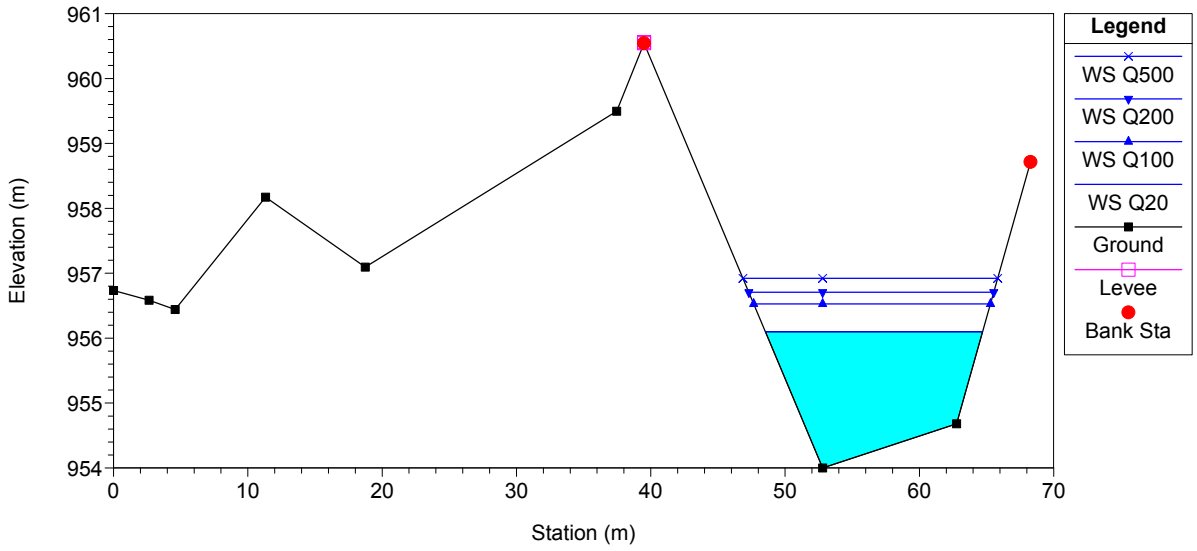
RS = 190



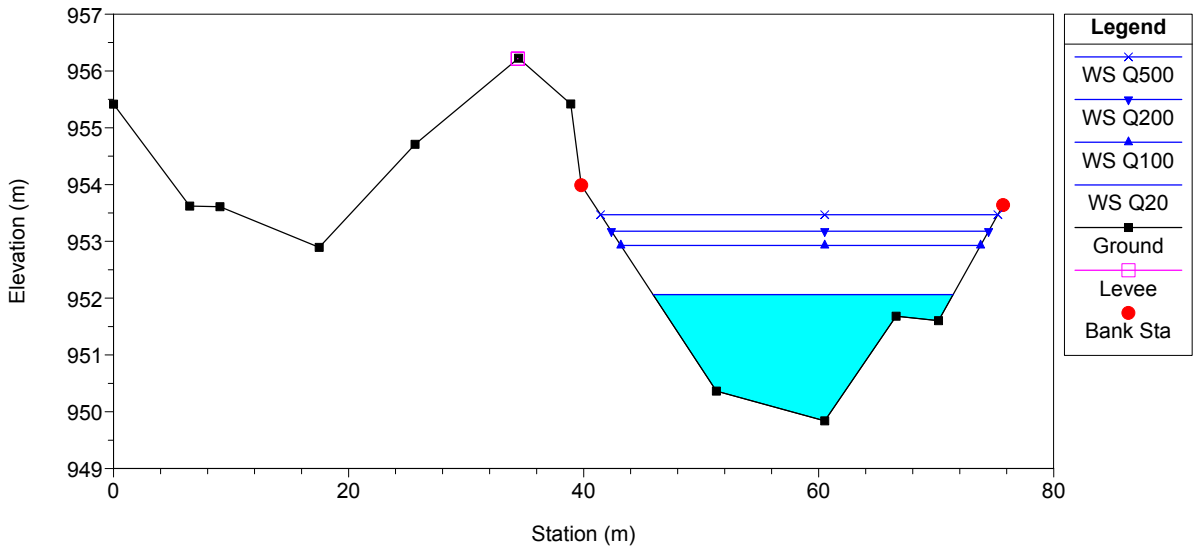
RS = 180



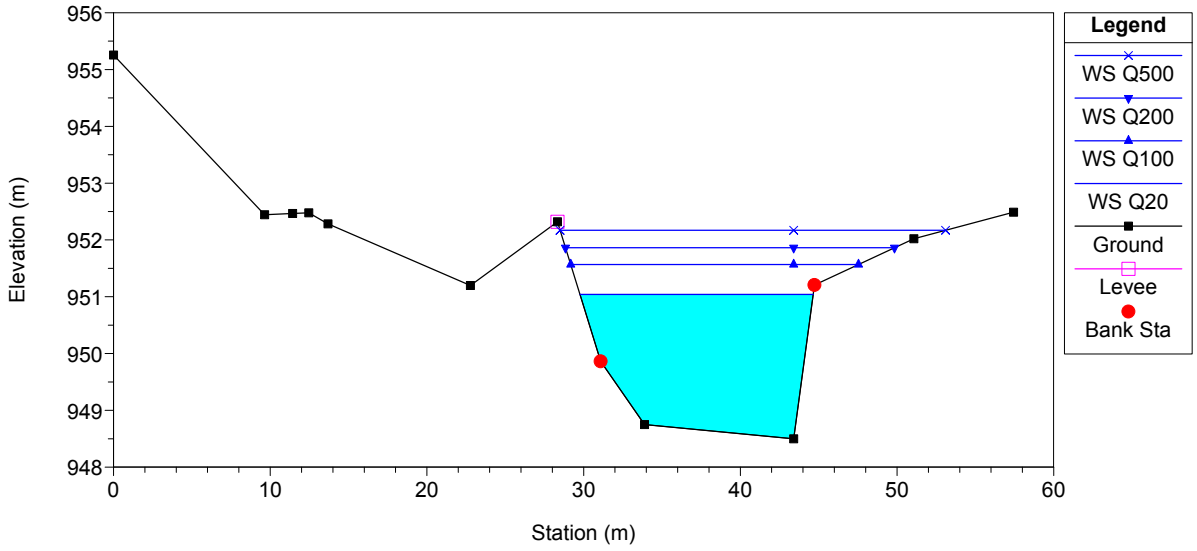
RS = 170



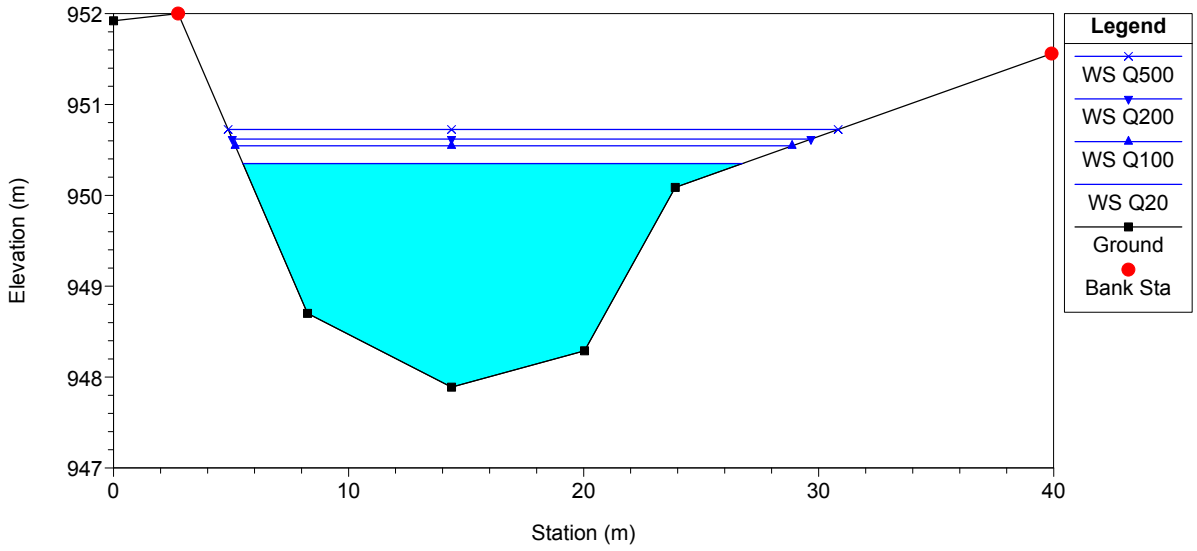
RS = 160



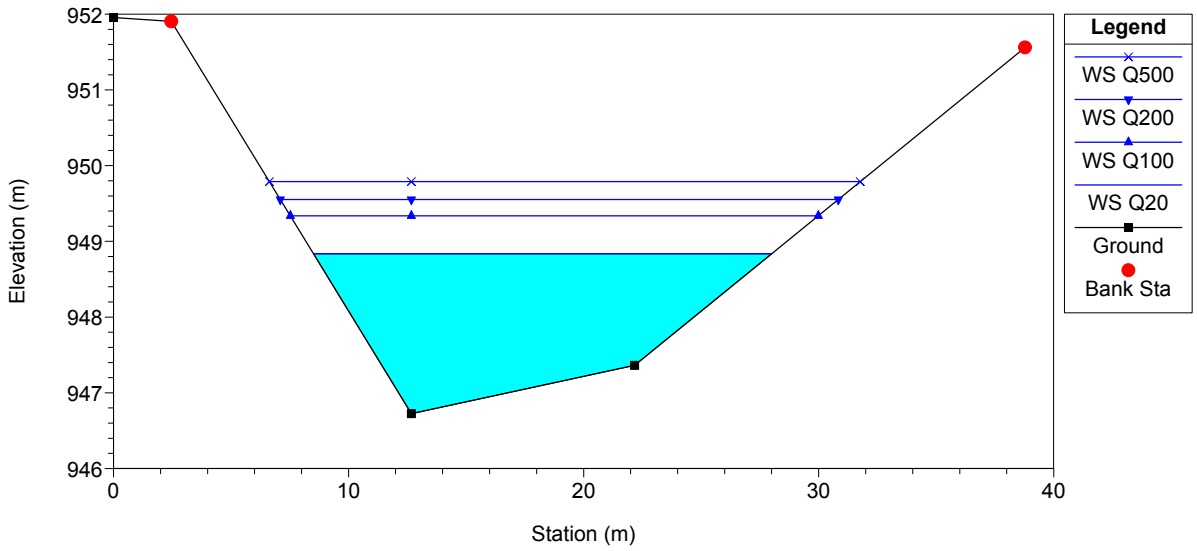
RS = 150



RS = 140


952
951
950
949
948
947
Elevation (m)
0
10
20
30
40
Station (m)
Legend
WS Q500
WS Q200
WS Q100
WS Q20
Ground
Bank Sta

RS = 130


952
951
950
949
948
947
946
Elevation (m)
0
10
20
30
40
Station (m)
Legend
WS Q500
WS Q200
WS Q100
WS Q20
Ground
Bank Sta

Verifiche di stabilità dello sbarramento

Il calcolo delle tarverse di sostegno viene eseguito secondo le seguenti fasi:
- Calcolo della spinta del terreno
- Verifica a ribaltamento
- Verifica a scorrimento del traversa sul piano di posa
- Verifica della stabilità complesso fondazione terreno (carico limite)
- Verifica della stabilità globale

Calcolo delle sollecitazioni sia del traversa che della fondazione e verifica in diverse sezioni al ribaltamento, allo scorrimento ed allo schiacciamento.

Calcolo della spinta sul traversa

Valori caratteristici e valori di calcolo

Effettuando il calcolo tramite gli Eurocodici è necessario fare la distinzione fra i parametri caratteristici ed i valodi di calcolo (o di progetto) sia delle azioni che delle resistenze.
I valori di calcolo si ottengono dai valori caratteristici mediante l'applicazione di opportuni coefficienti di sicurezza parziali γ. In particolare si distinguono combinazioni di carico di tipo **A1-M1** nelle quali vengono incrementati i carichi permanenti e lasciati inalterati i parametri di resistenza del terreno e combinazioni di carico di tipo **A2-M2** nelle quali vengono ridotti i parametri di resistenza del terreno e lasciati inalterati i carichi.
Operando in tal modo si ottengono valori delle spinte (azioni) maggiorate e valori di resistenza ridotti e pertanto nelle verifiche globali è possibile fare riferimento a coefficienti di sicurezza unitari.

Metodo di Culmann

Il metodo di Culmann adotta le stesse ipotesi di base del metodo di Coulomb. La differenza sostanziale è che mentre Coulomb considera un terrapieno con superficie a pendenza costante e carico uniformemente distribuito (il che permette di ottenere una espressione in forma chiusa per il coefficiente di spinta) il metodo di Culmann consente di analizzare situazioni con profilo di forma generica e carichi sia concentrati che distribuiti comunque disposti. Inoltre, rispetto al metodo di Coulomb, risulta più immediato e lineare tener conto della coesione del masso spingente. Il metodo di Culmann, nato come metodo essenzialmente grafico, si è evoluto per essere trattato mediante analisi numerica (noto in questa forma come metodo del cuneo di tentativo). Come il metodo di Coulomb anche questo metodo considera una superficie di rottura rettilinea.
I passi del procedimento risolutivo sono i seguenti:
- si impone una superficie di rottura (angolo di inclinazione ρ rispetto all'orizzontale) e si considera il cuneo di spinta delimitato dalla superficie di rottura stessa, dalla parete su cui si calcola la spinta e dal profilo del terreno;
- si valutano tutte le forze agenti sul cuneo di spinta e cioè peso proprio *(W)*, carichi sul terrapieno, resistenza per attrito e per coesione lungo la superficie di rottura *(R e C)* e resistenza per coesione lungo la parete *(A)*;
- dalle equazioni di equilibrio si ricava il valore della spinta S sulla parete.

Questo processo viene iterato fino a trovare l'angolo di rottura per cui la spinta risulta massima.
La convergenza non si raggiunge se il terrapieno risulta inclinato di un angolo maggiore dell'angolo d'attrito del terreno.
Nei casi in cui è applicabile il metodo di Coulomb (profilo a monte rettilineo e carico uniformemente distribuito) i risultati ottenuti col metodo di Culmann coincidono con quelli del metodo di Coulomb.
Le pressioni sulla parete di spinta si ricavano derivando l'espressione della spinta S rispetto all'ordinata *z*. Noto il diagramma delle pressioni è possibile ricavare il punto di applicazione della spinta.

Spinta in presenza di sisma

Per tener conto dell'incremento di spinta dovuta al sisma si fa riferimento al metodo di Mononobe-Okabe (cui fa riferimento la Normativa Italiana).
La Normativa Italiana suggerisce di tener conto di un incremento di spinta dovuto al sisma nel modo seguente.
Detta ε l'inclinazione del terrapieno rispetto all'orizzontale e β l'inclinazione della parete rispetto alla verticale, si calcola la spinta *S'* considerando un'inclinazione del terrapieno e della parte pari a

$$\varepsilon' = \varepsilon + \theta$$

$$\beta' = \beta + \theta$$

dove $\theta = \text{arctg}(k_h/(1 \pm k_v))$ essendo k_h il coefficiente sismico orizzontale e k_v il coefficiente sismico verticale, definito in funzione di k_h.
In presenza di falda a monte, θ assume le seguenti espressioni:

Terreno a bassa permeabilità

$$\theta = \text{arctg}[(\gamma_{sat}/(\gamma_{sat}-\gamma_w))*(k_h/(1 \pm k_v))]$$

Terreno a permeabilità elevata

$$\theta = \text{arctg}[(\gamma/(\gamma_{sat}-\gamma_w))*(k_h/(1 \pm k_v))]$$

Detta *S* la spinta calcolata in condizioni statiche l'incremento di spinta da applicare è espresso da

$$\Delta S = AS' - S$$

dove il coefficiente *A* vale

$$A = \frac{\cos^2(\beta + \theta)}{\cos^2\beta\cos\theta}$$

In presenza di falda a monte, nel coefficiente *A* si tiene conto dell'influenza dei pesi di volume nel calcolo di θ.

Adottando il metodo di Mononobe-Okabe per il calcolo della spinta, il coefficiente *A* viene posto pari a 1.
Tale incremento di spinta è applicato a metà altezza della parete di spinta nel caso di forma rettangolare del diagramma di incremento sismico, allo stesso punto di applicazione della spinta statica nel caso in cui la forma del diagramma di incremento sismico è uguale a quella del diagramma statico.
Oltre a questo incremento bisogna tener conto delle forze d'inerzia orizzontali e verticali che si destano per effetto del sisma. Tali forze vengono valutate come

$$F_{iH} = k_h W \qquad F_{iV} = \pm k_v W$$

dove *W* è il peso del traversa, del terreno soprastante la mensola di monte ed i relativi sovraccarichi e va applicata nel baricentro dei pesi.
Il metodo di Culmann tiene conto automaticamente dell'incremento di spinta. Basta inserire nell'equazione risolutiva la forza d'inerzia del cuneo di spinta. La superficie di rottura nel caso di sisma risulta meno inclinata della corrispondente superficie in assenza di sisma.

Verifica a ribaltamento

La verifica a ribaltamento consiste nel determinare il momento risultante di tutte le forze che tendono a fare ribaltare il traversa (momento ribaltante M_r) ed il momento risultante di tutte le forze che tendono a stabilizzare il traversa (momento stabilizzante M_s) rispetto allo spigolo a valle della fondazione e verificare che il rapporto M_s/M_r sia maggiore di un determinato coefficiente di sicurezza η_r.
Eseguendo il calcolo mediante gli eurocodici si puo impostare $\eta_r >= 1.0$.

Deve quindi essere verificata la seguente diseguaglianza

$$\frac{M_s}{M_r} >= \eta_r$$

Il momento ribaltante M_r è dato dalla componente orizzontale della spinta *S*, dalle forze di inerzia del traversa e del terreno gravante sulla fondazione di monte (caso di presenza di sisma) per i rispettivi bracci. Nel momento stabilizzante interviene il peso del traversa (applicato nel baricentro) ed il peso del terreno gravante sulla fondazione di monte. Per quanto riguarda invece la componente verticale della spinta essa sarà stabilizzante se l'angolo d'attrito terra-traversa δ è positivo, ribaltante se δ è negativo. δ è positivo quando è il terrapieno che scorre rispetto al traversa, negativo quando è il traversa che tende a scorrere rispetto al terrapieno (questo può essere il caso di una spalla da ponte gravata da carichi notevoli). Se sono presenti dei tiranti essi contribuiscono al momento stabilizzante.
Questa verifica ha significato solo per fondazione superficiale e non per fondazione su pali.

Verifica a scorrimento

Per la verifica a scorrimento del traversa lungo il piano di fondazione deve risultare che la somma di tutte le forze parallele al piano di posa che tendono a fare scorrere il traversa deve essere minore di tutte le forze, parallele al piano di scorrimento, che si oppongono allo scivolamento, secondo un certo coefficiente di sicurezza. La verifica a scorrimento sisulta soddisfatta se il rapporto fra la risultante delle forze resistenti allo scivolamento F_r e la risultante delle forze che tendono a fare scorrere il traversa F_s risulta maggiore di un determinato coefficiente di sicurezza η_s
Eseguendo il calcolo mediante gli Eurocodici si può impostare $\eta_s >= 1.0$

$$\frac{F_r}{F_s} >= \eta_s$$

Le forze che intervengono nella F_s sono: la componente della spinta parallela al piano di fondazione e la componente delle forze d'inerzia parallela al piano di fondazione.
La forza resistente è data dalla resistenza d'attrito e dalla resistenza per adesione lungo la base della fondazione. Detta *N* la componente normale al piano di fondazione del carico totale gravante in fondazione e indicando con δ_f l'angolo d'attrito terreno-fondazione, con c_a l'adesione terreno-fondazione e con B_r la larghezza della fondazione reagente, la forza resistente può esprimersi come

$$F_r = N \, tg \, \delta_f + c_a B_r$$

La Normativa consente di computare, nelle forze resistenti, una aliquota dell'eventuale spinta dovuta al terreno posto a valle del traversa. In tal caso, però, il coefficiente di sicurezza deve essere aumentato opportunamente. L'aliquota di spinta passiva che si può considerare ai fini della verifica a scorrimento non può comunque superare il 50 percento.
Per quanto riguarda l'angolo d'attrito terra-fondazione, δ_f, diversi autori suggeriscono di assumere un valore di δ_f pari all'angolo d'attrito del terreno di fondazione.

Verifica al carico limite

Il rapporto fra il carico limite in fondazione e la componente normale della risultante dei carichi trasmessi dal traversa sul terreno di fondazione deve essere superiore a η_q. Cioè, detto Q_u, il carico limite ed *R* la risultante verticale dei carichi in fondazione, deve essere:

$$\frac{Q_u}{R} >= \eta_q$$

Eseguendo il calcolo mediante gli Eurocodici si può impostare $\eta_q >= 1.0$
Si adotta per il calcolo del carico limite in fondazione il metodo di MEYERHOF.

L'espressione del carico ultimo è data dalla relazione:

$$Q_u = c \, N_c d_c i_c + q N_q d_q i_q + 0.5 \gamma B N_\gamma d_\gamma i_\gamma$$

In questa espressione

c coesione del terreno in fondazione;
ϕ angolo di attrito del terreno in fondazione;
γ peso di volume del terreno in fondazione;
B larghezza della fondazione;
D profondità del piano di posa;
q pressione geostatica alla quota del piano di posa.

I vari fattori che compaiono nella formula sono dati da:

$$A = e^{\pi \, tg \, \phi}$$

$$N_q = A \, tg^2(45° + \phi/2)$$

$$N_c = (N_q - 1) \, ctg \, \phi$$

$$N_\gamma = (N_q - 1) \, tg \, (1.4\phi)$$

Indichiamo con K_p il coefficiente di spinta passiva espresso da:

$$K_p = tg^2(45° + \phi/2)$$

I fattori *d* e *i* che compaiono nella formula sono rispettivamente i fattori di profondità ed i fattori di inclinazione del carico espressi dalle seguenti relazioni:

Fattori di profondità

$$d_q = 1 + 0.2 \frac{D}{B} \sqrt{K_p}$$

$$d_q = d_\gamma = 1 \qquad \text{per } \phi = 0$$

$$d_q = d_\gamma = 1 + 0.1 \frac{D}{B} \sqrt{K_p} \qquad \text{per } \phi > 0$$

Fattori di inclinazione

Indicando con θ l'angolo che la risultante dei carichi forma con la verticale (espresso in gradi) e con ϕ l'angolo d'attrito del terreno di posa abbiamo:

$$i_c = i_q = (1 - \theta°/90)^2$$

$$i_\gamma = (1 - \frac{\theta^\circ}{\phi^\circ})^2 \qquad \text{per} \quad \phi > 0$$

$$i_\gamma = 0 \qquad \text{per} \quad \phi = 0$$

Verifica alla stabilità globale

La verifica alla stabilità globale del complesso traversa+terreno deve fornire un coefficiente di sicurezza non inferiore a η_g

Eseguendo il calcolo mediante gli Eurocodici si può impostare η_g>=1.0
Viene usata la tecnica della suddivisione a strisce della superficie di scorrimento da analizzare. La superficie di scorrimento viene supposta circolare e determinata in modo tale da non avere intersezione con il profilo del traversa o con i pali di fondazione. Si determina il minimo coefficiente di sicurezza su una maglia di centri di dimensioni 10x10 posta in prossimità della sommità del traversa. Il numero di strisce è pari a 50.

Il coefficiente di sicurezza fornito da Fellenius si esprime secondo la seguente formula:

$$\eta = \frac{\Sigma^n_i \left(\frac{c_i b_i}{\cos\alpha_i} + [W_i \cos\alpha_i - u_i l_i] \operatorname{tg}\phi_i \right)}{\Sigma^n_i W_i \sin\alpha_i}$$

dove *n* è il numero delle strisce considerate, b_i e α_i sono la larghezza e l'inclinazione della base della striscia i_{esima} rispetto all'orizzontale, W_i è il peso della striscia i_{esima} e c_i e ϕ_i sono le caratteristiche del terreno (coesione ed angolo di attrito) lungo la base della striscia.
Inoltre u_i ed l_i rappresentano la pressione neutra lungo la base della striscia e la lunghezza della base della striscia ($l_i = b_i/\cos\alpha_i$).
Quindi, assunto un cerchio di tentativo lo si suddivide in *n* strisce e dalla formula precedente si ricava η. Questo procedimento viene eseguito per il numero di centri prefissato e viene assunto come coefficiente di sicurezza della scarpata il minimo dei coefficienti così determinati.

Normativa

N.T.C. 2008

Simbologia adottata

γ_{Gsfav} Coefficiente parziale sfavorevole sulle azioni permanenti
γ_{Gfav} Coefficiente parziale favorevole sulle azioni permanenti
γ_{Qsfav} Coefficiente parziale sfavorevole sulle azioni variabili
γ_{Qfav} Coefficiente parziale favorevole sulle azioni variabili
$\gamma_{tan\phi'}$ Coefficiente parziale di riduzione dell'angolo di attrito drenato
$\gamma_{c'}$ Coefficiente parziale di riduzione della coesione drenata
γ_{cu} Coefficiente parziale di riduzione della coesione non drenata
γ_{qu} Coefficiente parziale di riduzione del carico ultimo
γ_{γ} Coefficiente parziale di riduzione della resistenza a compressione uniassiale delle rocce

Coefficienti di partecipazione combinazioni statiche

Coefficienti parziali per le azioni o per l'effetto delle azioni:

Carichi	*Effetto*		*EQU*	*A1*	*A2*
Permanenti	Favorevole	γ_{Gfav}	0,90	1,00	1,00
Permanenti	Sfavorevole	γ_{Gsfav}	1,10	1,30	1,00
Variabili	Favorevole	γ_{Qfav}	0,00	0,00	0,00
Variabili	Sfavorevole	γ_{Qsfav}	1,50	1,50	1,30

Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno:

Parametri		*M1*	*M2*
Tangente dell'angolo di attrito	$\gamma_{tan\phi'}$	1,00	1,25
Coesione efficace	$\gamma_{c'}$	1,00	1,25
Resistenza non drenata	γ_{cu}	1,00	1,40
Resistenza a compressione uniassiale	γ_{qu}	1,00	1,60
Peso dell'unità di volume	γ_{γ}	1,00	1,00

Coefficienti di partecipazione combinazioni sismiche

Coefficienti parziali per le azioni o per l'effetto delle azioni:

Carichi	*Effetto*		*EQU*	*A1*	*A2*
Permanenti	Favorevole	γ_{Gfav}	1,00	1,00	1,00
Permanenti	Sfavorevole	γ_{Gsfav}	1,00	1,00	1,00
Variabili	Favorevole	γ_{Qfav}	0,00	0,00	0,00
Variabili	Sfavorevole	γ_{Qsfav}	1,00	1,00	1,00

Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno:

Parametri		*M1*	*M2*
Tangente dell'angolo di attrito	$\gamma_{tan\phi'}$	1,00	1,25
Coesione efficace	$\gamma_{c'}$	1,00	1,25
Resistenza non drenata	γ_{cu}	1,00	1,40

Resistenza a compressione uniassiale	γ_{qu}	1,00	1,60
Peso dell'unità di volume	γ_{γ}	1,00	1,00

FONDAZIONE SUPERFICIALE

Coefficienti parziali γ_R per le verifiche agli stati limite ultimi STR e GEO

Verifica	*Coefficienti parziali*		
	R1	R2	R3
Capacità portante della fondazione	1,00	1,00	1,40
Scorrimento	1,00	1,00	1,10
Resistenza del terreno a valle	1,00	1,00	1,40
Stabilità globale		1,10	

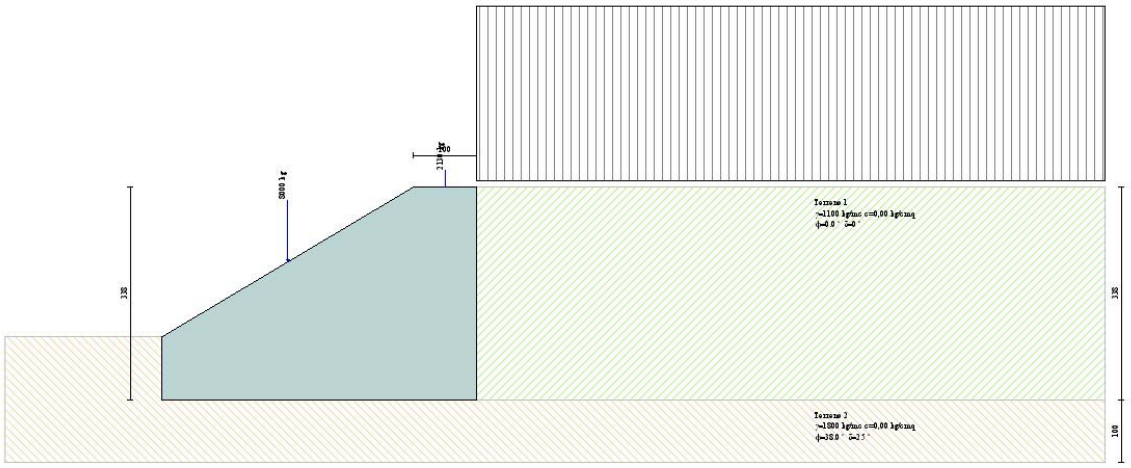
Coeff. di combinazione Ψ_0= 0,70 Ψ_1= 0,50 Ψ_2= 0,20

Geometria traversa e fondazione

Descrizione	**Traversa a gravità in massi**
Altezza del paramento	2,38 [m]
Spessore in sommità	1,00 [m]
Spessore all'attacco con la fondazione	5,00 [m]
Inclinazione paramento esterno	59,25 [°]
Inclinazione paramento interno	0,00 [°]
Lunghezza del traversa	10,00 [m]

Fondazione

Lunghezza mensola fondazione di valle	0,00 [m]
Lunghezza mensola fondazione di monte	0,00 [m]
Lunghezza totale fondazione	5,00 [m]
Inclinazione piano di posa della fondazione	0,00 [°]
Spessore fondazione	1,00 [m]
Spessore magrone	0,00 [m]



Materiali utilizzati per la struttura

Calcestruzzo

Peso specifico	2500,0 [kg/mc]
Resistenza caratteristica a compressione R_{bk}	250,0 [kg/cmq]

Geometria profilo terreno a monte del traversa

Simbologia adottata e sistema di riferimento
(Sistema di riferimento con origine in testa al traversa, ascissa X positiva verso monte, ordinata Y positiva verso l'alto)

N numero ordine del punto
X ascissa del punto espressa in [m]
Y ordinata del punto espressa in [m]
A inclinazione del tratto espressa in [°]

N	X	Y	A
1	10,00	0,00	0,00

Terreno a valle del traversa

Inclinazione terreno a valle del traversa rispetto all'orizzontale	0,00	[°]
Altezza del rinterro rispetto all'attacco fondaz.valle-paramento	0,00	[m]

Descrizione terreni

Simbologia adottata

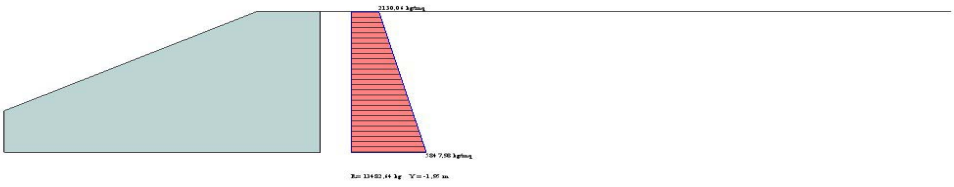
Nr.	Indice del terreno
Descrizione	Descrizione terreno
γ	Peso di volume del terreno espresso in [kg/mc]
γ_s	Peso di volume saturo del terreno espresso in [kg/mc]
ϕ	Angolo d'attrito interno espresso in [°]
δ	Angolo d'attrito terra-traversa espresso in [°]
c	Coesione espressa in [kg/cmq]
c_a	Adesione terra-traversa espressa in [kg/cmq]

Descrizione	**γ**	**γ_s**	**ϕ**	**δ**	**c**	**c_a**
Acqua	1100	1100	0.00	0.00	0,000	0,000
Terreno 2	1800	2000	38.00	25.33	0,000	0,000

Stratigrafia

Terreno spingente:	acqua 1
Terreno di fondazione:	Terreno 2

Le pressioni trasmesse risultano:



Condizioni di carico

Simbologia e convenzioni di segno adottate
Carichi verticali positivi verso il basso.
Carichi orizzontali positivi verso sinistra.
Momento positivo senso antiorario.

X	Ascissa del punto di applicazione del carico concentrato espressa in [m]
F_x	Componente orizzontale del carico concentrato espressa in [kg]
F_y	Componente verticale del carico concentrato espressa in [kg]
M	Momento espresso in [kgm]
X_i	Ascissa del punto iniziale del carico ripartito espressa in [m]
X_f	Ascissa del punto finale del carico ripartito espressa in [m]
Q_i	Intensità del carico per $x=X_i$ espressa in [kg/m]
Q_f	Intensità del carico per $x=X_f$ espressa in [kg/m]
D / C	Tipo carico : D=distribuito C=concentrato

Condizione n° 1 (Condizione 1)

C	Paramento	**X**=-0,50	**Y**=0,00	$\mathbf{F_x}$=0,00	$\mathbf{F_y}$=2130,00	**M**=0,00
C	Paramento	**X**=-3,00	**Y**=-1,20	$\mathbf{F_x}$=0,00	$\mathbf{F_y}$=8000,00	**M**=0,00
D	Profilo	$\mathbf{X_i}$=0,00	$\mathbf{X_f}$=10,00	$\mathbf{Q_i}$=2130,00	$\mathbf{Q_f}$=2130,00	

Descrizione combinazioni di carico

Simbologia adottata

γ	Coefficiente di partecipazione della condizione
Ψ	Coefficiente di combinazione della condizione
C	Coefficiente totale di partecipazione della condizione

Combinazione n° 1 SLU (Caso A1-M1)

	γ	Ψ	C
Peso proprio	1,30	1.00	1,30
Spinta terreno	1,30	1.00	1,30
Condizione 1	1.30	1.00	1.30

Combinazione n° 2 SLU (Caso A1-M1)

	γ	Ψ	C
Peso proprio	1,00	1.00	1,00
Spinta terreno	1,00	1.00	1,00
Condizione 1	1.00	1.00	1.00

Combinazione n° 3 SLU (Caso A2-M2)

	γ	Ψ	C
Peso proprio	1,00	1.00	1,00
Spinta terreno	1,00	1.00	1,00

Condizione 1	1.00	1.00	1.00

Combinazione n° 4 SLU (Caso A2-M2)

	γ	Ψ	C
Peso proprio	1,00	1.00	1,00
Spinta terreno	1,00	1.00	1,00
Condizione 1	1.00	1.00	1.00

Combinazione n° 5 EQU

	γ	Ψ	C
Peso proprio	1,10	1.00	1,10
Spinta terreno	1,10	1.00	1,10
Condizione 1	1.10	1.00	1.10

Combinazione n° 6 EQU

	γ	Ψ	C
Peso proprio	0,90	1.00	0,90
Spinta terreno	0,90	1.00	0,90
Condizione 1	0.90	1.00	0.90

Combinazione n° 7 STAB

	γ	Ψ	C
Peso proprio	1,00	1.00	1,00
Spinta terreno	1,00	1.00	1,00
Condizione 1	1.00	1.00	1.00

Combinazione n° 8 STAB

	γ	Ψ	C
Peso proprio	1,00	1.00	1,00
Spinta terreno	1,00	1.00	1,00
Condizione 1	1.00	1.00	1.00

Combinazione n° 9 SLU (Caso A1-M1) - Sisma Vert. positivo

	γ	Ψ	C
Peso proprio	1,00	1.00	1,00
Spinta terreno	1,00	1.00	1,00
Condizione 1	1.00	1.00	1.00

Combinazione n° 10 SLU (Caso A1-M1) - Sisma Vert. positivo

	γ	Ψ	C
Peso proprio	1,00	1.00	1,00
Spinta terreno	1,00	1.00	1,00
Condizione 1	1.00	1.00	1.00

Combinazione n° 11 SLU (Caso A1-M1) - Sisma Vert. negativo

	γ	Ψ	C
Peso proprio	1,00	1.00	1,00
Spinta terreno	1,00	1.00	1,00
Condizione 1	1.00	1.00	1.00

Combinazione n° 12 SLU (Caso A1-M1) - Sisma Vert. negativo

	γ	Ψ	C
Peso proprio	1,00	1.00	1,00
Spinta terreno	1,00	1.00	1,00
Condizione 1	1.00	1.00	1.00

Combinazione n° 13 SLU (Caso A2-M2) - Sisma Vert. negativo

	γ	Ψ	C
Peso proprio	1,00	1.00	1,00
Spinta terreno	1,00	1.00	1,00
Condizione 1	1.00	1.00	1.00

Combinazione n° 14 SLU (Caso A2-M2) - Sisma Vert. positivo

	γ	Ψ	C
Peso proprio	1,00	1.00	1,00
Spinta terreno	1,00	1.00	1,00
Condizione 1	1.00	1.00	1.00

Combinazione n° 15 SLU (Caso A2-M2) - Sisma Vert. negativo

	γ	Ψ	C
Peso proprio	1,00	1.00	1,00
Spinta terreno	1,00	1.00	1,00
Condizione 1	1.00	1.00	1.00

Combinazione n° 16 SLU (Caso A2-M2) - Sisma Vert. positivo

	γ	Ψ	C
Peso proprio	1,00	1.00	1,00
Spinta terreno	1,00	1.00	1,00
Condizione 1	1.00	1.00	1.00

Combinazione n° 17 EQU - Sisma Vert. positivo

	γ	Ψ	C
Peso proprio	1,00	1.00	1,00
Spinta terreno	1,00	1.00	1,00
Condizione 1	1.00	1.00	1.00

Combinazione n° 18 EQU - Sisma Vert. negativo

	γ	Ψ	C
Peso proprio	1,00	1.00	1,00
Spinta terreno	1,00	1.00	1,00
Condizione 1	1.00	1.00	1.00

Combinazione n° 19 EQU - Sisma Vert. negativo

	γ	Ψ	C
Peso proprio	1,00	1.00	1,00
Spinta terreno	1,00	1.00	1,00
Condizione 1	1.00	1.00	1.00

Combinazione n° 20 EQU - Sisma Vert. positivo

	γ	Ψ	C
Peso proprio	1,00	1.00	1,00
Spinta terreno	1,00	1.00	1,00

Condizione 1	1.00	1.00	1.00

Combinazione n° 21 STAB - Sisma Vert. negativo

	γ	Ψ	C
Peso proprio	1,00	1.00	1,00
Spinta terreno	1,00	1.00	1,00
Condizione 1	1.00	1.00	1.00

Combinazione n° 22 STAB - Sisma Vert. positivo

	γ	Ψ	C
Peso proprio	1,00	1.00	1,00
Spinta terreno	1,00	1.00	1,00
Condizione 1	1.00	1.00	1.00

Combinazione n° 23 STAB - Sisma Vert. positivo

	γ	Ψ	C
Peso proprio	1,00	1.00	1,00
Spinta terreno	1,00	1.00	1,00
Condizione 1	1.00	1.00	1.00

Combinazione n° 24 STAB - Sisma Vert. negativo

	γ	Ψ	C
Peso proprio	1,00	1.00	1,00
Spinta terreno	1,00	1.00	1,00
Condizione 1	1.00	1.00	1.00

Combinazione n° 25 SLE (Quasi Permanente)

	γ	Ψ	C
Peso proprio	1,00	1.00	1,00
Spinta terreno	1,00	1.00	1,00
Condizione 1	1.00	1.00	1.00

Combinazione n° 26 SLE (Frequente)

	γ	Ψ	C
Peso proprio	1,00	1.00	1,00
Spinta terreno	1,00	1.00	1,00
Condizione 1	1.00	1.00	1.00

Combinazione n° 27 SLE (Rara)

	γ	Ψ	C
Peso proprio	1,00	1.00	1,00
Spinta terreno	1,00	1.00	1,00
Condizione 1	1.00	1.00	1.00

Combinazione n° 28 SLE (Quasi Permanente) - Sisma Vert. positivo

	γ	Ψ	C
Peso proprio	1,00	1.00	1,00
Spinta terreno	1,00	1.00	1,00
Condizione 1	1.00	1.00	1.00

Combinazione n° 29 SLE (Quasi Permanente) - Sisma Vert. negativo

	γ	Ψ	C
Peso proprio	1,00	1.00	1,00
Spinta terreno	1,00	1.00	1,00
Condizione 1	1.00	1.00	1.00

Combinazione n° 30 SLE (Frequente) - Sisma Vert. positivo

	γ	Ψ	C
Peso proprio	1,00	1.00	1,00
Spinta terreno	1,00	1.00	1,00
Condizione 1	1.00	1.00	1.00

Combinazione n° 31 SLE (Frequente) - Sisma Vert. negativo

	γ	Ψ	C
Peso proprio	1,00	1.00	1,00
Spinta terreno	1,00	1.00	1,00
Condizione 1	1.00	1.00	1.00

Combinazione n° 32 SLE (Rara) - Sisma Vert. positivo

	γ	Ψ	C
Peso proprio	1,00	1.00	1,00
Spinta terreno	1,00	1.00	1,00
Condizione 1	1.00	1.00	1.00

Combinazione n° 33 SLE (Rara) - Sisma Vert. negativo

	γ	Ψ	C
Peso proprio	1,00	1.00	1,00
Spinta terreno	1,00	1.00	1,00
Condizione 1	1.00	1.00	1.00

Impostazioni di analisi

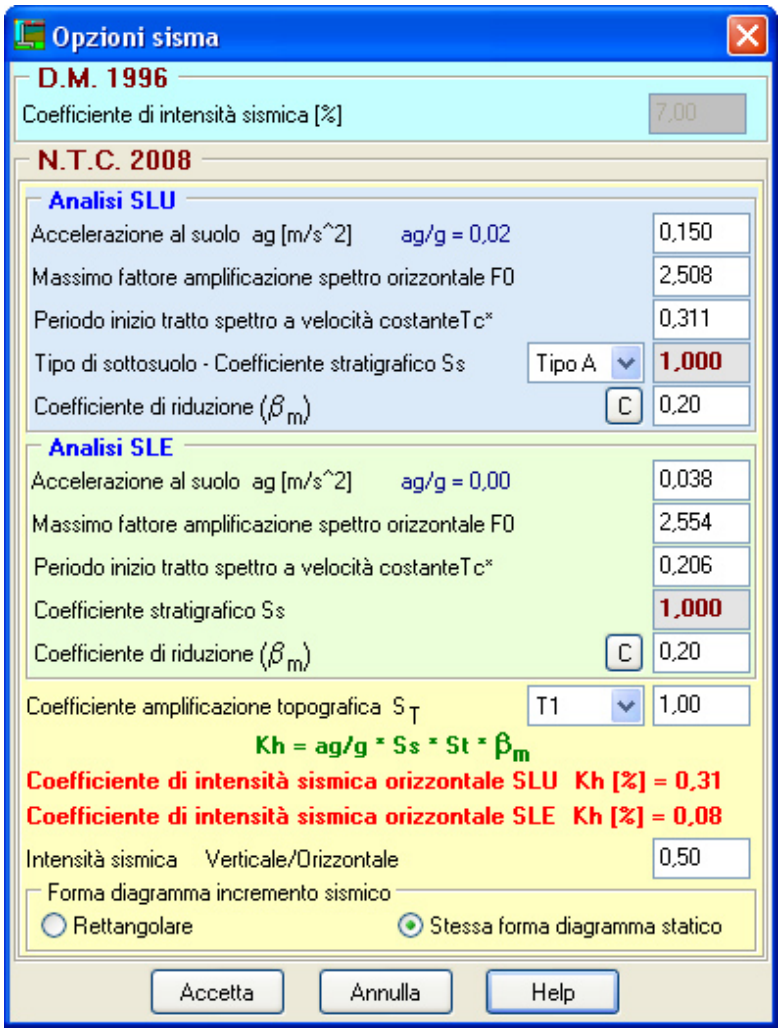
Impostazioni avanzate

Influenza del terreno sulla fondazione di valle nelle verifiche e nel calcolo delle sollecitazioni
Diagramma correttivo per eccentricità negativa con aliquota di parzializzazione pari a 0.00

Analisi sismica

La traversa è stata verificata sismicamente tenendo presente i coefficienti previsti per Norma nella zona di : Ormea

I parametri adottati risultano:



Quadro riassuntivo coeff. di sicurezza calcolati

Simbologia adottata

C Identificativo della combinazione
Tipo Tipo combinazione
Sisma Combinazione sismica
CS_{SCO} Coeff. di sicurezza allo scorrimento
CS_{RIB} Coeff. di sicurezza al ribaltamento
CS_{QLIM} Coeff. di sicurezza a carico limite
CS_{STAB} Coeff. di sicurezza a stabilità globale

C	Tipo	Sisma	cs_{sco}	cs_{rib}	cs_{qlim}	cs_{stab}
1	A1-M1 - [1]	--	1,32	--	10,98	--
2	A1-M1 - [1]	--	1,56	--	16,15	--
3	A2-M2 - [1]	--	1,25	--	5,38	--
4	A2-M2 - [1]	--	1,25	--	5,38	--
5	EQU - [1]	--	--	5,57	--	--
6	EQU - [1]	--	--	6,51	--	--
7	STAB - [1]	--	--	--	--	2,53
8	STAB - [1]	--	--	--	--	2,53
9	A1-M1 - [2]	Orizzontale + Verticale positivo	1,30	--	12,06	--
10	A1-M1 - [2]	Orizzontale + Verticale positivo	1,30	--	12,06	--

11	A1-M1 - [2]	Orizzontale + Verticale negativo	1,30	--	12,09	--
12	A1-M1 - [2]	Orizzontale + Verticale negativo	1,30	--	12,09	--
13	A2-M2 - [2]	Orizzontale + Verticale negativo	1,04	--	3,98	--
14	A2-M2 - [2]	Orizzontale + Verticale positivo	1,04	--	3,97	--
15	A2-M2 - [2]	Orizzontale + Verticale negativo	1,04	--	3,98	--
16	A2-M2 - [2]	Orizzontale + Verticale positivo	1,04	--	3,97	--
17	EQU - [2]	Orizzontale + Verticale positivo	--	4,99	--	--
18	EQU - [2]	Orizzontale + Verticale negativo	--	4,97	--	--
19	EQU - [2]	Orizzontale + Verticale negativo	--	4,97	--	--
20	EQU - [2]	Orizzontale + Verticale positivo	--	4,99	--	--
21	STAB - [2]	Orizzontale + Verticale negativo	--	--	--	2,50
22	STAB - [2]	Orizzontale + Verticale positivo	--	--	--	2,50
23	STAB - [2]	Orizzontale + Verticale positivo	--	--	--	2,50
24	STAB - [2]	Orizzontale + Verticale negativo	--	--	--	2,50
25	SLEQ - [1]	--	1,56	--	16,15	--
26	SLEF - [1]	--	1,56	--	16,15	--
27	SLER - [1]	--	1,56	--	16,15	--
28	SLEQ - [1]	Orizzontale + Verticale positivo	1,49	--	15,02	--
29	SLEQ - [1]	Orizzontale + Verticale negativo	1,49	--	15,03	--
30	SLEF - [1]	Orizzontale + Verticale positivo	1,49	--	15,02	--
31	SLEF - [1]	Orizzontale + Verticale negativo	1,49	--	15,03	--
32	SLER - [1]	Orizzontale + Verticale positivo	1,49	--	15,02	--
33	SLER - [1]	Orizzontale + Verticale negativo	1,49	--	15,03	--

Analisi della spinta e verifiche

Sistema di riferimento adottato per le coordinate :
Origine in testa al traversa (spigolo di monte)
Ascisse X (espresse in [m]) positive verso monte
Ordinate Y (espresse in [m]) positive verso l'alto
Le forze orizzontali sono considerate positive se agenti da monte verso valle
Le forze verticali sono considerate positive se agenti dall'alto verso il basso

Calcolo riferito ad 1 metro di traversa

Tipo di analisi

Calcolo della spinta	metodo di Culmann
Calcolo del carico limite	metodo di Meyerhof
Calcolo della stabilità globale	metodo di Fellenius
Calcolo della spinta in condizioni di	Spinta attiva

Sisma

Combinazioni SLU

Accelerazione al suolo a_g	0.15 [m/s^2]
Coefficiente di amplificazione per tipo di sottosuolo (S)	1.00
Coefficiente di amplificazione topografica (St)	1.00
Coefficiente riduzione (β_m)	0.20

Rapporto intensità sismica verticale/orizzontale	0.50
Coefficiente di intensità sismica orizzontale (percento)	$k_h=(a_g/g*\beta_m*St*S) = 0.31$
Coefficiente di intensità sismica verticale (percento)	$k_v=0.50 * k_h = 0.15$

Combinazioni SLE

Accelerazione al suolo a_g	0.04 [m/s^2]
Coefficiente di amplificazione per tipo di sottosuolo (S)	1.00
Coefficiente di amplificazione topografica (St)	1.00
Coefficiente riduzione (β_m)	0.20
Rapporto intensità sismica verticale/orizzontale	0.50
Coefficiente di intensità sismica orizzontale (percento)	$k_h=(a_g/g*\beta_m*St*S) = 0.08$
Coefficiente di intensità sismica verticale (percento)	$k_v=0.50 * k_h = 0.04$

Forma diagramma incremento sismico	Stessa forma diagramma statico
Partecipazione spinta passiva (percento)	50,0
Lunghezza del traversa	10,00 [m]
Peso traversa	30352,30 [kg]
Baricentro del traversa	X=-2,04 Y=-2,04

Superficie di spinta

Punto inferiore superficie di spinta	X = 0,00 Y = -3,38
Punto superiore superficie di spinta	X = 0,00 Y = 0,00
Altezza della superficie di spinta	3,38 [m]
Inclinazione superficie di spinta(rispetto alla verticale)	0,00 [°]

COMBINAZIONE n° 14

Valore della spinta statica	13482,64	[kg]		
Componente orizzontale della spinta statica	13482,64	[kg]		
Componente verticale della spinta statica	0,00	[kg]		
Punto d'applicazione della spinta	X = 0,00	[m]	Y = -1,95	[m]
Inclinaz. della spinta rispetto alla normale alla superficie	0,00	[°]		
Inclinazione linea di rottura in condizioni statiche	45,00	[°]		
Incremento sismico della spinta	2630,66	[kg]		
Punto d'applicazione dell'incremento sismico di spinta	X = 0,00	[m]	Y = -1,95	[m]
Inclinazione linea di rottura in condizioni sismiche	18,68	[°]		
Peso terrapieno gravante sulla fondazione a monte	0,00	[kg]		
Baricentro terrapieno gravante sulla fondazione a monte	X = 0,00	[m]	Y = 0,00	[m]
Inerzia del traversa	92,82	[kg]		
Inerzia verticale del traversa	46,41	[kg]		
Inerzia del terrapieno fondazione di monte	0,00	[kg]		
Inerzia verticale del terrapieno fondazione di monte	0,00	[kg]		

Risultanti carichi esterni

Componente dir. Y	10130	[kg]

Risultanti

Risultante dei carichi applicati in dir. orizzontale	16206,12	[kg]
Risultante dei carichi applicati in dir. verticale	40528,71	[kg]
Resistenza passiva a valle del traversa	-1464,96	[kg]
Sforzo normale sul piano di posa della fondazione	40528,71	[kg]
Sforzo tangenziale sul piano di posa della fondazione	16206,12	[kg]
Eccentricità rispetto al baricentro della fondazione	0,22	[m]
Risultante in fondazione	43648,76	[kg]
Inclinazione della risultante (rispetto alla normale)	21,79	[°]
Momento rispetto al baricentro della fondazione	8956,18	[kgm]
Carico ultimo della fondazione	160947,16	[kg]

Tensioni sul terreno

Lunghezza fondazione reagente	5,00	[m]
Tensione terreno allo spigolo di valle	1,0254	[kg/cmq]
Tensione terreno allo spigolo di monte	0,5956	[kg/cmq]

Fattori per il calcolo della capacità portante

$N_c = 35.51$	$N'_c = 21.87$
$N_q = 23.19$	$N'_q = 13.80$
$N_\gamma = 22.05$	$N'_\gamma = 2.33$

COEFFICIENTI DI SICUREZZA

Coefficiente di sicurezza a scorrimento	1.04
Coefficiente di sicurezza a carico ultimo	3.97

COMBINAZIONE n° 18

Valore della spinta statica	13482,64	[kg]		
Componente orizzontale della spinta statica	13482,64	[kg]		
Componente verticale della spinta statica	0,00	[kg]		
Punto d'applicazione della spinta	X = 0,00	[m]	Y = -1,95	[m]
Inclinaz. della spinta rispetto alla normale alla superficie	0,00	[°]		
Inclinazione linea di rottura in condizioni statiche	45,00	[°]		
Incremento sismico della spinta	2589,43	[kg]		
Punto d'applicazione dell'incremento sismico di spinta	X = 0,00	[m]	Y = -1,95	[m]
Inclinazione linea di rottura in condizioni sismiche	18,68	[°]		
Peso terrapieno gravante sulla fondazione a monte	0,00	[kg]		
Baricentro terrapieno gravante sulla fondazione a monte	X = 0,00	[m]	Y = 0,00	[m]
Inerzia del traversa	92,82	[kg]		
Inerzia verticale del traversa	-46,41	[kg]		
Inerzia del terrapieno fondazione di monte	0,00	[kg]		
Inerzia verticale del terrapieno fondazione di monte	0,00	[kg]		

Risultanti carichi esterni

Componente dir. Y	10130	[kg]

Risultanti

Risultante dei carichi applicati in dir. orizzontale	16164,89	[kg]
Risultante dei carichi applicati in dir. verticale	40435,89	[kg]
Resistenza passiva a valle del traversa	-1464,96	[kg]
Momento ribaltante rispetto allo spigolo a valle	23203,59	[kgm]
Momento stabilizzante rispetto allo spigolo a valle	115362,02	[kgm]
Sforzo normale sul piano di posa della fondazione	40435,89	[kg]
Sforzo tangenziale sul piano di posa della fondazione	16164,89	[kg]
Eccentricità rispetto al baricentro della fondazione	0,22	[m]
Risultante in fondazione	43547,27	[kg]
Inclinazione della risultante (rispetto alla normale)	21,79	[°]
Momento rispetto al baricentro della fondazione	8939,80	[kgm]

COEFFICIENTI DI SICUREZZA

Coefficiente di sicurezza a ribaltamento	4.97

Stabilità globale traversa + terreno

Combinazione n° 21

Le ascisse X sono considerate positive verso monte
Le ordinate Y sono considerate positive verso l'alto
Origine in testa al traversa (spigolo contro terra)

W	peso della striscia espresso in [kg]
α	angolo fra la base della striscia e l'orizzontale espresso in [°] (positivo antiorario)
ϕ	angolo d'attrito del terreno lungo la base della striscia
c	coesione del terreno lungo la base della striscia espressa in [kg/cmq]
b	larghezza della striscia espressa in [m]
u	pressione neutra lungo la base della striscia espressa in [kg/cmq]

Metodo di Fellenius
Numero di cerchi analizzati 36
Numero di strisce 25

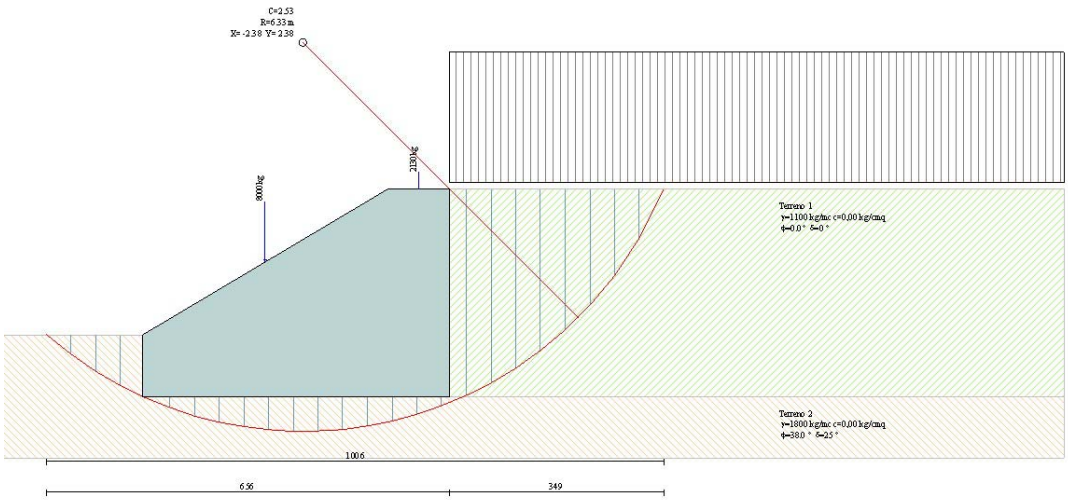
Cerchio critico
Coordinate del centro X[m]= -2,38 Y[m]= 2,38
Raggio del cerchio R[m]= 6,33
Ascissa a valle del cerchio Xi[m]= -6,56
Ascissa a monte del cerchio Xs[m]= 3,49
Larghezza della striscia dx[m]= 0,40
Coefficiente di sicurezza C= 2.50
Le strisce sono numerate da monte verso valle

Caratteristiche delle strisce

Striscia	**W**	**α(°)**	**Wsinα**	**b/cosα**	**ϕ**	**c**	**u**
1	1033.90	63.33	923.93	0.90	0.00	0.000	0.000
2	1345.63	56.53	1122.44	0.73	0.00	0.000	0.000
3	1587.62	50.37	1222.69	0.63	0.00	0.000	0.000

4	1783.83	44.94	1259.97	0.57	0.00	0.000	0.000
5	1947.24	39.99	1251.31	0.52	0.00	0.000	0.000
6	2085.04	35.38	1207.09	0.49	0.00	0.000	0.000
7	2201.71	31.02	1134.50	0.47	0.00	0.000	0.000
8	2300.25	26.85	1038.90	0.45	0.00	0.000	0.000
9	2725.53	22.83	1057.58	0.44	29.08	0.000	0.000
10	5631.17	18.93	1826.84	0.43	32.01	0.000	0.000
11	3560.90	15.12	928.72	0.42	32.01	0.000	0.000
12	3525.88	11.37	695.33	0.41	32.01	0.000	0.000
13	3324.45	7.68	444.18	0.41	32.01	0.000	0.000
14	3106.91	4.01	217.52	0.40	32.01	0.000	0.000
15	2876.44	0.37	18.45	0.40	32.01	0.000	0.000
16	2632.64	-3.28	-150.54	0.40	32.01	0.000	0.000
17	10375.10	-6.94	-1253.09	0.41	32.01	0.000	0.000
18	2103.36	-10.62	-387.81	0.41	32.01	0.000	0.000
19	1817.05	-14.36	-450.59	0.42	32.01	0.000	0.000
20	1516.17	-18.15	-472.41	0.42	32.01	0.000	0.000
21	1201.98	-22.04	-450.98	0.43	32.01	0.000	0.000
22	476.64	-26.03	-209.16	0.45	3.47	0.000	0.000
23	313.26	-30.16	-157.39	0.47	0.00	0.000	0.000
24	200.45	-34.48	-113.47	0.49	0.00	0.000	0.000
25	67.21	-39.03	-42.33	0.52	0.00	0.000	0.000

ΣW_i= 59740,36 [kg]
$\Sigma W_i \sin\alpha_i$= 10661,69 [kg]
$\Sigma W_i \cos\alpha_i \tan\phi_i$= 26924,65 [kg]
$\Sigma c_i b_i / \cos\alpha_i$= 0,00 [kg]



SCHEDATURA IDRAIM

SCHEDA DI VALUTAZIONE PER ALVEI CONFINATI

Versione 1 - Gennaio 2011

GENERALITA'

Data 17/05/2011 Operatori _____

Bacino Tanaro Corso d'acqua T. Negrone

Estremità monte Confl. Rio Regioso Estremità di valle Confl. Rio Bianco

Codice segmento _____ Codice Tratto _____ Lunghezza tratto (m) 3000

INQUADRAMENTO E SUDDIVISIONE INIZIALE

1. Inquadramento fisiografico

Unità fisiografica montuosa

2. Confinamento

Grado confinamento (%) 85 (>90, 10-90) Indice di confinamento 1.2 (1-1.5)

3. Morfologia alveo

Immagine utilizzata _____ (nome, anno)

Numero canali CS CS=canale singolo, CM/W=canali multipli o wandering

- *Confinato a canale singolo (CS):*

Configurazione fondo R, RP R=roccia, C=colluviale, G=Gradinata, LP=Letto piano, RP=Riffle Pool, D=Dune A=Artificiale, NC=non classificabile (elevata profondità o forte alterazione)

- *Confinato a canali multipli o wandering (CM/W):*

Indice di intrecciamento _____ (1-1.5, >1.5) Indice anastomizzazione _____ (1-1.5, >1.5)

Tipologia _____ W=Transizionale wandering, CI=Canali intrecciati, A=Anastomizzato

Pendenza media fondo 4% Larghezza media alveo (m) 15

Sedimenti (dominanti) alveo M A=Argilla, L=Limo, S=Sabbia, G=Ghiaia, C=Ciottoli, M=Massi

4. Altri elementi per delimitazione tratto

Monte Passerella in cls Valle Briglia

discontinuità pendenza, affluente, diga, artificializzazione, variazioni confinamento, variazioni larghezza alveo, variazioni in granulometria sedimenti o configurazione fondo, altro (specificare) _____

Altri dati / informazioni eventualmente disponibili

Area drenaggio (sottesa alla chiusura del tratto) (km^2) _____

Diametro sedimenti D_{50} (mm) 0,21 Unità _____ F=Fondo, B=Barra (SU=superficiale, SO=sottostrato)

Portate liquide M=misurate, S=stimate, ND=non disponibili

Stazione idrometrica (se M) _____ Portata media annua (m^3/s) _____ $Q_{1.5}$ (m^3/s) _____

Portate massime (indicare anno e Q quando noti) _____

FUNZIONALITA' GEOMORFOLOGICA

Continuità

		parz.	prog.	conf.
F1	Continuità longitudinale nel flusso di sedimenti e materiale legnoso			
A	Assenza di alterazioni della continuità di sedimenti e materiale legnoso	0		
B	Lieve alterazione (ostacoli nel flusso ma non intercettazione)	3		
C	Forte alterazione (forte discontinuità di forme per intercettazione)	5	0	

F3	Connessione tra versanti e corso d'acqua			
A	Pieno collegamento tra versanti e corridoio fluviale (>90% tratto)	0		
B	Collegamento per protezione significativa del tratto (33-90%)	3		
C	Collegamento per piccola protezione del tratto (<33%)	5	3	

parz. : punteggi parziali (cerchiare) *prog .*: punteggi progressivi
conf. : livello di confidenza nella risposta, con M=medio, B=Basso *(Alto viene omesso)*

livello confidenza tra A e B
livello confidenza tra B e C

Morfologia

Configurazione morfologica

		parz.	prog.	conf.
F6	Morfologia del fondo e pendenza della valle *(si applica a confinati a canale singolo)*			
A	Forme di fondo coerenti con la pendenza media della valle	0		
B	Forme di fondo non coerenti con la pendenza media della valle	3		
C	Completa alterazione delle forme di fondo	5	3	

Non si applica nel caso di confinato con fondo in roccia, nonché nel corso d'acqua profondo per il quale non è possibile non è possibile osservare la configurazione del fondo

F7	Forme e processi tipici della configurazione morfologica *(si applica a canali multipli o wandering)*			
A	Assenza (≤5%) di alterazioni della naturale eterogeneità di forme attesa per la tipologia fluviale	0		
B	Alterazioni per porzione limitata del tratto (≤33%)	3		
C	Consistenti alterazioni per porzione significativa del tratto (>33%)	5	3	

Configurazione sezione

		parz.	prog.	conf.
F9	Variabilità della sezione			
A	Assenza o presenza localizzata (≤5% tratto) di alterazioni naturale eterogeneità della sezione	0		
B	Presenza di alterazioni (omogeneità sezione) per porzione limitata del tratto (≤33%)	3		
C	Presenza di alterazioni (omogeneità sezione) per porzione significativa del tratto (>33%)	5	3	

Struttura e substrato alveo

F10	Struttura del substrato		
A	Naturale eterogeneità sedimenti e *clogging* poco significativo	0	
B	Corazzamento o *Clogging* accentuato in varie porzioni del sito	2	
C1	Corazzamento o *Clogging* accentuato e diffuso (>90%)	5	
C2	Completa alterazione del substrato per rivestimento del fondo (>33% tratto)	6	3

Non si valuta nel caso di fondo in roccia o fondo sabbioso, nonché nel caso di corso d'acqua profondo per il quale non è possibile osservare il fondo

F11	Presenza di materiale legnoso di grandi dimensioni		
A	Presenza significativa di materiale legnoso	0	
C	Presenza molto limita o assenza di materiale legnoso	3	3

Non si valuta al di sopra del limite del bosco o in corsi d'acqua con naturale assenza di vegetazione perifluviale

Vegetazione fascia perifluviale

F12	Ampiezza delle formazioni funzionali presenti in fascia perifluviale	parz.	prog.	conf.
A	Ampiezza delle formazioni funzionali elevata	0		
B	Ampiezza delle formazioni funzionali intermedia	2		
C	Ampiezza delle formazioni funzionali limitata	3	3	

Non si valuta al di sopra del limite del bosco o in corsi d'acqua con naturale assenza di vegetazione perifluviale

F13	Estensione lineare delle formazioni funzionali presenti lungo le sponde		
A	Estensione lineare delle formazioni funzionali >90% lunghezza massima disponibile	0	
B	Estensione lineare delle formazioni funzionali 30-90% lunghezza massima disponibile	3	
C	Estensione lineare delle formazioni funzionali ≤33% lunghezza massima disponibile	5	3

Non si valuta al di sopra del limite del bosco o in corsi d'acqua con naturale assenza di vegetazione perifluviale

ARTIFICIALITA'

Opere di alterazione della continuità longitudinale a monte

		parz.	prog.	conf.
A1	Opere di alterazione delle portate liquide			
A	Alterazioni nulle o poco significative (≤10%) delle portate formative e con TR>10 anni	0		
B	Alterazioni significative (>10%) delle portate con TR>10 anni	3		
C	Alterazioni significative (>10%) delle portate formative	6	3	

A2	Opere di alterazione delle portate solide			
A	Assenza di opere di alterazione del flusso di sedimenti o presenza trascurabile (dighe con area sottesa <5% e/o altre opere trasversali con area sottesa <33%)	0		
B1	Presenza di dighe (area sottesa 5-33%) e/o briglie di trattenuta non colmate (area 33-66%) e/o briglie di trattenuta colmate o briglie di consolidamento (area >66%)	3		
B2	Presenza di dighe (area sottesa 33-66%) e/o briglie di trattenuta non colmate (area sott. >66%)	6		
C1	Presenza di dighe con area sottesa >66%	9		
C1	Presenza di diga all'estremità a monte del tratto	12	6	

Opere di alterazione della continuità longitudinale nel tratto

		parz.	prog.	conf.
A3	Opere di alterazione delle portate liquide			
A	Alterazioni nulle o poco significative (≤10%) delle portate formative e con TR>10 anni	0		
B	Alterazioni significative (>10%) delle portate con TR>10 anni	3		
C	Alterazioni significative (>10%) delle portate formative	6	6	

A4	Opere di alterazione delle portate solide			
A	Assenza di qualsiasi tipo di opera di alterazione del flusso di sedimento/legname	0		
B	Presenza di briglie di consolidamento ≤1 ogni 200 m e/o briglie aperte	4		
C	Presenza di briglie di consolidamento >1 ogni 200 m e/o briglie di trattenuta a corpo pieno oppure presenza di diga e/o invaso artificiale all'estremità a valle del tratto	6	10	
	Nel caso la densità di opere trasversali, incluse soglie e rampe (vedi A9), è > 1 ogni 100 m, aggiungere	12	10	

A5	Opere di attraversamento			
A	Assenza di opere di attraversamento	0		
B	Presenza di alcune opere di attraversamento (≤1 ogni 1000 m in media nel tratto)	2		
C	Presenza diffusa di opere di attraversamento (>1 ogni 1000 m in media nel tratto)	3	10	

Opere di alterazione della continuità laterale

		parz.	prog.	conf.
A6	Difesa di sponda			
A	Assenza o solo difese localizzate (≤5% lunghezza totale delle sponde)	0		
B	Presenza di difese per ≤33% lunghezza totale sponde (ovvero somma di entrambe)	3		
C	Presenza di difese per >33% lunghezza totale sponde (ovvero somma di entrambe)	6	10	
	Nel caso di difese di sponda per quasi tutto il tratto (>80%), aggiungere	12	10	

Opere di alterazione della morfologia dell'alveo e/o del substrato

		parz.	prog.	conf.
A9	Altre opere di consolidamento e/o di alterazione del substrato			
A	Assenza soglie o rampe e rivestimenti assenti o localizzati (≤5% tratto)	0		
B	Presenza soglie o rampe (≤1 ogni 200 m) e/o rivestimenti ≤25% permeabili e/o ≤15% imperm.	3		
C1	Presenza soglie o rampe (>1 ogni 200 m) e/o rivestimenti ≤50% permeabili e/o ≤33% imperm.	6		
C2	Presenza di rivestimenti >50% permeabili e/o >33% impermeabili	8	10	
	Nel caso di rivestimenti del fondo (permeabili e/o impermeabili) per quasi tutto il tratto (>80%), aggiungere	12	10	

Interventi di manutenzione e prelievo

		parz.	prog.	conf.
A10	Rimozione dei sedimenti			
A	Assenza di interventi di rimozione dei sedimenti almeno negli ultimi 20 anni	0		
B	Rimozioni localizzate negli ultimi 20 anni	3		
C	Rimozioni diffuse negli ultimi 20 anni	6	10	

Non si applica nel caso di alveo con fondo in roccia

A11	Rimozione materiale legnoso			
A	Assenza di interventi di rimozione di materiale legnoso almeno negli ultimi 20 anni	0		
B	Rimozione parziale negli ultimi 20 anni	2		
C	Rimozioni totale negli ultimi 20 anni	5	10	

Non si valuta al di sopra del limite del bosco o in corsi d'acqua con naturale assenza di vegetazione perifluviale

A12	Taglio della vegetazione in fascia perifluviale			
A	Vegetazione erborea sicuramente non soggetta ad interventi negli ultimi 20 anni	0		
B	Taglio selettivo nel tratto e/o raso su ≤50% del tratto negli ultimi 20 anni	2		
C	Taglio raso su >50% del tratto negli ultimi 20 anni	5	10	

Non si valuta al di sopra del limite del bosco o in corsi d'acqua con naturale assenza di vegetazione perifluviale

VARIAZIONI MORFOLOGICHE

		parz.	prog.	conf.
V1	Variazioni della configurazione morfologica *(si applica solo ad alvei con larghezza >30 m)*			
A	Assenza di variazioni di configurazione morfologica rispetto ad anni '50	0		
B	Variazioni di configurazione morfologica rispetto ad anni '50	3	10	

V2	Variazioni di larghezza *(si applica solo ad alvei con larghezza >30 m)*			
A	Variazioni di larghezza nulle o limitate (≤15%) rispetto ad anni '50	0		
B	Variazioni di larghezza >15% rispetto ad anni '50	3	10	

V3	Variazioni altimetriche *(si applica solo ad alvei con larghezza >30 m)*			
A	Variazioni della quota del fondo trascurabili (fino 0.5 m)	0		
B	Variazioni della quota del fondo limitate o moderate (≤3 m)	4		
C	Variazioni della quota del fondo intense (>3 m)	8	10	

Non si valuta nel caso di assoluta mancanza di dati, informazioni ed evidenze sul terreno

Scostamento totale: **Stot =** 10

Scostamento massimo: **Smax = 119 - Sna =** 100

dove Sna = somma dei punteggi massimi degli indicatori non applicati

Indice di Alterazione Morfologica: **IAM = Stot/Smax =** 0.1000

se Stot>Smax si assume IAM = 1

Indice di Qualità Morfologica: **IQM = 1- IAM =** 0.9000

Classe di qualità del tratto: *Elevato*

0 ≤ IQM<0.3: Pessimo o Cattivo; 0.3 ≤ IQM<0.5: Scadente o Scarso; 0.5<IQM<0.7: Moderato o Sufficiente;
0.7 ≤ IQM<0.85: Buono; 0.85<IQM<1.0: Elevato