



Contraente: 	Progetto: METANODOTTO AGRIGENTO-PIAZZA ARMERINA DN 1200 (48"), DP 75 bar		Ciente:  snam rete gas
	N° Contratto : N° Commessa : NR/08247		
N° documento: P01395-PPL-RE-002-193	Foglio 1 di 46	Data 25-10-2011	N° documento Cliente:

**RELAZIONE IDROLOGICA-IDRAULICA
 ATTRAVERSAMENTO VALLONE SCORSONE**

00	25-10-2011	EMESSO PER INTEGRAZIONE SIA	VANNI TAMAGNINI	STROPPA	MONTONI
REV	DATA	TITOLO REVISIONE	PREPARATO	CONTROLLATO	APPROVATO

RELAZIONE IDROLOGICA-IDRAULICA ATTRAVERSAMENTO VALLONE SCORSONE

N°Doc. Ingegneria: P01395-PPL-RE-002-193	Rev.: 00					N°Doc. Cliente: -
		Foglio	2	di	46	

SOMMARIO

1	PREMESSA	3
2	CARATTERISTICHE GENERALI	5
3	LITOLOGIA ED USO DEL SUOLO	7
4	ANALISI DELLA PIOVOSITÀ.....	9
5	STUDIO IDROLOGICO.....	10
5.1	Generalità	10
5.2	Coefficiente di afflusso.....	10
5.3	Tempo di corrivazione	12
5.4	Altezza di pioggia.....	13
5.5	Portata di progetto	13
6	STUDIO IDRAULICO DEL VALLONE SCORSONE	14
7	DETERMINAZIONE DELLA MASSIMA PROFONDITÀ DI EROSIONE	21
7.1	Erosione al fondo	21
7.2	Definizione della profondità di posa	23
8	VERIFICHE DI STABILITÀ DELL'OPERA.....	25
9	VERIFICA PROTEZIONI SPONDALI	35
10	INTERFERENZE CON LE FASCE DI PERICOLOSITÀ E CON LE ZONE A RISCHIO CENSITE DAL PAI.....	36
11	CONCLUSIONI	37
	ANNESSO 1: GENERALITÀ SUL MODELLO HEC-RAS	38
	ANNESSO 2: TABELLE PER IL CALCOLO DEL CN.....	44
	ANNESSO 3: TABELLE PER LA DETERMINAZIONE DI D_0 E β_c.....	46

METANODOTTO AGRIGENTO-PIAZZA ARMERINA DN 1200 (48"), DP 75 bar							
RELAZIONE IDROLOGICA-IDRAULICA ATTRAVERSAMENTO VALLONE SCORSONE							
N°Doc. Ingegneria:	Rev.:	00					N°Doc. Cliente:
P01395-PPL-RE-002-193	Foglio 3 di 46						-

1 PREMESSA

La presente relazione è finalizzata alla determinazione delle caratteristiche idrologiche-idrauliche del Vallone Scorsone, necessarie per la verifica della profondità di posa del nuovo metanodotto DN 1200 (48") DP75 bar in acciaio che verrà posata in parallelismo con altre due linee esistenti in tale zona quale potenziamento della rete.

L'attraversamento del Vallone è in Comune di Aragona in una zona posta al confine tra i Fogli n°61 (mappale 68) ed il foglio 73 (mappale n. 18) del N.C.T dell'omonimo comune.

Scopo e finalità del presente studio è verificare l'idoneità della profondità di posa adottata rispetto alle possibili dinamiche evolutive del fondo alveo o a possibili fenomeni di dissesto/erosione localizzati in corrispondenza del transito degli eventi di piena, nonché la compatibilità delle opere in progetto con le previsioni del PAI.

Il Vallone Scorsone ricade nel bacino idrografico del Fiume S. Leone. I parametri utilizzati nel presente studio sono stati pertanto ricavati dalla Relazione del Bacino Idrografico del Fiume S. Leone ed Area intermedia compresa tra i bacini del Fiume Naro e del Fiume S. Leone (67), redatta dalla Regione Sicilia, Assessorato al Turismo e Ambiente, Dipartimento Territorio e Ambiente, Servizio 4 "Assetto del Territorio e Difesa del Suolo, nell'ambito delle attività finalizzate alla redazione del Piano Stralcio di Bacino per l'Assetto Idrogeologico (P.A.I.).

Nei paragrafi seguenti, partendo dai dati riportati nella suddetta relazione, sono state determinate le portate corrispondenti ai tempi di ritorno Tr50, Tr100 e Tr300 in analogia ai tempi di ritorno degli studi idrologici eseguiti per il PAI. La modellazione del presente studio è stato condotto nell'ipotesi di moto permanente, mediante elaboratore elettronico, con l'ausilio del programma di calcolo Hec-Ras (per le cui caratteristiche si rimanda all'annesso 1).

METANODOTTO AGRIGENTO-PIAZZA ARMERINA DN 1200 (48"), DP 75 bar							
RELAZIONE IDROLOGICA-IDRAULICA ATTRAVERSAMENTO VALLONE SCORSONE							
N° Doc. Ingegneria:	Rev.:	00					N° Doc. Cliente:
P01395-PPL-RE-002-193	Foglio 4 di 46						-

Si è provveduto in tal modo alla determinazione delle grandezza caratteristiche del deflusso in alveo quali altezza del tirante idrico, velocità della corrente, raggio idraulico, ecc.

I valori così calcolati sono stati poi utilizzati per le verifiche della profondità di posa della nuova condotta eseguite al par. 7.

Al paragrafo 8 sono invece riportate la verifica di stabilità delle sponde ante e post operam, mentre al par. 9 è contenuta la verifica delle protezioni spondali alle azioni di trascinamento indotte dal transito della piena con Tr 300 anni

Per il reperimento dei dati necessari allo studio in oggetto si sono utilizzati:

- Piano Stralcio di Bacino per l'assetto idrogeologico della Regione Sicilia;
- Cartografia allegata al suddetto PAI;
- Piano di Gestione del Distretto Idrografico della Sicilia

METANODOTTO AGRIGENTO-PIAZZA ARMERINA DN 1200 (48"), DP 75 bar						
RELAZIONE IDROLOGICA-IDRAULICA ATTRAVERSAMENTO VALLONE SCORSONE						
N° Doc. Ingegneria:	Rev.:	00				N° Doc. Cliente:
P01395-PPL-RE-002-193	Foglio 5 di 46					-

2 CARATTERISTICHE GENERALI

Il progetto prevede di realizzare l'attraversamento con tecnica di scavo tradizionale e successivo ripristino con materiale di scavo secondo le sezioni trasversali attualmente esistente.

Immediatamente a valle della sezione interessata dalle opere è presente un tratto di rivestimento del fondo alveo e di parte delle sponde con pietrame; è stato pertanto previsto di prolungare tale protezione utilizzando materiale di pezzatura analoga, al fine di tutelare adeguatamente la condotta, mantenendo le dimensioni trasversali della sezione originaria. Il prolungamento del rivestimento sarà di circa 20 m.

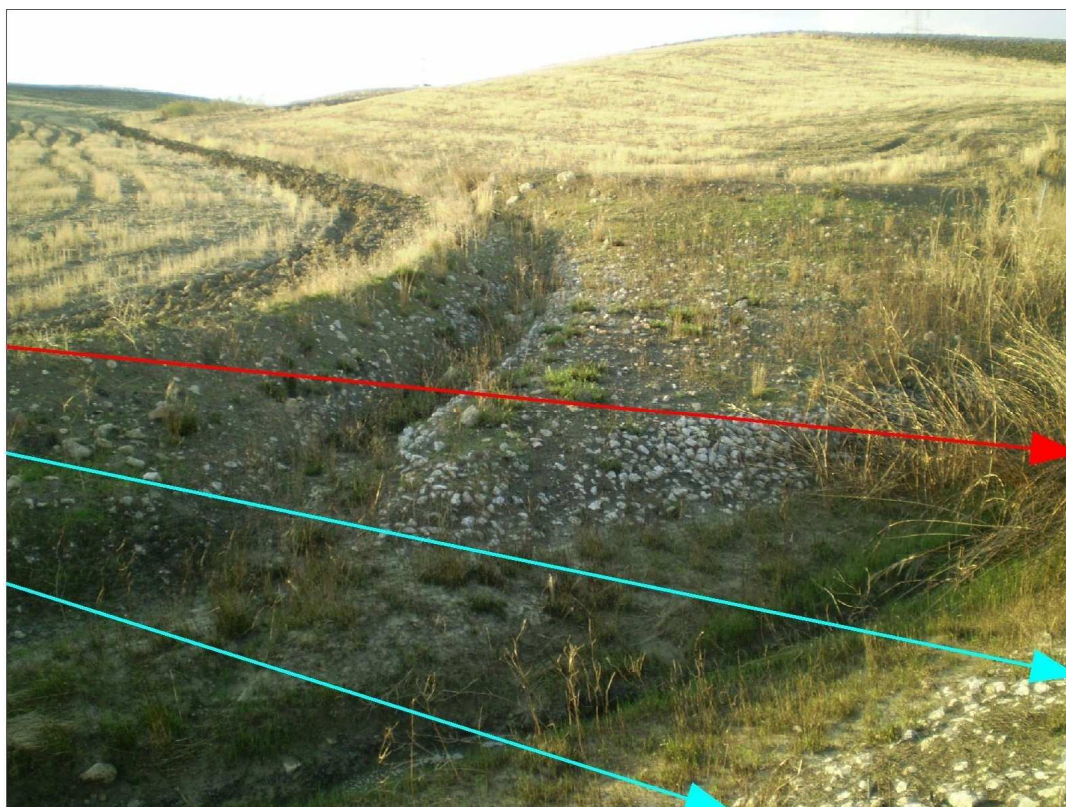


Figura 1: Sezione fluviale in corrispondenza dell'attraversamento

Il bacino del Vallone Scorsone è ubicato nella parte apicale del bacino del Fiume San Leone, nasce alle pendici del Monte San Marco nel territorio del Comune di Aragona e confluisce nel Vallone Macalube che a sua volta si unisce al Vallone Consolida, uno dei principali affluenti in sinistra del Fiume San Leone che si unisce all'asta principale in territorio agrigentino.

METANODOTTO AGRIGENTO-PIAZZA ARMERINA DN 1200 (48"), DP 75 bar						
RELAZIONE IDROLOGICA-IDRAULICA ATTRAVERSAMENTO VALLONE SCORSONE						
N° Doc. Ingegneria:	Rev.:	00				N° Doc. Cliente:
P01395-PPL-RE-002-193		Foglio 6 di 46				-

La superficie del bacino del Vallone Scorsone alla sezione di chiusura, posta in corrispondenza dell'attraversamento del metanodotto in progetto, risulta pari a 3,97 kmq.

Come i tutti i sottobacini che costituiscono la parte iniziale del Fiume San Leone, il Vallone Scorsone ha un regime idrologico marcatamente torrentizio, i cui deflussi naturali, nei periodi asciutti, risultano decisamente modesti.

In analogia all'asta principale del fiume di cui è tributario, il bacino imbrifero è caratterizzato da un regime pluviometrico di tipo mediterraneo, che determina periodi di assoluta siccità a periodi con precipitazioni intense ed anche di notevole entità, concentrate soprattutto nel semestre ottobre-aprile, e minimi stagionali nel periodo giugno-agosto.

Nel Piano di Gestione del Distretto Idrografico della Sicilia, il corso del Vallone Scorsone non è censito date le modeste dimensioni del bacino imbrifero, tuttavia è censito il suo ricettore Vallone Consolida, classificato come il Fiume San Leone, suo ricettore, con il Codice Uir R19 067. Risulta inserito nell'Unità Omogena n. 5 classificato "a regime intermittente".

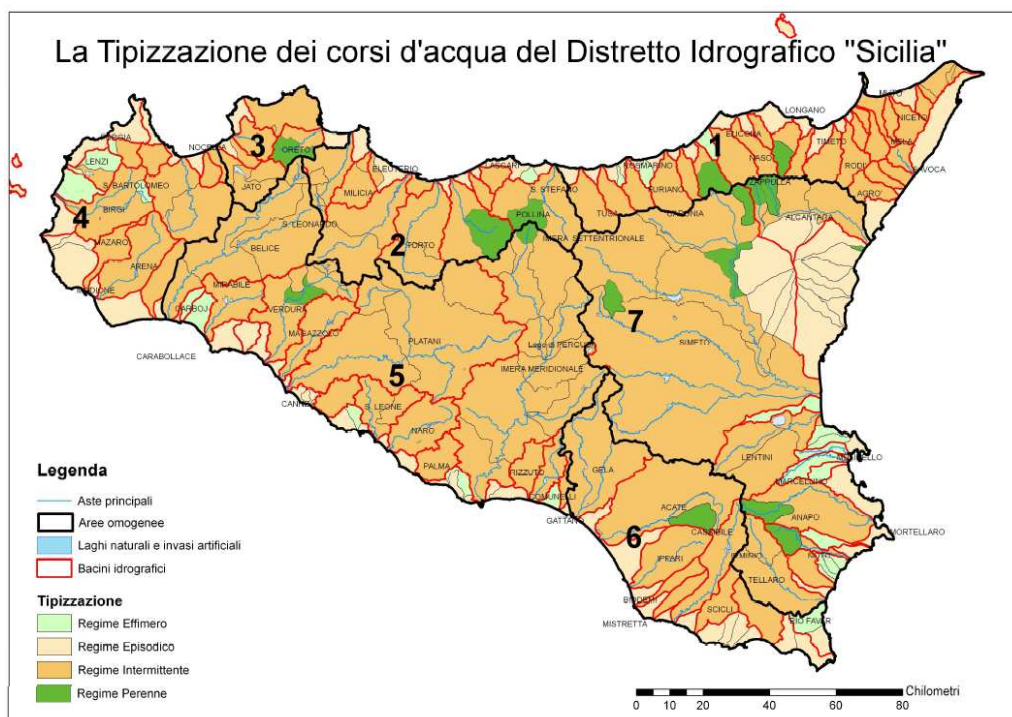


Figura 2: carta estratta dal Piano di Gestione del Distretto Idrografico della Sicilia

RELAZIONE IDROLOGICA-IDRAULICA ATTRAVERSAMENTO VALLONE SCORSONE

N°Doc. Ingegneria:	Rev.:	00					N°Doc. Cliente:
P01395-PPL-RE-002-193		Foglio	7	di	46		-

3 LITOLOGIA ED USO DEL SUOLO

Il bacino idrografico del Fiume San Leone, di cui il Vallone Scorsone fa parte, ha un assetto morfologico prevalentemente di tipo collinare, in cui da estesi affioramenti argillosi emergono rilievi rocciosi prevalentemente di natura gessosa e calcarea.

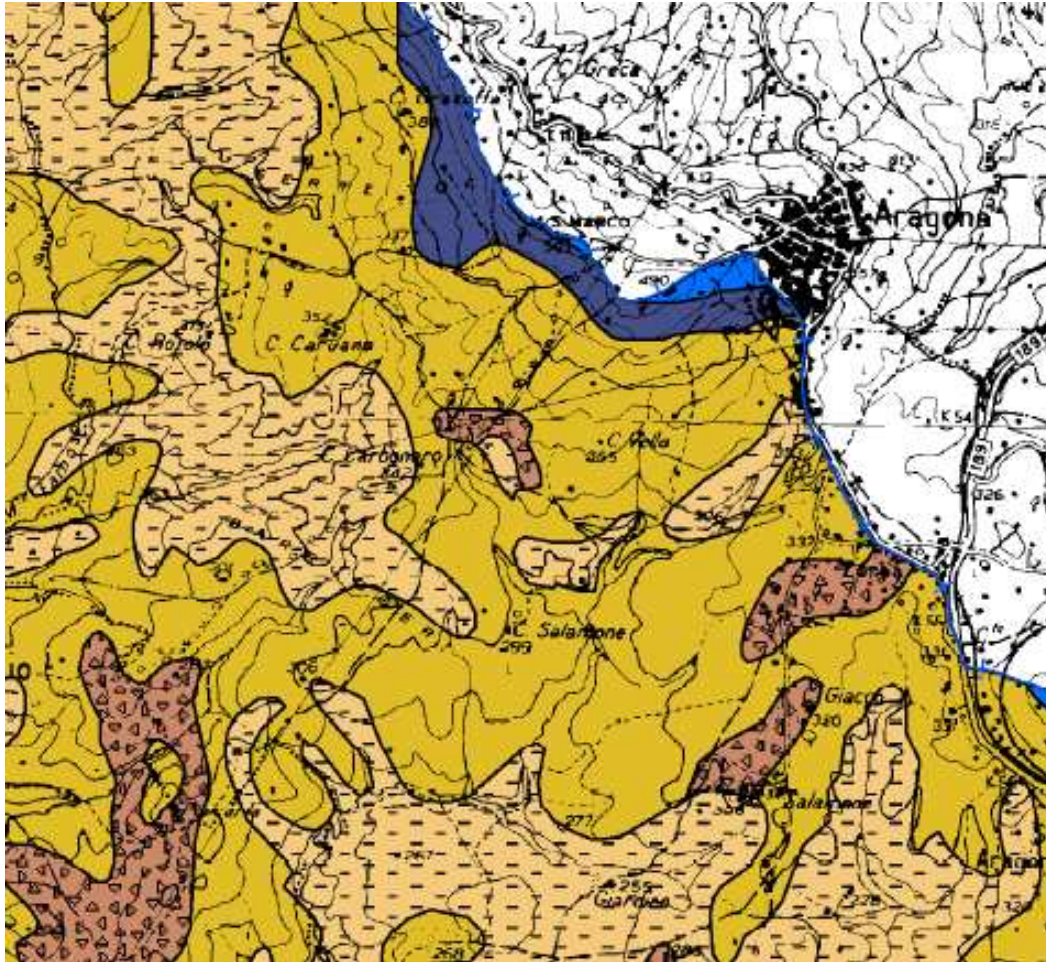


Figura 3: carta litologica in corrispondenza del bacino idrografico di interesse

Come risulta dall'estratto planimetrico sopra riportato, nell'area del bacino si riscontra la presenza di terreni argillosi (marrone chiaro) mentre nelle parti apicali si rileva la presenza di rocce calcaree (blu), tripodi (blu scuro) o arenarie (marrone scuro).

Come risulta invece dall'estratto planimetrico riportato alla pagina seguente invece, l'uso del suolo prevalente nel territorio del bacino è quello agricolo diviso in parti quasi uguali tra seminativo (in giallo) e mandorleti (verdino).

RELAZIONE IDROLOGICA-IDRAULICA ATTRAVERSAMENTO VALLONE SCORSONE

N°Doc. Ingegneria:

Rev.: 00

Foglio

8

di

46

N°Doc. Cliente:

P01395-PPL-RE-002-193

-

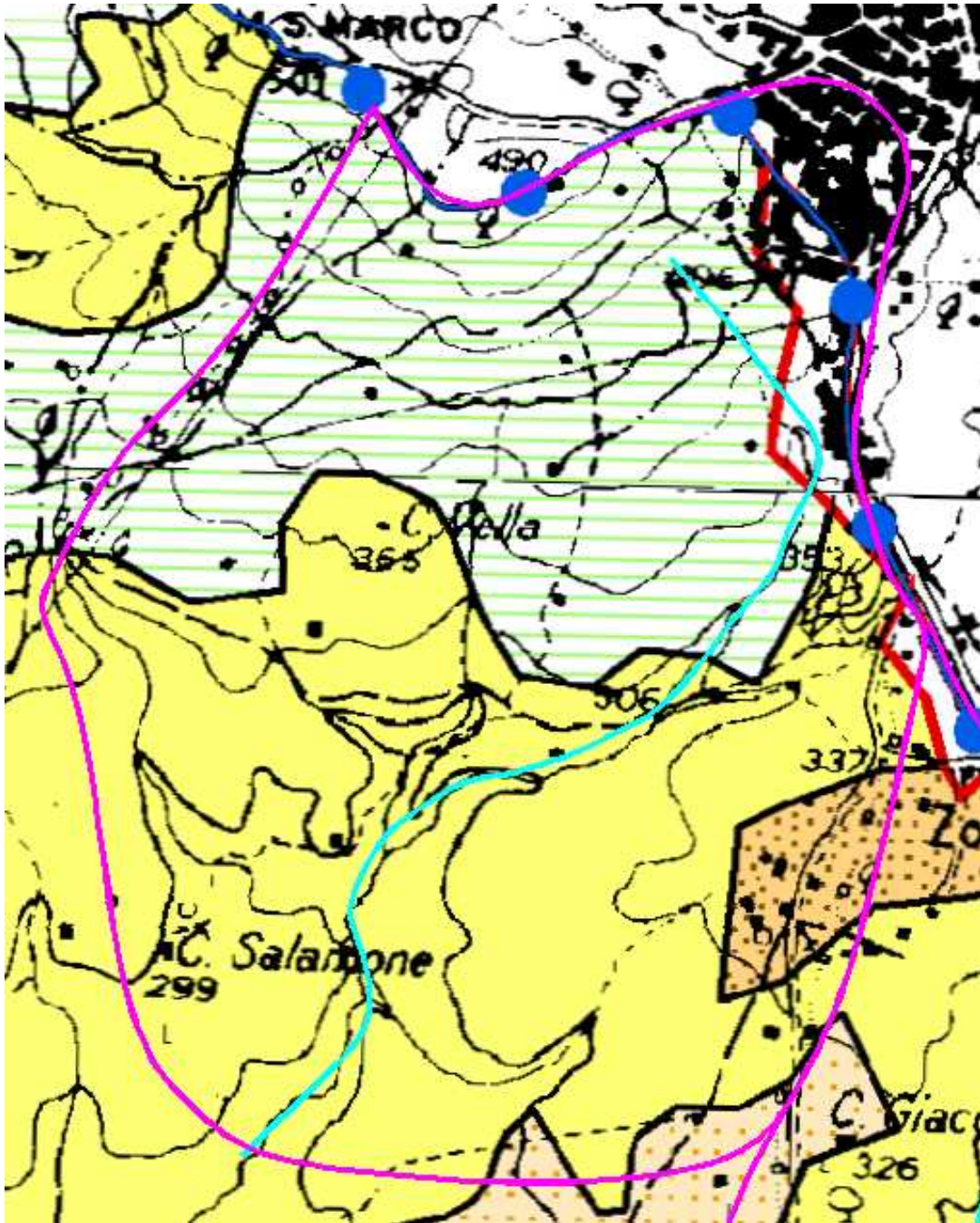


Figura 4: uso del suolo i corrispondenza del bacino idrografico di interesse

METANODOTTO AGRIGENTO-PIAZZA ARMERINA DN 1200 (48"), DP 75 bar						
RELAZIONE IDROLOGICA-IDRAULICA ATTRAVERSAMENTO VALLONE SCORSONE						
N°Doc. Ingegneria:	Rev.:	00				N°Doc. Cliente:
P01395-PPL-RE-002-193	Foglio 9 di 46					-

4 ANALISI DELLA PIOVOSITÀ

Per quanto riguarda i dati relativi alla distribuzione spaziale delle precipitazioni intense, da assumere per la determinazione della portata di progetto, si è applicata la metodologia utilizzata nell'ambito degli studi condotti per il PAI succitato.

Nel PAI della regione Sicilia sono state definite delle carte con la distribuzione dei parametri "a", "n", "CV" per tutto il territorio regionale, valori che poi sono stati ulteriormente dettagliati alla scala dei singoli bacini idrografici.

Nel caso in esame, dalle carte dei parametri suddetti riportate in relazione (Figure 4.3, 4.4, 4.5) si ricavano i seguenti valori:

	a	n	CV	
da	25	0,245	0,378	
a	28	0,283	0,474	

Tab. 1 (tratta dalle figure 4.3, 4.4, 4.5 della relazione PAI per il Fiume San Leone)

Da cui si ricavano i seguenti valori medi che verranno usati nei calcoli seguenti:

	a	n	CV	
	27,00	0,264	0,426	

Tab. 2 parametri a, n, CV da utilizzare nello studio

METANODOTTO AGRIGENTO-PIAZZA ARMERINA DN 1200 (48"), DP 75 bar							
RELAZIONE IDROLOGICA-IDRAULICA ATTRAVERSAMENTO VALLONE SCORSONE							
N°Doc. Ingegneria:	Rev.:	00					N°Doc. Cliente:
P01395-PPL-RE-002-193	Foglio 10 di 46						-

5 STUDIO IDROLOGICO

5.1 Generalità

Per la determinazione della massima portata di progetto di assegnato tempo di ritorno si procede secondo il metodo cinematico, secondo l'espressione del Turazza che pone:

$$Q = \frac{0,278 * Ca * S * h(T_r)}{\tau_c}$$

Ove:

- Ca : coefficiente di afflusso medio ragguagliato [adimensionale]
- S : superficie bacino alla sezione di progetto [kmq]
- τ_c tempo di corrivazione [ore]
- $h(T_r)$: altezza ragguagliata di pioggia di assegnato tempo di ritorno [m]
- Q : portata di progetto [mc/sec]

5.2 Coefficiente di afflusso

In analogia alla metodologia utilizzata dal PAI¹ per determinare l'afflusso alla rete di drenaggio, si procede caratterizzando i terreni secondo il metodo del Curve Number, secondo la procedura di seguito riportata, le cui tabelle caratteristiche sono riportate in Annesso 2.

L'ipotesi di fondo del metodo è:

$$F / S = P / (I - I_a)$$

Dove

F : Volume specifico infiltrato (mm)

S : Massima ritenzione superficiale (mm)

P : Deflusso superficiale (mm)

I : Afflusso meteorico (mm)

I_a : Assorbimento iniziale (mm)

¹ Cfr Piano Stralcio di Bacino per l'Assetto Idrogeologico della Regione Siciliana, Relazione Generale, par. 7.2.

RELAZIONE IDROLOGICA-IDRAULICA ATTRAVERSAMENTO VALLONE SCORSONE

N°Doc. Ingegneria: P01395-PPL-RE-002-193	Rev.: 00					N°Doc. Cliente: -
Foglio 11 di 46						

Imponendo il bilancio di massa:

$$F = I - I_a - P$$

Si ottiene :

$$P = (I - I_a)^2 / (I - I_a + S)$$

Si calcola il valore medio ponderale del parametro CN_{II} (Curve Number), scegliendo da tabelle disponibili in letteratura i valori elementari del parametro stesso in funzione del tipo di suolo e del suo uso.

Il valore medio del Curve Number così calcolato si riferisce ad una condizione iniziale di medio imbibimento dei terreni, per cui va corretto in funzione che si voglia considerare uno stato di imbibimento antecedente più secco (CN_I) o più saturo (CN_{III}).

Risulta quindi:

$$CN_I = CN_{II} / (2,38 - 0,0138 * CN_{II})$$

$$CN_{III} = CN_{II} / (0,43 + 0,0057 * CN_{II})$$

Si calcola S :

$$S = 25,4 * ((1000 / CN) - 10)$$

Imponendo che: $I_a = 0,2 * S$

$$e \quad k = S / I$$

si ottiene:

$$Ca = (1 - 0,2 * k)^2 / (1 + 0,8 * k)$$

Terreno	Ai [Kmq]	CN _{II,i}	CN _{I,i}	CN _{III,i}	Si I	Si III	
Tipo C	2.34	88	75.5	94.5	82.4	14.9	Seminativo
	0.00	84	68.8	92.4	115.1	20.8	Vigneti
	0.00	71	50.7	85.1	246.9	44.6	Pascoli
	1.38	73	53.2	86.3	223.6	40.4	Mandorleti
	0.25	94	86.8	97.3	38.6	7.0	Urbane
A tot	3.97	83.16	68.45	91.80	680.62	35.17	

Tabella 3: Calcolo del valore di CN_{II} medio ponderale

Si ricava quindi:

$$Ca(CN_{III}) = 0,77$$

Dove il valore CN_{III} verrà utilizzato nel seguito per la determinazione, a titolo cautelativo, della massima portata di assegnato tempo di ritorno.

METANODOTTO AGRIGENTO-PIAZZA ARMERINA DN 1200 (48"), DP 75 bar						
RELAZIONE IDROLOGICA-IDRAULICA ATTRAVERSAMENTO VALLONE SCORSONE						
N°Doc. Ingegneria: P01395-PPL-RE-002-193	Rev.: 00					N°Doc. Cliente: -
		Foglio	12	di	46	

5.3 Tempo di corrivazione

Il tempo di corrivazione è stato calcolato alla sezione di chiusura del bacino che è stata collocata in corrispondenza dell'attraversamento del metanodotto.

Per maggiore garanzia sulla qualità del risultato ottenuto, il tempo di corrivazione viene determinato con 3 diverse espressioni disponibili in letteratura:

• **formula di Ventura**
$$\tau_c = 0,127 * \sqrt{\frac{S}{i}} = [ore]$$

• **formula di Pezzoli**
$$\tau_c = 0,055 * \frac{L}{\sqrt{i}} = [ore]$$

• **formula di Puglisi**
$$\tau_c = 6 * L^{\frac{2}{3}} * (H_{max} - H_0)^{\frac{1}{3}} = [ore]$$

ove:

- S : superficie bacino alla sezione di progetto, ricavato dalla cartografia CTR: 3,97 kmq
- L lunghezza dell'asta fluviale, 3,17 km
- H₀ altezza della sezione di chiusura del bacino considerata, 250 m.s.m.
- H_{max} altezza massima del comprensorio, 501 m.s.m.

Dall'applicazione delle formule sopra indicate si ottengono pertanto i valori riportati in tabella:

Autore	Tempo [h]
Ventura	0,90
Pezzoli	0,62
Puglisi	2,05

Tabella 4: Tempi di corrivazione calcolati con le espressioni di vari autori

Si assume il valore più prossimo alla media, ovvero quello calcolato con la formula di Ventura.

$$\tau_c = 0,90 \text{ ore}$$

METANODOTTO AGRIGENTO-PIAZZA ARMERINA DN 1200 (48"), DP 75 bar							
RELAZIONE IDROLOGICA-IDRAULICA ATTRAVERSAMENTO VALLONE SCORSONE							
N°Doc. Ingegneria:	Rev.:	00					N°Doc. Cliente:
P01395-PPL-RE-002-193	Foglio 13 di 46						-

5.4 Altezza di pioggia

L'altezza di pioggia di assegnato tempo di ritorno, per durata di pioggia pari al tempo di corrivazione (valore cui corrisponde il massimo di portata secondo il metodo cinematico) si ottiene secondo la metodologia proposta nella Relazione Generale del PAI sopra citata, partendo dalle curve segnalatrici di possibilità pluviometrica viste al paragrafo 4, applicando ad esse il coefficiente correttivo K_t (funzione del parametro CV indicato sempre al paragrafo 4 e del tempo di ritorno), risulta quindi:

$$h(T_{r300}) = K_t (T_{r300}) * a * t^{0,26} = 2,70 * 27 t^{0,26} = 70,93 \text{ mm}$$

$$h(T_{r100}) = K_t (T_{r100}) * a * t^{0,26} = 2,33 * 27 t^{0,26} = 61,32 \text{ mm}$$

$$h(T_{r50}) = K_t (T_{r50}) * a * t^{0,26} = 2,10 * 27 t^{0,26} = 55,24 \text{ mm}$$

Date le modeste dimensioni del bacino si ritiene, a favore di sicurezza, di non applicare un coefficiente di riduzione areale delle piogge intense.

5.5 Portata di progetto

Con i valori sopra riportati si procede pertanto alla determinazione della portata di assegnato tempo di ritorno alla sezione dell'attraversamento, che risulta:

$$Q(T_{r300})_{CNIII} = 66,67 \text{ mc/sec}$$

$$Q(T_{r100})_{CNIII} = 57,64 \text{ mc/sec}$$

$$Q(T_{r50})_{CNIII} = 51,92 \text{ mc/sec}$$

Nei paragrafi successivi si procederà pertanto alla modellazione idraulica del tratto di fiume di interesse considerando le portate con tempo di ritorno 300 anni.

METANODOTTO AGRIGENTO-PIAZZA ARMERINA DN 1200 (48"), DP 75 bar						
RELAZIONE IDROLOGICA-IDRAULICA ATTRAVERSAMENTO VALLONE SCORSONE						
N° Doc. Ingegneria:	Rev.:	00				N° Doc. Cliente:
P01395-PPL-RE-002-193	Foglio 14 di 46					-

6 STUDIO IDRAULICO DEL VALLONE SCORSONE

Il calcolo in moto permanente è stato eseguito tramite elaboratore elettronico con l'ausilio del programma di calcolo Hec-Ras, per le cui caratteristiche si rimanda all'annesso 1. Il tratto modellato ha una lunghezza di circa 90 m. In particolare la sezione dell'attraversamento è la n. 20, mentre è stata simulata la presenza della piccola briglia posta a monte inserendo un salto di fondo tra le sezioni 30 ed 35, come risulta dal profilo longitudinale seguente. Sono state imposte come condizione al contorno, a monte e valle del tratto modellato, l'altezza di moto uniforme, calcolata con una pendenza pari a quella media del tratto rilevato.

Alla luce delle scelte progettuali di ripristinare la sezione trasversale del Vallone nel pieno rispetto delle dimensioni originarie, l'unica variazione è rappresentata dall'aumento di scabrezza nel tratto ove è previsto il prolungamento del rivestimento in pietra. Come si vedrà dal confronto tra le tabelle 6.1 e 6.2, tale modifica non produce variazioni sostanziali nei parametri del deflusso nel tratto interessato (per tale motivo si è ommesso di allegare i grafici relativi allo stato ante operam).

Nella fincatura superiore delle sezioni allegate sono riportati i valori di scabrezza utilizzati per i vari tratti (secondo Manning), i cui valori sono ricavati da fonti di letteratura.

Tipologia del corso d'acqua	Strickler $K_s = 1/n \text{ (m}^{1/3} \text{ s}^{-1}\text{)}$
CORSI D'ACQUA MINORI (Raggio idraulico $\cong 2$ m; larghezza in piena < 30 m)	
Corsi d'acqua di pianura	
- alvei con fondo compatto, senza irregolarità	45-40
- alvei regolari con vegetazione erbacea	30-35
- alvei con ciottoli e irregolarità modeste	25-30
- alvei fortemente irregolari	25-15
Torrenti montani	
- fondo alveo con prevalenza di ghiaia e ciottoli, pochi grossi massi	30-25
- alveo in roccia regolare	30-25
- fondo alveo con ciottoli e molti grossi massi	20-15
- alveo in roccia irregolare	20-15
CORSI D'ACQUA MAGGIORI (Raggio idraulico $\cong 4$ m; larghezza in piena > 30 m)	
- sezioni con fondo limoso, scarpate regolari a debole copertura erbosa	45-40
- sezioni in depositi alluvionali, fondo sabbioso, scarpate regolari a copertura erbosa	35
- sezioni in depositi alluvionali, fondo regolare, scarpate irregolari con vegetazione arbustiva e arborea	25-30
- in depositi alluvionali, fondo irregolare, scarpate irregolari con forte presenza di vegetazione arbustiva e arborea	20-25

Tab. 5: valori caratteristici di scabrezza

I risultati, grafici e numerici, sono riportati nelle pagine seguenti.

I valori delle grandezza idrauliche nel seguito riportati, verranno utilizzati per le determinazioni della massima profondità di scavo di cui al paragrafo successivo.

RELAZIONE IDROLOGICA-IDRAULICA ATTRAVERSAMENTO VALLONE SCORSONE

N° Doc. Ingegneria:	Rev.: 00					N° Doc. Cliente:
P01395-PPL-RE-002-193	Foglio 15 di 46					-

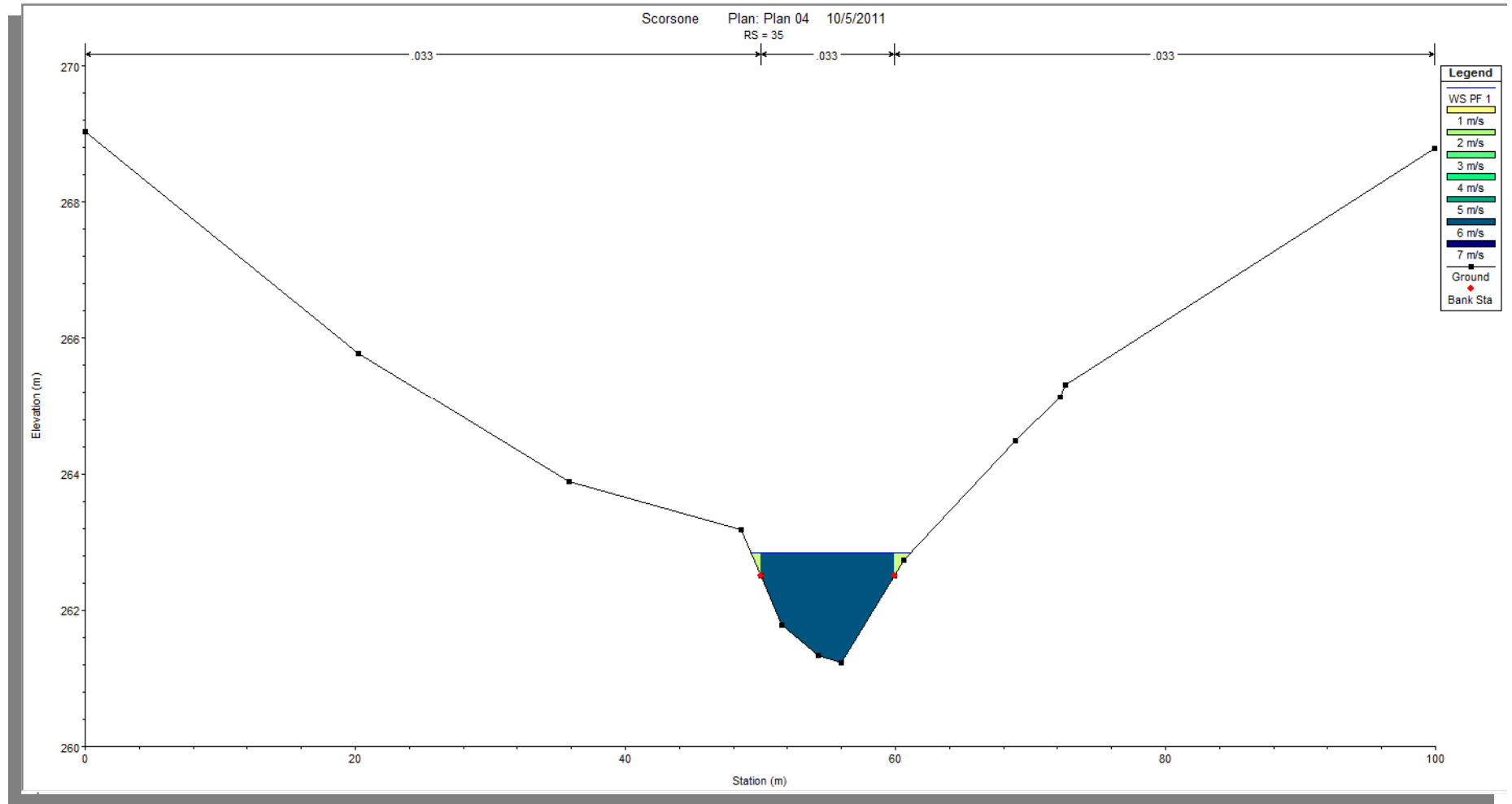


Figura 4.1: sezione trasversale 30 a monte dell'attraversamento

METANODOTTO AGRIGENTO-PIAZZA ARMERINA DN 1200 (48"), DP 75 bar					
RELAZIONE IDROLOGICA-IDRAULICA ATTRAVERSAMENTO VALLONE SCORSONE					
N° Doc. Ingegneria:	Rev.:	00			N° Doc. Cliente:
P01395-PPL-RE-002-193		Foglio	16	di	46
					-

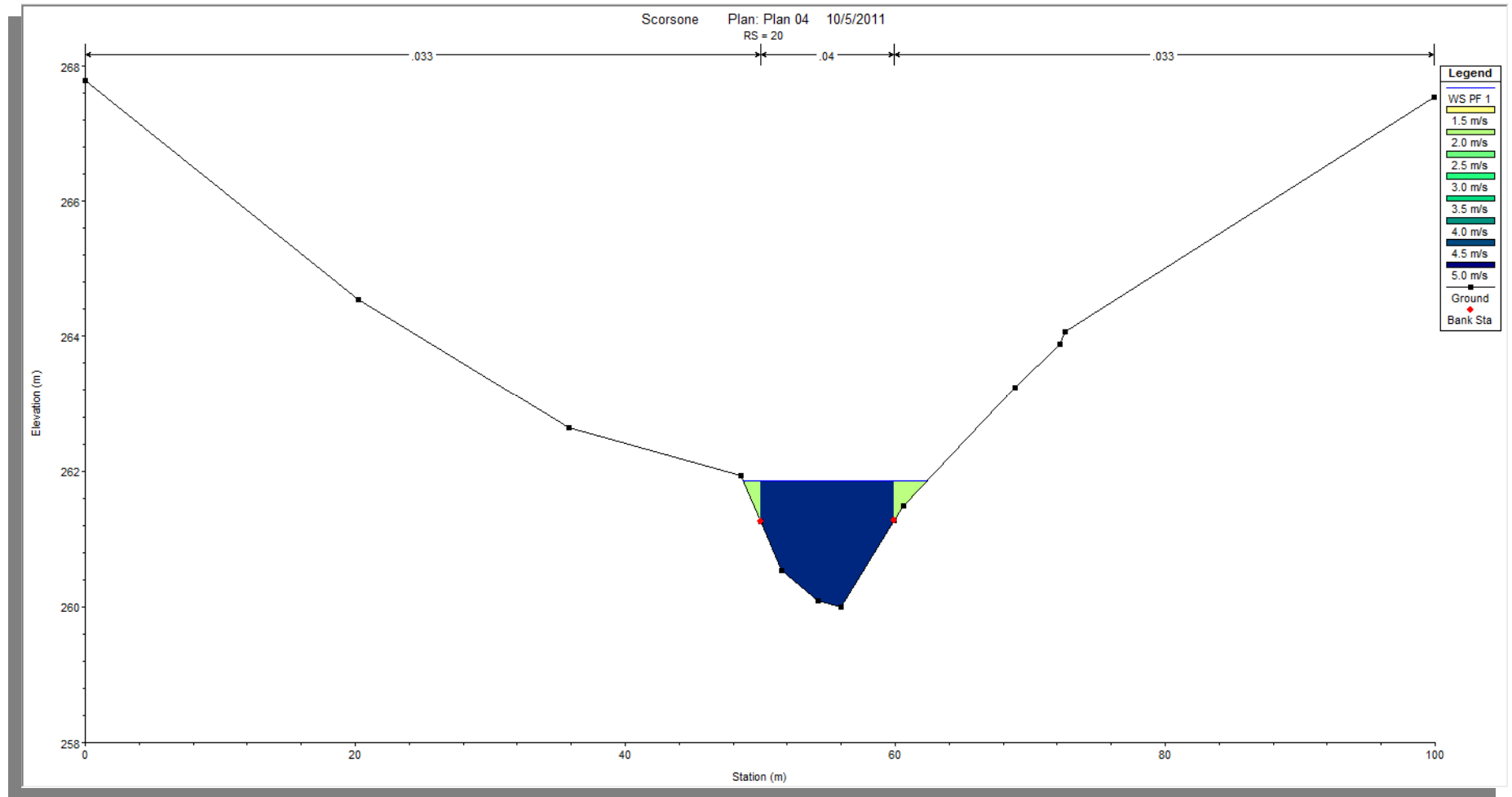


Figura 4.2: sezione trasversale 20 in corrispondenza dell'attraversamento

RELAZIONE IDROLOGICA-IDRAULICA ATTRAVERSAMENTO VALLONE SCORSONE

N° Doc. Ingegneria:	Rev.: 00					N° Doc. Cliente:
P01395-PPL-RE-002-193	Foglio 17 di 46					-

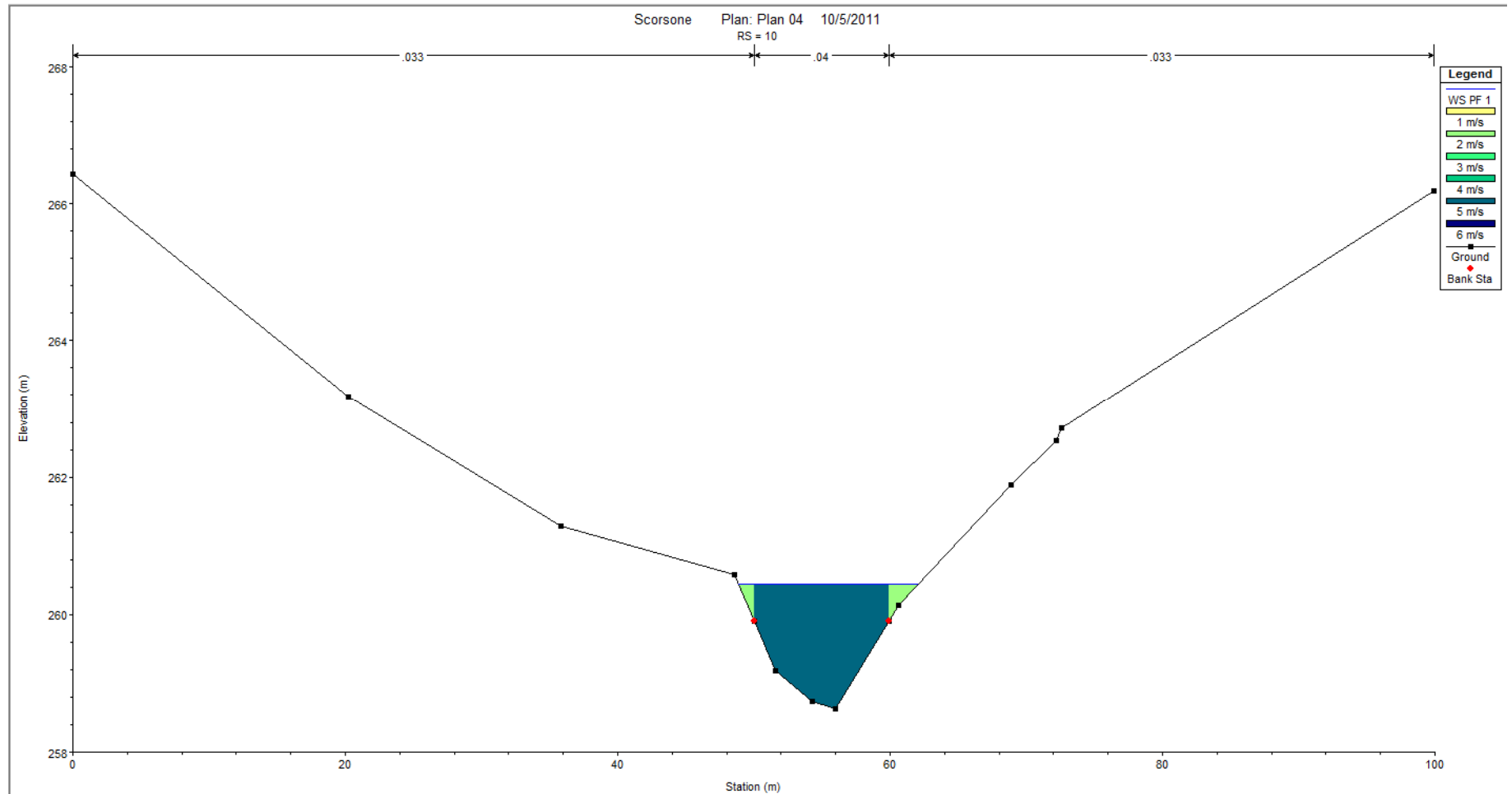


Figura 4.3: sezione trasversale 10 a valle del tratto modellato

RELAZIONE IDROLOGICA-IDRAULICA ATTRAVERSAMENTO VALLONE SCORSONE

N° Doc. Ingegneria: P01395-PPL-RE-002-193	Rev.: 00	Foglio 18	di 46	N° Doc. Cliente: -
--	----------	-----------	-------	-----------------------

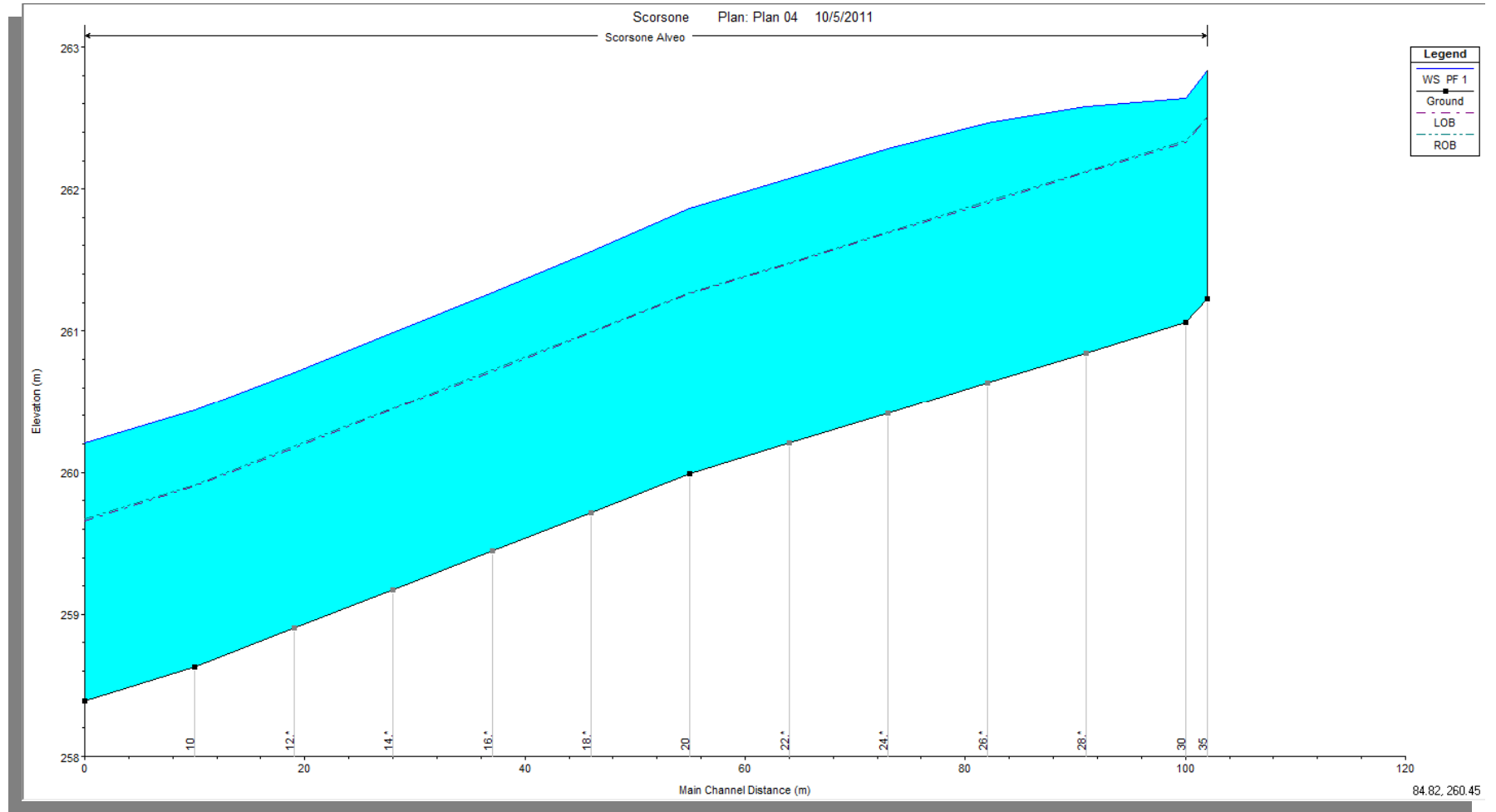


Figura 5: profilo longitudinale del tratto modellato

RELAZIONE IDROLOGICA-IDRAULICA ATTRAVERSAMENTO VALLONE SCORSONE

N° Doc. Ingegneria:

Rev.: 00

N° Doc. Cliente:

P01395-PPL-RE-002-193

Foglio 19 di 46

-

River Sta	Profile	Q Total (m3/s)	Min Ch El (m)	W.S. Elev (m)	Crit W.S. (m)	E.G. Elev (m)	E.G. Slope (m/m)	Vel Chnl (m/s)	Flow Area (m2)	Top Width (m)	Froude # Chl	Shear Chan (N/m2)	Shear Total (N/m2)	Hydr Radius (m)
35	PF 1	66.62	261.23	262.84	263.49	264.66	0.036003	6.01	11.31	11.83	1.82	377.36	323.04	0.91
30	PF 1	66.62	261.06	262.64	263.33	264.57	0.057924	6.18	10.96	11.63	1.89	590.86	512.64	0.90
28.*	PF 1	66.62	260.85	262.58	263.11	264.01	0.036204	5.34	12.85	12.71	1.53	422.41	343.83	0.97
26.*	PF 1	66.62	260.63	262.46	262.90	263.66	0.027562	4.90	14.13	13.39	1.35	347.04	273.17	1.01
24.*	PF 1	66.62	260.42	262.28	262.68	263.41	0.025196	4.77	14.58	13.62	1.30	325.21	253.31	1.03
22.*	PF 1	66.62	260.20	262.08	262.47	263.19	0.024636	4.73	14.70	13.68	1.29	319.96	248.57	1.03
20	PF 1	66.62	259.99	261.86	262.26	262.97	0.024635	4.73	14.70	13.68	1.29	319.95	248.57	1.03
18.*	PF 1	66.62	259.72	261.56	261.98	262.73	0.026827	4.86	14.27	13.46	1.34	340.32	267.03	1.01
16.*	PF 1	66.62	259.45	261.27	261.71	262.48	0.027824	4.92	14.08	13.36	1.36	349.42	275.35	1.01
14.*	PF 1	66.62	259.17	260.99	261.44	262.22	0.028719	4.97	13.93	13.28	1.38	357.52	282.80	1.00
12.*	PF 1	66.62	258.90	260.71	261.17	261.96	0.029306	5.00	13.83	13.23	1.39	362.77	287.65	1.00
10	PF 1	66.62	258.63	260.44	260.90	261.69	0.029397	5.00	13.82	13.22	1.39	363.59	288.40	1.00
1	PF 1	66.62	258.39	260.21	260.65	261.45	0.019684	4.99	13.94	13.29	1.38	245.18	193.89	1.00

Tabella 6.1: grandezze caratteristiche in corrispondenza delle sezioni modellate nello stato di progetto per Tr300 anni

River Sta	Profile	Q Total (m3/s)	Min Ch El (m)	W.S. Elev (m)	Crit W.S. (m)	E.G. Elev (m)	E.G. Slope (m/m)	Vel Chnl (m/s)	Flow Area (m2)	Top Width (m)	Froude # Chl	Shear Chan (N/m2)	Shear Total (N/m2)	Hydr Radius (m)
35	PF 1	66.62	261.23	262.84	263.49	264.66	0.036003	6.01	11.31	11.83	1.82	377.36	323.04	0.91
30	PF 1	66.62	261.06	262.63	263.32	264.58	0.039761	6.20	10.93	11.61	1.90	404.88	351.59	0.90
28.*	PF 1	66.62	260.85	262.49	263.10	264.19	0.031921	5.79	11.78	12.11	1.72	346.43	291.63	0.93
26.*	PF 1	66.62	260.63	262.32	262.89	263.88	0.027790	5.55	12.35	12.43	1.62	313.86	259.31	0.95
24.*	PF 1	66.62	260.42	262.13	262.67	263.62	0.026091	5.44	12.63	12.58	1.57	300.04	245.83	0.96
22.*	PF 1	66.62	260.20	261.93	262.46	263.39	0.025079	5.38	12.80	12.68	1.54	291.68	237.76	0.97
20	PF 1	66.62	259.99	261.72	262.25	263.16	0.024713	5.35	12.87	12.72	1.53	288.63	234.82	0.97
18.*	PF 1	66.62	259.72	261.43	261.97	262.93	0.026527	5.47	12.55	12.54	1.58	303.61	249.29	0.96
16.*	PF 1	66.62	259.45	261.15	261.71	262.65	0.038841	5.46	12.54	12.54	1.58	444.28	364.91	0.96
14.*	PF 1	66.62	259.17	260.94	261.44	262.28	0.032957	5.19	13.28	12.94	1.47	394.82	317.60	0.98
12.*	PF 1	66.62	258.90	260.69	261.17	261.99	0.031329	5.10	13.51	13.06	1.43	380.68	304.31	0.99
10	PF 1	66.62	258.63	260.42	260.90	261.71	0.030898	5.08	13.58	13.10	1.43	376.89	300.76	0.99
1	PF 1	66.62	258.39	260.19	260.65	261.46	0.020384	5.04	13.77	13.20	1.41	251.42	199.67	1.00

Tabella 6.2: grandezze caratteristiche in corrispondenza delle sezioni modellate nello stato di fatto per Tr300 anni

METANODOTTO AGRIGENTO-PIAZZA ARMERINA DN 1200 (48"), DP 75 bar					
RELAZIONE IDROLOGICA-IDRAULICA ATTRAVERSAMENTO VALLONE SCORSONE					
N° Doc. Ingegneria:	Rev.:	00			N° Doc. Cliente:
P01395-PPL-RE-002-193	Foglio 20 di 46				-

Ove:

- Q total: portata di progetto;
- Min. Ch. El.: quota fondo alveo;
- W.S. elev.: quota pelo libero moto uniforme;
- Crit. W.S. : altezza critica;
- E.G. elev.: quota carico totale;
- E.G. slope: pendenza linea dei carichi totali;
- Vel chn: velocità media alveo(di magra)
- Vel total: velocità media intera sezione (comprese le aree di golena)
- Flow area: area della sezione liquida;
- Top Whidt: larghezza pelo libero;
- Froude: numero di Froude;
- Hydr Radius: raggio idraulico;
- Shear: tensioni tangenziali

Dal confronto tra i risultati delle due simulazioni riportati nelle soprastanti tabelle (tirante idrico, velocità, raggio idraulico, numero di Froude) si evince che gli effetti delle trasformazioni indotte dalla realizzazione delle opere, consistenti nel prolungare verso monte il rivestimento di fondo e parte delle sponde in materiale lapideo già esistente, sia nel complesso trascurabile.

METANODOTTO AGRIGENTO-PIAZZA ARMERINA DN 1200 (48"), DP 75 bar						
RELAZIONE IDROLOGICA-IDRAULICA ATTRAVERSAMENTO VALLONE SCORSONE						
N° Doc. Ingegneria: P01395-PPL-RE-002-193	Rev.: 00					N° Doc. Cliente: -
		Foglio	21	di	46	

7 DETERMINAZIONE DELLA MASSIMA PROFONDITÀ DI EROSIONE

7.1 Erosione al fondo

Esistono vari studi, per lo più sperimentali, per la determinazione della massima profondità di erosione di un fondo d'alveo in corrispondenza di piene eccezionali, dovute principalmente:

1. alla presenza di discontinuità di fondo;
2. alla presenza di manufatti in alveo (pile, pennelli, briglie, ecc.);
3. alla presenza di curve;
4. alla propagazione di barre alterne;

Alla luce delle caratteristiche dell'alveo in prossimità dell'attraversamento, si possono escludere le cause di cui ai punti 2 e 4, infatti il piccolo salto di fondo presente a monte del tratto modellato non produce effetti nella sezione di progetto essendo il moto sempre in corrente veloce, inoltre le caratteristiche dell'alveo consentono di escludere la possibilità che si possano formare barre alterne.

Restano pertanto da studiare i Caso 1 e 3:

Caso 1:

La possibile discontinuità di fondo in tal caso si può correlare al differente grado di compattazione, rugosità superficiale, scabrezza (connessa alla differente presenza di vegetazione), che si verrà a determinare post-operam tra le zone interessate dalle operazioni di scavo, ripristino e dal transito dei mezzi di cantiere e quelle ad esse adiacenti indisturbate. Tale fenomeno ovviamente tenderà ad attenuarsi nel tempo in ragione della progressiva stabilizzazione dei terreni.

Dall'espressione di Shoklitsch², utilizzando le grandezze caratteristiche del moto determinate ai paragrafi precedenti, assumendo come portata specifica

$q = Q/(\Omega/300)$, per tr 300 anni, risulta:

$$S_{\max} = 1,38 \text{ m}$$

² $S_{\max \text{ prog}} = 0,378 * H^{0,5} * q^{0,35}$ con H= carico totale

METANODOTTO AGRIGENTO-PIAZZA ARMERINA DN 1200 (48"), DP 75 bar						
RELAZIONE IDROLOGICA-IDRAULICA ATTRAVERSAMENTO VALLONE SCORSONE						
N° Doc. Ingegneria:	Rev.:	00				N° Doc. Cliente:
P01395-PPL-RE-002-193	Foglio 22 di 46					-

Caso 3:

L'attraversamento in progetto cade al termine di un'ampia curva formata dall'alveo del torrente, risultano quindi applicabili le formule empiriche per la determinazione dell'erosione in curva.

Va evidenziato che trattandosi di formule sperimentali, la loro validità è fortemente legata alle condizioni al contorno utilizzate per la loro determinazione, pertanto si è proceduto utilizzando due delle principali espressioni reperibili in letteratura, in modo da poter confrontare i risultati, e si sono adottati opportuni coefficienti di sicurezza, come risulta al paragrafo successivo.

Secondo la relazione di Seminara e Tubino (1989), nell'ipotesi di trasporto al fondo dominante, sedimenti omogenei e raggio di curvatura costante, la profondità massima di scavo si può ricavare dall'espressione:

$$\eta_{\max} = Y d_0 \frac{b_f}{4r_c}$$

Dove:

- b_f è la larghezza equivalente del fondo alveo ricavata come rapporto tra l'area della sezione idrica ed il tirante idrico nella condizione a piene rive, che risulta: 7,86 m
- Y il tirante idrico massimo della sezione: 1,87 m
- r_c è il raggio di curvatura: 50 m
- d_0 è un coefficiente che si ricava da tabelle sperimentali (Vedi Annesso 3) in funzione del numero di Shields θ e del rapporto D/Y , con D diametro del sedimento. Assumendo per D un valore di 0,01 m (diametro medio del materiale presente sul fondo alveo).

Si ricava pertanto:

$$\eta_{\max} = 0,37m$$

RELAZIONE IDROLOGICA-IDRAULICA ATTRAVERSAMENTO VALLONE SCORSONE

N° Doc. Ingegneria: P01395-PPL-RE-002-193	Rev.: 00					N° Doc. Cliente: -
Foglio 23 di 46						

Un'altra espressione per la determinazione della massima profondità di posa è fornita da Nedeco (1959) e pone:

$$\eta_{\max} = \left[\left(1 - \frac{b_f}{2r_c + b_f} \gamma \theta \right)^{-1} - 1 \right] Y$$

Dove oltre alle grandezza viste in precedenza, compare γ che è una costante con valori compresi tra 9,4 e 11,5.

Sostituendo si ottiene:

$$\eta_{\max} = 0,03$$

Data la notevole diversità dei risultati ottenuti applicando le due diverse espressioni, si ritiene opportuno (ed a favore di sicurezza) assumere i risultati ottenuti con la prima delle due.

7.2 Definizione della profondità di posa

Alla luce delle analisi di cui ai punti precedenti, si ritiene pertanto che la condizione più gravosa sia quella analizzata al punto 7.1. Caso 1.

Su tale valore tuttavia è bene considerare che formule utilizzate consentono di determinare l'ordine di grandezza dei valori in gioco che pertanto vanno utilizzati con notevole cautela ed opportuni coefficienti di sicurezza. Per tali motivi, in considerazione delle caratteristiche dell'alveo del Vallone, che presenta caratteristiche torrentizie, nonché dei materiali presenti in sito, si ritiene opportuno considerare un coefficiente di sicurezza non inferiore a 2,00. Risulterebbe pertanto $S_{\max \text{ prog}} = 1,38 * 2,00 = 2,76 \text{ m}$

Tuttavia, a maggior garanzia di protezione delle opere, è stato prevista la realizzazione di un rivestimento in pietrame, prolungando un analoga opera già esistente a valle.

Alla luce delle analisi di cui ai punti precedenti, il ricoprimento della condotta dovrà assicurare esclusivamente la protezione della tubazione nei confronti dei possibili urti accidentali in fase di posa del rivestimento lapideo, cui spetterà invece il compito di proteggere l'opera da possibili dinamiche evolutive/erosive del corso d'acqua.

RELAZIONE IDROLOGICA-IDRAULICA ATTRAVERSAMENTO VALLONE SCORSONE

N° Doc. Ingegneria: P01395-PPL-RE-002-193	Rev.: 00						N° Doc. Cliente: -
Foglio 24 di 46							

Considerando che si prevede di porre in opera una protezione in pietrame di spessore non inferiore a 1,5 m, la profondità minima della condotta dal fondo alveo dovrà risultare non inferiore a:

$$S_{\max \text{ prog}} = 3,00 \text{ m}$$

In progetto si è pertanto fissata la profondità minima dal punto più depresso del fondo alveo pari a 3,00 m.

RELAZIONE IDROLOGICA-IDRAULICA ATTRAVERSAMENTO VALLONE SCORSONE

N° Doc. Ingegneria: P01395-PPL-RE-002-193	Rev.: 00	Foglio 25	di 46	N° Doc. Cliente: -
--	----------	-----------	-------	-----------------------

8 VERIFICHE DI STABILITÀ DELL'OPERA**Verifiche di stabilità ante operam**

** PCSTABL5M **

by

Purdue University

--Slope Stability Analysis--

Simplified Janbu, Simplified Bishop

or Spencer`s Method of Slices

Run Date: 10-03-11
Time of Run: 9:08pm
Run By: ing. F. Tamagnini
Input Data Filename: C:SEZIONE.SI
Output Filename: C:SEZIONE.OUT
Plotted Output Filename: C:SEZIONE.PLT

BOUNDARY COORDINATES

11 Top Boundaries
11 Total Boundaries

Boundary No.	X-Left (ft)	Y-Left (ft)	X-Right (ft)	Y-Right (ft)	Soil Type Below Bnd
1	.00	15.00	27.30	11.55	1
2	27.30	11.55	27.70	11.35	1
3	27.70	11.35	31.00	10.70	1
4	31.00	10.70	39.25	8.95	1
5	39.25	8.95	43.95	7.45	1
6	43.95	7.45	45.65	7.55	1
7	45.65	7.55	48.35	8.00	1
8	48.35	8.00	51.35	9.40	1
9	51.35	9.40	64.10	10.10	1
10	64.10	10.10	79.65	12.00	1
11	79.65	12.00	99.90	15.25	1

ISOTROPIC SOIL PARAMETERS

1 Type(s) of Soil

Soil Type No.	Total Unit Wt. (pcf)	Saturated Unit Wt. (pcf)	Cohesion Intercept (psf)	Friction Angle (deg)	Pore Pressure Param.	Pressure Constant (psf)	Piez. Surface No.
1	19.0	20.0	2.0	25.0	.00	.0	1

1 PIEZOMETRIC SURFACE(S) HAVE BEEN SPECIFIED

Unit Weight of Water = 9.80

Piezometric Surface No. 1 Specified by 2 Coordinate Points

Point No.	X-Water (ft)	Y-Water (ft)
1	31.00	9.40
2	51.35	9.40

RELAZIONE IDROLOGICA-IDRAULICA ATTRAVERSAMENTO VALLONE SCORSONE

N° Doc. Ingegneria: P01395-PPL-RE-002-193	Rev.: 00						N° Doc. Cliente: -
Foglio 26 di 46							

A Critical Failure Surface Searching Method, Using A Random Technique For Generating Circular Surfaces, Has Been Specified.

100 Trial Surfaces Have Been Generated.

10 Surfaces Initiate From Each Of 10 Points Equally Spaced Along The Ground Surface Between X = 44.00 ft.
and X = 46.00 ft.

Each Surface Terminates Between X = 52.00 ft.
and X = 55.00 ft.

Unless Further Limitations Were Imposed, The Minimum Elevation At Which A Surface Extends Is Y = .00 ft.

1.00 ft. Line Segments Define Each Trial Failure Surface.

Following Are Displayed The Ten Most Critical Of The Trial Failure Surfaces Examined. They Are Ordered - Most Critical First.

* * Safety Factors Are Calculated By The Modified Janbu Method * *

**PROBLEM DESCRIPTION FIUME SCORSONE - JANBU
verifiche ante opera torrente in piena**

Failure Surface Specified By 10 Coordinate Points

Point No.	X-Surf (ft)	Y-Surf (ft)
1	45.56	7.54
2	46.47	7.14
3	47.45	6.92
4	48.45	6.88
5	49.44	7.02
6	50.38	7.34
7	51.25	7.83
8	52.02	8.48
9	52.65	9.25
10	52.78	9.48

FS01 = 2.387
 FS02 = 2.388
 FS03 = 2.408
 FS04 = 2.433
 FS05 = 2.435
 FS06 = 2.436
 FS07 = 2.441
 FS08 = 2.447
 FS09 = 2.460
 FS10 = 2.478

RELAZIONE IDROLOGICA-IDRAULICA ATTRAVERSAMENTO VALLONE SCORSONE

N° Doc. Ingegneria:

Rev.:

00

N° Doc. Cliente:

P01395-PPL-RE-002-193

Foglio 27 di 46

-

**PROBLEM DESCRIPTION FIUME SCORSONE - BISHOP
verifiche ante opera torrente in piena**

* * Safety Factors Are Calculated By The Modified Bishop Method * *

Failure Surface Specified By 9 Coordinate Points

Point No.	X-Surf (ft)	Y-Surf (ft)
1	45.78	7.57
2	46.72	7.25
3	47.71	7.10
4	48.71	7.13
5	49.69	7.35
6	50.61	7.73
7	51.45	8.28
8	52.18	8.97
9	52.54	9.47

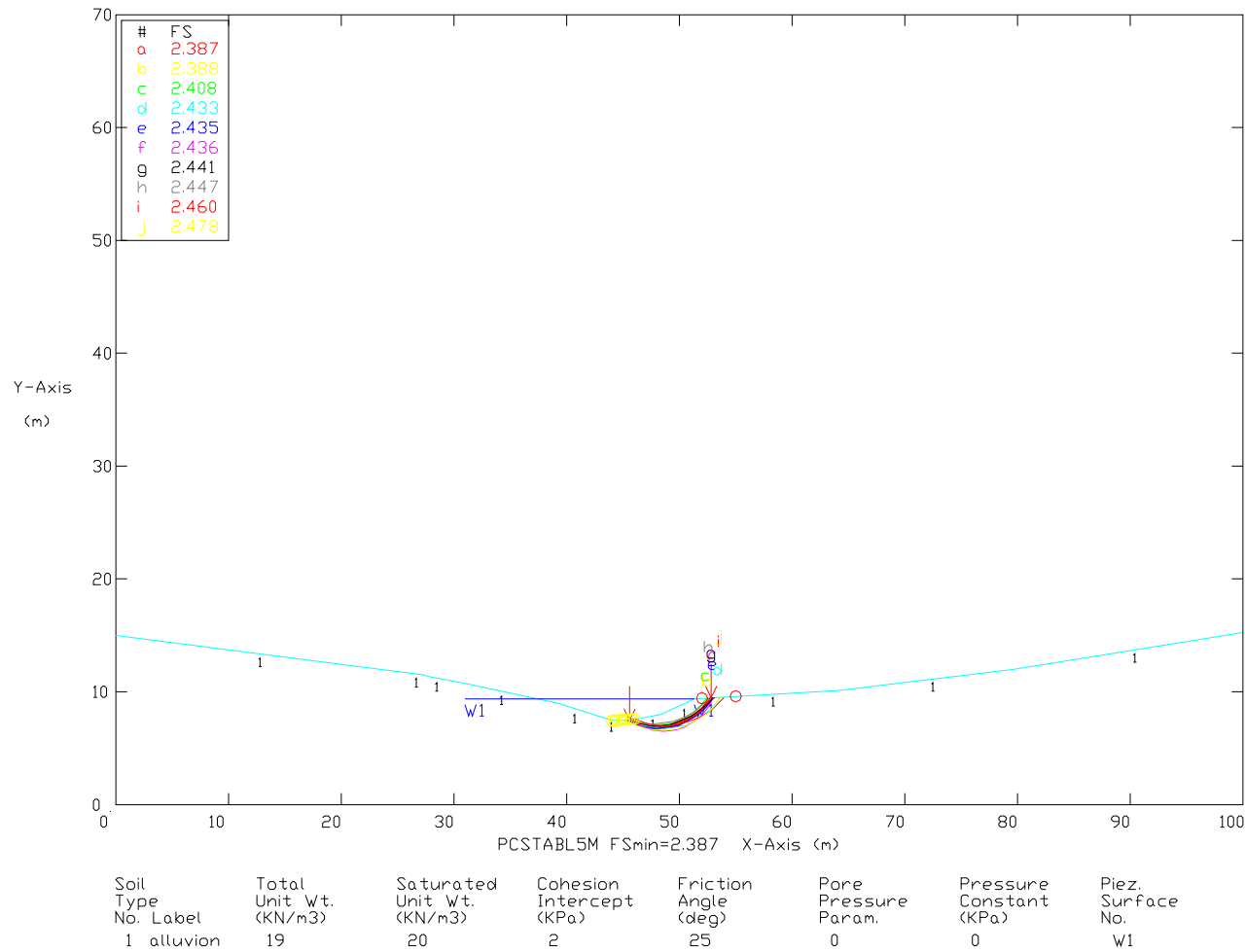
Circle Center At X = 48.0 ; Y = 12.6 and Radius, 5.5

FS01 = 2.621
 FS02 = 2.633
 FS03 = 2.640
 FS04 = 2.655
 FS05 = 2.658
 FS06 = 2.666
 FS07 = 2.695
 FS08 = 2.704
 FS09 = 2.708
 FS10 = 2.710

RELAZIONE IDROLOGICA-IDRAULICA ATTRAVERSAMENTO VALLONE SCORSONE

N° Doc. Ingegneria:	Rev.: 00					N° Doc. Cliente:
P01395-PPL-RE-002-193	Foglio 28 di 46					-

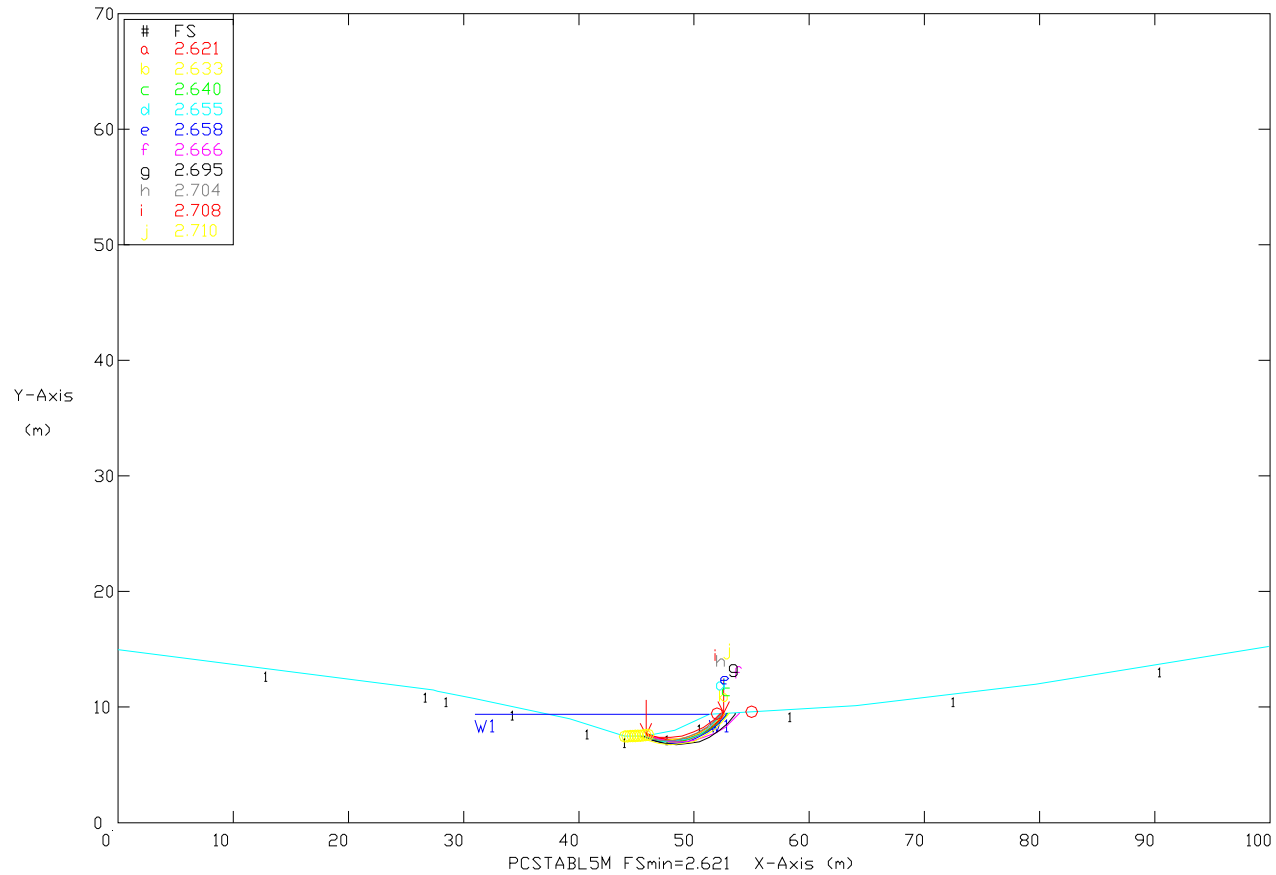
FIUME SCORSONE - JANBU verifiche ante opera torrente in piena
 Ten Most Critical. C:SEZIONE.PLT By: ing. F. Tamagnini 10-03-11 9:08pm



RELAZIONE IDROLOGICA-IDRAULICA ATTRAVERSAMENTO VALLONE SCORSONE

N° Doc. Ingegneria:	Rev.: 00					N° Doc. Cliente:
P01395-PPL-RE-002-193	Foglio 29 di 46				-	

FIUME SCORSONE - BISHOP verifiche ante opera torrente in piena
 Ten Most Critical. C:SEZIONE.PLT By: ing. F. Tamagnini 10-03-11 9:12pm



Soil Type No. Label	Total Unit Wt. (KN/m3)	Saturated Unit Wt. (KN/m3)	Cohesion Intercept (KPa)	Friction Angle (deg)	Pore Pressure Param.	Pressure Constant (KPa)	Piez. Surface No.
1 alluvion	19	20	2	25	0	0	W1

RELAZIONE IDROLOGICA-IDRAULICA ATTRAVERSAMENTO VALLONE SCORSONE

N° Doc. Ingegneria: P01395-PPL-RE-002-193	Rev.: 00						N° Doc. Cliente: -
Foglio 30 di 46							

Verifiche di stabilità post operam

Al fine di modellare le verifiche di stabilità post opera, tenuto conto della natura dei terreni che costituiscono il suolo ed il substrato delle aree interessate dal corso d'acqua in esame, sarà operata una riduzione del valore della coesione; il disturbo operato dalla fase di scavo sarà infatti, nel breve periodo, in minima parte eliminato in fase di chiusura degli scavi attraverso la ricompattazione del terreno scavato.

All'interno delle successive verifiche non verrà presa in considerazione, anche a favor di sicurezza, l'apporto dato alla stabilità dei versanti dall'impianto di massi di rivestimento del fondo e delle sponde.

** PCSTABL5M **

by

Purdue University

--Slope Stability Analysis--

Simplified Janbu, Simplified Bishop
or Spencer`s Method of Slices

Run Date: 10-03-11
Time of Run: 9:14pm
Run By: ing. F. Tamagnini
Input Data Filename: C:SEZIONE.SI
Output Filename: C:SEZIONE.OUT
Plotted Output Filename: C:SEZIONE.PLT

BOUNDARY COORDINATES

11 Top Boundaries
11 Total Boundaries

Boundary No.	X-Left (ft)	Y-Left (ft)	X-Right (ft)	Y-Right (ft)	Soil Type Below Bnd
1	.00	15.00	27.30	11.55	1
2	27.30	11.55	27.70	11.35	1
3	27.70	11.35	31.00	10.70	1
4	31.00	10.70	39.25	8.95	1
5	39.25	8.95	43.95	7.45	1
6	43.95	7.45	45.65	7.55	1
7	45.65	7.55	48.35	8.00	1
8	48.35	8.00	51.35	9.40	1
9	51.35	9.40	64.10	10.10	1
10	64.10	10.10	79.65	12.00	1
11	79.65	12.00	99.90	15.25	1

ISOTROPIC SOIL PARAMETERS

1 Type(s) of Soil

Soil Type No.	Total Unit Wt. (pcf)	Saturated Unit Wt. (pcf)	Cohesion Intercept (psf)	Friction Angle (deg)	Pore Pressure Param.	Pressure Constant (psf)	Piez. Surface No.
1	19.0	20.0	.0	25.0	.00	.0	1

1 PIEZOMETRIC SURFACE(S) HAVE BEEN SPECIFIED

RELAZIONE IDROLOGICA-IDRAULICA ATTRAVERSAMENTO VALLONE SCORSONE

N° Doc. Ingegneria: P01395-PPL-RE-002-193	Rev.: 00						N° Doc. Cliente: -
Foglio 31 di 46							

Unit Weight of Water = 9.80

Piezometric Surface No. 1 Specified by 2 Coordinate Points

Point No.	X-Water (ft)	Y-Water (ft)
1	31.00	9.40
2	51.35	9.40

A Critical Failure Surface Searching Method, Using A Random Technique For Generating Circular Surfaces, Has Been Specified.

100 Trial Surfaces Have Been Generated.

10 Surfaces Initiate From Each Of 10 Points Equally Spaced Along The Ground Surface Between X = 44.00 ft.
and X = 46.00 ft.

Each Surface Terminates Between X = 52.00 ft.
and X = 55.00 ft.

Unless Further Limitations Were Imposed, The Minimum Elevation At Which A Surface Extends Is Y = .00 ft.

1.00 ft. Line Segments Define Each Trial Failure Surface.

Following Are Displayed The Ten Most Critical Of The Trial Failure Surfaces Examined. They Are Ordered - Most Critical First.

* * Safety Factors Are Calculated By The Modified Janbu Method * *

**PROBLEM DESCRIPTION FIUME SCORSONE - JANBU
verifiche post opera torrente in piena**

Failure Surface Specified By 8 Coordinate Points

Point No.	X-Surf (ft)	Y-Surf (ft)
1	46.00	7.61
2	47.00	7.68
3	47.99	7.82
4	48.97	8.03
5	49.93	8.30
6	50.87	8.64
7	51.78	9.05
8	52.57	9.47

FS01 = 1.345
FS02 = 1.361
FS03 = 1.394
FS04 = 1.453
FS05 = 1.463
FS06 = 1.486
FS07 = 1.516
FS08 = 1.526

RELAZIONE IDROLOGICA-IDRAULICA ATTRAVERSAMENTO VALLONE SCORSONE

N° Doc. Ingegneria: P01395-PPL-RE-002-193	Rev.: 00						N° Doc. Cliente: -
Foglio 32 di 46							

FS09 = 1.530

FS10 = 1.544

PROBLEM DESCRIPTION FIUME SCORSONE - BISHOP
verifiche post opera torrente in piena

* * Safety Factors Are Calculated By The Modified Bishop Method * *

Failure Surface Specified By 8 Coordinate Points

Point No.	X-Surf (ft)	Y-Surf (ft)
1	46.00	7.61
2	47.00	7.68
3	47.99	7.82
4	48.97	8.03
5	49.93	8.30
6	50.87	8.64
7	51.78	9.05
8	52.57	9.47

Circle Center At X = 45.5 ; Y = 21.9 and Radius, 14.3

FS01 = 1.361

FS02 = 1.417

FS03 = 1.497

FS04 = 1.529

FS05 = 1.549

FS06 = 1.554

FS07 = 1.625

FS08 = 1.645

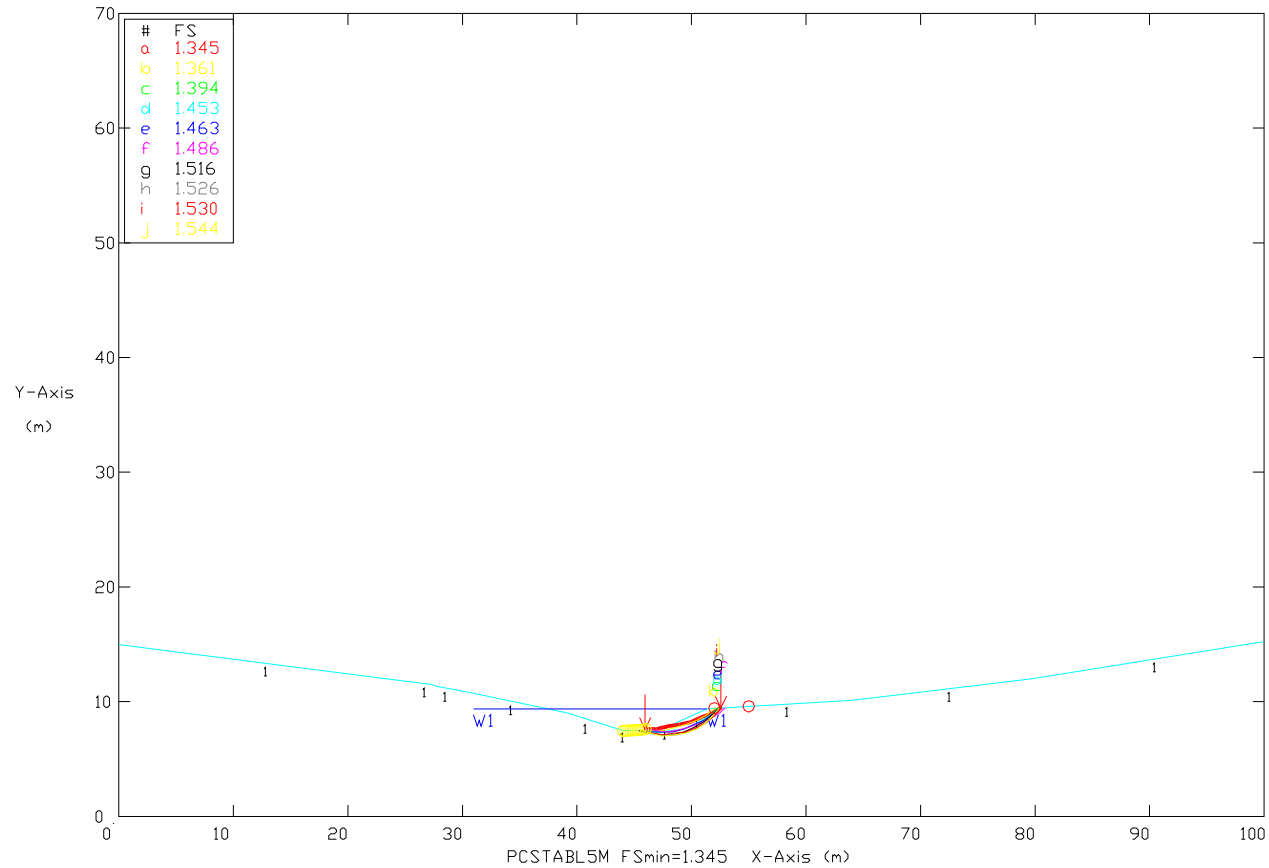
FS09 = 1.646

FS10 = 1.651

RELAZIONE IDROLOGICA-IDRAULICA ATTRAVERSAMENTO VALLONE SCORSONE

N°Doc. Ingegneria: P01395-PPL-RE-002-193	Rev.:	00					N°Doc. Cliente: -
	Foglio 33 di 46						

FIUME SCORSONE - JANBU verifiche post opera torrente in piena
 Ten Most Critical. C:SEZIONE.PLT By: ing. F. Tamagnini 10-03-11 9:14pm



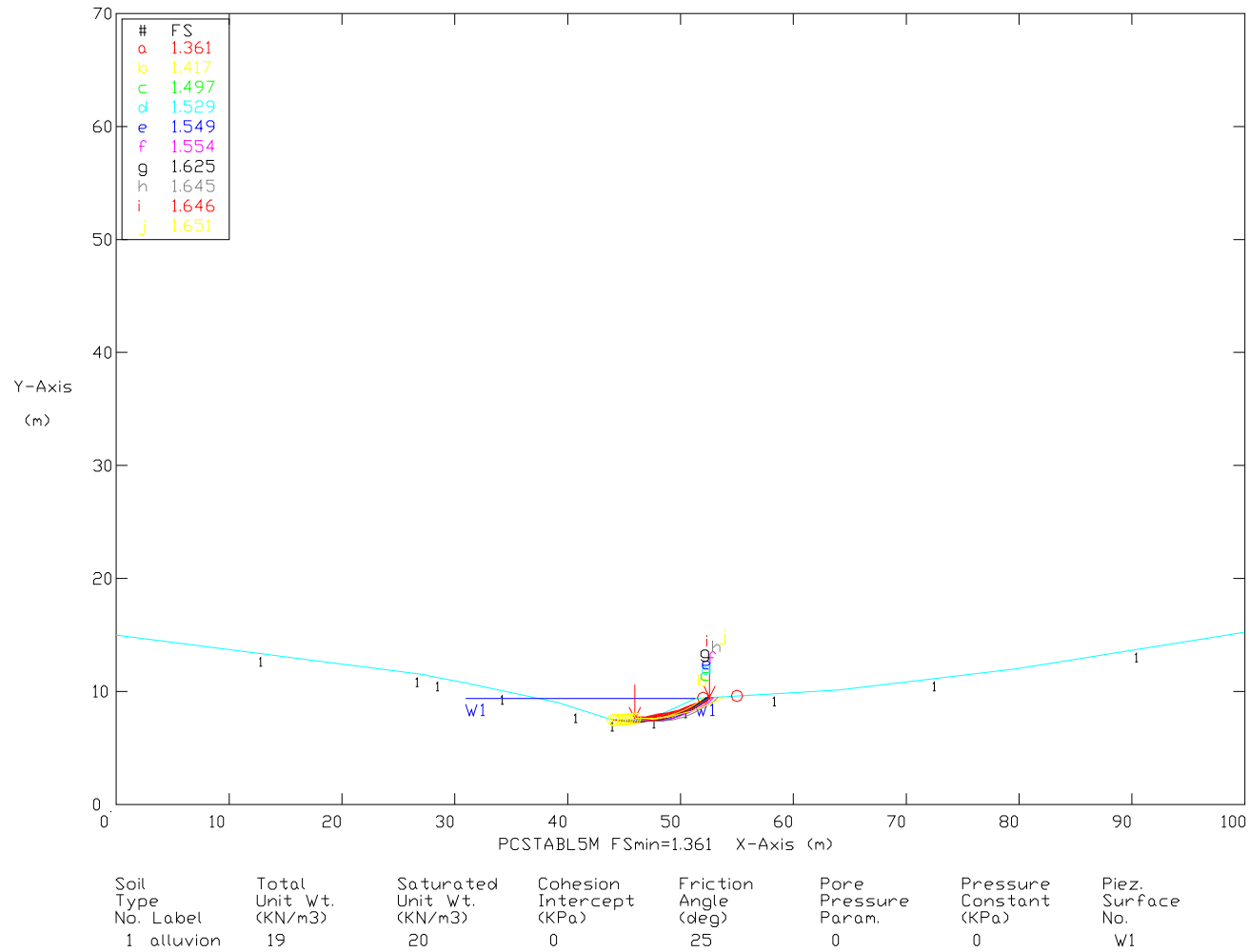
PCSTABL5M FSmin=1.345

Soil Type No. Label	Total Unit Wt. (KN/m3)	Saturated Unit Wt. (KN/m3)	Cohesion Intercept (KPa)	Friction Angle (deg)	Pore Pressure Param.	Pressure Constant (KPa)	Piez. Surface No.
1 alluvion	19	20	0	25	0	0	W1

RELAZIONE IDROLOGICA-IDRAULICA ATTRAVERSAMENTO VALLONE SCORSONE

N°Doc. Ingegneria:	Rev.: 00					N°Doc. Cliente:
P01395-PPL-RE-002-193	Foglio 34 di 46					-

FIUME SCORSONE - BISHOP verifiche post opera torrente in piena
 Ten Most Critical. C:SEZIONE.PLT By: ing. F. Tamagnini 10-03-11 9:15pm



RELAZIONE IDROLOGICA-IDRAULICA ATTRAVERSAMENTO VALLONE SCORSONE

N° Doc. Ingegneria:

Rev.: 00

N° Doc. Cliente:

P01395-PPL-RE-002-193

Foglio 35 di 46

-

9 VERIFICA PROTEZIONI SPONDALI

Titolo: Vallone Scorsone

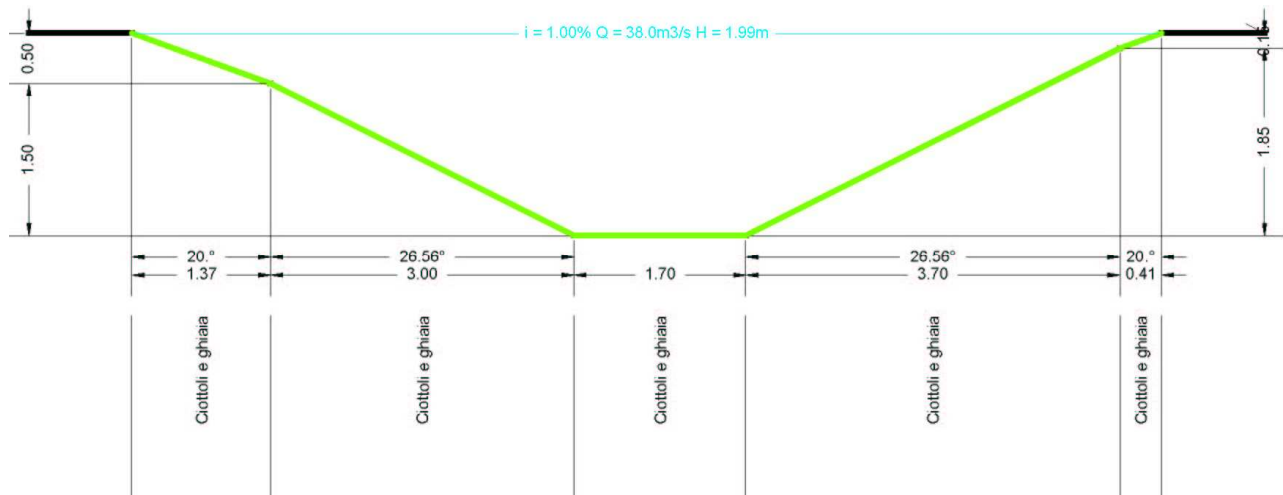
Data: 11/10/2011

Calcolo n.1

Tratto	Lunghezza [m]	V [m/s]	K	Vamm [m/s]	Vb Materiale [m/s]	V	tau max [N/m2]	tau amm [N/m2]	GeoFil
1	1.46	1.07	1.00	-	-	N	36.11	52.60	N
1.1	1.46								
3	3.35	3.06	1.00	-	-	N	146.43	52.60	N
3.1	3.35								
4	1.70	4.52	1.00	-	-	N	195.24	52.60	N
4.1	1.70								
5	4.14	2.77	1.00	-	-	N	146.43	52.60	N
5.1	4.14								
7	0.44	0.47	1.00	-	-	N	10.37	52.60	N
7.1	0.44								

Materiali utilizzati

Descrizione	Scabrezza	Tensione ammissibile V [N/m2]	V	Diametro [m]	Spessore [m]	Peso specifico [kN/m3]	Tempo [h]	C Shields
Ciottoli e ghiaia	0.0350	52.60	S					



Come viene evidenziato, la portata di calcolo $Qt_{300} = 66.67$ mc/sec non può essere contenuta dalla sezione, determinando di conseguenza l'esonazione della corrente di piena.

Il controllo delle azioni di trascinamento non viene verificato come risulta dalla figura sopra riportata.

La mancata verifica delle tensioni tangenziali deve ritenersi limitata temporalmente al deflusso della portata di piena e quindi non pregiudizievole ai fini dello scalzamento della condotta.

RELAZIONE IDROLOGICA-IDRAULICA ATTRAVERSAMENTO VALLONE SCORSONE

N° Doc. Ingegneria:

Rev.:

00

N° Doc. Cliente:

P01395-PPL-RE-002-193

Foglio 36 di 46

-

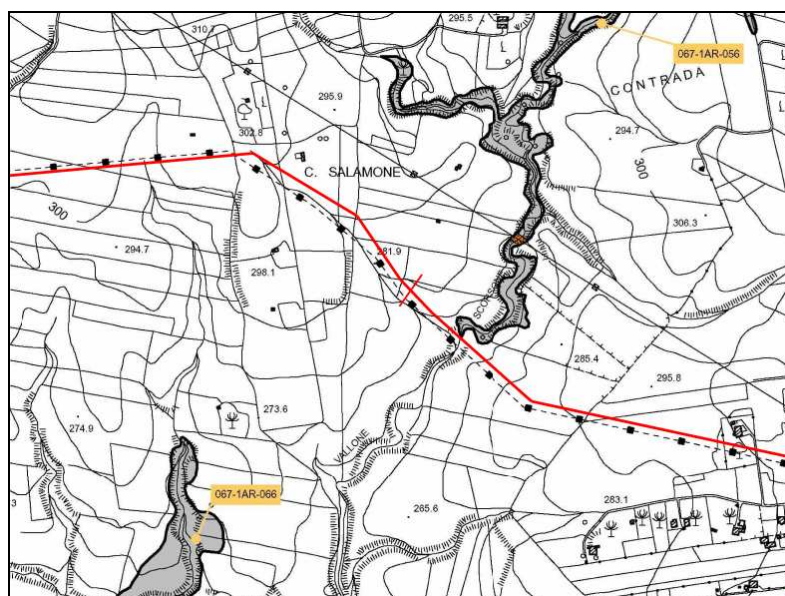
10 INTERFERENZE CON LE FASCE DI PERICOLOSITÀ E CON LE ZONE A RISCHIO CENSITE DAL PAI

L'attraversamento del Vallone Scorsone ricade nel foglio CTR 636040. Dall'analisi della documentazione del PAI non risulta presente, per tale zona una Carta della Pericolosità e del Rischio idraulico, mentre esiste quella del Rischio geomorfologico (carta n. 5 del bacino del S. Leone), ove invece risultano censiti alcuni dissesti di tipo gravitativo che tuttavia non interessano il tratto in esame, come risulta dallo stralcio planimetrico allegato.

Per gli aspetti legati alla pericolosità idraulica pertanto non esiste una mappatura ufficiale nell'ambito del PAI delle fasce esondabili nella zona di interesse.

Alla luce tuttavia delle modellazioni eseguite al paragrafo 6, si rileva che per eventi con tempo di ritorno T_r 300 anni, la zona oggetto di studio è interessata da piccole esondazioni, che determinano delle fasce di possibile esondazione dell'ordine del 15 m complessivi.

Anche alla luce di tale circostanza le verifiche condotte ai paragrafi 7, 8 e 9 hanno consentito di rilevare la perfetta tenuta delle opere di attraversamento e dei ripristini previsti rispetto alle sollecitazioni indotte dalla piena di progetto, si può pertanto garantire **la piena compatibilità delle opere nei confronti degli equilibri della regione fluviale interessata.**



— tracciato di progetto

RELAZIONE IDROLOGICA-IDRAULICA ATTRAVERSAMENTO VALLONE SCORSONE

N° Doc. Ingegneria: P01395-PPL-RE-002-193	Rev.: 00						N° Doc. Cliente: -
Foglio 37 di 46							

11 CONCLUSIONI

Il presente studio ha lo scopo di valutare l'idoneità della profondità di posa della nuova condotta per gli attraversamenti in subalveo del Vallone Scorsone che, si ricorda, verranno eseguiti con scavo a sezione retta obbligata con una profondità di 3,00 m dal punto più depresso del fondo alveo con una protezione superficiale in massi di pietrame

Le verifiche condotte hanno evidenziato:

- che la profondità di posa della condotta risulta verificata rispetto alle massime profondità di scavo localizzato prevedibili in occasione delle piene con Tr 300 anni con un coefficiente di sicurezza superiore a 2,00;
- che le verifiche di stabilità ante e post opera delle sponde hanno restituito fattori di sicurezza superiori a 1.3;
- che le verifiche dell'azione della corrente sulle sponde mettono in evidenza che la profondità stabilita per la posa della condotta di progetto risulta sufficientemente a favore di sicurezza nonché l'idoneità delle protezioni spondali previste in progetto; la mancata verifica delle tensioni tangenziali sulle sponde e sul fondo deve infatti ritenersi limitata al periodo di deflusso della portata di piena, e pertanto i relativi effetti sono ricompresi nei coefficienti di sicurezza utilizzati per le verifiche di cui ai punti precedenti.

Si ritiene pertanto la profondità di posa prevista idonea a garantire il corretto ricoprimento della condotta per un tempo superiore alla vita utile dell'opera.

In conclusione preme sottolineare che le diverse valutazioni effettuate in merito alla natura dei terreni in fase di scavo e a cantiere ultimato saranno tanto più rispettate quanto più sarà presa ogni più opportuna azione per il corretto ripristino delle aree scavate. A tal fine occorrerà in particolare:

- assicurare una perfetta compattazione dei terreni utilizzati per il rinterro della condotta ed il ripristino delle arginature, procedendo alla costipazione per strati di spessore massimo 30 - 50 cm;
- verificare in corso d'opera il raggiungimento di un buon grado di compattazione per ciascuno strato;
- assicurare il ripristino del fondo alveo con materiale di granulometria conforme a quella attualmente in sito per una profondità di almeno 1,50/2,00 m.

RELAZIONE IDROLOGICA-IDRAULICA ATTRAVERSAMENTO VALLONE SCORSONE

N° Doc. Ingegneria: P01395-PPL-RE-002-193	Rev.: 00						N° Doc. Cliente: -
Foglio 38 di 46							

ANNESSO 1: GENERALITÀ SUL MODELLO HEC-RAS

Il software di calcolo utilizzato è denominato HEC-RAS[®] ed è stato sviluppato dall'Hydrologic Engineering Center dell'U.S. Army Corps of Engineers (California).

Descrizione del modello di simulazione idraulica

Il presente capitolo fornisce chiarimenti sul funzionamento del modello numerico adottato e sulla metodologia utilizzata nella scelta delle sezioni trasversali necessarie alle simulazioni.

Il modello calcola i profili di superficie libera in moto permanente gradualmente vario (in senso spaziale e non temporale) in alvei prismatici e non prismatici. Entrambi i tipi di corrente, lenta e veloce, possono essere calcolati così come le conseguenze di diverse tipologie di accidentalità e strutture di cui si conosca la relazione fra carico e portata defluente.

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

- il moto deve essere permanente poiché le equazioni non contengono termini dipendenti dal tempo;
- il moto deve essere gradualmente vario in senso spaziale poiché le equazioni ipotizzano la distribuzione idrostatica delle pressioni in seno alla corrente;
- il moto è mono-dimensionale.

E' rilevante e importante evidenziare la capacità del modello di dare attendibili risultati nella gestione delle aree inondabili circostanti gli alvei naturali.

In questo senso è quindi possibile:

- determinare le aree inondabili da parte di portate diverse allo scopo di predisporre l'opportuna protezione;
- studiare le conseguenze d'uso delle aree golenali e il loro danneggiamento;
- definire i miglioramenti dell'alveo atti a ridurre le conseguenze delle inondazioni.

Proprio nell'ottica di queste problematiche l'utilizzo del modello numerico in questione risulta essere estremamente efficace.

La possibilità di determinare il comportamento del profilo del corso d'acqua tenendo conto anche dell'influenza esercitata dai manufatti in alveo consente di tracciare con buona precisione la via di piena e le sue caratteristiche.

Il modello di calcolo effettua simulazioni di moto permanente, situazione di calcolo che in realtà non si presenta, in quanto è noto dalla teoria che la portata massima in ogni sezione si presenta per un tempo limitato, presentando la curva (tempo, portata) una forma a

RELAZIONE IDROLOGICA-IDRAULICA ATTRAVERSAMENTO VALLONE SCORSONE

N° Doc. Ingegneria: P01395-PPL-RE-002-193	Rev.: 00						N° Doc. Cliente: -
Foglio 39 di 46							

campana, essendo presenti nel fenomeno delle piene vari fenomeni tra i quali i più noti sono l'effetto di laminazione del corso d'acqua, l'invaso e la corrivazione.

Nonostante tutto la simulazione assume rilevanza fondamentale perché, per i motivi sopra descritti, rappresenta una verifica in termini più gravosi del corso d'acqua (si presenta una portata elevata per tempi più lunghi di quelli che si hanno in realtà), permettendo quindi di fare raggiungere elevati gradi di sicurezza ai manufatti progettati secondo le indicazioni tratte da tale simulazione.

Tra le diverse opzioni di calcolo di cui il modello è dotato in relazione alla presenza di strutture che interagiscono direttamente con il corso d'acqua è da evidenziare la possibilità di calcolo del profilo in corrispondenza dei tombini (circolari, scatolari, con o senza muri d'ala....) secondo la normativa proposta da FHWA (Federal Highway Administration-USA). Il software implementato consente di determinare con precisione l'effetto di rigurgito dovuto alle spalle dei ponti o all'ingombro delle pile.

Particolare importanza riveste la possibilità di parametrizzare il coefficiente di scabrezza per alveo e golene.

Inoltre è possibile creare all'interno di ciascuna sezione trasversale del corso d'acqua più zone a scabrezza omogenea in modo da approssimare con precisione notevole il valore del suddetto parametro, troppo spesso legato all'imprecisione del coefficiente di scabrezza equivalente.

L'insieme dei dati di output è strutturato in modo da fornire la conoscenza globale dei fenomeni che interessano l'intera area occupata dalla portata di piena.

L'output risulta quindi suddiviso in dati relativi alle aree golenali e al canale principale di deflusso.

Le informazioni fornite riguardano diversi parametri fisici e di progettazione quali, per esempio:

- quota in m s.l.m. del pelo libero;
- quota del gradiente energetico;
- velocità e portata, relativa a golene e canale principale;
- larghezza del pelo libero;
- area bagnata;
- principali parametri geometrici;
- sezioni trasversali;
- profilo di moto permanente.

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

RELAZIONE IDROLOGICA-IDRAULICA ATTRAVERSAMENTO VALLONE SCORSONE

N° Doc. Ingegneria:

Rev.: 00

N° Doc. Cliente:

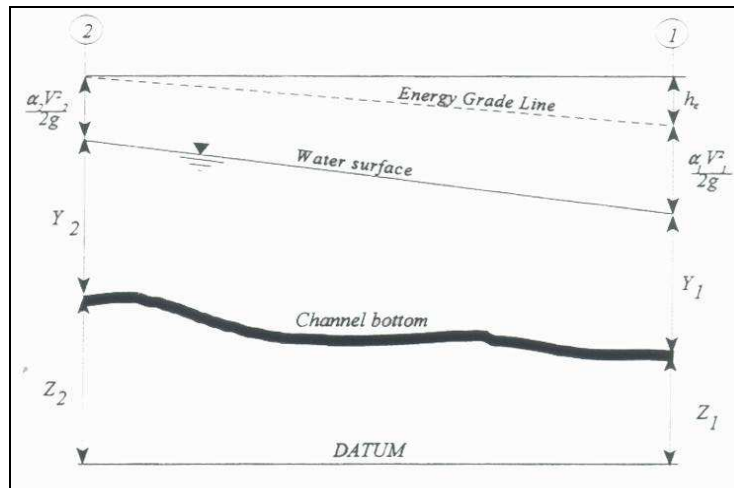
P01395-PPL-RE-002-193

Foglio 40 di 46

-

Calcolo del profilo di moto permanente

Al fine di calcolare la quota del pelo libero incognita in una determinata sezione trasversale del corso d'acqua è stata adottata la procedura di calcolo nota come Standard Step Method, consistente nell'integrazione dell'equazione di bilancio energetico (fig. 4).



Rappresentazione dei termini dell'equazione di bilancio energetico.

Le due equazioni che proponiamo rappresentano il metodo di cui sopra:

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

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

dove:

WS1, WS2 : quota del pelo libero fra due sezioni di calcolo, con la sezione 2 posta a monte della 1;

V1, V2 : velocità media;

α_1, α_2 : coefficienti energetici moltiplicativi della velocità;

g : accelerazione gravitazionale;

h_e : perdita di carico;

L : distanza fra le sezioni trasversali;

RELAZIONE IDROLOGICA-IDRAULICA ATTRAVERSAMENTO VALLONE SCORSONE

N° Doc. Ingegneria: P01395-PPL-RE-002-193	Rev.: 00					N° Doc. Cliente: -
Foglio 41 di 46						

Sf : pendenza media;

C : coefficiente di perdita per contrazione o espansione (vedi tab.1).

La distanza L viene calcolata utilizzando la seguente espressione:

$$L = \frac{L_{lob} \cdot \overline{Q_{lob}} + L_{ch} \cdot \overline{Q_{ch}} + L_{rob} \cdot \overline{Q_{rob}}}{\overline{Q_{lob}} + \overline{Q_{ch}} + \overline{Q_{rob}}}$$

Dove

L_{lob} , L_{ch} , L_{rob} : sono le distanze tra due sezioni trasversali consecutive, rispettivamente per la gola di sinistra, il canale di magra e la gola di destra;

$\overline{Q_{lob}}$, $\overline{Q_{ch}}$, $\overline{Q_{rob}}$: sono le medie aritmetiche delle portate delle tre parti suddette.

Mentre la pendenza motrice Sf viene calcolata con l'equazione di Manning:

$$Sf = \left(\frac{Q}{K} \right)^2$$

Ulteriore punto fondamentale nella comprensione del funzionamento del modello idraulico è la suddivisione della massa liquida defluente in unità elementari per le quali la velocità è distribuita uniformemente.

Tabella di riferimento dei coefficienti di contrazione ed espansione.

TRANSITION CLASS	CONTRACTION	EXPANSION
No transition loss	0.0	0.0
Gradual transitions	0.1	0.3
Bridge sections	0.3	0.5
Abrupt transitions	0.6	0.8

Individuata la sezione trasversale del corso d'acqua attraverso la griglia dei punti x (distanze progressive dall'ascissa x = 0) e y (quote m s.l.m. relative ai punti definiti alle varie progressive), nelle aree golenali le unità elementari di deflusso coincidono con la suddivisione creata dalle progressive all'interno della sezione trasversale.

Nel canale principale di deflusso (o alveo di magra ordinaria) la massa liquida defluente non viene suddivisa tranne nel caso in cui si conferiscano più valori di scabrezza differenti in alveo.

RELAZIONE IDROLOGICA-IDRAULICA ATTRAVERSAMENTO VALLONE SCORSONE

N° Doc. Ingegneria:

Rev.: 00

00

42

di

46

N° Doc. Cliente:

P01395-PPL-RE-002-193

Foglio

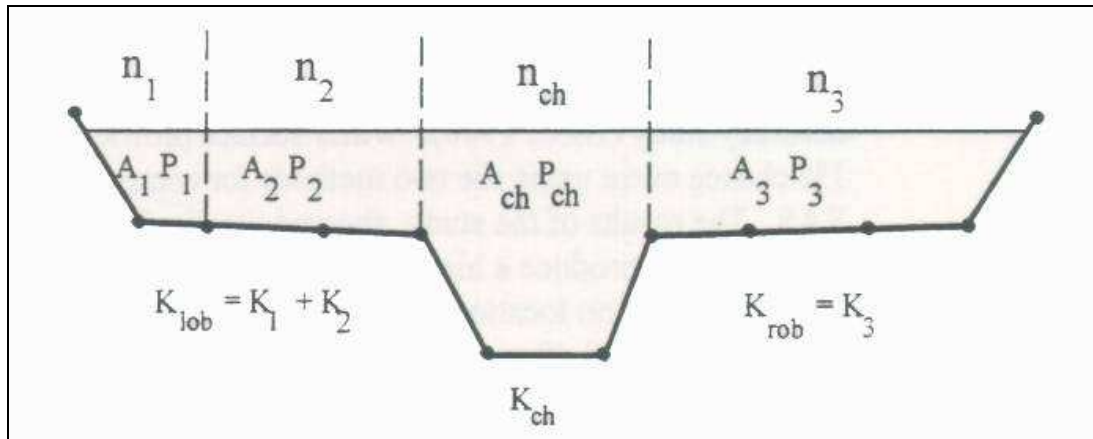
42

di

46

-

In funzione del numero di differenziazioni del valore della scabrezza saranno individuate corrispondenti unità di deflusso (fig. 2).



Suddivisione dell'alveo in singole unità di deflusso

La capacità di deflusso per ciascuna suddivisione è pertanto calcolata con le seguenti espressioni:

$$Q = K \cdot \sqrt{Sf}$$

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

dove

Q : portata per unità elementare;

K : capacità di deflusso per unità elementare;

n : coefficiente di Manning per la scabrezza dell'unità elementare;

a : area di deflusso dell'unità elementare;

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

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

Sulla base di queste considerazioni il coefficiente α , relativo alla velocità, si ottiene dalla seguente espressione (fig.3):

$$\alpha = \frac{(A_t)^2 \left[\frac{(K_{lob})^3}{(A_{lob})^2} + \frac{(K_{ch})^3}{(A_{ch})^2} + \frac{(K_{rob})^3}{(A_{rob})^2} \right]}{(K_t)^3}$$

dove:

A_t : area totale di deflusso per la sezione trasversale;

A_{lob} , A_{ch} , A_{rob} : area di deflusso per golena sinistra, canale principale, golena destra;

K_t : capacità totale di deflusso (conveyance) della sezione trasversale;

K_{lob} , K_{ch} , K_{rob} : capacità di deflusso di golena sinistra, canale principale e golena destra.

RELAZIONE IDROLOGICA-IDRAULICA ATTRAVERSAMENTO VALLONE SCORSONE

N° Doc. Ingegneria:

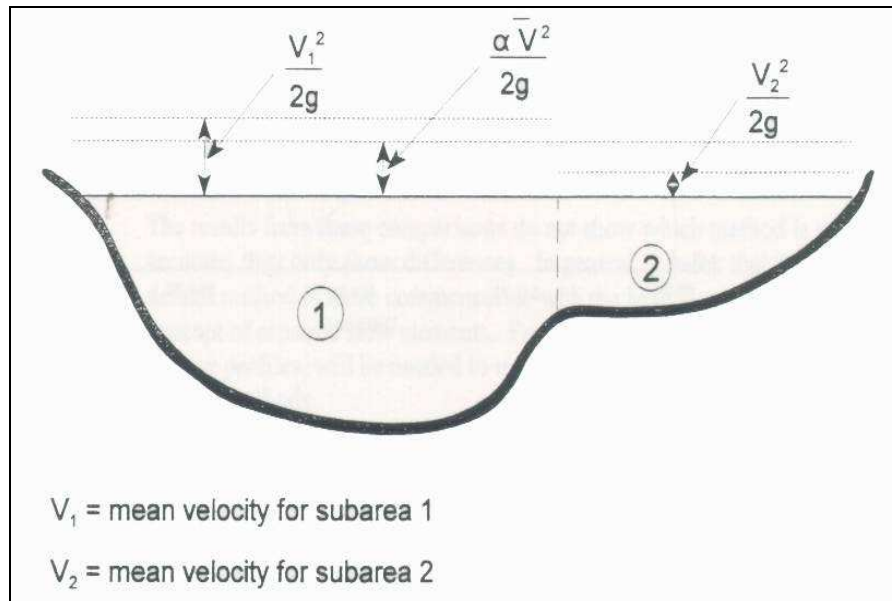
Rev.: 00

N° Doc. Cliente:

P01395-PPL-RE-002-193

Foglio 43 di 46

-



Esempio di calcolo della energia media sulla sezione trasversale

Il coefficiente α si ottiene allora come media pesata delle varie capacità di deflusso.

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

Le perdite di carico dovute a contrazione e/o espansione sono calcolate con la usuale espressione riportata nell'equazione seguente:

$$h_0 = C \left| \frac{\alpha_1 V_1^2}{2g} - \frac{\alpha_2 V_2^2}{2g} \right|$$

dove C rappresenta il già citato coefficiente di contrazione/espansione

RELAZIONE IDROLOGICA-IDRAULICA ATTRAVERSAMENTO VALLONE SCORSONE

N° Doc. Ingegneria: P01395-PPL-RE-002-193	Rev.: 00					N° Doc. Cliente: -
Foglio 44 di 46						

ANNESSO 2: TABELLE PER IL CALCOLO DEL CN**1) Definizione di W1: Tessitura e struttura del suolo**

Tab. 1

Tessitura	Struttura		
	Forte, incoer	Moderata	Debole, lamellare massiva
Grossolana	1	2	3
Media	4	5	6
Fine	7	8	9

2) Definizione di W2: Indice geopedologico di permeabilità

Tab. 2

Permeabilità orizzonte superiore (cm / ora)	Riduzione permeabilità orizzonte inferiore	Profondità a cui inizia la riduzione di permeabilità, (cm)			
		< 25,4	25,4 \ 51	51 \ 102	> 102
> 12	piccola	\	\	\	\
	moderata	5 \ 7	3 \ 4	2 \ 3	1 \ 2
	pronunciata	10	8 \ 10	4 \ 8	1 \ 3
6 \ 12	piccola	\	\	\	5 \ 6
	moderata	6 \ 8	4 \ 5	3 \ 4	5 \ 6
	pronunciata	10	8 \ 10	5 \ 7	7 \ 8
2 \ 6	piccola	\	\	\	5 \ 6
	moderata	7 \ 8	6 \ 7	5 \ 6	5 \ 6
	pronunciata	9 \ 10	8 \ 9	7 \ 8	7 \ 8
0,5 \ 2	piccola	\	\	\	7 \ 8
	moderata	8 \ 9	7 \ 8	5 \ 6	5 \ 6
	pronunciata	9 \ 10	8 \ 9	7 \ 9	7 \ 8
< 0,5	piccola	\	\	\	9 \ 10
	moderata o pronunciata	9 \ 10	9 \ 10	9 \ 10	9 \ 10

3) Determinazione del tipo idrologico di suolo W = W1 + W2

Tab. 3

Tipo idrologico di suolo			
A (0 \ 5)	B (6 \ 10)	C (11 \ 15)	D (16 \ 19)
Sabbie profond, Terriccio marnoso profondo, Aggregati limosi e sabbiosi	Sabbie argillose Terriccio marnoso sottile	Argille sabbiose Suoli poveri di contenuti organici, Suoli ricchi di contenuti argillosi	Suoli con tenden. al rigonfiamento in presenza di umidità, Argille plastiche, Suoli salini

4) Definizione del parametro CN II

Tab. 4

RELAZIONE IDROLOGICA-IDRAULICA ATTRAVERSAMENTO VALLONE SCORSONE

N° Doc. Ingegneria:	Rev.:	00					N° Doc. Cliente:
P01395-PPL-RE-002-193	Foglio 45 di 46						-

Tipo di copertura (Uso del suolo)	Tipo di suolo			
	A	B	C	D
Terreno coltivato				
a) senza trattamenti di conservazione	72	81	88	91
b) con interventi di conservazione oppure	62	71	78	81
a) lavorazione a solchi a ritto chino (cattive condizioni idrologiche)	65	76	84	88
(buone condizioni idrologiche)	63	75	83	87
b) lavorazione solchi trasverso chino (cattive condizioni idrologiche)	63	74	82	85
(buone condizioni idrologiche)	61	73	81	84
c) terrazzato a fasce (cattive condizioni idrologiche)	61	72	79	82
(buone condizioni idrologiche)	59	70	78	81
Terreno di pascolo				
a) cattive condizioni : copert. inf. al 50% ed elevato sfruttamento	68	79	86	89
b) discrete condizioni : copert. fra il 50 e il 75% e modesto sfruttam.	49	69	79	84
c) buone condizioni : copert. sup. al 75% e sfruttamento saltuario	39	61	74	80
Praterie				
Prato protetto dal pascolo e soggetto a fienagione	< 30	58	71	78
Sterpaglia				
a) cattive condizioni : copert. inf. al 50%	48	67	77	83
b) discrete condizioni : copert. fra il 50 e il 75%	35	56	70	77
c) buone condizioni : copert. sup. al 75%	30	48	65	73
Terreno boschivo				
a) cattive condizioni: sottobosco sogg. a sfruttam. e distruz. (incendi)	45	66	77	83
b) discrete condizioni : sottobosco sogg. a sfruttam. ma no incendi	36	60	73	79
c) buone condizioni : sottobosco protetto	25	55	70	77
Prati, parchi				
a) normali condizioni : copertura erbosa intorno al 50%	36	60	73	79
c) buone condizioni : copertura erbosa per almeno il 75%	25	55	70	77
Aree commerciali-industriali				
a) zone urbane (centri storici) e commerciali: impermeab. 85%	89	92	94	95
b) distretti industriali: impermeab. 72%	81	88	91	93
Aree residenziali				
a) impermeabilità media: 65% (case a schiera)	77	85	90	92
b) impermeabilità media: 38%	61	75	83	87
c) impermeabilità media: 30%	57	72	81	86
d) impermeabilità media: 25% (ville)	54	70	80	85
e) impermeabilità media: 20%	51	68	79	84
f) parcheggi impermeabilizzati, tetti	98	98	98	98
Strade				
a) pavimentate con cordoli e fognature	98	98	98	98
b) inghiaiate o selciate con buche (macadam)	76	85	89	91
c) in terra battuta (non asfaltate)	72	82	87	89

RELAZIONE IDROLOGICA-IDRAULICA ATTRAVERSAMENTO VALLONE SCORSONE

N° Doc. Ingegneria:
P01395-PPL-RE-002-193

Rev.: 00
Foglio 46 di 46

N° Doc. Cliente:
-

ANNESSO 3: TABELLE PER LA DETERMINAZIONE DI D_0 E β_c

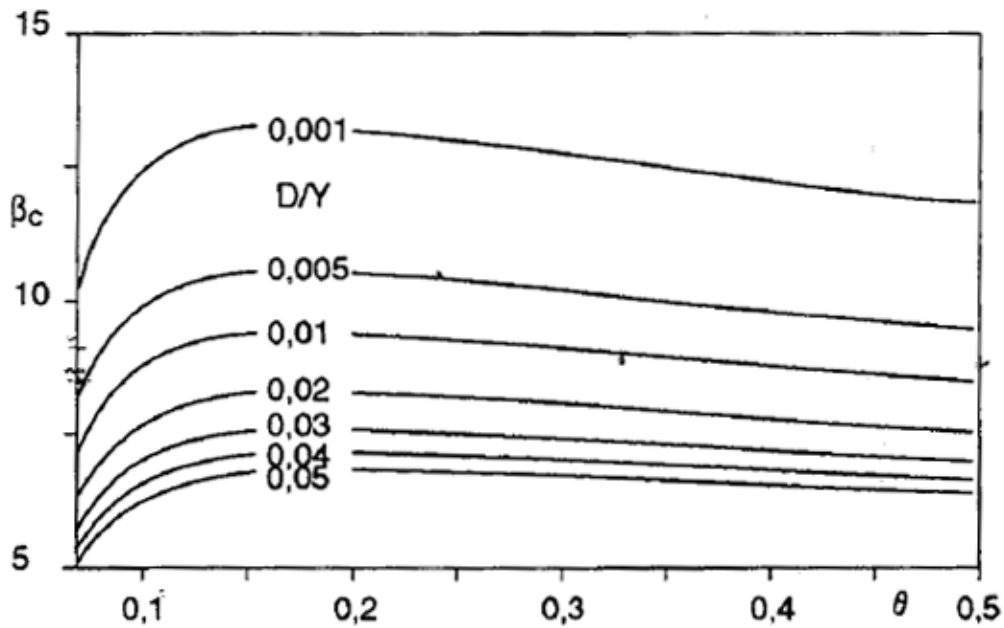


Tabella per la determinazione di β_c^3

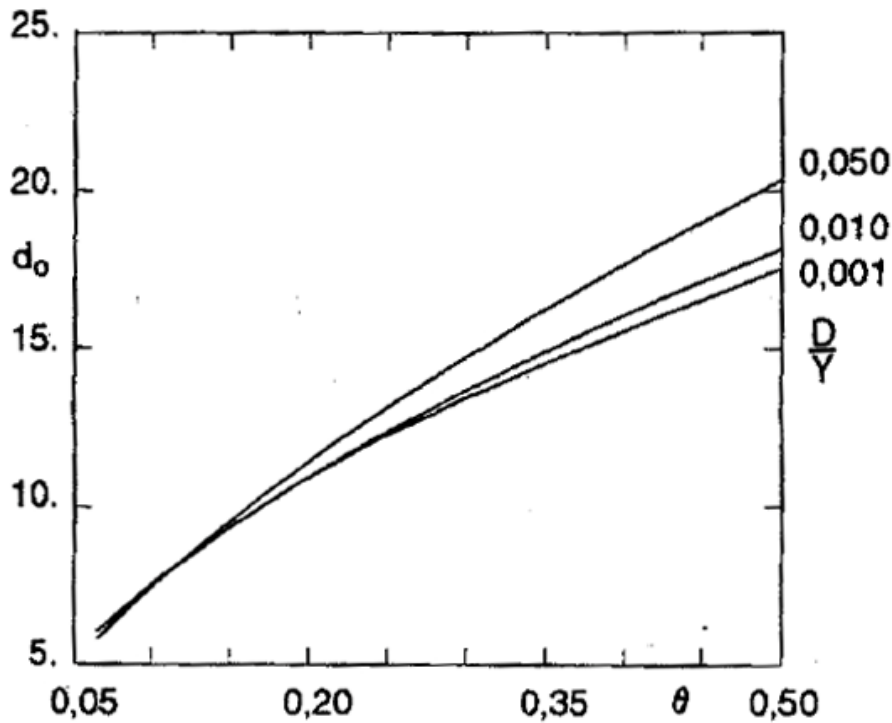


Tabella per la determinazione di d_0^4

³ Tratto da "Manuale di Ingegneria Civile" casa Editrice Zanichelli-ESAC, Bologna

⁴ Tratto da "Manuale di Ingegneria Civile" casa Editrice Zanichelli-ESAC, Bologna