

**NUOVA LINEA TORINO LIONE - NOUVELLE LIGNE LYON TURIN
PARTE COMUNE ITALO-FRANCESE - PARTIE COMMUNE FRANCO-ITALIENNE
SEZIONE TRANSFRONTALIERE PARTE IN TERRITORIO ITALIANO
SECTION TRANSFRONTALIERE PARTIE EN TERRITOIRE ITALIEN**

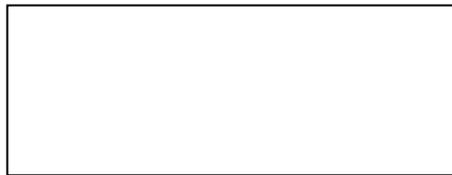
**LOTTO COSTRUTTIVO 1 /LOT DE CONSTRUCTION 1
CANTIERE OPERATIVO 04C /CHANTIER DE CONSTRUCTION 04C
SVINCOLO DI CHIOMONTE IN FASE DI CANTIERE
ECHANGEUR DE CHIOMONTE DANS LA PHASE DE CHANTIER
PROGETTO ESECUTIVO - ETUDES D'EXECUTION
CUP C11J05000030001 - CIG 6823295927**

**IDROLOGIA E IDRAULICA
RELAZIONE IDROLOGICA-IDRAULICA**

Indice	Date/ Data	Modifications / Modifiche	Etabli par / Concepito da	Vérifié par / Controllato da	Autorisé par / Autorizzato da
0	30/04/2017	Première diffusion / Prima emissione	C.BELTRAMI (-)	L.BARBERIS (MUSINET Eng.)	C.GIOVANNETTI (MUSINET Eng.)
A	30/09/2017	Révision suite aux commentaires TELT/ Revisione a seguito commenti TELT	C.BELTRAMI (-)	L.BARBERIS (MUSINET Eng.)	C.GIOVANNETTI (MUSINET Eng.)
B	02/03/2018	Approfondimento progettuale	A.BATTAGLIOTTI (MUSINET Eng.)	L.BARBERIS (MUSINET Eng.)	C.GIOVANNETTI (MUSINET Eng.)
C	29/06/2018	Modifica titolo progetto/ Modifications titre du project	R.BOERO (MUSINET ENG.)	L.BARBERIS (MUSINET ENG.)	L.BARBERIS (MUSINET ENG.)

1	0	4	C	C	1	6	1	6	6	N	V	0	2	I	0	
Cat.Lav. Cat.Trav.	Lotto/Lot		Contratto/Contrat				Opera/Oeuvre		Tratto Tronçon	Parte Partie						

E	R	I	I	D	0	1	3	0	C
Fase Phase	Tipo documento Type de document		Oggetto Object		Numero documento Numéro de document		Indice Index		



SCALA / ÉCHELLE
-

I PROGETTISTI/LES DESIGNERS



Dott. Arch. Corrado GIOVANNETTI
Albo di Torino
N° 2736

L'APPALTATORE/L'ENTREPRENEUR

IL DIRETTORE DEI LAVORI/LE MAÎTRE D'ŒUVRE

SOMMAIRE / INDICE

1. INQUADRAMENTO IDROLOGICO/IDRAULICO.....	5
2. NORMATIVA DI RIFERIMENTO.....	6
3. CARATTERISTICHE MORFOLOGICHE DEL TORRENTE CLAREA	7
4. PLUVIOMETRIA DELL'AREA IN ESAME	8
4.1 Valori PAI.....	8
4.2 Valori GIS.....	9
4.3 Risultati.....	10
5. PORTATE DI PROGETTO	11
5.1 Tempi di corrivazione.....	12
5.2 Coefficiente di deflusso	12
5.3 Risultati.....	13
6. COMPATIBILITA' IDRAULICA.....	14
6.1 Criteri di valutazione della compatibilità	14
6.2 Contenuti dello studio di compatibilità.....	14
6.3 Inquadramento geomorfologico alveo clarea	15
6.4 Descrizione opere in progetto	16
6.5 Manufatti interferenti con l'alveo	17
6.6 Opere di difesa idraulica esistenti.....	17
7. MODELLAZIONE IDRAULICA.....	19
7.1 Modellazione idraulica: codice di calcolo	19
7.2 Ipotesi di calcolo.....	24
7.3 Risultati del modello e definizione dei livelli.....	24
7.3.1 Stato attuale	24
7.3.2 Stato di progetto.....	27
7.4 Calcolo del franco idraulico.....	29
7.5 Scalzamento pile viadotto.....	29
8. VERIFICHE IDRAULICHE.....	30
8.1 Franco idraulico Viadotto Clarea.....	30
8.2 Protezione delle pile: dimensionamento della scogliera.....	30
8.2.1 Sezione idraulica RS0 - pila IP8.....	32
8.2.2 Sezione idraulica RS1 - pila IP4.....	33
8.2.3 Sezioni idrauliche RS9 - pile IP3 e UP8.....	34
8.2.4 Sezione idraulica RS15 - pila UP7	36
8.3 Opere provvisorie	39
8.3.1 Guado Provvisorio	42
8.3.2 Ponte Bailey.....	44
9. EFFETTI DEGLI INTERVENTI IN PROGETTO.....	45
9.1 E.1. Modifiche indotte sul Profilo Inviluppo di Piena.....	45
9.3 E.2. Riduzione della capacità di invaso dell'alveo	46
9.4 E.3. Interazioni con le opere di difesa idrauliche (opere di sponda e argini) esistenti	46
9.5 E.4. Opere idrauliche in progetto nell'ambito dell'intervento.....	46

9.6	E.5. Modifiche indotte sull'assetto morfologico planimetrico e altimetrico dell'alveo inciso e di piena	46
9.7	E.6. Modifiche indotte sulle caratteristiche naturali e paesaggistiche della regione fluviale	46
9.8	E.7. Condizioni di sicurezza dell'intervento rispetto alla piena	46

LISTE DES FIGURES / INDICE DELLE FIGURE

<i>Fig. 1 – Inquadramento dell’area in esame</i>	5
<i>Fig. 2 – AdB Po_ servizio WebGis</i>	6
<i>Fig. 3 – Esempio di selezione dei parametri pluviometrici sul sito web dell’AdB Po, sezione Atlante dei Piani</i>	9
<i>Fig. 4 – Tabella dei parametri pluviometrici sul sito web dell’AdB Po in corrispondenza del comune di Chiomonte, sezione Atlante dei Piani</i>	10
<i>Fig. 5 – Viadotto clarea visto dalla Val Clarea (prima della realizzazione del cantiere la Maddalena)</i>	15
<i>Fig. 6 – Nuovo Svincolo sulla A32</i>	16
<i>Fig. 7 – Pile esistenti viadotto Clarea</i>	16
<i>Fig. 8 – Opere provvisorie – Ponte Bailey</i>	17
<i>Fig. 9 – Opere di difesa sponale</i>	17
<i>Fig. 10 – Pila P10 in destra idraulica</i>	18
<i>Fig. 11 – Planimetria area con sezioni</i>	19
<i>Figura 12: Grandezze presenti nell’equazione dell’energia.</i>	20
<i>Figura 13: Elementi caratteristici dell’equazione del momento.</i>	23
<i>Fig. 14 – Profilo idraulico Clarea stato attuale</i>	25
<i>Fig. 15 – Profilo idraulico Clarea Stato di progetto</i>	27
<i>Fig. 16 – Sezione idraulica RS0</i>	32
<i>Fig. 17 – Sezione idraulica RS1</i>	33
<i>Fig. 18 – Sezione idraulica RS10</i>	34
<i>Fig. 19 – Sezione idraulica RS15</i>	36
<i>Fig. 20 – Planimetria protezione sponda</i>	38
<i>Fig. 21 – Variazione del tempo di ritorno per la verifica delle opere provvisionali in funzione della vita dell’opera (V) e del tempo di costruzione (c).</i>	40
<i>Fig. 22 – Stima della portata TR5anni con interpolazione ln_lineare Gumbel</i>	41
<i>Fig. 23 – Guado provvisorio: vista in planimetria</i>	42
<i>Fig. 24 – Sezione RS 6.9 Guado provvisorio</i>	43

1. INQUADRAMENTO IDROLOGICO/IDRAULICO

Il sito in esame è ubicato nel Comune di Chiomonte, in corrispondenza del viadotto Clarea, sul versante orografico sinistro della Dora, poco a valle dell'abitato di Chiomonte e prima del tratto inciso delle "Gorge di Susa". Il viadotto Clarea è un'opera con doppio impalcato a trave continua (salita e discesa separate) in curva e con pendenza longitudinale del 2.5% circa, di lunghezza pari a circa 600 m. Il viadotto attraversa la valle ed unisce la galleria Giaglione (ad est) e la galleria Ramat (ad Ovest).

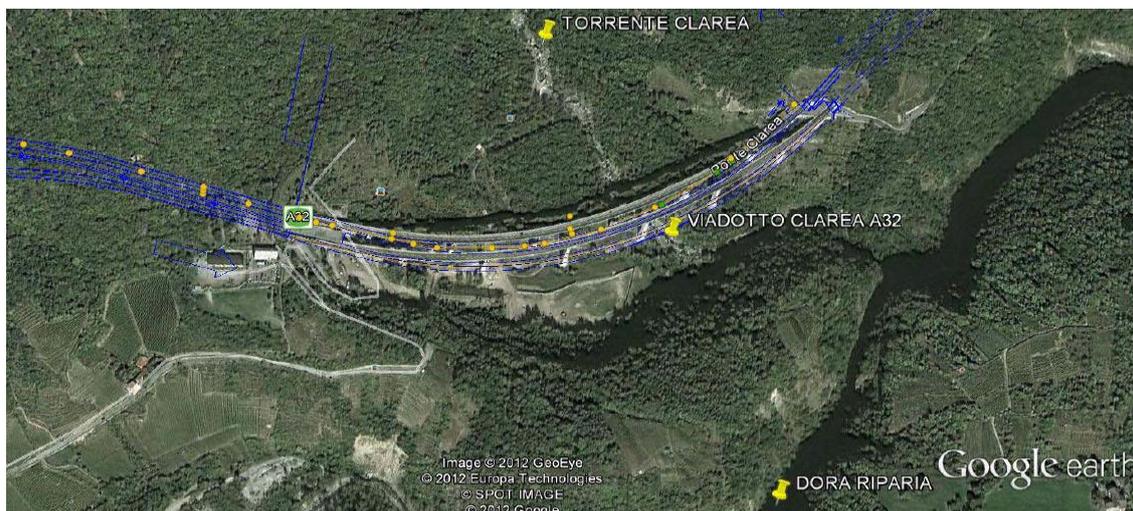


Fig. 1 – Inquadramento dell'area in esame

Il tracciato dello svincolo interessa il torrente Clarea, affluente sinistro della Dora Riparia in cui confluisce circa 400 m a valle dell'interferenza con il viadotto autostradale. La morfologia della valle in corrispondenza del viadotto ha subito numerose modifiche, sia dovute alla realizzazione delle opere stradali (con deposito di materiale) sia per la presenza del cantiere della Maddalena.

Per quanto riguarda il regime medio dei deflussi, il Clarea ha un comportamento di tipo nivopluviale caratterizzato da magre invernali, da portate massime primaverili legate allo scioglimento delle nevi ed alle ingenti precipitazioni piovose che normalmente avvengono in tale periodo; nei successivi periodi estivi ed autunnali i deflussi sono dovuti alle sole piogge, essendo il contributo delle nevi esaurito. Le massime piene si verificano normalmente in corrispondenza degli eventi pluviometrici di breve durata e forte intensità, che caratterizzano il periodo dalla tarda primavera all'inizio dell'autunno. È importante notare che in questo periodo le temperature dell'aria oltre quota 2000 mslm sono mediamente inferiori allo 0°C, pertanto è probabile che le precipitazioni meteoriche, che si verificano specialmente all'inizio e alla fine del periodo citato, siano in parte nevose (a quote superiori ai 2000 mslm) ed in parte piovose (a quote inferiori ai 2000 mslm).

Poiché la soluzione adottata per lo svincolo in progetto è caratterizzata da rampe di ingresso e di uscita in corrispondenza del Viadotto Clarea, lo studio presentato nel seguito definisce i parametri idrologici ed idraulici del Torrente Clarea con cui l'opera interferisce, le portate di piena da utilizzare per il dimensionamento degli interventi idraulici e la compatibilità idraulica di quest'ultimi.

2. NORMATIVA DI RIFERIMENTO

- Piano di Stralcio per l'Assetto Idrogeologico (PAI) – Interventi sulla rete idrografica e sui versanti – 7. Norme di Attuazione – Direttiva sulla piena di progetto da assumere per le progettazioni e le verifiche di compatibilità idraulica – 26 aprile 2001 - Autorità di Bacino del Fiume Po.
- Variante del Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico (PAI) – Fiume Dora Riparia – Legge 18 Maggio 1989, n.183, art. 17, comma 6-ter e succ. Modif. e integr. – Relazione tecnica ed allegati – Allegato alla deliberazione n.9 del 19 luglio 2007 – Autorità di Bacino del Fiume Po.
- Servizio webgis dell'Autorità di Bacino del Fiume Po – Atlante dei Piani – Parametri linee segnalatrici



Fig. 2 – AdB Po_ servizio WebGis

3. CARATTERISTICHE MORFOLOGICHE DEL TORRENTE CLAREA

La Val Clarea è uno dei bacini contribuenti al tratto medio-alto della Dora Riparia; tali bacini sono di dimensioni modeste e quello del torrente Clarea è il più esteso, con circa 30 km² di superficie alla sezione di confluenza nella Dora. Si tratta di bacini generalmente privi di reti di drenaggio significative, quindi praticamente impermeabili e caratterizzati da notevoli dislivelli.

L'area scolante qui considerata è quella del Bacino Clarea alla confluenza con la Dora Riparia, subito a valle dell'attraversamento Viadotto Clarea, le cui caratteristiche morfologiche sono riportate nella tabella sottostante, come riportato nell'Allegato 1 del PAI:

S [Km ²]	L [Km]	H_0 [msm]	H_{max} [msm]	H_{media} [msm]	i_{asta}
30,6	12	600	3240	2133	0.46

Tab. 1 – Caratteristiche Morfologiche Bacino Torrente Clarea

Dove:

- S superficie del bacino [km²]
- L lunghezza del percorso idraulicamente più lungo del bacino [km]
- H altitudine della sezione di chiusura [msm]
- H_{media} altitudine media del bacino [msm]
- H_{max} altitudine massima del bacino [mm]
- i_{asta} pendenza media dell'asta del bacino]

4. PLUVIOMETRIA DELL'AREA IN ESAME

Al fine di determinare il valore delle portate con cui verificare le opere in progetto ed impostare gli interventi di sistemazione si è reso necessario determinare il regime pluviometrico intenso della zona.

La previsione quantitativa delle piogge intense in un determinato punto è stata effettuata attraverso l'utilizzo della curva di probabilità pluviometrica, cioè della relazione che lega l'altezza di precipitazione alla sua durata, per un assegnato tempo di ritorno, secondo la legge:

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

Dove:

$h(t)$ altezza di precipitazione, misurata in mm, che esprime l'altezza d'acqua caduta al suolo su una superficie orizzontale ed impermeabile, in un certo intervallo di tempo **t** ;

a e n coefficienti adimensionali relativi alla curva di probabilità pluviometrica.

Al fine di ricostruire il regime pluviometrico della zona ed i relativi parametri descrittivi si sono utilizzati due strumenti messi a disposizione dall'Autorità di Bacino del Fiume PO:

- Valori dei parametri **a** ed **n** riportati nella Tabella 1 del Piano di Stralancio per l'Assetto Idrogeologico (PAI) – Interventi sulla rete idrografica e sui versanti – 7. Norme di Attuazione – Direttiva sulla piena di progetto da assumere per le progettazioni e le verifiche di compatibilità idraulica – 26 aprile 2001, di seguito definiti “valori PAI”
- Valori dei parametri **a** ed **n** riportati nel Servizio webgis dell'Autorità di Bacino del Fiume Po – Atlante dei Piani – Parametri linee segnalatrici, di seguito definiti “valori Gis”.

I dati dei parametri idrologici e di precipitazione stimati dall'Autorità di Bacino del Fiume Po fanno riferimento alla stazione di misura installata nel Comune di Chiomonte, quindi rappresentano ottimamente le caratteristiche dell'area oggetto dello studio.

4.1 Valori PAI

Per definire i parametri **a** e **n** , l'Autorità di Bacino utilizza le serie storiche delle precipitazioni intense riportate negli Annali Idrologici del Servizio Idrografico e Mareografico Italiano (Parte I, tabella III) relative ai massimi annuali delle precipitazioni della durata di 1, 3, 6, 12 e 24 ore consecutive.

L'intervallo di durata tra 1 e 24 ore rappresenta il campo entro cui sono da ricercare le durate critiche per la maggior parte dei corsi d'acqua, per i quali la stima della portata di piena può essere effettuata tramite l'utilizzo delle curva di probabilità pluviometrica. Inoltre, l'Autorità di bacino ha definito una distribuzione spaziale delle piogge intense nei punti privi di misure dirette mediante un'interpolazione spaziale con il metodo di Kriging dei parametri **a** e **n** delle linee segnalatrici, discretizzate in base ad un reticolo di 2 km di lato.

Le curve così elaborate consentono il calcolo della curva di probabilità pluviometrica in ciascun punto del bacino, a meno dell'approssimazione derivante dalla risoluzione spaziale della griglia di discretizzazione, per tempi di ritorno di 20, 100, 200 e 500 anni.

I valori pubblicati dall’Autorità di Bacino forniscono un riferimento per le esigenze connesse a progettazioni che, per mancanza di misure dirette (pluviometri sul bacino), non possano svolgere direttamente valutazioni idrologiche più approfondite a scala locale.

In particolare, nella tabella seguente si riportano i valori di a e n ottenuti con la metodologia precedentemente descritta, relativi alla stazione 1377 di Chiomonte.

<i>Tempo di ritorno [anni]</i>	<i>a</i>	<i>n</i>
20	22.71	0.611
100	28.57	0.622
200	31.07	0.626
500	34.36	0.629

Tab. 2 – Parametri curva di probabilità pluviometrica riportati in Tabella 1 del PAI

4.2 Valori GIS

Un ulteriore strumento messo a disposizione dall’Autorità di Bacino del Fiume Po per la determinazione delle caratteristiche pluviometriche di una zona è quello del sistema informatizzato presente all’interno del Sito web dell’Autorità e denominato Atlante dei Piani.

Grazie ad una regionalizzazione dei parametri è possibile conoscere il valore di a ed n per qualsiasi punto presente all’interno del bacino idrografico del Fiume Po, come illustrato in figura Fig. 3.

The screenshot displays the 'Atlante dei Piani' web application. At the top, the logo of the 'Autorità di bacino del fiume Po' is visible, along with the text 'Bacino di rilievo nazionale' and a link to the information portal. The main interface features a map of a river basin with labels for 'GAGLIONE', 'PIEMONTE', and 'CHIOMONTE'. A legend on the left lists various layers, with 'Limite fascia C' highlighted in red. The top navigation bar includes the text 'Atlante dei Piani'. The right side of the interface contains a 'Riferimento' map of Italy and a 'Strumenti' panel with various map controls like zoom and pan.

Fig. 3 – Esempio di selezione dei parametri pluviometrici sul sito web dell’AdB Po, sezione Atlante dei Piani

corsi_acqua							
CODICESIBA	NOMECORSOA	ORDINE	TIPO	KM	LIVELLOCAR	CONFASCEFL	Documenti
001033024	VAL CIAURA	3		7.796	Idrografia 2	f	Mostra gli oggetti correlati

Comuni_Bacino						
ISTAT2001	COMUNE	NOME_PROV	NOME_REG	ISTAT95	AREA_KM2	Documenti
01001080	CHIOMONTE	TORINO	PIEMONTE	01001080	26.24	Mostra gli oggetti correlati

Regioni_Bacino			
ISTAT_REG	AREA_KM2	NOMEREGION	Documenti
01	25344.01	PIEMONTE	Mostra gli oggetti correlati

Linee Segnalatrici																	
DESCRIPTIO	COL_NAME	ROW_NAME	ID	ESTUTM	NORDUTM	AG_10	NG_10	AG_20	NG_20	AG_50	NG_50	AG_100	NG_100	AG_200	NG_200	AG_500	NG_500
V101	V	101	13822	343000.00000	4999000.00000	21.18230	0.55268	23.98810	0.55345	27.62520	0.55575	30.34930	0.55689	33.06340	0.55854	36.63860	0.55910

1-BacinoFiumePo	
NOMEBACINO	AREA_KM2
Po	74144.83

Fig. 4 – Tabella dei parametri pluviometrici sul sito web dell'AdB Po in corrispondenza del comune di Chiomonte, sezione Atlante dei Piani

Si riportano di seguito in tabella Tab. 3, i valori di a ed n restituiti dal Web Gis per la zona di interesse:

<i>Tempo di ritorno [anni]</i>	<i>a</i>	<i>n</i>
10	21.1823	0.5527
20	23.9881	0.5534
50	27.6252	0.5558
100	30.3493	0.5570
200	33.0634	0.5585
500	36.6386	0.5591

Tab. 3 – Parametri curva di probabilità pluviometrica riportati sul sito web dell'AdB Po

4.3 Risultati

Essendo il tempo di corrvazione del bacino afferente al sito in esame pari a 1.03 ore (vedi par. 5.1.), i risultati relativi al calcolo dell'altezza di precipitazione h utilizzando entrambi gli strumenti analizzati, sono riportati in tabella Tab. 4 per i diversi tempi di ritorno.

<i>Tempo di Ritorno</i>	<i>a</i>		<i>n</i>		<i>h [mm]</i>	
	<i>PAI</i>	<i>GIS</i>	<i>PAI</i>	<i>GIS</i>	<i>PAI</i>	<i>GIS</i>
10	-	21.1823	-	0.5527	-	21.53
20	22.7200	23.9881	0.6110	0.5534	25.14	24.39
50	-	27.6252	-	0.5558	-	28.08
100	28.5700	30.3493	0.6220	0.5570	29.10	30.85
200	31.0700	33.0634	0.6260	0.5585	31.65	33.62
500	34.3600	36.6386	0.6290	0.5591	35.01	37.25

Tab. 4 – Valori di precipitazione intensa

Ai fini del calcolo delle portate di progetto si adottano i valori calcolati con i parametri suggeriti dal sito web dell'Autorità di Bacino, essendo conservativi.

5. PORTATE DI PROGETTO

Nel presente capitolo viene illustrata la metodologia utilizzata per determinare le portate del torrente Clarea afferenti all'area di progetto.

Poiché il bacino idrografico del Torrente Clarea è di dimensioni modeste alla sezione di chiusura (30.6 Km²) si ritiene corretto e cautelativo l'adozione del metodo razionale (consigliato per aree di bacino comprese fra 20 Km² e 50 Km²), che porta alla determinazione sintetica, per assegnato tempo di ritorno, del valore di picco della portata di piena con la quale dimensionare le opere di progetto.

Tale metodo è basato sull'ipotesi che la portata massima in un bacino dovuto a precipitazioni di intensità costante nel tempo abbia per eventi di durata pari al tempo di corrivazione t_c del bacino stesso e si verifichi dopo il tempo t_c dall'inizio del fenomeno.

Il calcolo della portata al colmo risulta dall'applicazione della formula:

$$Q = \frac{c * h * S}{3.6 * t_c} \text{ [m}^3\text{/s]}$$

Dove:

- c*** coefficiente di deflusso valutato nel sotto capitolo successivo
- h*** altezza massima di precipitazione per una durata pari al tempo di corrivazione del bacino [mm]
- S*** superficie del bacino [km²]
- t_c*** valore medio del tempo di corrivazione del bacino [ore]

Nei paragrafi seguenti si analizzano le componenti che portano alla definizione delle portate di progetto.

5.1 Tempi di corrivazione

Il tempo di corrivazione del bacino è normalmente calcolato con formule empiriche raccomandate dalla direttiva PAI sulla piena di progetto da assumere per le progettazioni e le verifiche di compatibilità idrauliche; tra esse la più nota è la formula di Giandotti (1934, 1937):

$$t_c = \frac{4\sqrt{A} + 1.5L}{0.8\sqrt{H_m - H_0}} \text{ [ore]}$$

dove:

L lunghezza del percorso idraulicamente più lungo del bacino pari a circa 12 km,

H_m altitudine media del bacino pari a 2133 msm

H_0 altitudine della sezione di chiusura pari a 600 msm

Altre formule empiriche molto utilizzate per bacini di dimensioni ridotte sono le seguenti:

Ventura (1905): $t_c = 0.127 \sqrt{\frac{A}{p}}$ $p =$ pendenza media pari a 0.46 m/m

Pezzoli (1970) $t_c = 0.055 \frac{L}{\sqrt{p}}$

Puglisi (1978) $t_c = 6L^{\frac{2}{3}}(H_{\max} - H_0)^{-\frac{1}{3}}$

Quando siano noti gli elementi della rete idrografica del bacino che consentono la stima di un valore medio delle velocità della corrente nell'alveo, il tempo di corrivazione può essere stimato dividendo il percorso più lungo della rete per il valore calcolato della velocità. (Viparelli).

Si sono quindi determinati i valori del tempo di corrivazione corrispondente alle varie formulazioni sopra citate, assumendo, per le successive verifiche, il valore basato sulla formula di Ventura, essendo ritenuta la più significativa per bacini di modeste dimensioni come quello del Torrente Clarea.

<i>Giandotti</i>	<i>Ventura</i>	<i>Pezzoli</i>	<i>Puglisi</i>	<i>t_c assunto</i>
ore	ore	ore	ore	ore
1.307	1.030	0.968	2.293	1.030

5.2 Coefficiente di deflusso

La stima del valore del coefficiente di deflusso c costituisce il maggiore elemento di incertezza nella valutazione della portata, il quale viene generalmente valutato sulla base della letteratura scientifica, oltre che sull'esperienza.

Nel caso in esame si adotta la classificazione raccomandata dal PAI, come riportato nella tabella sottostante.

Coefficienti di deflusso raccomandati da *American Society of Civil Engineers* e da *Pollution Control Federation*, con riferimento prevalente ai bacini urbani

Caratteristiche del bacino	c
Superfici pavimentate o impermeabili (strade, aree coperte, ecc.)	0,70 – 0,95
Suoli sabbiosi a debole pendenza (2%)	0,05 – 0,10
Suoli sabbiosi a pendenza media (2 - 7%)	0,10 – 0,15
Suoli sabbiosi a pendenza elevata (7%)	0,15 – 0,20
Suoli argillosi a debole pendenza (2%)	0,13 – 0,17
Suoli argillosi a pendenza media (2 - 7%)	0,18 – 0,22
Suoli argillosi a pendenza elevata (7%)	0,25 – 0,35

Coefficienti di deflusso raccomandati da *Handbook of Applied Hydrology*, Ven Te Chow, 1964

Tipo di suolo	c	
	Uso del suolo	
	Coltivato	Bosco
Suolo con infiltrazione elevata, normalmente sabbioso o ghiaioso	0,20	0,10
Suolo con infiltrazione media, senza lenti argillose; suoli limosi e simili	0,40	0,30
Suolo con infiltrazione bassa, suoli argillosi e suoli con lenti argillose vicine alla superficie, strati di suolo sottile al di sopra di roccia impermeabile	0,50	0,40

Tab. 5 – Coefficienti di deflusso raccomandati dal PAI

Essendo il suolo del bacino in parte boschivo ed in parte coltivato, cautelativamente si assume un coefficiente di deflusso pari a 0.60, considerando anche l'impermeabilità dei bacini di questa regione.

5.3 Risultati

Applicando le equazioni precedentemente descritte si riportano di seguito i valori delle portate ottenute:

Portate		
Tempo di ritorno	Q[m3/s]	
	PAI	GIS
10		106.61
20	114.54	120.73
50		139.04
100	144.08	152.76
200	156.71	166.43
500	173.32	184.43

Tab. 6 – Tabella delle Portate

6. COMPATIBILITA' IDRAULICA

Le verifiche di compatibilità idraulica sono svolte secondo le indicazioni presenti nella direttiva approvata con delibera del Comitato Istituzionale n. 2 dell'11aggio 1999 – aggiornata con delibera n. 10 del Comitato istituzionale del 5 aprile 2006 “Direttiva contenente i criteri per la valutazione della compatibilità idraulica” del PAI dell'AdB PO.

6.1 Criteri di valutazione della compatibilità

I criteri di compatibilità definiti all'art.38 delle “Norme di attuazione del Piano stralcio per l'Assetto Idrogeologico” prescrivono che gli interventi: *“non modifichino i fenomeni idraulici naturali e le caratteristiche di particolare rilevanza naturale dell'ecosistema fluviale che possono aver luogo nelle fasce, che non costituiscano significativo ostacolo al deflusso e non limitino in modo significativo la capacità di invaso, e che non concorrano ad incrementare il carico insediativo”*. Tale indicazione rappresenta l'elemento principale per la valutazione di compatibilità, nell'ambito della quale devono essere presi in considerazione i singoli effetti dell'opera sull'assetto del tronco di corso d'acqua interessato.

Lo studio di compatibilità idraulica, i cui contenuti sono dettagliati ai punti successivi (par. 6.2), deve identificare e quantificare gli effetti dell'intervento in progetto sul corso d'acqua rispetto alle condizioni fisiche e idrologiche precedenti alla realizzazione dello stesso.

Gli effetti principali da considerare sono i seguenti:

- *E.1. Modifiche indotte sul profilo inviluppo di piena,*
- *E.2. Riduzione della capacità di invaso dell'alveo,*
- *E.3. Interazioni con le opere di difesa idrauliche (opere di sponda e argini) esistenti,*
- *E.4. Opere idrauliche in progetto nell'ambito dell'intervento,*
- *E.5. Modifiche indotte sull'assetto morfologico planimetrico e altimetrico dell'alveo di inciso e di piena,*
- *E.6. Modifiche indotte sulle caratteristiche naturali e paesaggistiche della regione fluviale,*
- *E.7. Condizioni di sicurezza dell'intervento rispetto alla piena.*

6.2 Contenuti dello studio di compatibilità

Obiettivo dello studio è la stima degli effetti prodotti dall'intervento in progetto nei confronti delle condizioni idrauliche attuali del tratto di corso d'acqua interessato e delle condizioni di progetto dello stesso nel caso siano diverse da quelle attuali.

Lo studio si compone dei seguenti punti, che costituiscono la caratterizzazione conoscitiva del sistema fluviale e la valutazione degli effetti ascrivibili al progetto di intervento:

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

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

Nel seguito si descrivono in maniera qualitativa sia lo stato attuale che di progetto, dando indicazione delle possibili influenze delle soluzioni proposte sulle condizioni idrauliche attuali del Torrente Clarea.

6.3 Inquadramento geomorfologico alveo clarea

Il Clarea è un fiume di tipo meandriforme che scorre in modo trasversale al tracciato dell'autostrada.

La zona dell'intervento di progetto è stata profondamente modificata dalla presenza antropica; l'area è interessata dal viadotto autostradale Clarea, che taglia in senso trasversale la valle con imponenti pile poste sia in destra che in sinistra idrografica del Torrente Clarea, e, ad oggi, dal Cantiere la Maddalena, posto in destra idrografica, per la realizzazione del Cunicolo Esplorativo dell'Alta Velocità Torino Lione.



Fig. 5 – Viadotto clarea visto dalla Val Clarea (prima della realizzazione del cantiere la Maddalena)

Le principali caratteristiche morfologiche del torrente nella zona di intervento possono riassumersi come segue:

- | | |
|---------------------------------------|-------------------------------------|
| • Larghezza media dell'alveo | 5-6m |
| • Pendenza media dell'alveo: | 10% |
| • Altezza media degli argini naturali | 2.5 metri rispetto fondo alveo |
| • Coeff. di scabrezza si Strickler | $20 \text{ m}^{1/3} \text{ s}^{-1}$ |
| • Coeff di scabrezza di manning | $0.050 \text{ m}^{-1/3} \text{ s}$ |

6.4 Descrizione opere in progetto

In figura si riporta uno schema illustrativo dello svincolo in esame.

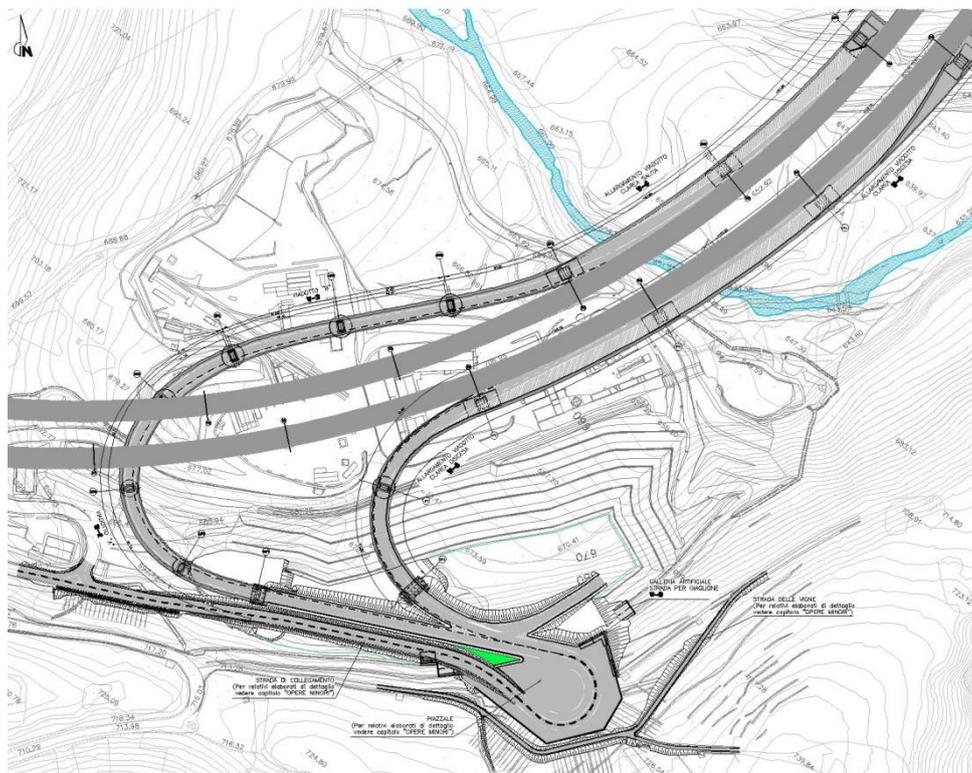


Fig. 6 – Nuovo Svincolo sulla A32

L'intervento prevede il distacco della corsia di immissione in direzione Torino all'altezza della 2° campata, mentre per la rampa in uscita da Torino il distacco avviene in corrispondenza della 3° campata. Entrambe le rampe prevedono la realizzazione di pile a cavallo del torrente Clarea, in particolare si tratta delle pile IP3 e IP4 per la rampa in ingresso verso Torino e delle pile UP7 e UP8 per la rampa in uscita.

Si osserva che le nuove pile sono previste in affiancamento alle esistenti pile della A32, in particolare le pile IP3 e IP4, in corrispondenza delle pile esistenti P10 e P11, e le pile UP7 e UP8, in corrispondenza delle pile esistenti P4 e P5.

Le pile esistenti del viadotto Clarea sono mostrate in figura 7 da ambo le sponde dell'alveo.



Fig. 7 – Pile esistenti viadotto Clarea

6.5 Manufatti interferenti con l'alveo

I principali manufatti interferenti con il torrente Clarea sono rappresentati da solamente dalle pile del viadotto (nuove ed esistenti) in fase definitiva.

Il ponte Bailey previsto per garantire l'accessibilità alla sinistra orografica per tutta la durata del cantiere è concepito e progettato in modo tale da non apportare alcuna modificazione e interferenza al torrente Clarea.

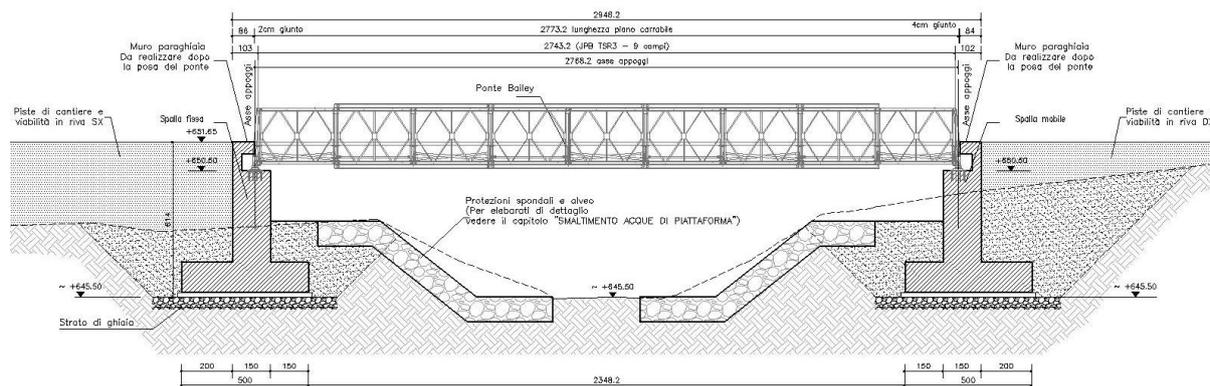


Fig. 8 – Opere provvisorie – Ponte Bailey

6.6 Opere di difesa idraulica esistenti

Come si evince dalle foto in corrispondenza della zona di intervento, in sponda destra è già presente una scogliera in massi di cava a protezione delle pile esistenti del Viadotto Clarea; tale opera si estende per circa 95 m a monte e per 5m a valle della pila P10 dell'attuale viadotto autostradale.

In figura 9 si riporta una panoramica in corrispondenza della pila P10.



Fig. 9 – Opere di difesa spondale

Nella seguente Fig. 10 si osserva la pila P10 esistente e la protezione spondale già esistente nel tratto corrispondente ad essa.



Fig. 10 – Pila P10 in destra idraulica

7. MODELLAZIONE IDRAULICA

Ai fini della modellazione idraulica, si considerano le condizioni di calcolo di moto permanente, per poter considerare la variazione graduale delle sezioni d'alveo e la presenza di manufatti, restringimenti e rapide variazioni di sezione.

Il modello sviluppato comprende un tratto di lunghezza pari a circa 345 m avente pendenza media dell'alveo di circa 8.63%, con partenza da circa 200 m a monte dell'interferenza con il viadotto Clarea e fine poco a monte della confluenza con la Dora Riparia. Ai fini della costruzione del modello, lungo il tratto indagato sono state tracciate 31 sezioni idrauliche ad una distanza media di circa 10 m l'una dall'altra, sulla base del rilievo topografico fornito.

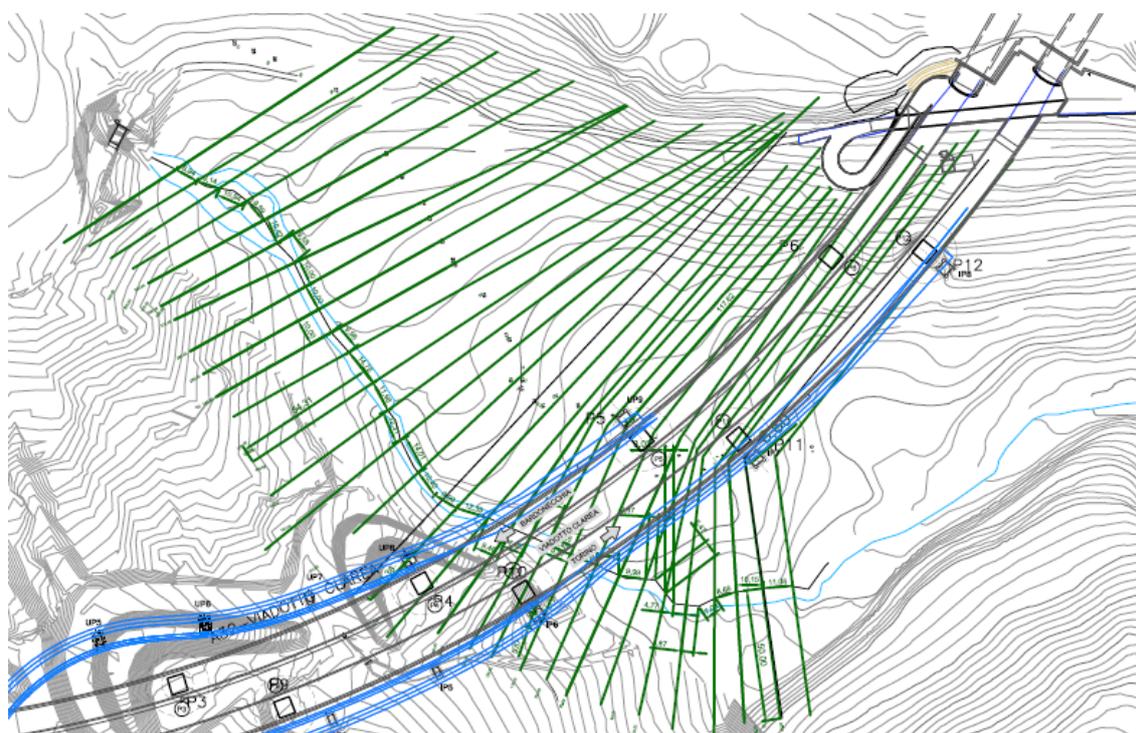


Fig. 11 – Planimetria area con sezioni

7.1 Modellazione idraulica: codice di calcolo

Le verifiche idrauliche sono state svolte mediante il codice di calcolo HEC-RAS del U.S. Army Corps of Engineers, che consente di determinare il profilo idraulico, lungo un determinato tratto fluviale o canale artificiale, in condizioni di moto stazionario e gradualmente variato; possono essere analizzate condizioni di moto subcritiche, condizioni di moto critiche e condizioni di regime misto. Il codice di calcolo permette di descrivere in maniera dettagliata la geometria delle singole sezioni idrauliche, tenendo conto di scabrezze differenti non solo in diversi tratti del corso d'acqua, ma anche all'interno della stessa sezione, ad esempio per differenziare le zone golenali e il canale principale. Tale codice consente di modellare l'andamento meandriforme di un corso d'acqua, pur rimanendo in ambito monodimensionale, indicando differenti lunghezze del tratto che separa due sezioni adiacenti per la golenale in sponda sinistra, la golenale in sponda destra ed il canale principale.

Le ipotesi alla base del codice di calcolo sono:

- il moto della corrente è permanente e gradualmente variato;

- il deflusso della corrente è monodimensionale: le componenti della velocità nelle direzioni diverse da quella principale della corrente non vengono considerate; le equazioni utilizzate assumono che il carico totale è lo stesso per tutti i punti appartenenti ad una generica sezione;
- la pendenza del fondo alveo è limitata (inferiore a 1:10);
- la cadente è assunta costante tra due sezioni adiacenti;
- la geometria delle sezioni idrauliche è fissa.

Il programma di calcolo opera integrando le equazioni generali del moto secondo il metodo denominato nella letteratura anglosassone “Standard Step Method”. Il processo di calcolo si sviluppa a seconda delle caratteristiche della corrente, lenta o veloce, dalla sezione estrema di valle o dalla sezione estrema di monte, dove vengono assegnate dall’utente le condizioni al contorno, e procede verso l’altro estremo.

L’equazione differenziale fondamentale del moto permanente, viene risolta nella seguente forma:

$$H_2 + \frac{\alpha_2 v_2^2}{2g} = H_1 + \frac{\alpha_1 v_1^2}{2g} + \Delta E \quad (7.1)$$

dove (vedi Figura 12):

H_1, H_2 quote assolute della superficie della corrente alle sezioni 1 e 2;
 v_1, v_2 velocità medie della corrente (portata totale/area totale bagnata);
 C_1, C_2 coefficienti di ragguglio della potenza cinetica (coefficienti di Coriolis);
 ΔE rappresenta la perdita di carico tra le sezioni 2 e 1.

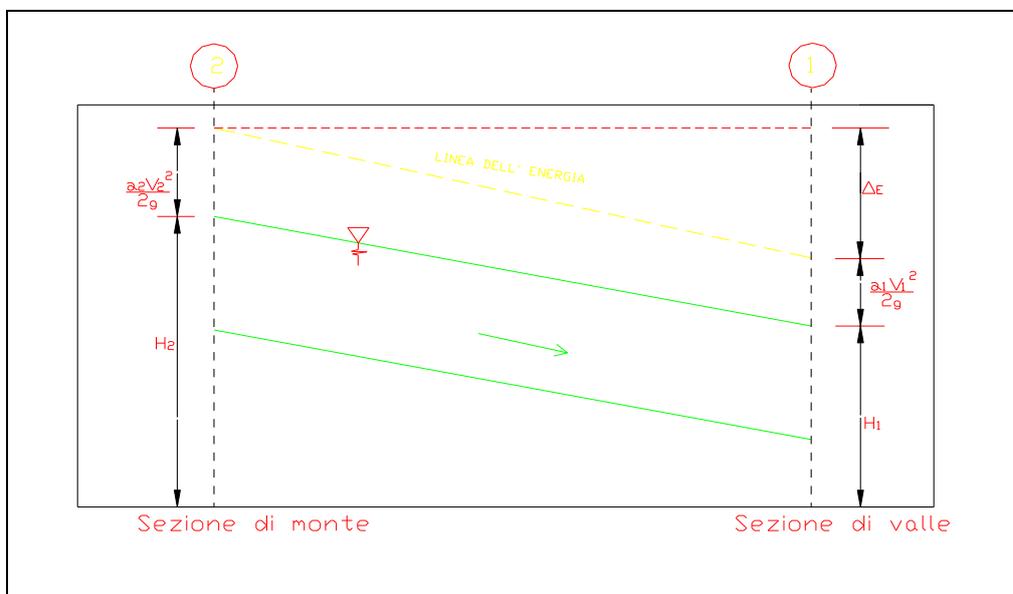


Figura 12: Grandezze presenti nell'equazione dell'energia.

La perdita di carico tra due sezioni è data dalla somma delle perdite distribuite lungo il tratto d'alveo compreso tra le due sezioni e le eventuali perdite dovute alla contrazione o alla espansione della corrente. L'espressione che permette il calcolo della perdita di carico risulta:

$$\Delta E = L \cdot J + C \cdot \left| \frac{\alpha_2 v_2^2}{2g} - \frac{\alpha_1 v_1^2}{2g} \right| \quad (7.2)$$

dove:

- L lunghezza del tratto d'alveo in esame;
 J cadente piezometrica;
 C coefficiente che tiene conto dei fenomeni di contrazione ed espansione della corrente.

La distanza L tra due successive sezioni viene valutata con la seguente espressione:

$$L = \frac{L_{gs} Q_{qs} + L_c Q_c + L_{gd} Q_{qd}}{Q_{qs} + Q_c + Q_{qd}} \quad (7.3)$$

dove:

- L_{gs} , L_{gd} , L_c distanza percorsa dalla corrente rispettivamente in golena sinistra, destra e nel canale principale;
 Q_{gs} , Q_{gd} , Q_c portate rispettivamente defluite alla sezione terminale in golena sinistra, destra e nel canale principale.

La cadente piezometrica può essere ricavata attraverso la seguente espressione:

$$J = \left(\frac{Q_1 + Q_2}{k_1 + k_2} \right)^2 \quad (7.4)$$

essendo:

- Q_1 , Q_2 portata transitata rispettivamente alla sezione 1 e alla sezione 2;
 k_1 , k_2 capacità di deflusso (conveyance) totale rispettivamente associata alla sezione 1 e alla sezione 2.

La capacità di deflusso è calcolabile attraverso la seguente espressione:

$$k = \frac{1}{n} AR^{2/3} \quad (7.5)$$

essendo:

- n coefficiente di Manning;
 A area bagnata;
 R raggio idraulico.

La capacità di deflusso complessiva di una determinata sezione è data dalla somma delle capacità di deflusso delle due golene e del canale principale. Ciascuna parte con cui si è idealmente suddivisa la sezione idraulica è infatti caratterizzata, una volta noto o ipotizzato il tirante idrico, da una determinata area bagnata e raggio idraulico; da qui la possibilità di

applicare la (7.5) per calcolare la capacità di deflusso per la golena in sponda destra, sinistra e per il canale principale.

Il coefficiente di ragguaglio della potenza cinetica (coefficiente di Coriolis) viene calcolato attraverso la seguente espressione:

$$\alpha = \left(\frac{k_{gs}^3}{A_{gs}^2} + \frac{k_c^3}{A_c^2} + \frac{k_{gd}^3}{A_{gd}^2} \right) \frac{A_t^2}{k_t^3} \quad (7.1)$$

dove:

A_t, A_{gs}, A_{gd}, A_c rispettivamente area totale bagnata della sezione, area bagnata in golena destra, in golena sinistra e nel canale principale;

k_t, k_{gs}, k_{gd}, k_c rispettivamente capacità di deflusso della sezione nel suo complesso, per la golena sinistra, la golena destra e per il canale principale.

Il coefficiente C viene introdotto per tenere conto delle perdite energetiche dovute ai fenomeni di espansione o di contrazione della corrente. Esso viene definito dall'utente, sezione per sezione, in funzione delle caratteristiche del fenomeno di transizione. I valori tipici di tale coefficiente vengono indicati in tabella 7.

Descrizione	Coefficiente di contrazione	Coefficiente di espansione
Nessuna perdita per contrazione o espansione	0.0	0.0
Transizione graduale	0.1	0.3
Ponti	0.3	0.5
Transizioni molto brusche	0.6	0.8

Tab. 7 – Valori tipici del coefficiente C .

La risoluzione delle equazioni (7.1) e (7.2) attraverso un procedimento iterativo permette di determinare l'andamento del profilo idrico in moto permanente una volta assegnate le caratteristiche geometriche e fisiche dell'alveo e le condizioni ai limiti del problema. Il processo di risoluzione è volto essenzialmente ad individuare il tirante idrico (nella sezione in cui esso non risulta già noto o calcolato in precedenza) che permette di verificare il bilancio energetico espresso dalla (7.1), a meno di una tolleranza prefissata e ritenuta soddisfacente dall'utente. Per i dettagli computazionali si rinvia alla documentazione del codice di calcolo.

Nei casi in cui si verifica il passaggio attraverso lo stato critico, l'equazione dell'energia (7.1) non può essere applicata in quanto la transizione tra moto subcritico e moto supercritico e viceversa non rispetta le ipotesi di moto gradualmente variato. Ciò può, ad esempio, verificarsi in seguito a significativi cambi di pendenza o alla presenza di forti restringimenti della sezione idraulica. In questi casi il codice di calcolo permette di risolvere il problema utilizzando o delle formule empiriche oppure l'equazione del momento.

In particolare l'equazione del momento può essere applicata, nel codice di calcolo HEC-RAS, in tre differenti situazioni:

- presenza di un risalto idraulico;
- condizioni di deflusso attraverso un ponte senza che si generi un processo di moto in pressione;

- immissione di una corrente in un'altra corrente.

Rimandando per i dettagli alla letteratura specializzata, si riporta in questa sede l'equazione del momento applicata ad una determinata massa d'acqua compresa tra due sezioni distinte 1 e 2:

$$P_1 - P_2 + W_x - F_f = Q \cdot \rho \cdot \Delta V_x \quad (7.2)$$

dove (vedi Figura 13):

- P_i forza legata alla pressione idrostatica agente sulle sezioni 1 e 2;
 W_x forza peso proiettata nella direzione del moto;
 F_f forza legata agli attriti;
 Q portata;
 ρ densità dell'acqua;
 ΔV_x variazione di velocità nella direzione del moto.

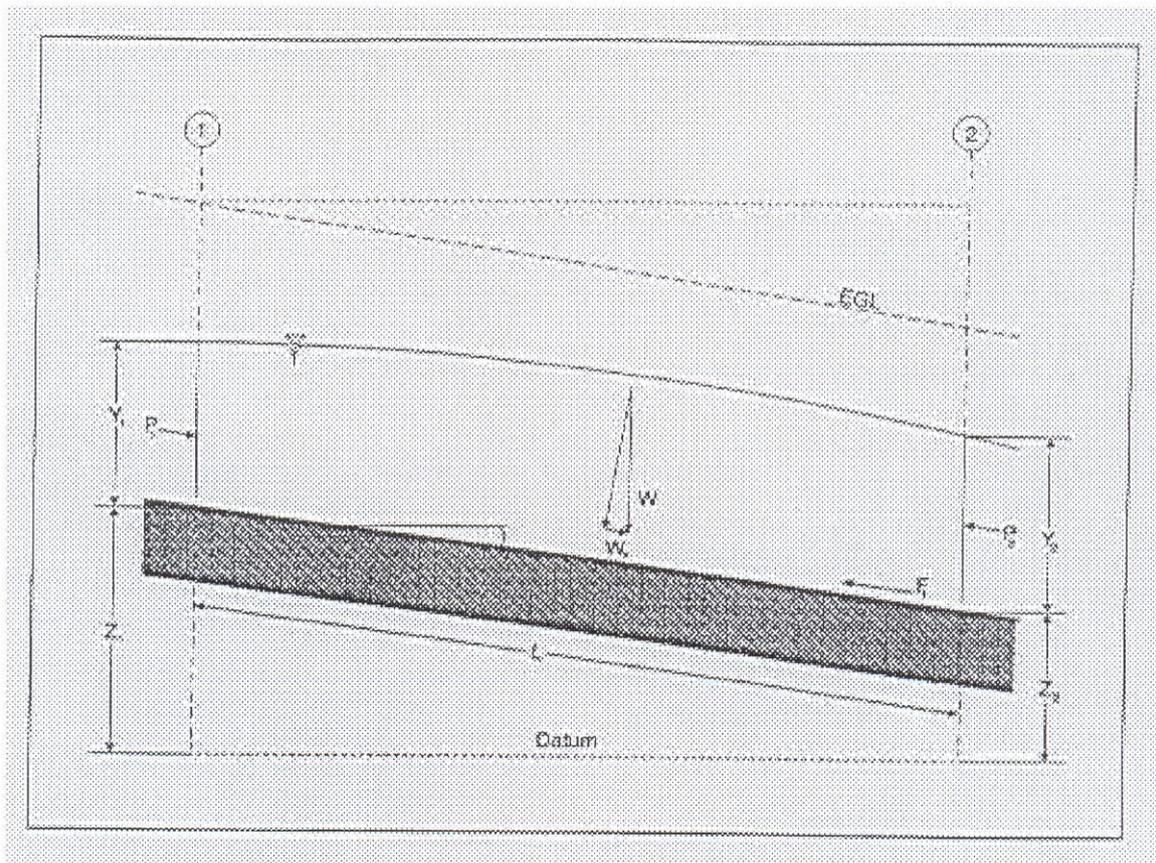


Figura 13: Elementi caratteristici dell'equazione del momento.

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

- River Sta = codice della sezione di elaborazione; la numerazione procede in ordine decrescente da monte a valle
- Qtotal = portata di calcolo

- Min Ch El = quota di fondo alveo
- W.S. Elev. = altezza idrometrica calcolata
- E.G. Slope = pendenza motrice
- Vel Chnl = velocità di deflusso
- Froude # Chl = numero di Froude della corrente
- Area = sezione interessata dal deflusso
- Top Width = larghezza pelo libero in sommità
- Lenght Chnl = distanza tra le sezioni.

7.2 Ipotesi di calcolo

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

- Geometria delle sezioni e pendenza sono state ricostruite sulla base del rilievo topografico disponibile
- Portata al colmo costante in tutto il tratto pari ai valori sopra riportati nel capitolo 5.1.3. La portata adottata è quella con TR 200 anni come richiesto da normativa.
- L'altezza critica è posta come condizione iniziale nelle sezioni di monte e di valle.
- Coefficienti di scabrezza (n° di Manning) risulta variabile da $0.05 \text{ s.m}^{-1/3}$, per il canale centrale, a $0.04 \text{ s.m}^{-1/3}$ in golena e $0.035 \text{ s.m}^{-1/3}$ in sponda destra (scogliera). I valori adottati in tutti i casi previsti sono sempre cautelativi.

7.3 Risultati del modello e definizione dei livelli

7.3.1 Stato attuale

Di seguito sono riportati per il torrente Clarea il profilo idraulico risultante e le tabelle rappresentanti i risultati numerici delle simulazioni (tempo di ritorno TR200 anni) in cui sono indicati i risultati idraulici (altezza idrica, area bagnata, n° di Froude,...) e le componenti di sforzo tangenziali.

Nella prima tabella sono evidenziate le sezioni interessate dalle pile esistenti.

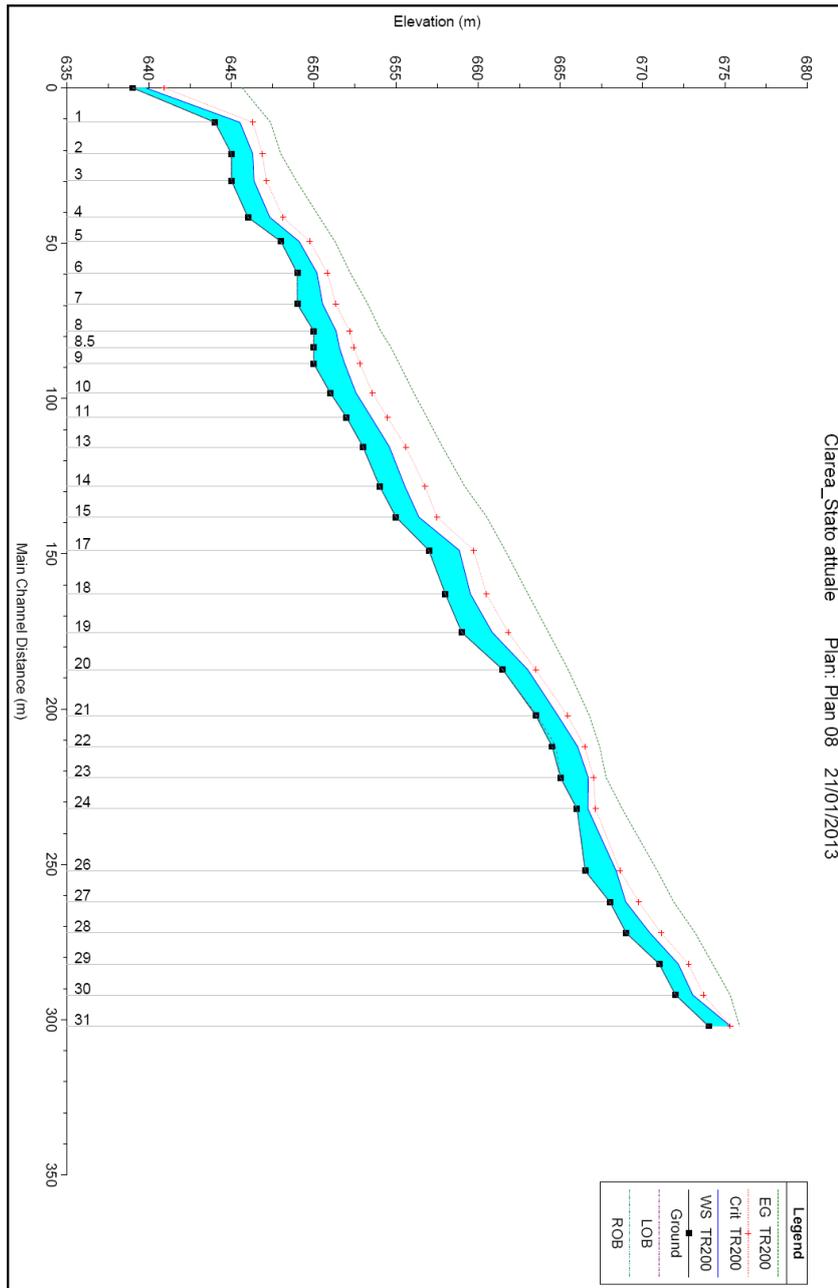


Fig. 14 – Profilo idraulico Clarea stato attuale

HEC-RAS Plan: Plan 07 River: 6 Reach: 6 Profile: TR200

Reach	River Sta	Min Ch El (m)	W.S. Elev (m)	Crit W.S. (m)	E.G. Elev (m)	E.G. Slope (m/m)	Vel Chnl (m/s)	Flow Area (m ²)	Top Width (m)	Froude # Chl
6	31	674.00	675.34	675.34	675.88	0.019437	3.38	51.18	47.18	0.93
6	30	672.00	673.04	673.70	675.32	0.113910	6.94	25.11	31.47	2.17
6	29	671.00	672.16	672.79	674.25	0.090216	6.64	26.19	29.82	1.97
6	28	669.00	670.44	671.12	673.19	0.110149	8.48	23.62	32.76	2.25
6	27	668.00	668.97	669.76	671.88	0.153879	7.69	22.14	25.43	2.49
6	26	666.50	668.38	668.62	670.88	0.056289	7.24	24.05	19.41	1.68
6	24	666.00	666.66	667.13	668.75	0.228162	7.26	26.52	66.01	2.85
6	23	665.00	666.69	667.01	667.78	0.031661	5.05	36.32	33.35	1.24
6	22	664.50	666.04	666.47	667.38	0.044147	5.46	33.04	32.31	1.43
6	21	663.50	664.84	665.43	666.76	0.075596	6.61	27.59	31.26	1.84
6	20	661.50	663.02	663.50	665.47	0.092285	8.02	24.41	29.26	2.08
6	19	659.00	660.85	661.83	664.28	0.090961	9.11	20.46	17.81	2.13
6	18	658.00	659.52	660.50	663.03	0.110329	8.80	20.27	18.14	2.27
6	17	657.00	658.85	659.73	661.64	0.065752	7.73	22.83	16.54	1.81
6	15	655.00	656.39	657.49	660.52	0.138899	9.29	18.67	16.49	2.51
6	14	654.00	655.54	656.76	659.18	0.104877	8.64	19.99	14.86	2.22
6	13	653.00	654.60	655.60	657.83	0.090455	8.24	21.13	15.60	2.08
6	11	652.00	653.50	654.49	656.89	0.103878	8.46	20.62	16.65	2.20
6	10	651.00	652.57	653.56	656.08	0.096454	8.39	20.18	17.05	2.14
6	9	650.00	651.88	652.82	655.20	0.080008	8.63	20.90	18.05	2.01
6	8.5	650.00	651.56	652.43	654.69	0.093957	8.25	21.55	19.97	2.11
6	8	650.00	651.37	652.17	654.07	0.094286	7.57	23.20	22.57	2.07
6	7	649.00	650.54	651.33	653.29	0.085405	7.80	23.13	25.34	2.01
6	6	649.00	650.20	650.83	652.22	0.083145	6.51	26.70	29.11	1.90
6	5	648.00	649.11	649.77	651.29	0.098787	6.74	25.63	28.82	2.04
6	4	646.00	647.33	648.14	650.35	0.122657	8.48	21.78	26.27	2.35
6	3	645.00	646.37	647.11	648.94	0.097254	7.68	24.20	29.49	2.10
6	2	645.00	646.29	646.87	648.00	0.064958	6.05	29.79	34.12	1.70
6	1	644.00	645.51	646.29	647.37	0.056263	6.24	27.90	22.21	1.62
6	0	639.00	639.80	640.91	645.65	0.404208	10.94	15.64	22.21	3.91

HEC-RAS Plan: Plan 07 River: 6 Reach: 6 Profile: TR200

Reach	River Sta	Vel Chnl (m/s)	Shear Chan (N/m ²)	Shear LOB (N/m ²)	Shear ROB (N/m ²)	Shear Total (N/m ²)
6	31	3.38	254.52	135.42	132.19	205.83
6	30	6.94	1164.83	576.03	576.54	886.73
6	29	6.64	1028.79	493.82	521.89	771.19
6	28	8.48	1558.57	822.07	523.53	768.12
6	27	7.69	1464.40	690.96	681.73	1295.67
6	26	7.24	1040.13	474.25	599.63	662.78
6	24	7.26	1481.17	740.52	709.33	897.61
6	23	5.05	524.31	290.61	259.40	335.57
6	22	5.46	641.17	304.63	336.80	439.39
6	21	6.61	977.13	488.27	506.86	650.26
6	20	8.02	1372.20	670.95	714.78	749.14
6	19	9.11	1654.53	922.22	821.96	995.26
6	18	8.80	1648.87	891.78	812.87	1176.70
6	17	7.73	1194.08	553.75	645.75	851.09
6	15	9.29	1894.42	911.58	992.93	1489.59
6	14	8.64	1585.07	393.28	686.99	1275.64
6	13	8.24	1421.43	733.39	627.84	1133.63
6	11	8.46	1532.84	798.73	667.90	1210.02
6	10	8.39	1483.82	816.55	910.29	1076.47
6	9	8.63	1478.30	695.78	800.54	881.39
6	8.5	8.25	1439.24	623.07	746.10	972.76
6	8	7.57	1264.70	487.57	629.24	933.98
6	7	7.80	1292.28	661.88	779.50	757.18
6	6	6.51	977.71	422.37	524.44	741.96
6	5	6.74	1076.15	518.82	536.45	854.49
6	4	8.48	1601.39	919.86	736.71	989.78
6	3	7.68	1304.15	770.90	289.05	772.05
6	2	6.05	823.90	443.99	192.76	550.65
6	1	6.24	832.56	410.20	303.30	673.02
6	0	10.94	3161.45	1540.87	1433.20	2758.36

Tab. 8 – Risultati numerici simulazione stato attuale

In allegato sono riportati per il viadotto Clarea i risultati delle sezioni in forma grafica e tabellare (Allegati A1 e A2).

7.3.2 Stato di progetto

Di seguito sono riportati per il profilo idraulico risultante le tabelle rappresentanti i risultati numerici delle simulazioni, sempre con tempo di ritorno TR200 anni nello stato di progetto; nelle tabelle sono indicati i risultati idraulici (altezza idrica, area bagnata, n° di Froude,...) e le componenti di sforzo tangenziali che saranno utilizzate nelle verifiche successive.

Sempre nella prima tabella sono evidenziate le sezioni interessate dalle pile di progetto.

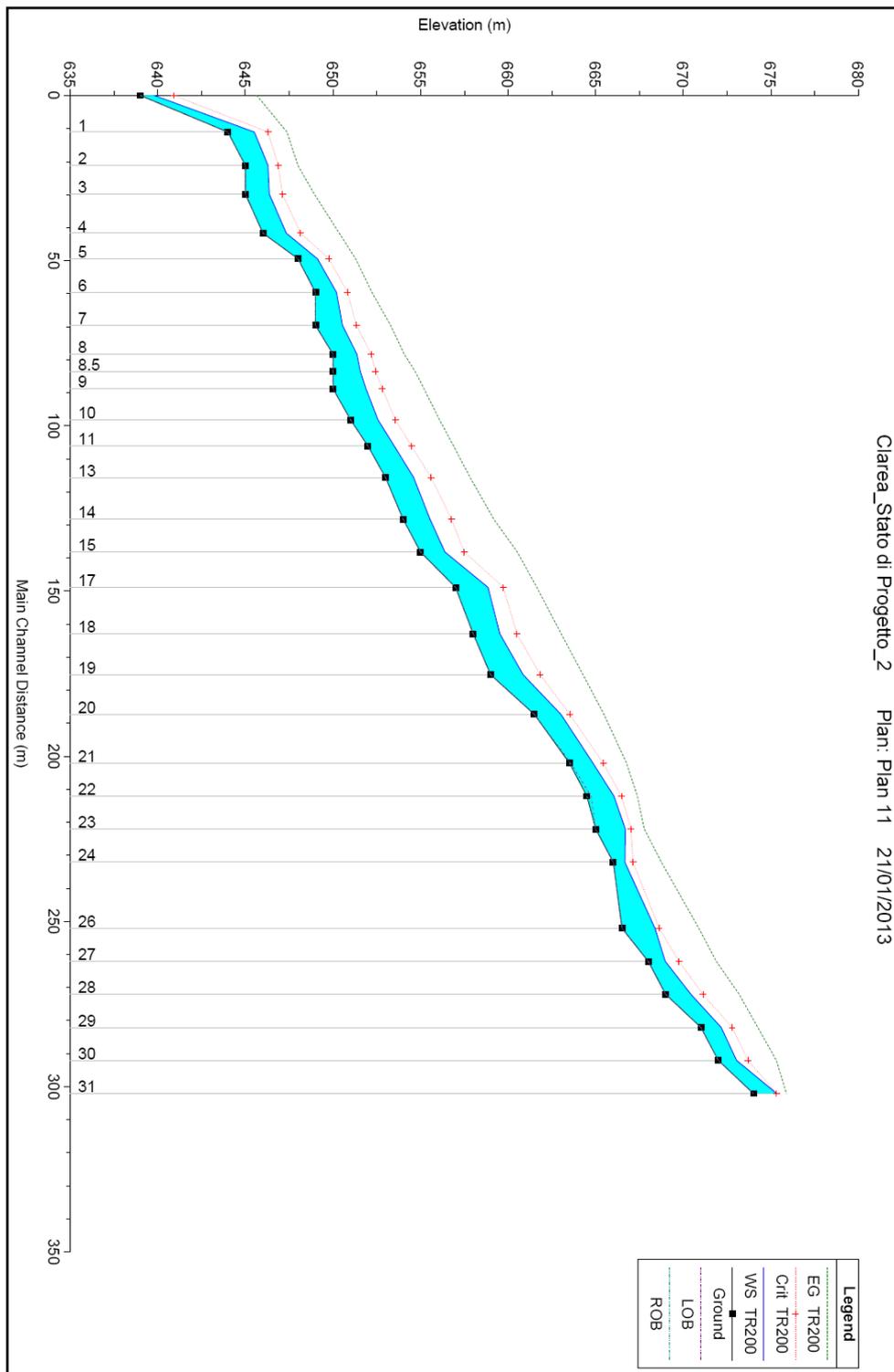


Fig. 15 – Profilo idraulico Clarea Stato di progetto

HEC-RAS Plan: Plan 10 River: 6 Reach: 6 Profile: TR200

Reach	River Sta	Min Ch El (m)	W.S. Elev (m)	Crit W.S. (m)	E.G. Elev (m)	E.G. Slope (m/m)	Vel Chnl (m/s)	Flow Area (m ²)	Top Width (m)	Froude # Chl
6	31	674.00	675.34	675.34	675.88	0.019437	3.38	51.18	47.18	0.93
6	30	672.00	673.04	673.70	675.32	0.113910	6.94	25.11	31.47	2.17
6	29	671.00	672.16	672.79	674.25	0.090216	6.64	26.19	29.82	1.97
6	28	669.00	670.44	671.12	673.19	0.110149	8.48	23.62	32.76	2.25
6	27	668.00	668.97	669.76	671.88	0.153879	7.69	22.14	25.43	2.49
6	26	666.50	668.38	668.62	670.88	0.056289	7.24	24.05	19.41	1.68
6	24	666.00	666.66	667.13	668.75	0.228162	7.26	26.52	66.01	2.85
6	23	665.00	666.69	667.01	667.78	0.031698	5.05	36.30	33.34	1.24
6	22	664.50	666.04	666.47	667.38	0.044156	5.46	33.03	32.31	1.43
6	21	663.50	664.84	665.43	666.76	0.075596	6.61	27.59	31.26	1.84
6	20	661.50	663.02	663.52	665.47	0.092285	8.02	24.41	29.26	2.08
6	19	659.00	660.85	661.83	664.28	0.090961	9.11	20.46	17.81	2.13
6	18	658.00	659.52	660.50	663.03	0.110329	8.80	20.27	18.14	2.27
6	17	657.00	658.85	659.73	661.64	0.065752	7.73	22.83	16.54	1.81
6	15	655.00	656.39	657.49	660.52	0.138899	9.29	18.67	16.49	2.51
6	14	654.00	655.54	656.76	659.18	0.104877	8.64	19.99	14.86	2.22
6	13	653.00	654.60	655.60	657.83	0.090455	8.24	21.13	15.60	2.08
6	11	652.00	653.50	654.49	656.89	0.103878	8.46	20.62	16.65	2.20
6	10	651.00	652.57	653.56	656.08	0.096454	8.39	20.18	17.05	2.14
6	9	650.00	651.88	652.82	655.20	0.080008	8.63	20.90	18.05	2.01
6	8.5	650.00	651.56	652.43	654.69	0.093957	8.25	21.55	19.97	2.11
6	8	650.00	651.37	652.17	654.07	0.094286	7.57	23.20	22.57	2.07
6	7	649.00	650.54	651.33	653.29	0.085405	7.80	23.13	25.34	2.01
6	6	649.00	650.20	650.83	652.22	0.083145	6.51	26.70	29.11	1.90
6	5	648.00	649.11	649.77	651.29	0.098787	6.74	25.63	28.82	2.04
6	4	646.00	647.33	648.14	650.35	0.122657	8.48	21.78	26.27	2.35
6	3	645.00	646.37	647.11	648.94	0.097254	7.68	24.20	29.49	2.10
6	2	645.00	646.29	646.87	648.00	0.064958	6.05	29.79	34.12	1.70
6	1	644.00	645.51	646.29	647.37	0.056263	6.24	27.90	22.21	1.62
6	0	639.00	639.80	640.91	645.65	0.404208	10.94	15.64	22.21	3.91

HEC-RAS Plan: Plan 10 River: 6 Reach: 6 Profile: TR200

Reach	River Sta	Vel Chnl (m/s)	Shear Chan (N/m ²)	Shear LOB (N/m ²)	Shear ROB (N/m ²)	Shear Total (N/m ²)
6	31	3.38	254.52	135.42	132.19	205.83
6	30	6.94	1164.83	576.03	576.54	886.73
6	29	6.64	1028.79	493.82	521.89	771.19
6	28	8.48	1558.57	822.07	523.53	768.12
6	27	7.69	1464.40	690.96	681.73	1295.67
6	26	7.24	1040.13	474.25	599.63	662.78
6	24	7.26	1481.17	740.52	709.33	897.61
6	23	5.05	524.78	290.87	259.63	335.88
6	22	5.46	641.27	304.67	336.85	439.47
6	21	6.61	977.13	488.27	506.86	650.26
6	20	8.02	1372.20	670.95	714.78	749.14
6	19	9.11	1654.53	922.22	821.96	995.26
6	18	8.80	1648.87	891.78	812.87	1176.70
6	17	7.73	1194.08	553.75	645.75	851.09
6	15	9.29	1894.42	911.58	992.93	1489.59
6	14	8.64	1585.07	393.28	686.99	1275.64
6	13	8.24	1421.43	733.39	627.84	1133.63
6	11	8.46	1532.84	798.73	667.90	1210.02
6	10	8.39	1483.82	816.55	910.29	1076.47
6	9	8.63	1478.30	695.78	800.54	881.39
6	8.5	8.25	1439.24	623.07	746.10	972.76
6	8	7.57	1264.70	487.57	629.24	933.98
6	7	7.80	1292.28	661.88	779.50	757.18
6	6	6.51	977.71	422.37	524.44	741.96
6	5	6.74	1076.15	518.82	536.45	854.49
6	4	8.48	1601.39	919.86	736.71	989.78
6	3	7.68	1304.15	770.90	289.05	772.05
6	2	6.05	823.90	443.99	192.76	550.65
6	1	6.24	832.56	410.20	303.30	673.02
6	0	10.94	3161.45	1540.87	1433.20	2758.36

Tab. 9 – Risultati numerici simulazione stato di progetto

In allegato sono riportati per lo svincolo Chiomonte di progetto i risultati delle sezioni in forma grafica e tabellare (Allegati B1 e B2).

7.4 Calcolo del franco idraulico

Il PAI della regione Piemonte, nell'Ambito delle verifiche degli attraversamenti, prevede che il franco minimo tra quota di massima piena di progetto (comprensiva del trasporto solido) e quota d'intradosso del ponte sia pari a 0.5 volte l'altezza cinetica della corrente e comunque non inferiore a 1.00 m ed il valore del franco deve essere assicurato per almeno 2/3 della luce quando l'intradosso del ponte non sia rettilineo.

L'altezza cinetica della corrente è pari a:

$$h_{cin} = \alpha \cdot V^2 / (2 \cdot g)$$

dove:

V velocità media della corrente m/s (valore desunto dalle tabelle allegate);

α coefficiente di ragguglio per tenere conto della non uniforme distribuzione della velocità nella sezione; a favore di sicurezza si assume $\alpha = 1.2$.

7.5 Scalzamento pile viadotto

Poiché dalle verifiche idrauliche le pile non risultano raggiunte dalla piena di progetto, non si eseguono le relative verifiche allo scalzamento delle pile.

8. VERIFICHE IDRAULICHE

Di seguito si riportano le verifiche idrauliche per il tratto di percorrenza dello svincolo.

La realizzazione delle opere dovrà in ogni caso tenere conto degli esiti autorizzativi del PRV di TELT.

8.1 Franco idraulico Viadotto Clarea

Il franco è verificato anche per la sezione più critica intersecata dal viadotto, ovvero per la sezione RS 7 caratterizzata dalla maggiore velocità.

Sez RS 7 TR(anni)	Velocità [m/s]	Altezza cinetica [m]	0.5*hc _{in}	Franco richiesto [m]
TR 200	10.94	7.33	3.66	4.00

Tab. 10 – Franco idraulico Viadotto

Il franco idraulico è ampiamente verificato, essendo il viadotto più alto di 50 m rispetto al fondo alveo.

8.2 Protezione delle pile: dimensionamento della scogliera

Per quanto concerne la protezione delle sponde, dal momento che in destra idraulica esiste una scogliera in massi di cava a protezione delle pile P4 e P10 del viadotto autostradale e la realizzazione delle nuove pile potrebbe implicare una parziale demolizione di tale scogliera, essa dovrà essere ripristinata come da configurazione esistente.

Si riporta nel seguito il dimensionamento dei massi da utilizzare per la scogliera, che comunque non potranno essere di dimensione inferiore a quelli attualmente posati.

Si elencano nel seguito le pile seguenti esaminate:

Sezione idraulica	Pila Svincolo
RS0	IP5
RS1	IP4
RS8.5	IP3
RS9	
RS9	UP8
RS10	
RS15	UP7

L'inizio del moto delle particelle costitutive dell'alveo del corso d'acqua può essere definito studiando l'equilibrio tra le forze che favoriscono la mobilitazione delle particelle e quelle che tendono ad opporsi a questo movimento. La relazione di equilibrio può essere scritta nella forma seguente:

$$\tau = \frac{\tau_{\alpha}}{d * (\gamma_s - \gamma)}$$

Dove:

τ_{α} [kg/m²] tensione tangenziale critica sul fondo;

- γ_s [kg/m³] peso specifico del solido (= 2650kg/m³);
 γ [kg/m³] peso specifico del liquido (= 1000 kg/m³);
 d [m] diametro del granello (ricavato iterativamente soddisfacendo l'equazione).

Il valore limite inferiore del diametro d che non viene mobilitato sul fondo, è stato ottenuto dalla relazione di Shields, di seguito riportata:

$$\frac{\tau_\alpha}{d * (\gamma_s - \gamma)} = \phi(\text{Re}^*)$$

dove:

- $\phi(\text{Re}^*)$ coefficiente curva di Shields, posto pari a 0.06 essendo la corrente in regime turbolento.

Il valore limite inferiore del diametro d che non viene mobilitato sulle sponde, è stato ottenuto attraverso la formulazione proposta da Lane:

$$\tau_\alpha(\alpha) = \tau_\alpha(0) \left(\cos \alpha \sqrt{1 - \frac{\text{tg}^2 \alpha}{\text{tg}^2 \varphi}} \right)$$

dove:

- $\tau_\alpha(\alpha)$ [kg/m²] tensione tangenziale sulla sponda;
 $\tau_\alpha(0)$ [kg/m²] tensione tangenziale critica sul fondo;
 α inclinazione della sponda;
 φ angolo attrito del materiale, posto pari a 65°.

Di seguito si riportano i risultati ottenuti per il torrente Clarea. Sono stati utilizzati i valori medi puntuali delle tensioni tangenziali, ottenuti dal modello HEC-RAS, per tempo di ritorno 200 anni. Il modello permette di ricavare i valori di sollecitazione distinti per il fondo alveo e per le sponde laterali.

8.2.1 Sezione idraulica RS0 - pila IP8

La pila IP8 è situata in sponda sinistra a circa 150 m dal fiume.

Nella sezione RS0 essa coincide proprio con la pila esistente P12.

Vista la morfologia dell'alveo in corrispondenza di questa sezione e la distanza elevata alla quale si trova, non si prevedono protezioni spondali, oltre a quelle già esistenti.

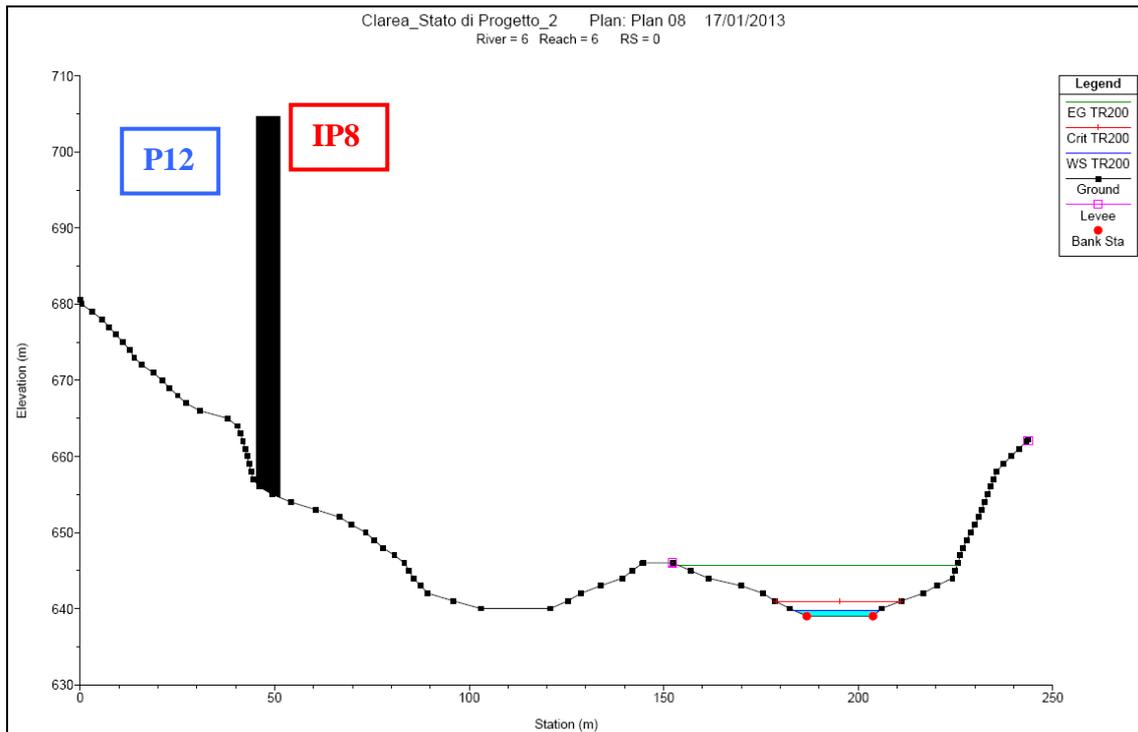


Fig. 16 – Sezione idraulica RS0

8.2.2 Sezione idraulica RS1 - pila IP4

La pila IP4 è situata in sponda sinistra a circa 50 m dal fiume. Vista la morfologia dell'alveo in corrispondenza di questa sezione e la distanza elevata alla quale si trova, non si prevedono ulteriori protezioni spondali.

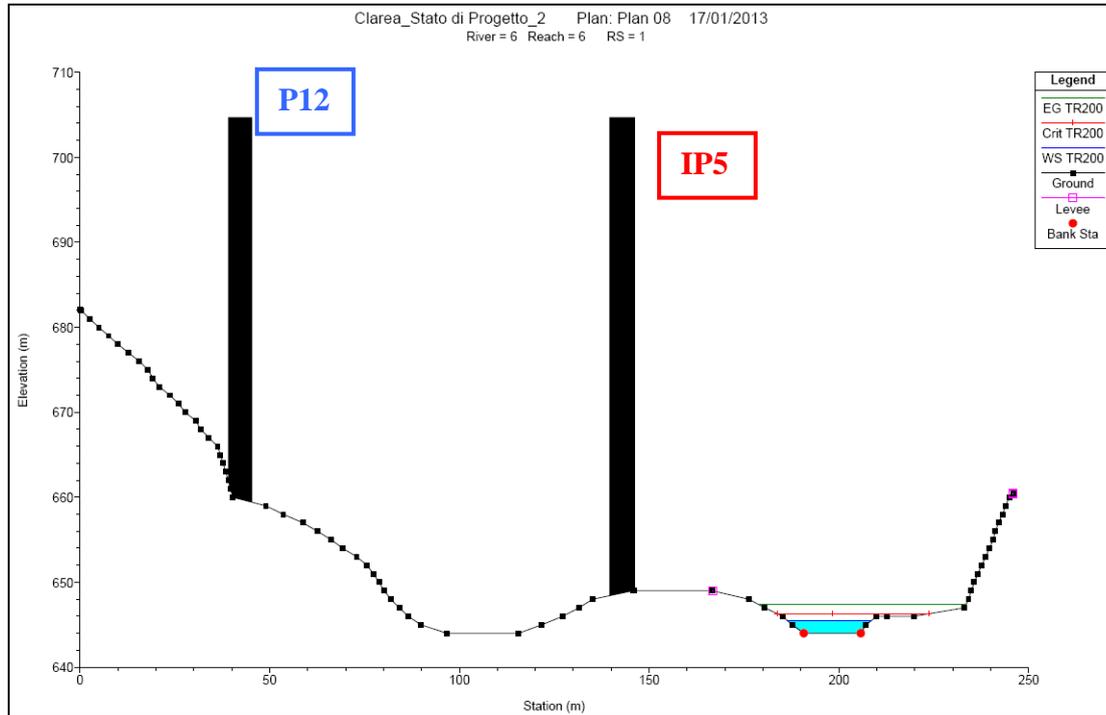


Fig. 17 – Sezione idraulica RS1

8.2.3 Sezioni idrauliche RS9 - pile IP3 e UP8

In sezione RS 9 alla progressiva 100 m da valle, interseca in sponda destra la pila in ingresso IP3 e in sponda sinistra quella in uscita UP8.

Data la geometria della sezione in esame e la sua distanza rispetto all'alveo, si può considerare la pila UP8 non a rischio erosione.

La pila IP3, ubicata in sponda destra, si trova in corrispondenza della pila P10 esistente protetta dalla scogliera di massi; poiché la pila risulta posizionata al limite di tale opera idraulica, si prevede il prolungamento della scogliera per circa 12m a valle.

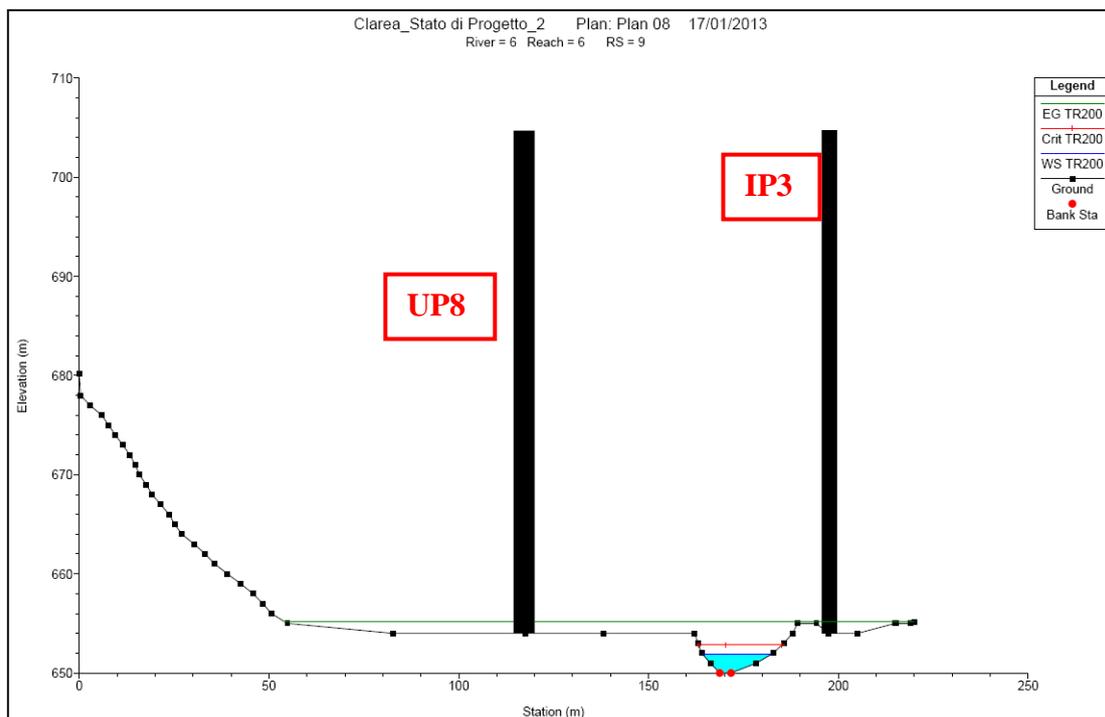


Fig. 18 – Sezione idraulica RS10

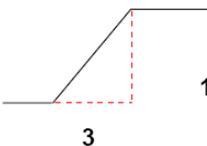
Plan: Plan 10 6 6 RS: 9 Profile: TR200

E.G. Elev (m)	655.20	Element	Left OB	Channel	Right OB
Vel Head (m)	3.32	Wt. n-Val.	0.040	0.050	0.035
W.S. Elev (m)	651.88	Reach Len. (m)	5.23	5.23	5.23
Crit W.S. (m)	652.82	Flow Area (m ²)	4.34	5.61	10.96
E.G. Slope (m/m)	0.080008	Area (m ²)	4.34	5.61	10.96
Q Total (m ³ /s)	166.43	Flow (m ³ /s)	28.31	48.38	89.74
Top Width (m)	18.05	Top Width (m)	4.51	2.98	10.56
Vel Total (m/s)	7.96	Avg. Vel. (m/s)	6.53	8.63	8.19
Max Chl Dpth (m)	1.88	Hydr. Depth (m)	0.96	1.88	1.04
Conv. Total (m ³ /s)	588.4	Conv. (m ³ /s)	100.1	171.0	317.2
Length Wtd. (m)	5.23	Wetted Per. (m)	4.89	2.98	10.74
Min Ch El (m)	650.00	Shear (N/m ²)	695.78	1478.30	800.54
Alpha	1.03	Stream Power (N/m s)	10529.28	0.00	0.00
Frctn Loss (m)	0.82	Cum Volume (1000 m ³)	0.48	1.27	0.42
C & E Loss (m)	0.06	Cum SA (1000 m ²)	0.66	1.00	0.68

Tab. 11 – Caratteristiche sezione RS9

Per la pila IP3, mediante il metodo di Shields si ottiene un diametro minimo pari a 0.9 m (vedi tab.12), in modo che la tensione tangenziale critica sulla sponda maggiore risulti 80.054 kg/m², in accordo ai risultati Hec Ras mostrati nella tab.11 soprastante.

DATI DI INPUT

ρ (kg*s ²)/(m ⁴)=	100 Densità del liquido	Legenda: Dato input
γ (kg/mc)=	981 Peso specifico del liquido	
i(%)=	0.0863 Pendenza del fondo dell'alveo	
α (rad)	0.321750554 Inclinazione della sponda in radianti	
α (°)	18.43494882 Inclinazione della sponda in gradi	
R_H =	1.88 (= h se il canale è molto largo)	
d (m)=	0.90 Diametro del granello	
d ₅₀ (m)=	0.01 Diametro maglia del setaccio che lascia passare il 50% del peso	
ν (m ² /s)=	0.0000016 Viscosità cinematica del liquido (=10 ⁻⁶ m ² /s per acqua a 20°C)	
ϕ (°)	60 Angolo di attrito del materiale di sponda	
γ_s (kg/mc)=	2650 Peso specifico del solido	
h (m)	1.88 Tirante idraulico	
Ks (m ^{1/3} /s)=	20 Coefficiente di scabrezza di Gauckler-Strickler	

FORMULE UTILIZZATE

$$\frac{\tau_{cr}}{d^* (\gamma_s - \gamma)} = \Phi(\text{Re}^*)$$

$$\frac{\tau_{cr}}{(\gamma_s - \gamma) * d} = \frac{0.1}{[\log_{10}(19 d / d_{50})]^2}$$

$$\frac{\tau_{cr}}{d^* (\gamma_s - \gamma)} = 0.06$$

$$q_s = (2.5 q^{\frac{2}{3}} i - 42.5 d)^{\frac{3}{2}}$$

$$q = \rho K_s h^{\frac{2}{3}} i^{\frac{1}{2}}$$

$$\tau_{cr}(\alpha) = \tau_{cr}(0) \left(\cos \alpha \sqrt{1 - \frac{\text{tg}^2 \alpha}{\text{tg}^2 \phi}} \right)$$

Shields

Egiazarnoff

Shields, per Re>1000 o per moto turbolento

Meyer-Peter

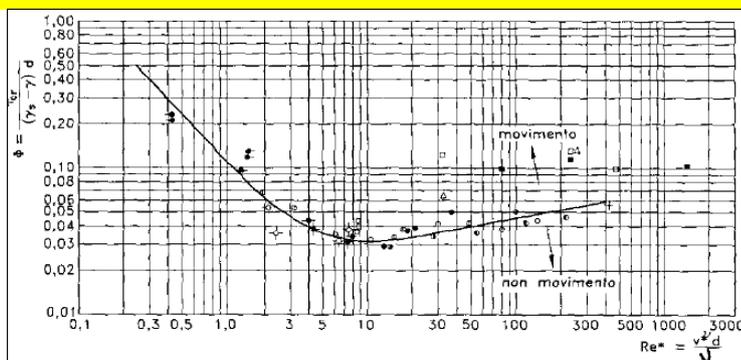
Portata liquida

Lane: tensione critica per materiale su sponda

RISULTATI**METODO DI SHIELDS**

τ (kg/m ²)=	159.16 Tensione tangenziale
Re*=	709645.34 Numero di Reynolds della corrente
$\Phi(\text{Re}^*)$ =	0.06 Coeff. funzione di Re per Shields=0.06 se Re>1000-regime turbolent
ν^* (m/s)=	1.26 Velocità d'attrito
τ_{cr} (kg/m ²)=	90.13 Tensione tangenziale critica sul fondo

τ_{crs} (kg/m²)= **83.90 Tensione tangenziale critica sulla sponda**



Tab. 12 – Valutazione Diametro minimo protezione sponda in corrispondenza pila IP3

8.2.4 Sezione idraulica RS15 - pila UP7

La sezione RS 15, ubicata a circa 500 m dalla confluenza con la Dora, interseca in sponda destra la pila in uscita UP7.

Anche questa pila è posta a tergo della scogliera esistente; poiché un tratto di tale opera può essere interessato dalle fasi di cantierizzazione, si prevede che eventuali tratti di scogliera oggetto di demolizione vengano ripristinato come da configurazione esistente.

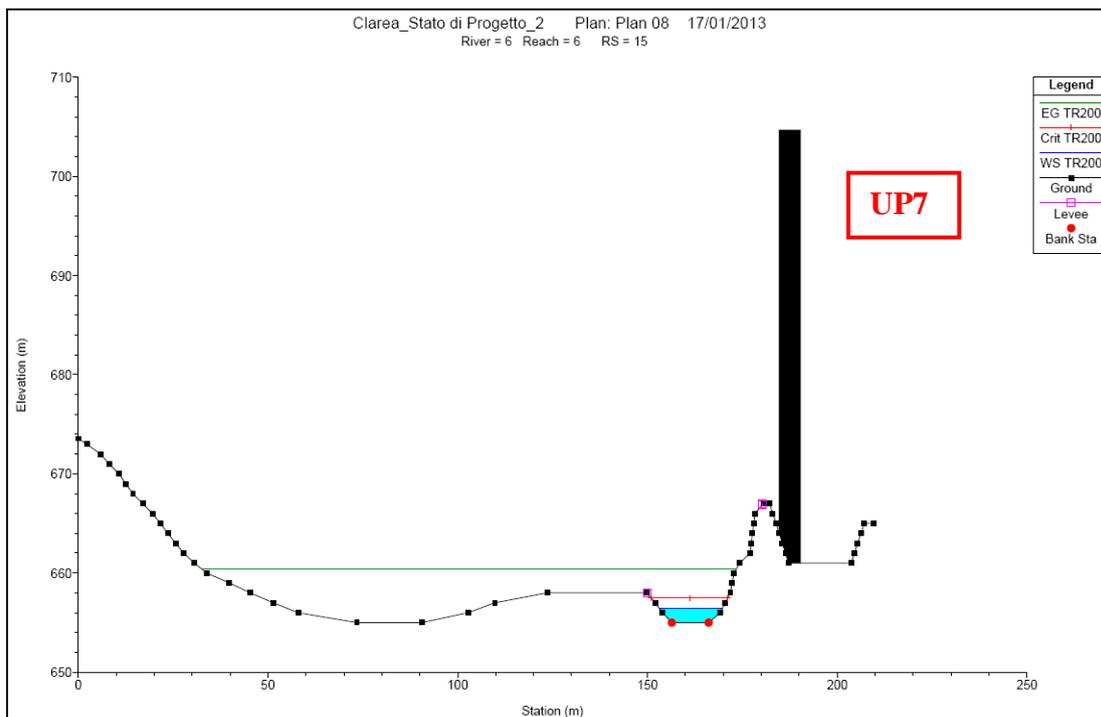


Fig. 19 – Sezione idraulica RS15

Plan: Plan 10 6 6 RS: 15 Profile: TR200

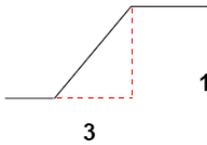
E.G. Elev (m)	660.52	Element	Left OB	Channel	Right OB
Vel Head (m)	4.12	Wt. n-Val.	0.040	0.050	0.035
W.S. Elev (m)	656.39	Reach Len. (m)	9.90	9.90	9.90
Crit W.S. (m)	657.49	Flow Area (m ²)	2.35	13.52	2.79
E.G. Slope (m/m)	0.138899	Area (m ²)	2.35	13.52	2.79
Q Total (m ³ /s)	166.43	Flow (m ³ /s)	16.78	125.57	24.08
Top Width (m)	16.49	Top Width (m)	3.23	9.72	3.54
Vel Total (m/s)	8.92	Avg. Vel. (m/s)	7.13	9.29	8.62
Max Chl Dpth (m)	1.39	Hydr. Depth (m)	0.73	1.39	0.79
Conv. Total (m ³ /s)	446.6	Conv. (m ³ /s)	45.0	336.9	64.6
Length Wtd. (m)	9.90	Wetted Per. (m)	3.52	9.72	3.83
Min Ch El (m)	655.00	Shear (N/m ²)	911.58	1894.42	992.93
Alpha	1.02	Stream Power (N/m s)	10031.68	7177.86	8632.86
Frctn Loss (m)	0.99	Cum Volume (1000 m ³)	0.61	1.95	0.61
C & E Loss (m)	0.13	Cum SA (1000 m ²)	0.80	1.44	0.90

Tab. 13 – Caratteristiche sezioni RS15

Dimensionando la scogliera con il metodo di Shields si ottiene un diametro minimo dei massi pari a 1.1 m (tab.14) in modo che la tensione tangenziale critica sulla sponda maggiore risulti 992.93 kg/m², in accordo ai risultati Hec Ras esposti nella tab.13 soprastante.

Come già affermato in precedenza, il tratto di scogliera eventualmente demolito/danneggiato dovrà essere ripristinato come da configurazione originale e comunque il diametro dei massi non potrà essere inferiore a quelli attualmente utilizzati, se con diametro equivalente maggiore di 1.1 m. (vedere fig. 20).

DATI DI INPUT

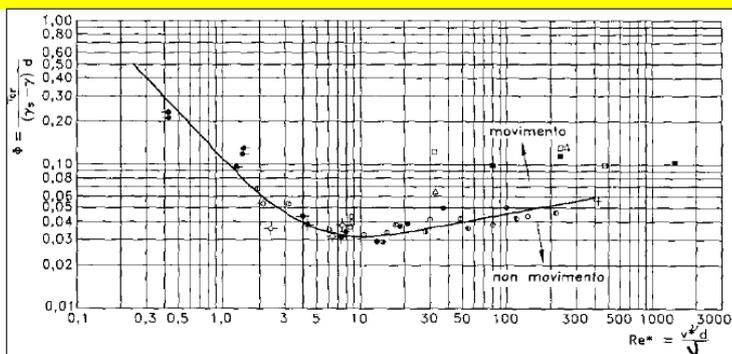
ρ (kg*s ²)/(m ⁴)=	100	Densità del liquido	Legenda: Dato input
γ (kg/mc)=	981	Peso specifico del liquido	
i(%)=	0.0863	Pendenza del fondo dell'alveo	
α (rad)	0.321750554	Inclinazione della sponda in radianti	
α (°)	18.43494882	Inclinazione della sponda in gradi	
R_H =	1.39	Raggio idraulico del corso d'acqua (= h se il canale è molto largo)	
d (m)=	1.10	Diametro del granello	
d_{50} (m)=	0.01	Diametro maglia del setaccio che lascia passare il 50% del peso	
ν (m ² /s)=	0.0000016	Viscosità cinematica del liquido (=10 ⁻⁶ m ² /s per acqua a 20°C)	
ϕ (°)	60	Angolo di attrito del materiale di sponda	
γ_s (kg/mc)=	2650	Peso specifico del solido	
h (m)	1.39	Tirante idraulico	
K_s (m ^{1/3} /s)=	20	Coefficiente di scabrezza di Gauckler-Strickler	

FORMULE UTILIZZATE

$\frac{\tau_{cr}}{d * (\gamma_s - \gamma)} = \Phi(Re^*)$	Shields
$\frac{\tau_{cr}}{(\gamma_s - \gamma) * d} = \frac{0.1}{[\log_{10}(19d / d_{50})]^2}$	Egiazarnoff
$\frac{\tau_{cr}}{d * (\gamma_s - \gamma)} = 0.06$	Shields, per $Re > 1000$ o per moto turbolento
$q_s = (2.5q^{2/3}i - 42.5d)^{3/2}$	Meyer-Peter
$q = \rho K_s h^{2/3} i^{1/2}$	Portata liquida
$\tau_{cr}(\alpha) = \tau_{cr}(0) \left(\cos \alpha \sqrt{1 - \frac{tg^2 \alpha}{tg^2 \phi}} \right)$	Lane: tensione critica per materiale su sponda

RISULTATI**METODO DI SHIELDS**

τ (kg/m ²)=	117.68	Tensione tangenziale
Re^* =	745795.92	Numero di Reynolds della corrente
$\Phi(Re^*)$ =	0.06	Coeff. funzione di Re per Shields=0.06 se $Re > 1000$ -regime turbolent
v^* (m/s)=	1.08	Velocità d'attrito
τ_{cr} (kg/m ²)=	110.15	Tensione tangenziale critica sul fondo
τ_{crs} (kg/m ²)=	102.55	Tensione tangenziale critica sulla sponda



Tab. 14 – Valutazione Diametro min. sezione RS15 in corrispondenza della pila UP7

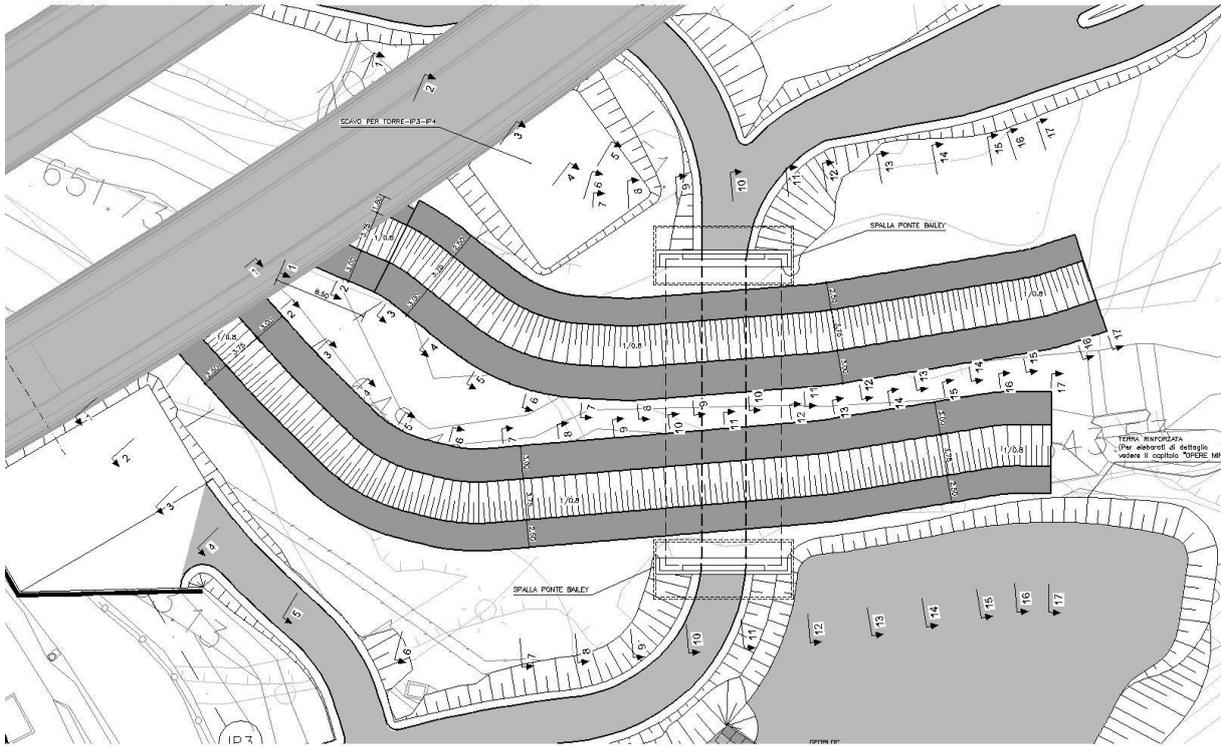


Fig. 20 – Planimetria protezione sponda

8.3 Opere provvisorie

Per quanto concerne le opere provvisorie necessarie per la costruzione dello svincolo ed interferenti con il torrente Clarea, si effettuano valutazioni del comportamento idraulico del corso d'acqua rispetto ad una piena la cui probabilità di essere raggiunta o superata una volta nel periodo temporale corrispondente alle fasi di costruzione non è superiore alla probabilità della portata di progetto di essere raggiunta o superata una volta nel periodo di vita dell'opera.

Tale definizione richiama il concetto di "rischio idraulico", cioè la probabilità composta di non superamento che un determinato evento caratterizzato da tempo di ritorno assegnato T, si manifesti nel corso di un periodo temporale prefissato N.

Lo sviluppo della formulazione di tempo di ritorno, associato alla probabilità composta per la quale l'evento si manifesti all'interno dell'orizzonte temporale stabilito, porta alla seguente formulazione del rischio idraulico:

$$R = 1 - \left(1 - \frac{1}{T}\right)^N$$

nella quale:

- R rischio idraulico, inteso come probabilità di non superamento;
 T tempo di ritorno dell'evento di riferimento (anni);
 N orizzonte temporale di riferimento (anni).

L'assunto sopraccitato può essere interpretato nel modo seguente: il rischio idraulico associato all'interferenza prodotta dalle opere provvisorie nel periodo di installazione del cantiere (periodo di costruzione dell'opera) deve essere uguale al rischio idraulico che l'evento di progetto si manifesti nel corso della vita dell'opera.

Stabilite quindi le seguenti variabili:

- T tempo di ritorno di progetto (anni);
- V durata dell'opera (anni);
- c durata di costruzione (anni);
- T_{pr} tempo di ritorno per la verifica delle opere provvisorie (anni);

l'assunto precedente si trasforma nella seguente eguaglianza:

$$1 - \left(1 - \frac{1}{T_{pr}}\right)^c = 1 - \left(1 - \frac{1}{T}\right)^v$$

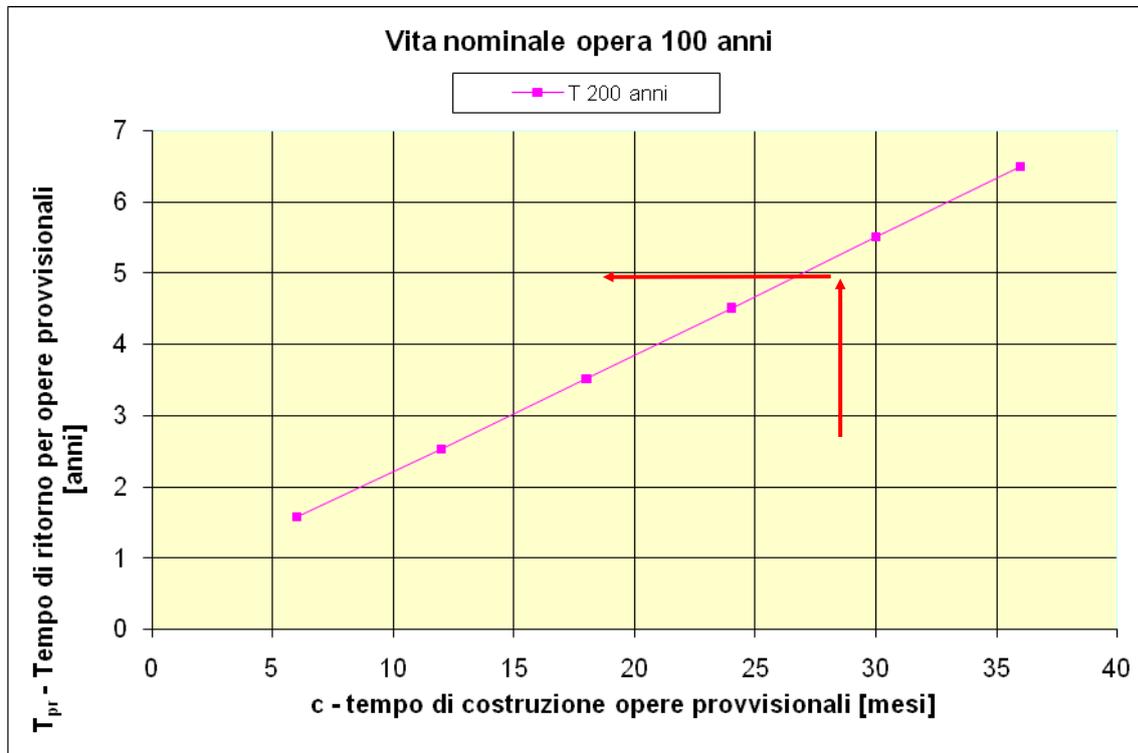
dalla quale si ricava T_{pr}:

$$T_{pr} = \frac{1}{1 - \left(1 - \frac{1}{T}\right)^{\frac{v}{c}}}$$

E' possibile assumere i seguenti valori di riferimento:

- il tempo di ritorno (T) utilizzato per il dimensionamento dell'opera è di 200 anni;
- la vita dell'opera (V) è da ritenersi almeno pari a 100 anni;
- il tempo di installazione del cantiere (c) è variabile in funzione degli effettivi tempi di lavorazione e si considera che possa interessare un periodo compreso tra gli 6 ed i 9 mesi.

Utilizzando un valore di V pari a 100 anni ed assumendo per c valori variabili da 6 a 36 mesi, si costruisce la curva di variazione di T_{pr} rispetto il tempo di ritorno di progetto 200 anni.



g. 21 –Variazione del tempo di ritorno per la verifica delle opere provvisionali in funzione della vita dell'opera (V) e del tempo di costruzione (c).

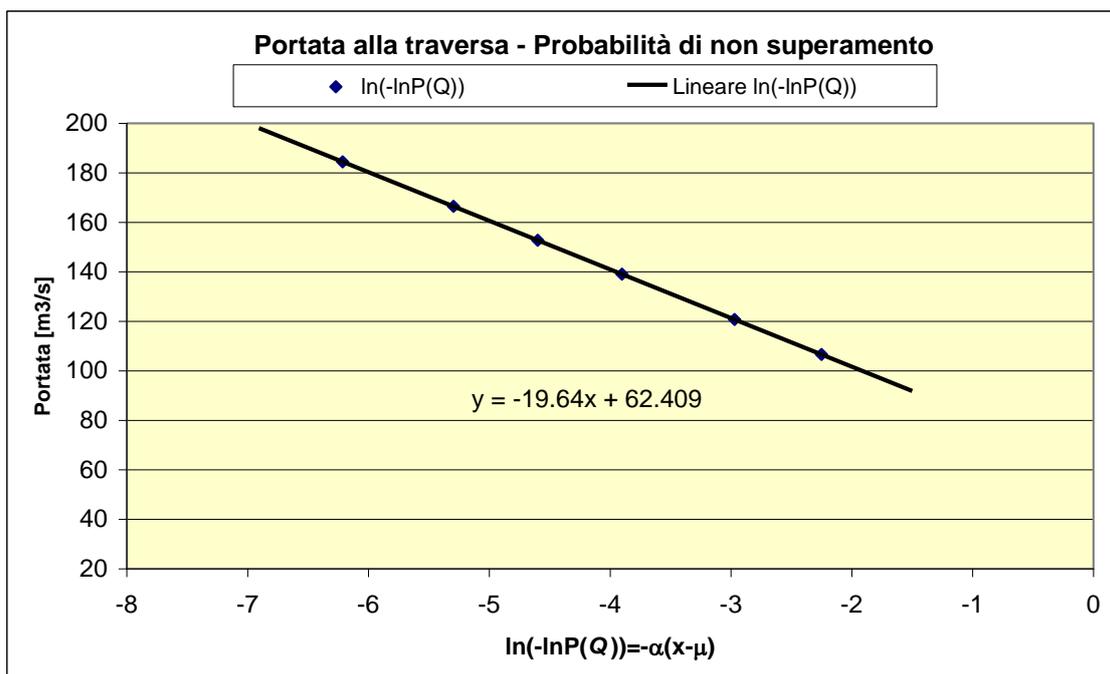
Considerando una vita utile dell'opera pari a 100 anni, riferendosi ad un tempo di ritorno per il dimensionamento dell'opera di 200 anni ed assumendo, da cronoprogramma, un tempo di 27 mesi per il cantiere (valore rappresentante il limite superiore tra tutte le possibili attività nell'alveo), il tempo di ritorno da assumere per la verifica delle opere provvisionali risulta pari a 5 anni.

Stima della portata per TR 5 anni

La portata per tempo di ritorno TR 5 anni è stimata per interpolazione log_lineare dai dati GIS delle altre portate in tab. 6 nel capitolo 5.1.3.

Portata con assegnato Tempo di ritorno rispetto bacino sotteso alla traversa									
TR	5	10	20	50	100	200	500	1000	anni
$Q_{trav,Tr}$	106.61	120.73	139.04	152.76	166.43	184.43			m^3/s

Calcolo valori per interpolazione secondo teoria di Gumbel									
TR	5	10	20	50	100	200	500	1000	anni
P(Q)	0.8	0.9	0.95	0.98	0.99	0.995	0.998	0.999	
$\ln(-\ln(P))$	-1.49994	-2.250367	-2.970195	-3.901939	-4.600149	-5.295812	-6.213607	-6.907255	



Calcolo portata assegnato T da interpolazione			
TR	5	anni	tempo di ritorno
P	0.8		probabilità non sup.
$\ln(-\ln(P))$	-1.50		
Q	91.9	m^3/s	portata alla traversa

Fig. 22 – Stima della portata TR5anni con interpolazione ln_lineare Gumbel

La portata per tempo di ritorno TR 5 anni adottata per le opere provvisorie è $Q_5 = 92 m^3/s$.

8.3.1 Guado Provvisorio

In fase di cantiere un guado provvisorio è previsto in prossimità della sezione RS6.9 e RS7.

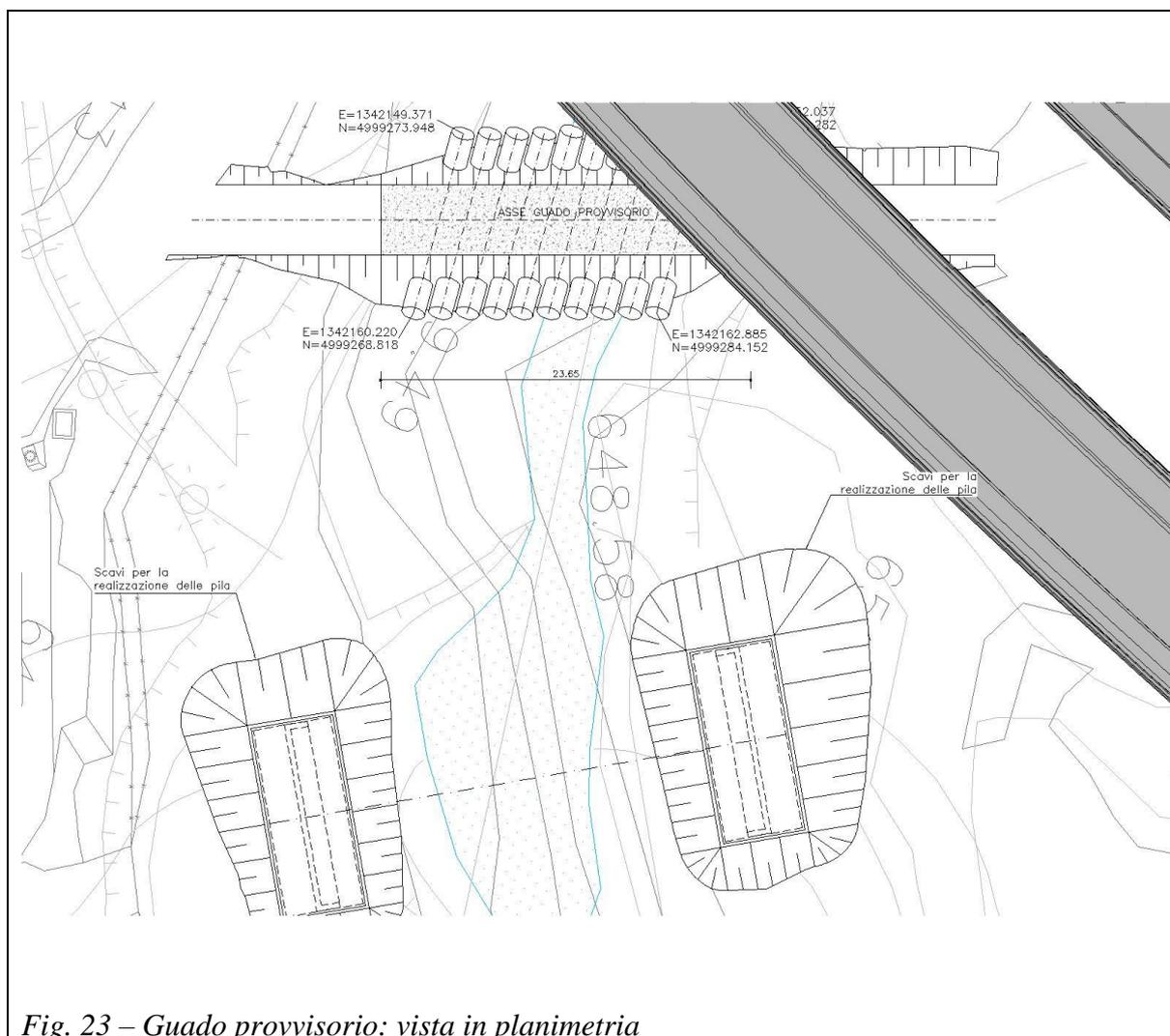
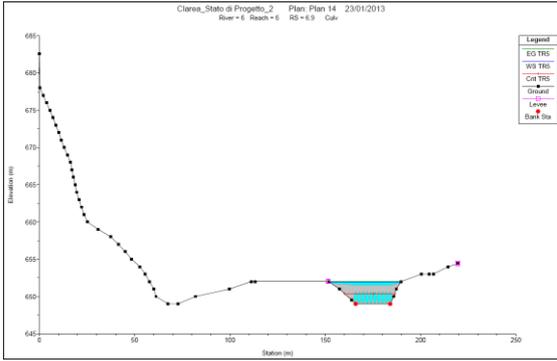


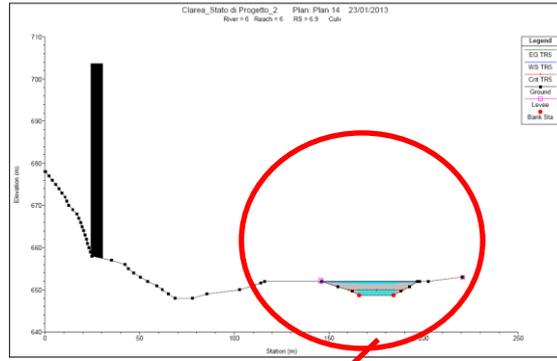
Fig. 23 – Guado provvisorio: vista in planimetria

Vista la particolare morfologia del bacino in cui le piene anche con tempi di ritorno dell'ordine di pochi anni hanno elevate portate si è dimensionato il guado in modo tale da essere tracimato dalla piena di progetto per la fase di cantiere.

Inserendo nel modello Hec Ras il guado formato da n.10 culverts da 1.5m di diametro l'uno, con pendenza pari all'alveo, il tirante idrico per un TR 5 anni diventa di 0.47 m sopra l'altezza del guado fissata a 652.5 m.



Guado sezione monte



Guado sezione valle

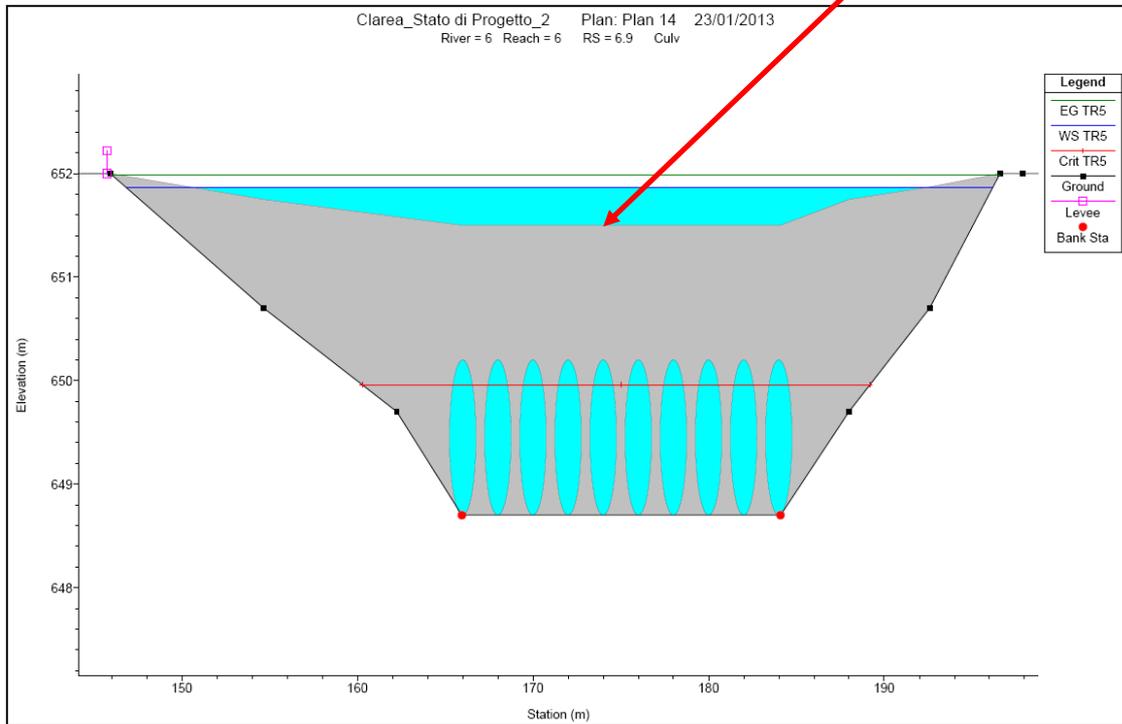


Fig. 24 – Sezione RS 6.9 Guado provvisorio

8.3.2 Ponte Bailey

Pur trattandosi di elemento provvisorio, cautelativamente si verifica il franco minimo dell'impalcato in condizioni di piena duecentennale ($T_R=200$), in analogia a quanto fatto al par.8.1.

Sezione di riferimento			RS4
Quota intradosso ponte Bailey	Q_{int}	=	650.61 m.s.l.m.
Quota massima piena di riferimento	Q_{max}	=	647.33 m.s.l.m.
Velocità media corrente	V	=	7.64 m/s
Altezza cinetica della corrente	h_{cin}	=	$\alpha \times V^2 / (2 \times g) =$ $= 1.20 \times 7.64^2 / (2 \times 9.806) =$ $= 3.57m$
Franco minimo	F	=	$\min (0.50 \times h_{cin} ; 1.00m) =$ $= \min (0.50 \times 3.57; 1.00m) =$ $= 1.79m$
Franco garantito	F^*	=	$Q_{int} - Q_{max} =$ $= 650.61 - 647.33 =$ $= 3.28m > 1.79m = F$

La verifica risulta pertanto soddisfatta.

9. EFFETTI DEGLI INTERVENTI IN PROGETTO

Si presentano nel seguito le valutazioni inerenti gli effetti potenziali e reali degli interventi di progetto ai fini della compatibilità idraulica dell'intervento.

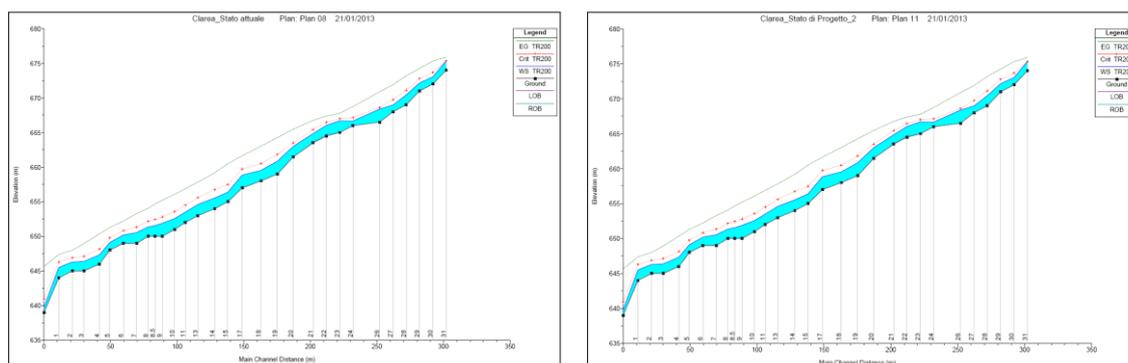
Come premesso nel capitolo 6.1, ai fini della valutazione sono stati considerati i punti definiti nelle norme di attuazione del PAI vigente in stato post operam, indicati nel seguito:

- E.1. Modifiche indotte sul profilo involuppo di piena,
- E.2. Riduzione della capacità di invaso dell'alveo,
- E.3. Interazioni con le opere di difesa idrauliche (opere di sponda e argini) esistenti,
- E.4. Opere idrauliche in progetto nell'ambito dell'intervento,
- E.5. Modifiche indotte sull'assetto morfologico planimetrico e altimetrico dell'alveo inciso e di piena,
- E.6. Modifiche indotte sulle caratteristiche naturali e paesaggistiche della regione fluviale,
- E.7. Condizioni di sicurezza dell'intervento rispetto alla piena.

9.1 E.1. Modifiche indotte sul Profilo Inviluppo di Piena

Le figure sottostanti evidenziano come la presenza dello nuovo svincolo a cavallo del torrente Clarea non modifica in alcuna sezione il profilo idraulico di piena. Infatti il torrente non è interessato da nuove opere in alveo che possano modificare i profili di piena, essendo le pile non raggiunte da eventi con tempo di ritorno TR 200 anni.

Conclusione: L'intervento non modifica il profilo.



9.3 E.2. Riduzione della capacità di invaso dell'alveo

Per la tipologia di opere previste e la morfologia del torrente Clarea, non sarà indotta nessuna riduzione della capacità di invaso.

Conclusione: L'opera non ha effetti sulla riduzione della capacità d'invaso dell'alveo del torrente Clarea.

9.4 E.3. Interazioni con le opere di difesa idrauliche (opere di sponda e argini) esistenti

Le nuove pile sono posizionate a tergo della scogliera esistente in sponda destra; tale scogliera, nel caso venga parzialmente demolita durante le fasi di cantiere, dovrà essere interamente ripristinata come da configurazione esistente e comunque con massi di diametro non inferiore a quelli attualmente utilizzati se aventi diametro equivalente maggiore di quello di progetto.

9.5 E.4. Opere idrauliche in progetto nell'ambito dell'intervento

Non ci sono opere idrauliche in progetto diverse da quelle dello stato esistente, essendo previsto un ripristino delle condizioni esistenti.

9.6 E.5. Modifiche indotte sull'assetto morfologico planimetrico e altimetrico dell'alveo inciso e di piena

Le opere non compromettono l'assetto morfologico globale dell'alveo, non essendo previste modifiche all'interno di esso.

9.7 E.6. Modifiche indotte sulle caratteristiche naturali e paesaggistiche della regione fluviale

Gli interventi previsti a livello di alveo consistono in un ripristino della configurazione esistente e quindi ripropongono l'attuale assetto fluviale del torrente, caratterizzato dalla presenza di massi di diversa pezzatura ed affioramenti rocciosi. A seguito degli interventi, si noterà esclusivamente una posa più ordinata dei massi attualmente presenti.

Pertanto le modifiche indotte sulle caratteristiche naturali e paesaggistiche della regione fluviale risultano del tutto marginali.

9.8 E.7. Condizioni di sicurezza dell'intervento rispetto alla piena

Tutte le pile di progetto risultano fuori alveo e non interessate dalla piena con tempo di ritorno TR200 anni.

ALLEGATO A1

RISULTATI MODELLO HEC-RAS **Cross Section_Stato Attuale**

ALLEGATO A2

RISULTATI MODELLO HEC-RAS Cross Section Output_ Stato Attuale

ALLEGATO B1

RISULTATI MODELLO HEC-RAS Cross Section_Stato di Progetto

ALLEGATO B2

RISULTATI MODELLO HEC-RAS Cross Section Output Stato di Progetto