

PNC - PNRR: Piano Nazionale Complementare al Piano Nazionale di Ripresa e Resilienza nei territori colpiti dal sisma 2009-2016, Sub-misura A4, "Investimenti sulla rete stradale statale"

S.S. 502 - S.S. 78 - Belforte del Chienti - Sarnano - Lavori di adeguamento e/o miglioramento tecnico funzionale della sezione stradale in t.s. e potenziamento delle intersezioni. 2° Stralcio. Cod. SIL ACNOAN00114 - Codice CUP F71B22001170001

PROGETTAZIONE DEFINITIVA, ESECUTIVA ED ESECUZIONE LAVORI

cod. **PSL10/22**

PROGETTO DEFINITIVO

RESPONSABILE INTEGRAZIONE PRESTAZIONI SPECIALISTICHE:

Prof. Ing. Franco BRAGA
Ordine Ingegneri di Roma n. 7072/A

GEOLOGO:

Dott. Geol. Andrea RONDINARA
Albo regionale del Lazio n. 921

COORDINATORE PER LA SICUREZZA IN FASE DI PROGETTAZIONE:

Dott. Ing. Davide TALIA
Ordine Ingegneri di Roma n. 29001/B

RESPONSABILE DEL PROCEDIMENTO:

Dott. Ing. Marco MANCINA

PROTOCOLLO

DATA

RAGGRUPPAMENTO TEMPORANEO DI IMPRESE:

Mandataria



Mandanti



RAGGRUPPAMENTO TEMPORANEO PROGETTISTI:

Mandataria



Mandanti



Dott. Geol. Andrea Rondinara

Prestatore del servizio di PMA



STUDI E INDAGINI

Idraulica

Relazione idraulica opere di attraversamento

CODICE PROGETTO

NOME FILE

T01SG00IDRRE04A.dwg

REVISIONE

SCALA:

PROGETTO LIV. PROG. N. PROG.

--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

CODICE ELAB. **T01SG00IDRRE04**

A

A	EMISSIONE	Agosto 2023	Perilli	Pacitti	Braga
REV.	DESCRIZIONE	DATA	REDATTO	VERIFICATO	APPROVATO

S.S. 502 – S.S. 78 Belforte del Chienti – Sarnano – Lavori di adeguamento e/o miglioramento tecnico funzionale della sezione stradale in t.s. e potenziamento intersezioni – 2° stralcio. Cod. SIL ACNOAN00114 - Codice CUP F71B22001170001 CIG 95039446B1

PROGETTO DEFINITIVO

Relazione Idraulica Opere di Attraversamento

1	PREMESSA	3
2	RIFERIMENTI NORMATIVI.....	4
3	INQUADRAMENTO IDROGRAFICO.....	5
	3.1 Fiume Chienti.....	5
	3.2 Fiume Fiastrone	6
4	IMPLEMENTAZIONE DEL MODELLO IDRAULICO PER LA SIMULAZIONE IN MOTO PERMANENTE	8
	4.1 Modello Idraulico.....	8
	4.2 Tronchi di corrente gradualmente variata	9
	4.3 Tronchi di corrente rapidamente variata	10
	4.3.1 Ponti e Viadotti	11
	4.3.2 Formula di Yarnell	11
	4.3.3 Formula di Rehbock	13
	4.3.4 Bilanci di energia (e-b) e di spinta Totale (e-s)	13
	4.3.5 Tombini.....	14
	4.3.6 Inlet Control	14
5	INTERFERENZA VI-01 FIUME FIASTRONE ANTE OPERAM_RISULTATI DELLE ELABORAZIONI.....	16
	5.1 Parametri del modello Idraulico.....	16
	5.2 Risultati della modellazione idraulica idraulica 1D	17
6	INTERFERENZA VI-01 FIUME FIASTRONE POST OPERAM_RISULTATI DELLE ELABORAZIONI.....	20
	6.1 Parametri modello idraulico.....	20
	6.2 Risultati della modellazione idraulica 1D	22
7	INTERFERENZA TOMBINO TM02 FOSSO CHIEN TI ANTE OPERAM _RISULTATI DELLE ELABORAZIONI	25
	7.1 Parametri del modello idraulico	25
	7.2 Risultati della modellazione idraulica 1D	27
8	INTERFERENZA TOMBINO TM02 FOSSO CHIEN TI POST OPERAM _RISULTATI DELLE ELABORAZIONI	30
	8.1 Parametri del modello idraulico	31
	8.2 Risultati della modellazione idraulica 1D	32
9	METODO DI VERIFICA IN MOTO PERMANENTE CORSI D’ACQUA SECONDARI	36

1 PREMESSA

Il presente studio idrologico ricade nell'ambito del progetto definitivo del secondo stralcio dei lavori di adeguamento tecnico e funzionale della sezione stradale e potenziamento delle intersezioni lungo la S.S. n. 502 "Cingoli" – S.S.N. 78 "Picena" – Belforte del Chienti – Sarnano (Lotto 1). I lavori ricompresi nel secondo stralcio fanno parte del quadro delle iniziative inquadrate nel Piano Nazionale di Ripresa e Resilienza (PNRR) integrato dal Piano Nazionale Complementare (PNC) e dai fondi MIMS CdP ANAS.

Lo scopo del presente documento è quello di fornire un'analisi delle interazioni tra l'infrastruttura stradale in progetto e i corsi d'acqua con essa interferente, valutando l'adeguatezza dei manufatti di attraversamento atti a risolvere le interferenze con il reticolo idraulico esistente sia in termini di sezione idraulica che di franco di sicurezza rispetto all'intradosso del manufatto, nel rispetto delle prescrizioni fornite dagli strumenti normativi vigenti. L'analisi eseguita è relativa a eventi di piena gravosi, convenzionalmente fissati con probabilità di superamento dello 0.5 %, ossia con tempo di ritorno di 200 anni, in accordo a quanto prescritto dalle Norme Tecniche Costruttive 2018 al punto 5.1.2.3 per la quali la nuova struttura di attraversamento deve essere rapportata ad un evento di progetto con $Tr = 200$ anni.

Per i corpi idrici principali interferenti l'infrastruttura per i quali è previsto l'attraversamento in viadotto e/o mediante l'utilizzo di tombature scatolari, le verifiche idrauliche del presente studio sono state condotte attraverso una modellazione in moto permanente, in situazioni *ante operam* e *post operam*, grazie all'utilizzo del codice di calcolo HEC-RAS (River Analysis System) versione 6.3.1, sviluppato presso l'Hydrologic Engineering Center (HEC), dall'United States Army Corps of Engineers (USACE).

Per le opere di attraversamento dei corpi idrici minori la verifica idraulica è stata condotta sviluppando un modello in moto permanente tramite l'ausilio del software HY-8 versione 7.60 sviluppato dalla Federal Highway Administration.

Nel presente studio sono state valutate le interferenze principali con l'infrastruttura stradale, ovvero:

Interferenza	Tipologia opera	Toponimo	Tr (anni)	Q_{200} (m^3/s)	Pk inizio	Pk fine	Campate/Dimensioni (m)
VL01	Viadotto	Fiume Fiastrone	200	267.63	0+236.50	0+428.50	45 +51 + 51+45
TM.02	Tombino	Fosso Chienti	200	14.77	Rotatoria SV.02		3 x 3
TM.01	Tombino	-	200	5.12	0+652.83		2 x 2

2 RIFERIMENTI NORMATIVI

L'infrastruttura stradale oggetto del presente studio idraulico deve soddisfare le prescrizioni previste dalle diverse normative vigenti, di seguito sono elencate le principali:

- R.D. 523/1904, "Testo Unico delle disposizioni di Legge intorno alle opere idrauliche delle diverse categorie";
- Direttiva 2000/60/CE cosiddetta "Direttiva Acque";
- D. Lgs. 152/2006 "Norme in materia ambientale";
- Direttiva 2007/60/CE, cosiddetta "Direttiva Alluvioni";
- DM 17 gennaio 2018 "Norme Tecniche per le Costruzioni 2018";
- Circolare n.7 del 21 gennaio 2019 "Istruzioni per l'applicazione dell'aggiornamento Norme tecniche per le costruzioni di cui al decreto ministeriale 17 gennaio 2018";
- Linee Guida della Progettazione ANAS "Cartografia e rilievi, infrastruttura stradale, Idrologia e idraulica",
- "Piano Stralcio di Bacino per l'Assetto Idrogeologico" (PAI) della Regione Marche aggiornamento 10/05/2022 (pubblicazione del DPCM 14/03/2022 nella GU Serie Generale n. 108),

3 INQUADRAMENTO IDROGRAFICO

Dal punto di vista idrografico l'intervento ricade all'interno del bacino idrografico del Fiume Chienti. Il reticolo idrografico interferito dall' infrastruttura in progetto è rappresentato:

- dal Fiume Fiastrone, tributario di destra, del fiume Chienti,
- dal fosso Chienti.

3.1 Fiume Chienti

Il fiume Chienti si estende su una superficie di 1.298 km² per una lunghezza dell'asta principale di circa 91 km. Nasce dalla catena degli Appennini presso il Parco Nazionale dei Monti Sibillini. È formato da due rami detti Chienti Gelagna (considerato il ramo principale) con sorgente ad altezza 1100 metri sotto la Bocchetta della Scurosa e il Chienti Pievevitorina con sorgente alle pendici del Monte Fema. Questi due rami confluiscono presso la frazione della Maddalena nel comune di Muccia (Km 45 della SS 485) e da lì in poi il fiume prosegue unico dirigendosi ad oriente verso il Mare Adriatico dove sfocia tra i comuni di Civitanova Marche e Porto Sant'Elpidio. Lungo il suo tragitto incontra molti piccoli affluenti tra cui i maggiori sono il Fiastra, il Fiastrone, il Cremona e l'Ete morto tutti di destra. L'intero bacino del Chienti è sfruttato intensivamente per la produzione

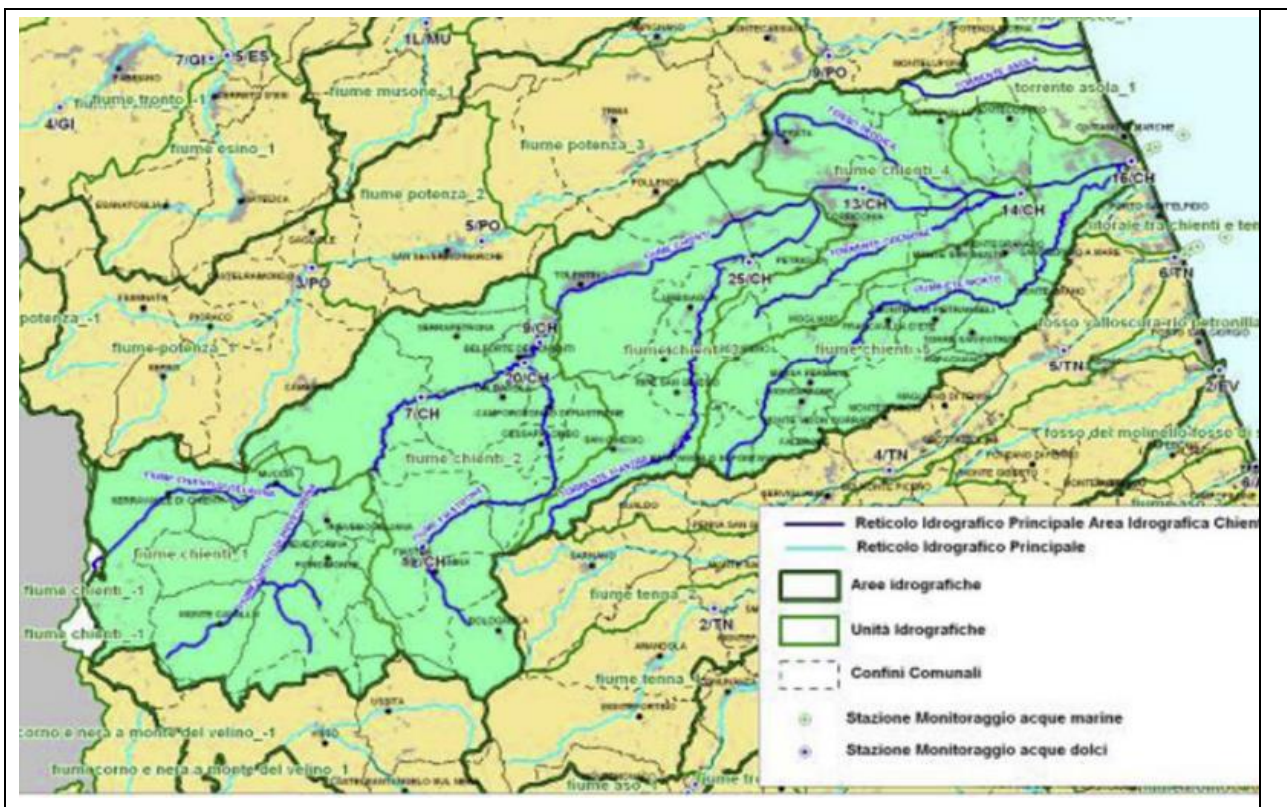


Figura 1 - Bacino Idrografico del Fiume Chienti

di energia elettrica tant'è che solo lungo il corso dello stesso fiume vi sono ben quattro laghi artificiali: il Lago di Polverina, il Lago Borgiano (o Caccamo), il Lago S. Maria e Lago Le Grazie; un altro bacino artificiale interessa anche il suo affluente Fiastrone. Il Chienti è un corso d'acqua dal regime tipicamente appenninico con forti piene nella stagione autunnale (anche di 1.500 m³/sec) e magre fortissime in estate. Da sottolineare

la forte influenza esercitata dai bacini artificiali sul regime del fiume che mostra a volte anomale variazioni di portata e una certa copiosità "artificiale" delle portate estive in alcuni tratti.

3.2 Fiume Fiastrone

Il fiume Fiastrone si origina a quota di 1700 m s.l.m nella testata della Valle del Fargno, nel Comune di Bolognola, tra il massiccio del monte Rotondo (2102 m) e il Pizzo Tre Vescovi (2092 m), scorre totalmente all'interno della provincia di Macerata ed è tributario di destra del Fiume Chienti in cui confluisce all'altezza di Belfonte del Chienti. In frazione San Lorenzo il corso del fiume è stato sbarrato da una diga ad arco-gravità, costruita nel 1955 per la produzione di energia idroelettrica, realizzando il più grande bacino idroelettrico marchigiano un bacino (20 milioni di m³).

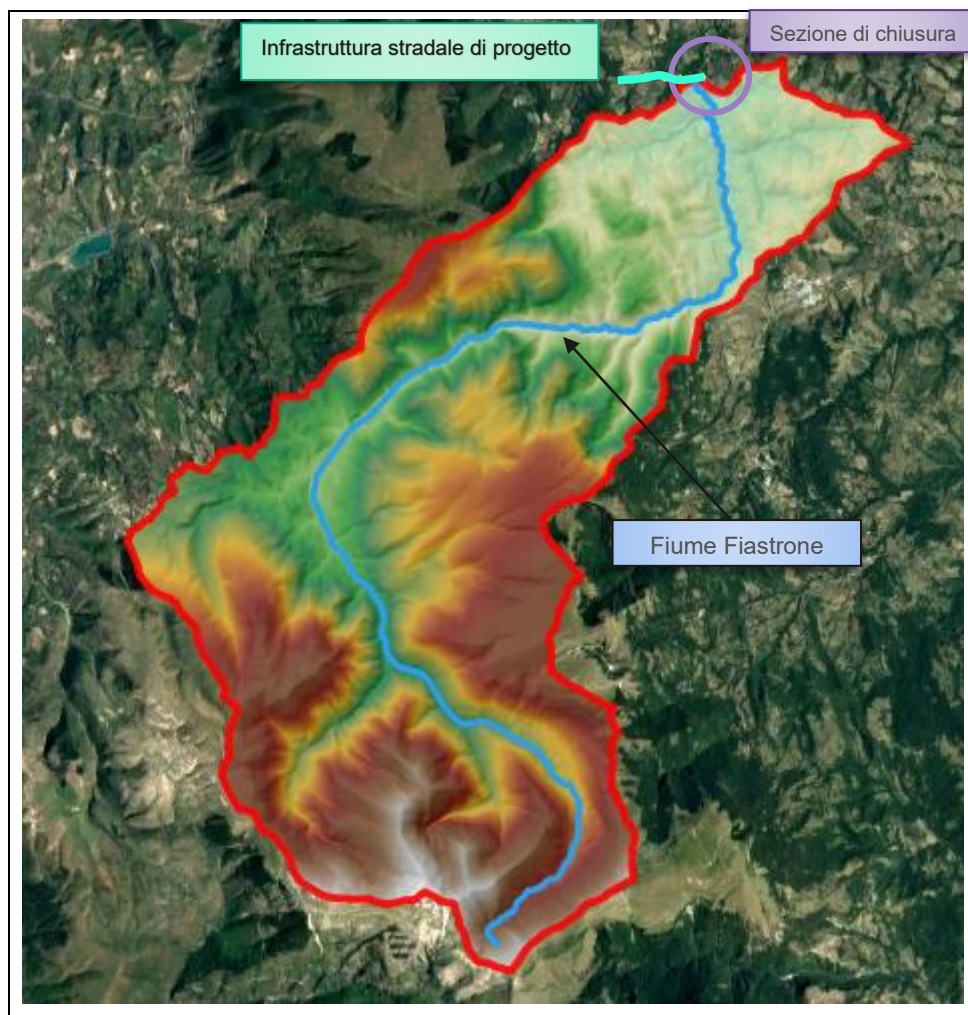


Figura 2 - Bacino Idrografico del Fiume Fiastrone chiuso su intervento infrastrutturale in progetto

Tra i suoi affluenti si ricordano:

- Fosso dell'Acquasanta;
- Fosso del Buggero: affluente sinistro che scende dal versante nord-orientale del M.Cacamillo, chiamato Costa dei Frati, in quanto anticamente nascondeva un romitorio rupestre.

- Rio Sacro: scorre nell'omonima valle tra il Monte Pietralata (massiccio settentrionale del Monte Rotondo) e il Monte Val di Fibbia. Raccoglie le acque dal Fosso Val di Fibbia e dalla Fonte della Pernice, per gettarsi poi da sinistra nel Fiastrone, tra Bolognola e Acquacanina.
- Fosso del Colle: affluente sinistro presso il Lago di Fiastra. Scende dal versante settentrionale del Monte Val di Fibbia, e attraversa la frazione di Colle di Fiastra;
- Rio Bagno: affluente di destra poco più a monte della diga (frazione Podalla, Fiastra); incassata nella valle si trova la chiesetta di S.Maria in Rio Bagno.
- Rio Fessa: affluente destro tra il Monte Corvo e il Monte dei Cancelli (presso Monastero di Cessapalombo). Il torrente è captato per l'acquedotto.
- Rio del Monte: affluente destro tra Monastero di Cessapalombo e il Monte di Rocca Colonnalta (San Ginesio).
- Fosso Chienti affluente di sinistra del Fiastrone che riveste importanza dal punto di vista delle interferenze idrauliche con l'infrastruttura di progetto, risultando intersecato dal tracciato stradale in studio.

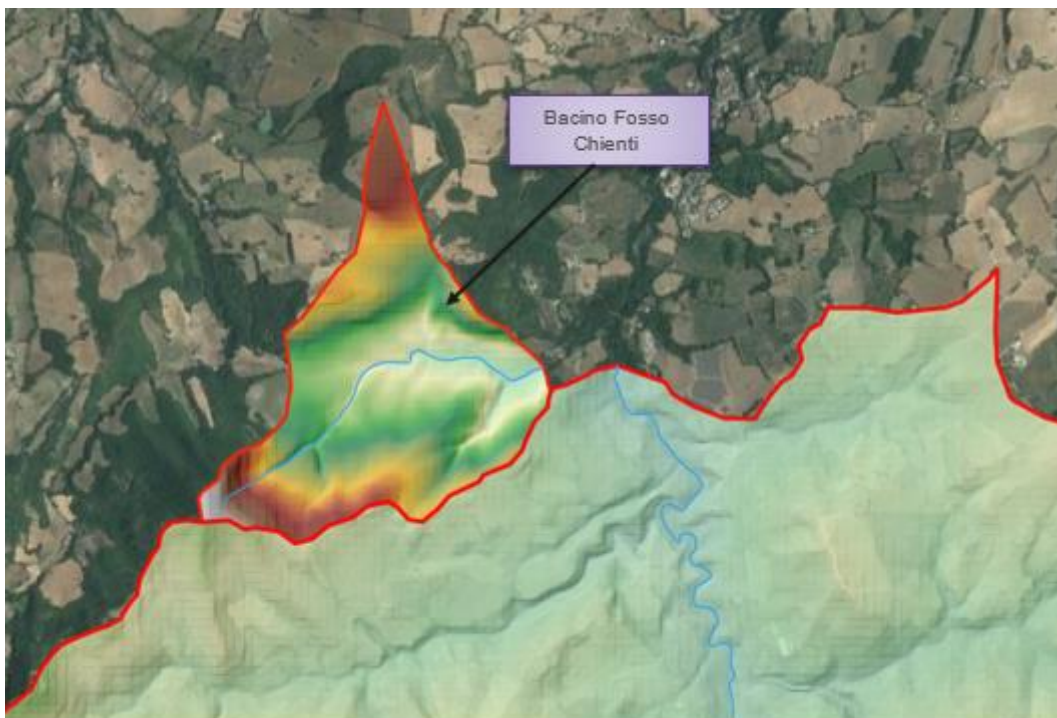


Figura 3 - Bacino Idrografico del Fosso Chienti

4 IMPLEMENTAZIONE DEL MODELLO IDRAULICO PER LA SIMULAZIONE IN MOTO PERMANENTE

4.1 Modello Idraulico

Per eseguire le elaborazioni idrodinamiche è stato utilizzato il modello di simulazione HEC-RAS (River Analysis System) versione 6.3.1 del 2022, sviluppato presso l'Hydrologic Engineering Center, dall'United States Army Corps of Engineers. Esso consente il calcolo dei profili idraulici di moto permanente gradualmente vario, in reti di canali naturali o artificiali.

Con tale codice di calcolo possono essere simulate condizioni di moto subcritico (corrente lenta), supercritico (corrente veloce) e misto, e possono essere valutati gli effetti di immissioni o emissioni laterali di portata, briglie e salti di fondo, paratoie, brevi condotti in pressione, tombini, ponti, ostacoli al flusso e costruzioni edificate nelle zone golenali.

Il modello dispone di una interfaccia grafica che facilita le operazioni di definizione della geometria del problema, dei parametri di calcolo e dell'analisi dei risultati esprimibili sia in termini di tabelle che di grafici. Questi ultimi includono la visualizzazione del tirante idrico relativo a ciascuna sezione, la visualizzazione dei profili di moto permanente (con l'indicazione del pelo libero, dei limiti arginali, della quota della linea dell'energia, ecc.) e grafici in prospettiva tridimensionali che consentono di evidenziare le aree soggette ad inondazione nelle differenti condizioni idrometriche.

La corrente viene suddivisa in estesi tratti ove essa si può ritenere gradualmente variata (e l'alveo pressoché prismatico) collegati da brevi tratti ove essa è rapidamente variata per effetto di rilevanti variazioni geometriche della sezione prodotte da ponti, tombini, soglie e briglie.

Per la sua implementazione sono stati utilizzati i dati di seguito elencati :

- Carta Tecnica Regionale 3D in scala 1:2000;
- Dtm ricavato da CTR 3d scala 1:2000;
- Rilievo celerimetrico 3D.

4.2 Tronchi di corrente gradualmente variata

Nei tratti di corrente gradualmente variata il profilo liquido si calcola correlando l'energia della corrente in varie sezioni successive con l'equazione differenziale :

$$dH/ds = - J \quad [1]$$

in cui:

- $H = z_0 + h + \alpha V^2 / 2g$ è il carico totale della corrente nella sezione avente quota di fondo assoluta z_0 , tirante idrico h e velocità media V sulla sezione; α è il coefficiente di ragguglio della potenza cinetica e g l'accelerazione di gravità;
- J è la "cadente" che rappresenta la perdita di carico continua per unità di peso e di percorso nei tronchi.

Per valutare la cadente J si fa uso della formula di Manning definendo dapprima la capacità di portata dell'alveo:

$$K = A R^{2/3} / n$$

dove A è l'area della sezione trasversale della corrente, R il raggio idraulico e n il coefficiente di scabrezza e quindi:

$$J = Q^2 / K^2$$

La definizione di $K(h)$ presume di trattare l'intera corrente come omogenea nella sezione trasversale assumendo:

$$A = A(h) \quad R = R(h)$$

Questa schematizzazione non appare molto appropriata per descrivere i casi in cui il flusso interessa, oltre che l'alveo di magra, caratterizzato da un coefficiente di scabrezza tipico per gli alvei naturali, considerevoli porzioni di zona golenale ove il moto è controllato da una scabrezza certamente assai maggiore.

E' opportuno dunque definire la capacità di portata dell'alveo come somma del contributo di tre correnti "parallele" con caratteristiche cinematiche diversificate: quella che scorre nell'alveo di magra/morbida con area bagnata A_a e portata Q_a , quella fluente in zona golenale con area bagnata A_g e portata Q_g e quella che interessa l'area coltivata invasa dalle acque con area bagnata A_c e portata Q_c , soggette alla stessa cadente piezometrica J , sicché:

$$Q = Q_a + Q_g + Q_c = (K_a + K_g + K_c) J^{1/2} = K J^{1/2}$$

onde :

$$K = K_a + K_g + K_c = A_a R_a^{2/3} / n_a + A_g R_g^{2/3} / n_g + A_c R_c^{2/3} / n_c$$

$$A = A_a + A_g + A_c$$

In modo congruente si definisce il coefficiente di ragguglio della potenza cinetica della corrente α mettendo in conto le diverse velocità nei tre filoni, con l'espressione :

$$\alpha = A^2 K^{-3} (K_a^3 A_a^{-2} + K_g^3 A_g^{-2} + K_c^3 A_c^{-2})$$

Il bilancio energetico per un generico tronco di corrente gradualmente variata compreso tra le ascisse curvilinee s_1 e s_2 si ottiene integrando l'equazione differenziale [1] :

$$H_1 = H_2 + J_{med} Ds \quad (Ds = s_2 - s_1)$$

la perdita di carico media J_{med} nel tronco si valuta come media pesata dei valori corrispondenti ai livelli di estremità:

$$J_{med} = q J_1 + (1 - q) J_2$$

intendendo $H_1 = H(h_1)$, $J_1 = J(h_1)$, ecc. Si assume $q=0.5$.

Si ha in definitiva per il generico tronco:

$$H_1 - q Ds J_1 = H_2 + (1 - q) Ds J_2$$

Se la corrente è subcritica il calcolo procede dalla sezione di valle ove deve essere assegnata la condizione al contorno, verso monte per tronchi successivi: nella espressione precedente, applicata ricorsivamente a tutti i tronchi, dunque, si ritengono sempre note le condizioni idrometriche della corrente nella sezione 2 (di valle) e si devono ricavare quelle della sezione 1 (di monte).

Posto:

$$H = z_0 + h + \alpha V^2 / 2g = z_0 + h + \alpha Q^2 / 2g A^2$$

$$J = Q^2 / K^2$$

si ha:

$$h_1 + \alpha Q^2 / 2g A(h_1)^2 - Ds/2 Q^2 / K(h_1)^2 = H_2 + Ds/2 J_2 - z_{01}$$

In questa espressione il secondo membro é una quantità nota.

Risolviendo questa equazione implicita con il metodo di bisezione si ricava h_1 e quindi tutte le variabili idrometriche della corrente nella sezione di monte.

Qualora nessuna soluzione esista nel campo delle correnti subcritiche si pone nella sezione 1 l'altezza critica per proseguire il calcolo. Ripetendo il procedimento per ogni tronco si ricava il profilo di corrente. Se la corrente è supercritica, si applica lo stesso algoritmo procedendo da monte (ove deve essere assegnata la condizione al contorno) verso valle. Il livello idrico nei tratti prismatici è dunque controllato essenzialmente dai valori dei coefficienti di scabrezza che compaiono nella definizione della capacità di portata dell'alveo.

4.3 Tronchi di corrente rapidamente variata

Nei tronchi sede di ponti, tombini o altre strutture che provocano effetti localizzati le condizioni idrometriche di monte si correlano con quelle di valle tramite relazioni empiriche appropriate tratte dalla letteratura tecnica.

4.3.1 Ponti e Viadotti

Ai fini della simulazione numerica, la sezione in cui è localizzato il ponte viene trattata nel modo di seguito descritto.

Nella sezione del ponte si inseriscono gli ingombri geometrici delle pile e delle spalle del ponte; la geometria reale viene schematizzata con una idraulicamente equivalente, ove gli ingombri delle singole pile vengono assemblati in un numero ridotto di sagome. Questa operazione viene fatta separatamente per le zone di alveo, golena e coltivo.

Alla stessa ascissa della sezione predetta si posizionano una sezione di monte (identificata dal suffisso 'm') e una sezione di valle (identificata dal suffisso 'v') con lo stesso contorno bagnato, che differiscono dalla sezione del ponte solo per l'assenza dell'ingombro delle pile/spalle.

Queste due sezioni convenzionali di monte e di valle delimitano il tronco, che ha lunghezza trascurabile, in cui è localizzata la variazione della geometria.

La sezione del ponte con gli ingombri delle pile/spalle entra soltanto nel calcolo delle perdite localizzate che, appunto, da tali ingombri sono causate. Pertanto, nel risultato finale, in corrispondenza della sezione del ponte, saranno riportati alla stessa ascissa i tre livelli corrispondenti, nell'ordine, alla sezione immediatamente a monte ('m'), a quella del ponte con gli ingombri di pile/spalle, e a quella immediatamente a valle ('v'). Il rigurgito dei ponti può essere valutato con metodologie diverse.

4.3.2 Formula di Yarnell

Nel breve tronco in cui è localizzato il ponte la differenza tra il livello di monte e quello di valle ($z_m - z_v$) può essere calcolata con la formula di Yarnell dedotta da una estesa informazione sperimentale relativa a sezioni di forma rettangolare. Si deve distinguere tra la situazione in cui la contrazione non è così forte da produrre la sezione di controllo tra le pile (di 'classe A' nella terminologia di Yarnell) e il caso in cui tale situazione si verifica (di 'classe B').

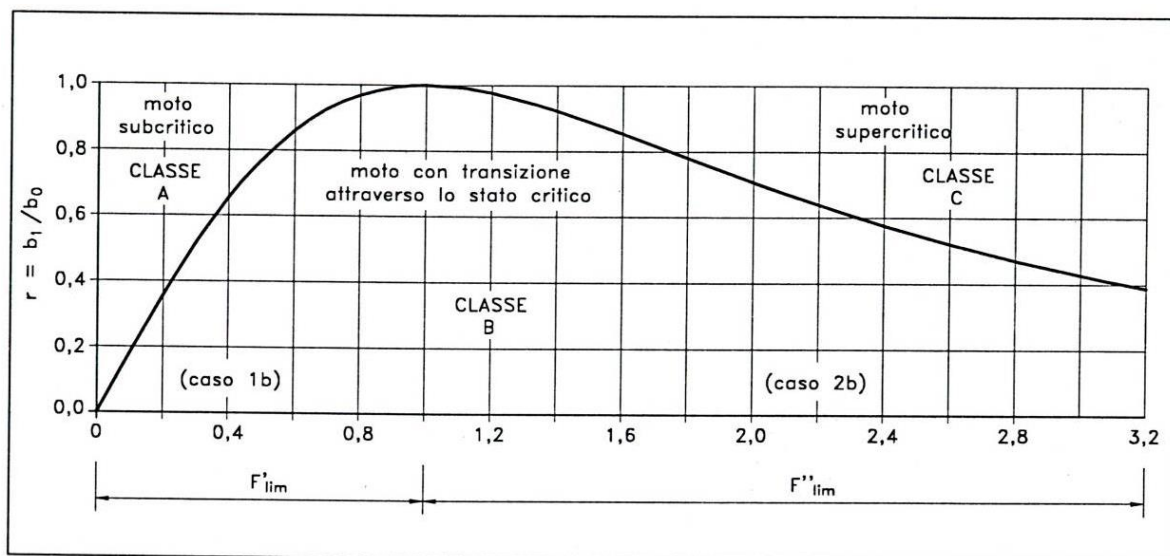


Figura 4 - Classificazione dei modi di deflusso attraverso un restringimento (Da Deppo, Datei "Le opere idrauliche nelle costruzioni stradali")

Si calcola preventivamente il rapporto di contrazione $r = b_1/b_0$ e si confronta con il rapporto di contrazione limite r_{lim} discriminante tra le classi 'A' e 'B' definito dall' espressione:

$$r_{lim}^2 = 27 \frac{F^2}{(2 + F^2)^3}$$

Se il rapporto di contrazione r risulta minore di r_{lim} il problema é di classe 'B' e il livello di monte si ottiene dal valore dell'energia nella sezione di monte posta pari a quella critica che si stabilisce tra le pile incrementata di una perdita di carico in contrazione pari a circa 1/3 del termine cinetico critico.

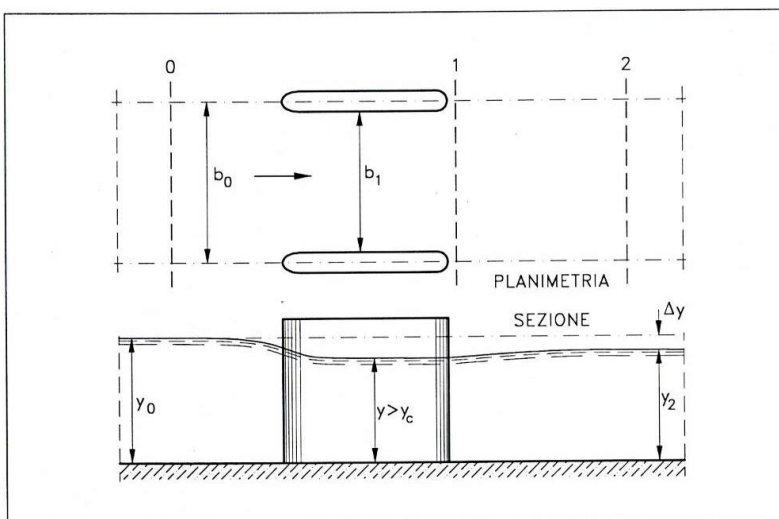


Figura 5 - Deflusso attraverso le pile di un ponte senza transizione – classe A (Da Deppo, Datei "Le opere idrauliche nelle costruzioni stradali")

Per il problema di 'classe A' la formula di Yarnell esprime l'entità del rigurgito (Δy) in funzione del tirante idrico di valle (y_2), del rapporto di ingombro del ponte ($z = 1 - r$), di un coefficiente di forma della pila (K_Y) e del numero di Froude ($F = V/\sqrt{gA/B}$) della corrente nella sezione di valle (F_2) con l'espressione:

$$\frac{\Delta y}{y} = K_Y (K_Y - 0.6 + 5F_2^2) (z + 15z^4) F_2^2$$

Il coefficiente di forma K_Y assume valori che vanno da 1.25 per pile non arrotondate a valori dell'ordine di 0.9 per pile arrotondate con vari profili (vedi Figura). Nell'ipotesi che la corrente investa l'asse della pila con un angolo α diverso da 0, i valori di Δy devono essere moltiplicati per il coefficiente 1.3 per $\alpha = 10^\circ$ e 2.3 per $\alpha = 20^\circ$.


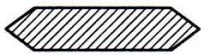



forma della pila	K_Y
	1,25
	1,05
	1,05
	0,95
	0,90

Figura 6 - Coefficienti di forma delle pile dei ponti (Da Deppo, Datei "Le opere idrauliche nelle costruzioni stradali")

4.3.3 Formula di Rehbock

In base alla formula di Rehbock, l'espressione del rigurgito è:

$$\Delta y = K_R (1 - r) \frac{v_2^2}{2g}$$

dove K_R è un coefficiente di forma pari a 1 per pile a rostri arrotondati e 2 per pile a spigoli vivi.

4.3.4 Bilanci di energia (e-b) e di spinta Totale (e-s)

Si distinguono, in corrispondenza dei ponti, il tratto tra la sezione di monte (M) e quella delle pile (P), in cui la corrente accelera, e quello tra questa sezione (P) e quella di valle (V) in cui la corrente rallenta.

Nel tratto M-P si impone il bilancio energetico conteggiando le perdite di carico in contrazione come una frazione del termine cinetico in P valutata in ragione del raccordo delle pile:

$$H_M = H_P + I \frac{v_P^2}{2g}$$

Nel tratto P-V si può ancora imporre il bilancio energetico valutando le perdite di rallentamento con l'espressione di Borda (schema e-b):

$$H_P = H_V + I \frac{(v_P - v_V)^2}{2g}$$

oppure si può, in alternativa, imporre l'invarianza della spinta totale tra le sezioni P e V utilizzando la geometria della sezione V per valutare la spinta idrostatica nella sezione P (schema e-s).

La scelta dello schema di rappresentazione degli effetti di rigurgito può essere effettuata con appropriata analisi di sensitività: gli schemi e-b e e-s, più elaborati, hanno comunque, a priori, il vantaggio di essere applicabili a sezioni non sensibilmente rettangolari.

4.3.5 Tombini

In particolare, per quanto riguarda i tombini, l'analisi è condotta mediante due differenti approcci che tengono in debito conto delle condizioni idrauliche di monte e di valle che governano il moto:

- **Outlet Control:** il flusso all'interno del tombino è in regime di outlet control quando è condizionato dalle condizioni di valle e/o dalla capacità portante della condotta. Pertanto si valuta l'altezza d'acqua in testa al tombino (upstream headwater depth) utilizzando i convenzionali metodi dell'idraulica considerando prevalenti le perdite dovute alla rugosità della condotta ed all'effetto tappo che si instaura con la eventuale presenza di un battente idrico a valle (tailwater);
- **Inlet Control:** in questo caso, la capacità del sistema è condizionata dalle perdite di carico all'ingresso del tombino più che dalla capacità della condotta. Pertanto, il tirante idrico in testa si determina considerando prevalenti le perdite causate dal restringimento della sezione di monte.

HEC – RAS calcola l'energia a monte del tombino necessaria affinché il flusso sia in regime di outlet control e quella corrispondente al regime di inlet control; il caso per cui risulta maggiore tale energia è quello che viene considerato per la determinazione delle caratteristiche idrodinamiche del flusso.

4.3.5.1 Outlet Control

E' utilizzata l'equazione di Bernouilli

$$Z_3 + Y_3 + \frac{V_3^2}{2g} = Z_2 + Y_2 + \frac{V_2^2}{2g} + H_L$$

dove Z_3, Z_2 sono le quote di imbocco e di sbocco del tombino (m);

- Y_3, Y_2 sono i tiranti idrici di monte e di valle (m);
- V_3, V_2 sono le velocità di ingresso e di uscita della corrente (m);
- H_L sono le perdite di carico totali, date dalla somma delle perdite concentrate di ingresso e di uscita e dalle perdite distribuite lungo la condotta.

4.3.6 Inlet Control

L'analisi si differenzia a seconda dell'entità delle portate da smaltire:

- a) Unsubmerged Inlet: portate per le quali il sistema si comporta come uno stramazzo; ci sono due metodi proposti dall'United States Federal Highway Administration:

$$\frac{HW_i}{D} = \frac{H_c}{D} + K \left[\frac{Q}{AD^{0.5}} \right]^M - 0.5S$$

$$\frac{HW_i}{D} = K \left[\frac{Q}{AD^{0.5}} \right]^M$$

dove HW_i è il carico idraulico all'ingresso del tombino;

- D è l'altezza della condotta;
- H_c è l'energia specifica corrispondente all'altezza critica;
- Q è la portata;
- A è l'area della sezione della condotta;
- S è la pendenza della condotta;
- K e M sono costanti dipendenti dalla geometria e dal tipo di condotta

b) Submerged Inlet: quando la condotta si comporta da orifizio nel sistema

$$\frac{HW_i}{D} = c \left[\frac{Q}{AD^{0.5}} \right]^2 + Y - 0.5S$$

dove HW_i è il carico idraulico all'ingresso del tombino;

- D è l'altezza della condotta;
- H_c è l'energia specifica corrispondente all'altezza critica;
- Q è la portata;
- A è l'area della sezione della condotta;
- S è la pendenza della condotta;
- c e Y sono costanti dipendenti dalla geometria e dal tipo di condotta

c) Transitional: in situazioni intermedie tra il comportamento a stramazzo e il comportamento ad orifizio

5 INTERFERENZA VI-01 FIUME FIASTRONE ANTE OPERAM_RISULTATI DELLE ELABORAZIONI

Il Fiume Fiastrone defluisce con andamento planimetrico all'incirca meandriforme in corrispondenza dell'area in cui si inserisce il tracciato in progetto (linea verde tratteggiata in figura).



Figura 7 – Interferenza infrastruttura stradale in progetto VI 01- inquadramento Planimetrico su ortofoto

5.1 Parametri del modello Idraulico

Il modello matematico è costituito da 8 sezioni trasversali, con uno sviluppo di 337 m circa in un tratto in cui l'andamento plano-altimetrico del corso d'acqua sia tale da ritenere lecito che vi si possano instaurare condizioni di moto uniforme nei punti di inizio e di fine simulazione.

Portata di verifica

La portata di verifica è quella corrispondente a tempo di ritorno duecentennale

$$Q_{200}=267.63 \text{ m}^3/\text{s}$$

Coefficiente di scabrezza

Per quello che concerne il coefficiente di scabrezza sono stati adottati i seguenti valori:

- Golena Sinistra: 0.05;
- Canale: 0.04;
- Golena destra: 0.05.



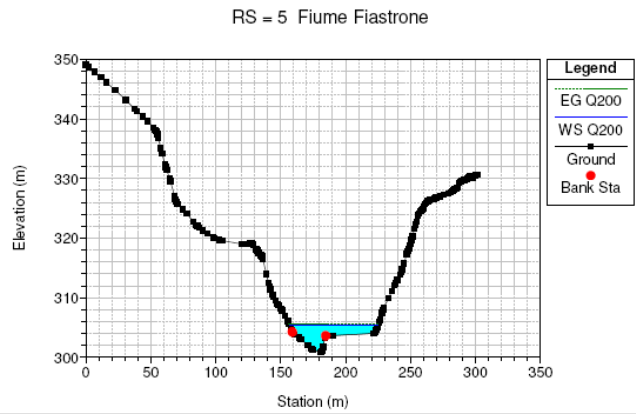
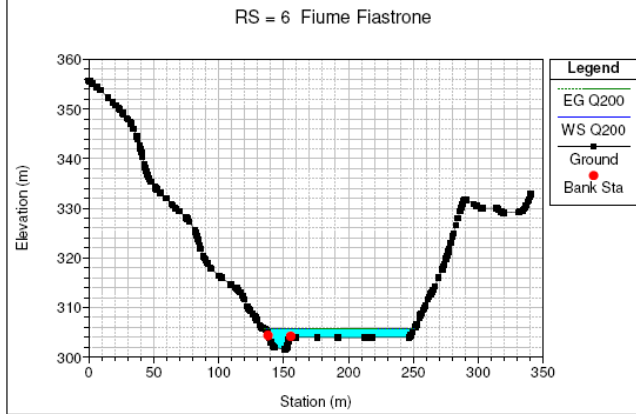
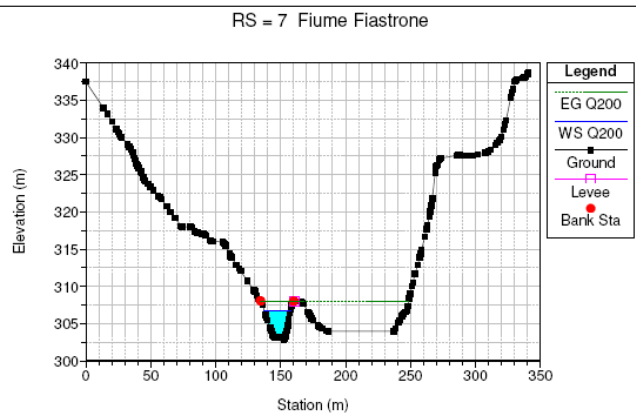
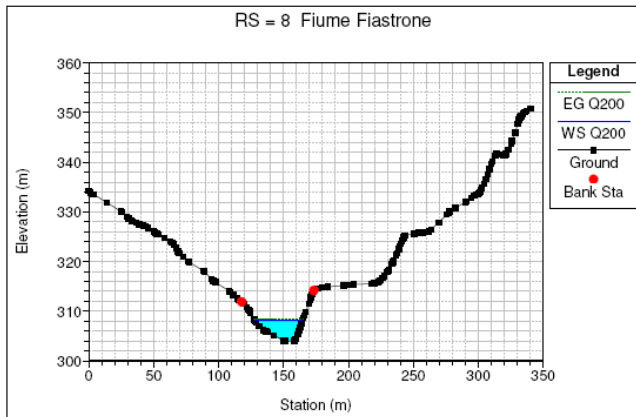
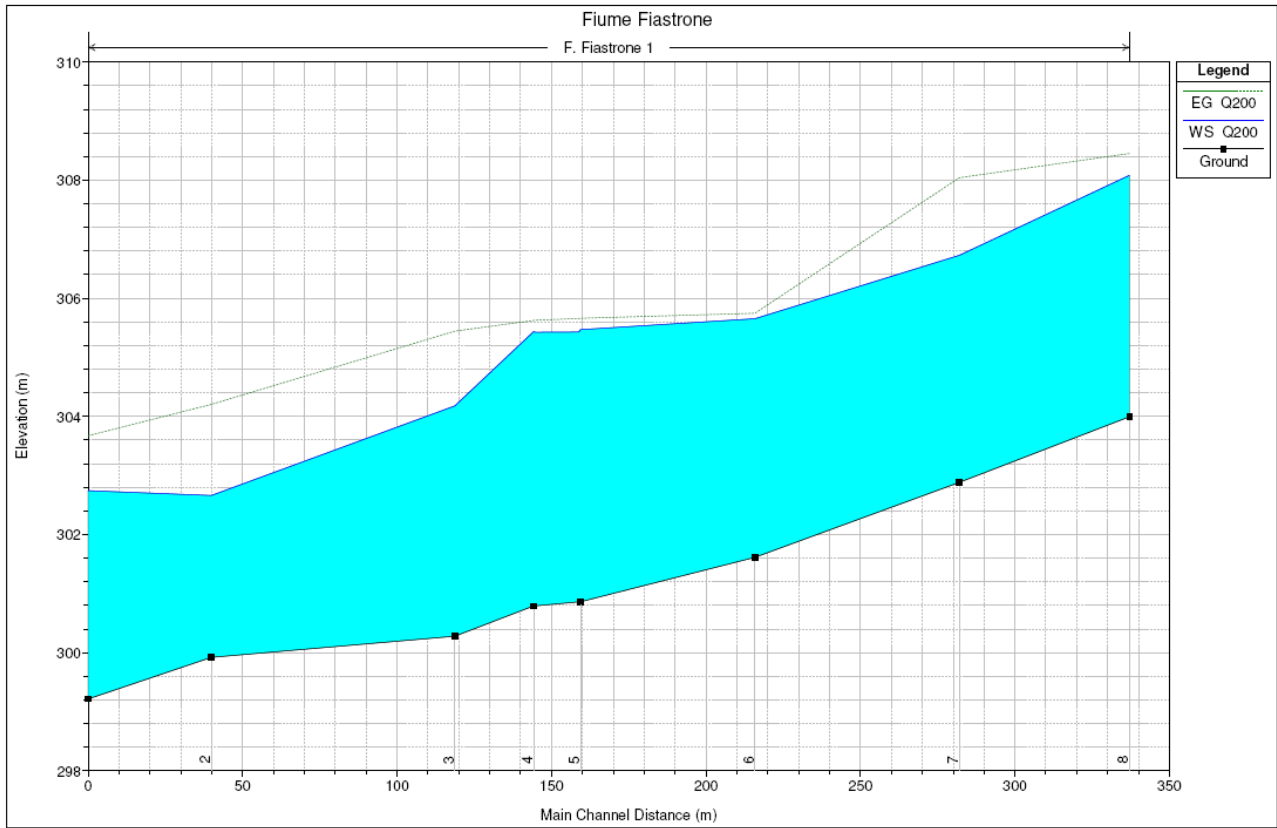
Figura 8 – Fiume Fiastrone- inquadramento Planimetrico su ortofoto delle sezioni di modellazione

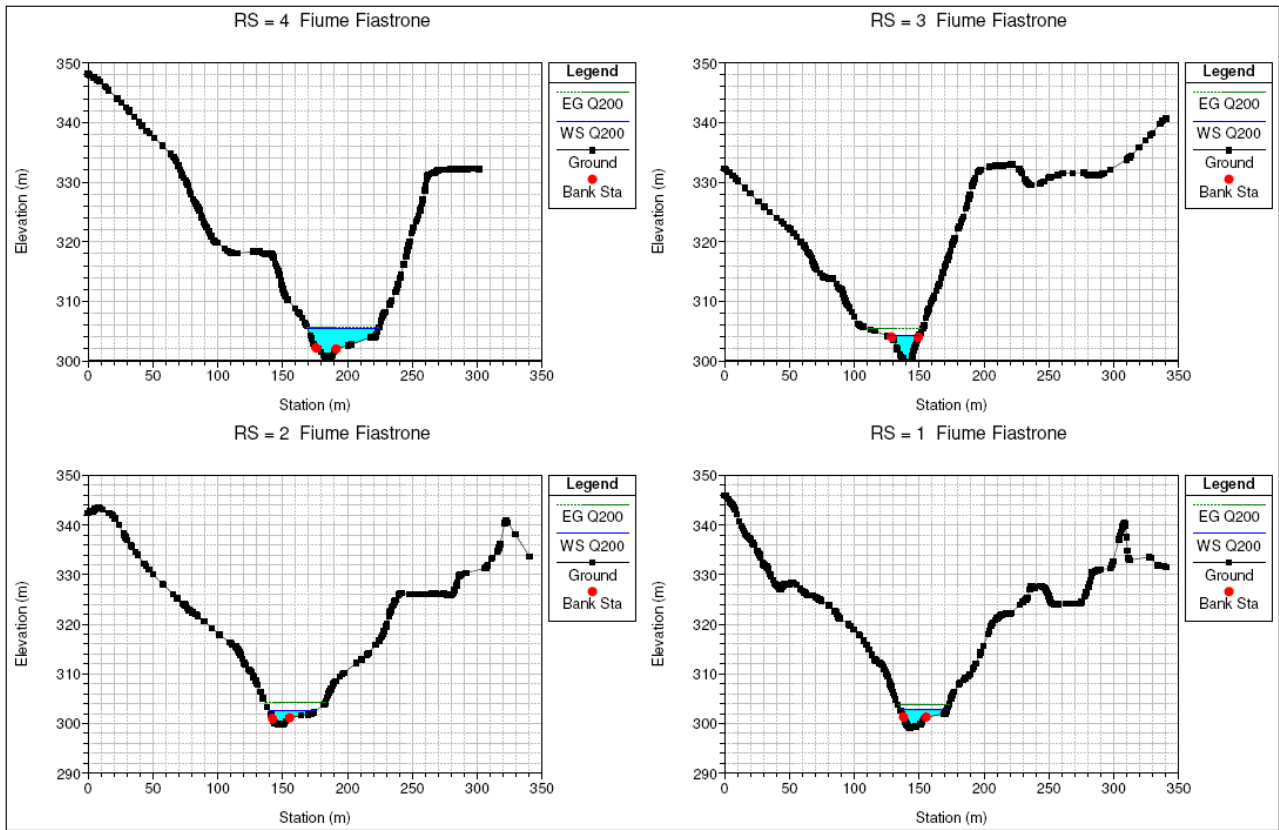
Condizioni al Contorno

Le condizioni al contorno utilizzate per il modello sono condizioni di moto uniforme (normal depth) sia a monte che a valle rispettivamente poste pari a $i = 0.005$ a monte e $i = 0.0012$ a valle.

5.2 Risultati della modellazione idraulica idraulica 1D

Sezione	Portata Tr=200	Quota fondo	Massimo tirante idraulico	Quota tirante idraulico	Quota altezza critica	Quota carico totale	Pendenza linea dei carichi	Velocità media	Area bagnata	Larghezza massima pelo libero	Froude
n°	m³/s	(m s.l.m.)	(m)	(m s.l.m.)	(m s.l.m.)	(m s.l.m.)	-	(m/s)	(m²)	(m)	-
8	267.63	303.99	4.09	308.08	306.96	308.45	0.003222	2.69	99.36	36.27	0.52
7	267.63	302.88	3.84	306.73	306.73	308.04	0.013147	5.07	52.74	20.07	1.00
6	267.63	301.61	4.02	305.64	304.75	305.73	0.001063	1.67	211.41	114.57	0.30
5	267.63	300.86	4.60	305.46		305.64	0.001663	2.15	148.53	68.47	0.38
4	267.63	300.79	4.64	305.44		305.62	0.001224	2.23	149.90	54.65	0.35
3	267.63	300.27	3.90	304.18	304.18	305.44	0.012476	4.98	54.01	24.13	0.98
2	267.63	299.92	2.74	302.66	303.11	304.20	0.019355	6.12	53.89	36.70	1.26
1	267.63	299.22	3.52	302.74	302.73	303.67	0.008659	4.54	67.96	35.95	0.86





6 INTERFERENZA VI-01 FIUME FIASTRONE POST OPERAM_RISULTATI DELLE ELABORAZIONI

L’infrastruttura di attraversamento del Fiume Fiastrone oggetto del presente studio è costituita da un viadotto (Interferenza opera VI-01) di lunghezza complessiva pari a 192 metri suddiviso in 4 campate di luce pari a 45-51-51-45 metri.

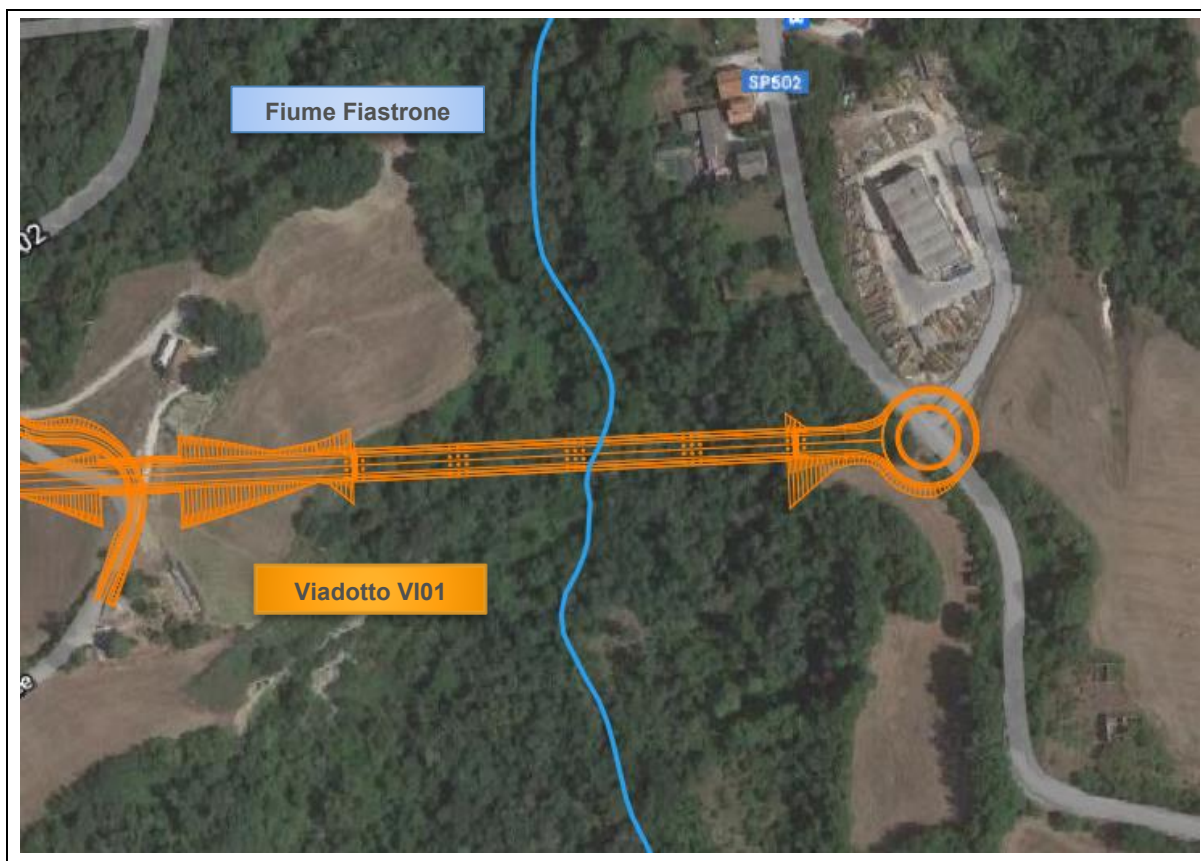


Figura 9 – Interferenza VI 01- inquadramento Planimetrico su ortofoto

6.1 Parametri modello idraulico

Il modello matematico è costituito da 8 sezioni trasversali, con uno sviluppo di 337 m circa in un tratto in cui l’andamento plano-altimetrico del corso d’acqua sia tale da ritenere lecito che vi si possano instaurare condizioni di moto uniforme nei punti di inizio e di fine simulazione.

Portata di verifica

La portata di verifica è quella corrispondente a tempo di ritorno duecentennale

$$Q_{200}=267.63 \text{ m}^3/\text{s}$$

Coefficiente di scabrezza

Per quello che concerne il coefficiente di scabrezza sono stati adottati i seguenti valori:

- Golena Sinistra: 0.05;
- Canale: 0.04;
- Golena destra: 0.05.



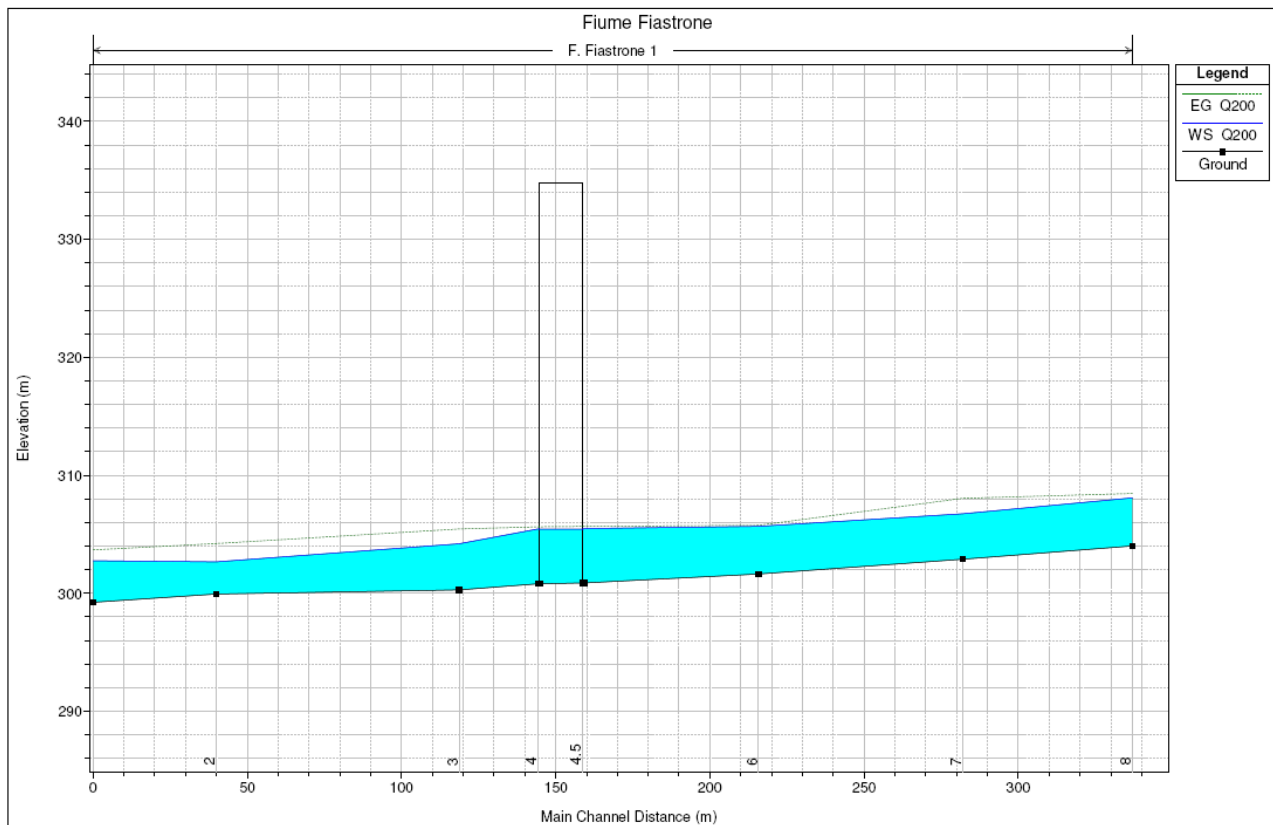
Figura 10 – Fiume Fiastrone- inquadramento Planimetrico su ortofoto delle sezioni di modellazione

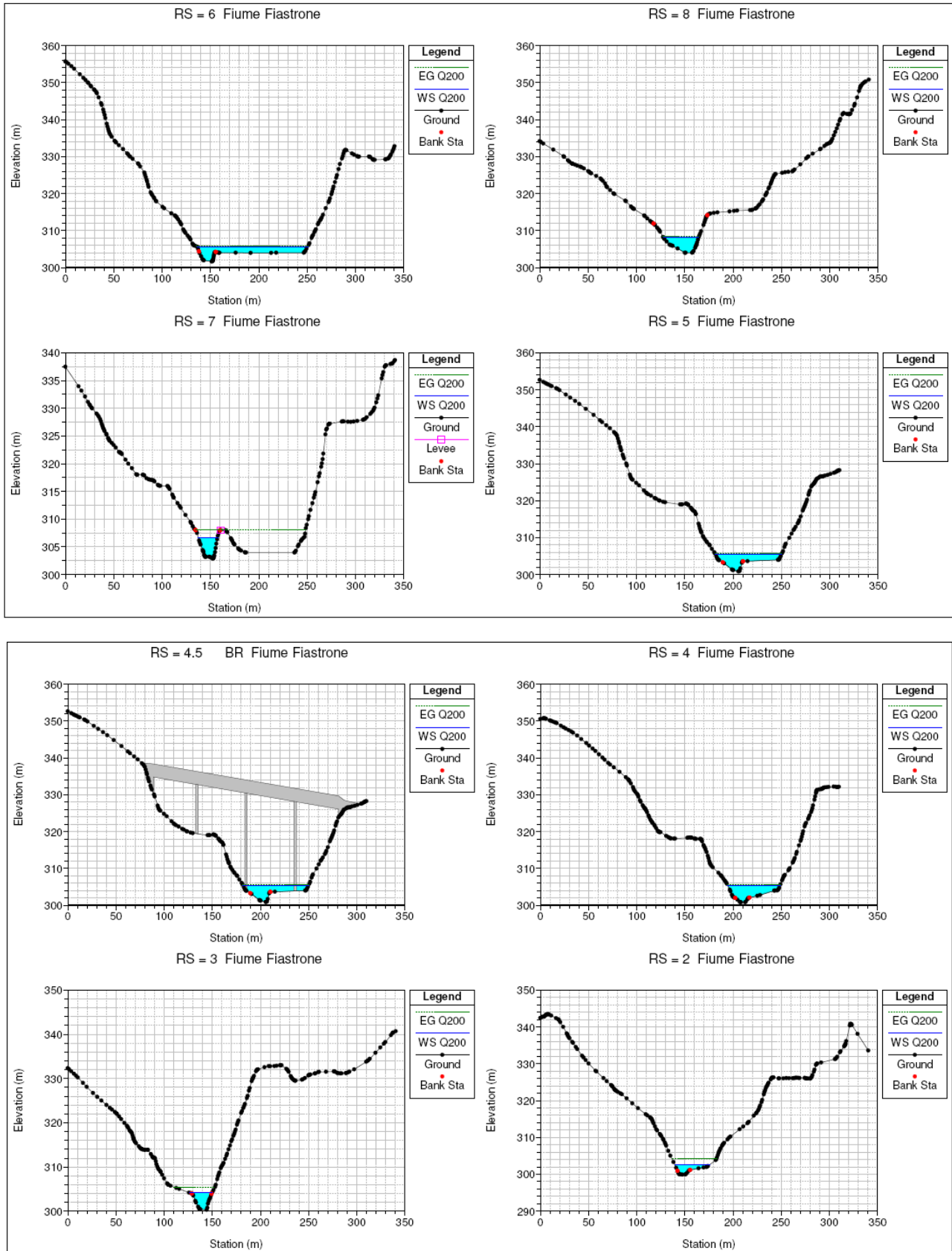
Condizioni al Contorno

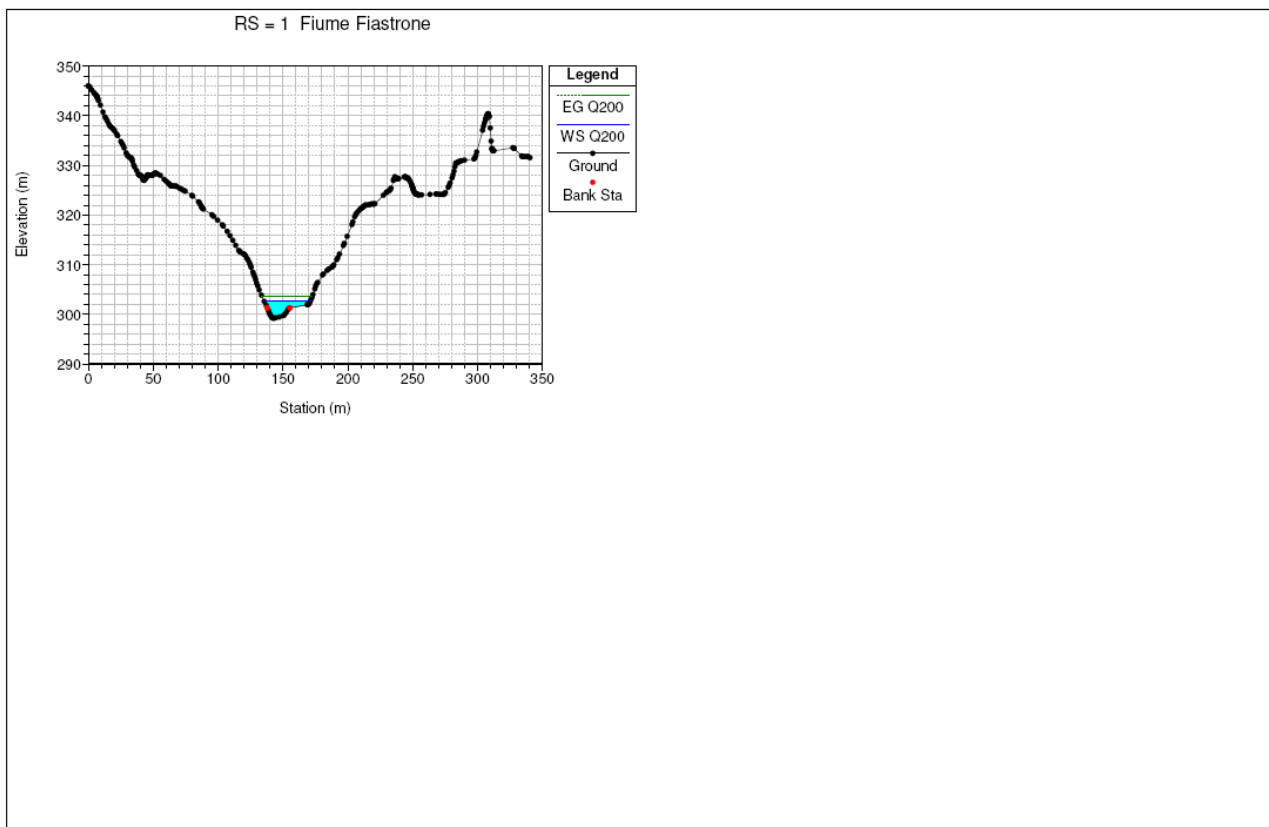
Le condizioni al contorno utilizzate per il modello sono condizioni di moto uniforme (normal depth) sia a monte che a valle rispettivamente poste pari a $i=0.005$ a monte e $i=0.0012$ a valle.

6.2 Risultati della modellazione idraulica 1D

Sezione	Portata Tr=200	Quota fondo	Massimo tirante idraulico	Quota tirante idraulico	Quota altezza critica	Quota carico totale	Pendenza linea dei carichi	Velocità media	Area bagnata	Larghezza massima pelo libero	Froude
n°	m³/s	(m s.l.m.)	(m)	(m s.l.m.)	(m s.l.m.)	(m s.l.m.)	-	(m/s)	(m²)	(m)	-
8	267.63	303.99	4.09	308.08	306.96	308.45	0.003222	2.69	99.36	36.27	0.52
7	267.63	302.88	3.84	306.73	306.73	308.04	0.013147	5.07	52.74	20.07	1.00
6	267.63	301.61	4.04	305.65	304.75	305.74	0.001030	1.65	213.57	114.71	0.29
5	267.63	300.86	4.61	305.47	304.55	305.66	0.001603	2.24	149.33	68.51	0.38
4.5	Bridge										
4	267.63	300.79	4.64	305.44		305.62	0.001231	2.25	149.90	54.65	0.35
3	267.63	300.27	3.90	304.18	304.18	305.44	0.012476	4.98	54.01	24.13	0.98
2	267.63	299.92	2.74	302.66	303.11	304.20	0.019355	6.12	53.89	36.70	1.26
1	267.63	299.22	3.52	302.74	302.73	303.67	0.008659	4.54	67.96	35.95	0.86







Viadotto VL01

WBS	Tipologia opera	Tr (anni)	Q ₂₀₀ (m ³ /s)	Quota livello Idrico (m s.l.m.)	Quota carico totale (m s.l.m.)	Quota intradosso (m s.l.m.)	Franco intradosso pelo libero (m s.l.m.)	Franco intradosso livello energetico (m s.l.m.)
VL01	Viadotto	200	267.63	305.47	305.66	326.11	20.64	20.45

L'opera in progetto soddisfa appieno le prescrizioni delle Norme Tecniche Costruttive 2018.

Le analisi svolte, pur con le cautele legate alle approssimazioni che è stato necessario introdurre nei calcoli, evidenziano che per quanto riguarda il tratto indagato le simulazioni effettuate mostrano che l'attuale situazione nella configurazione Ante Operam non presenta praticamente differenze con la configurazione Post Operam,

7 INTERFERENZA TOMBINO TM02 FOSSO CHIENTI ANTE OPERAM _RISULTATI DELLE ELABORAZIONI

Il fosso Chienti affluente di sinistra del Fiume Fiastrone scorre parallelamente alla SP 502 in direzione ovest est in corrispondenza dell'area in cui si inserisce il tracciato stradale in progetto.



Figura 11 – Interferenza infrastruttura stradale in progetto TM 02- inquadramento Planimetrico su ortofoto

7.1 Parametri del modello idraulico

Il modello matematico è costituito da 15 sezioni trasversali, con uno sviluppo di 227 m circa in un tratto in cui l'andamento plano-altimetrico del corso d'acqua sia tale da ritenere lecito che vi si possano instaurare condizioni di moto uniforme nei punti di inizio e di fine simulazione.

Portata di verifica

La portata di verifica è quella corrispondente a tempo di ritorno duecentennale

$$Q_{200}=14.77 \text{ m}^3/\text{s}$$

Coefficiente di scabrezza

Per quello che concerne il coefficiente di scabrezza sono stati adottati i seguenti valori:

- Golena Sinistra: 0.05;
- Canale: 0.04;
- Golena destra: 0.05.

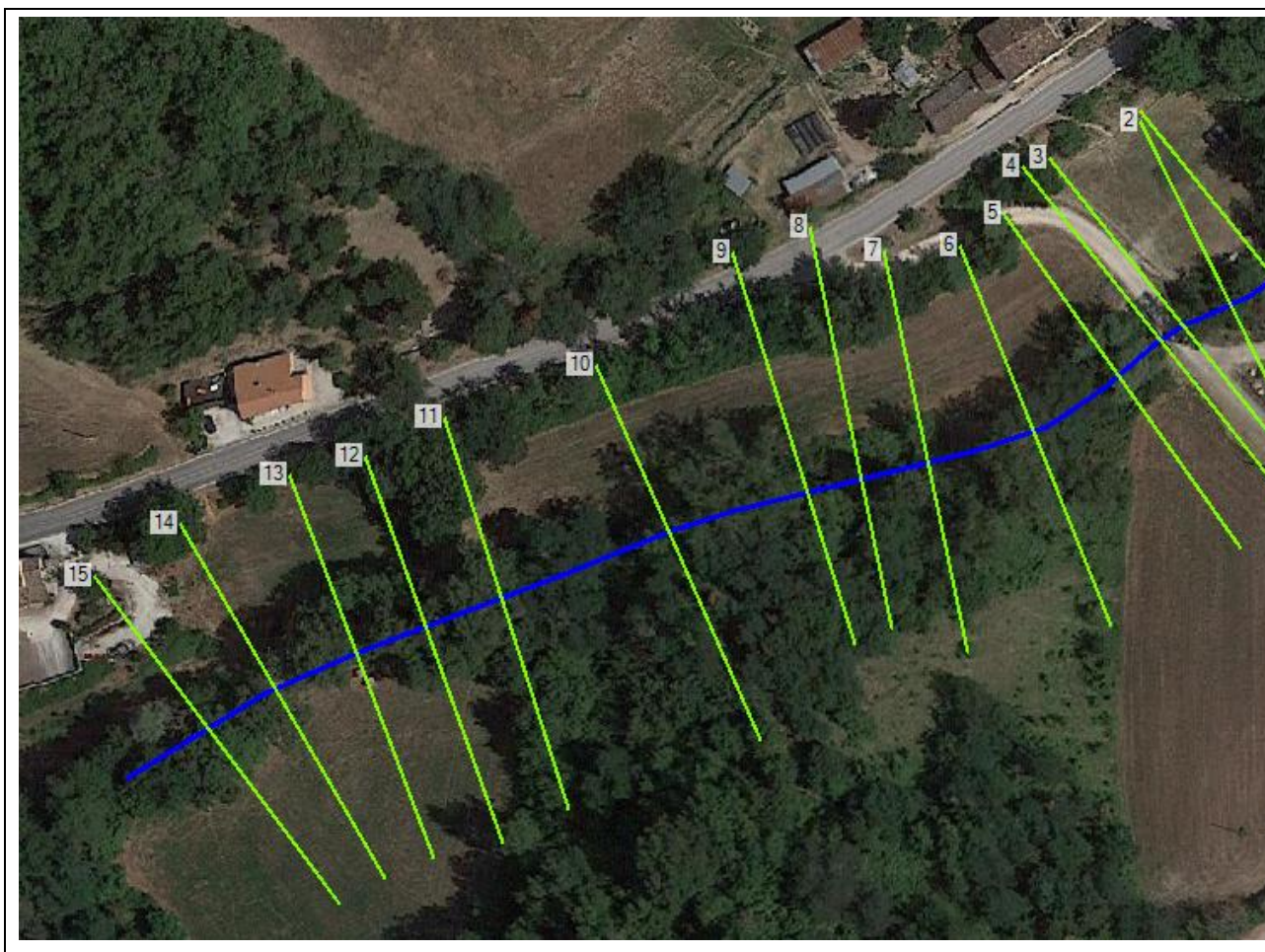


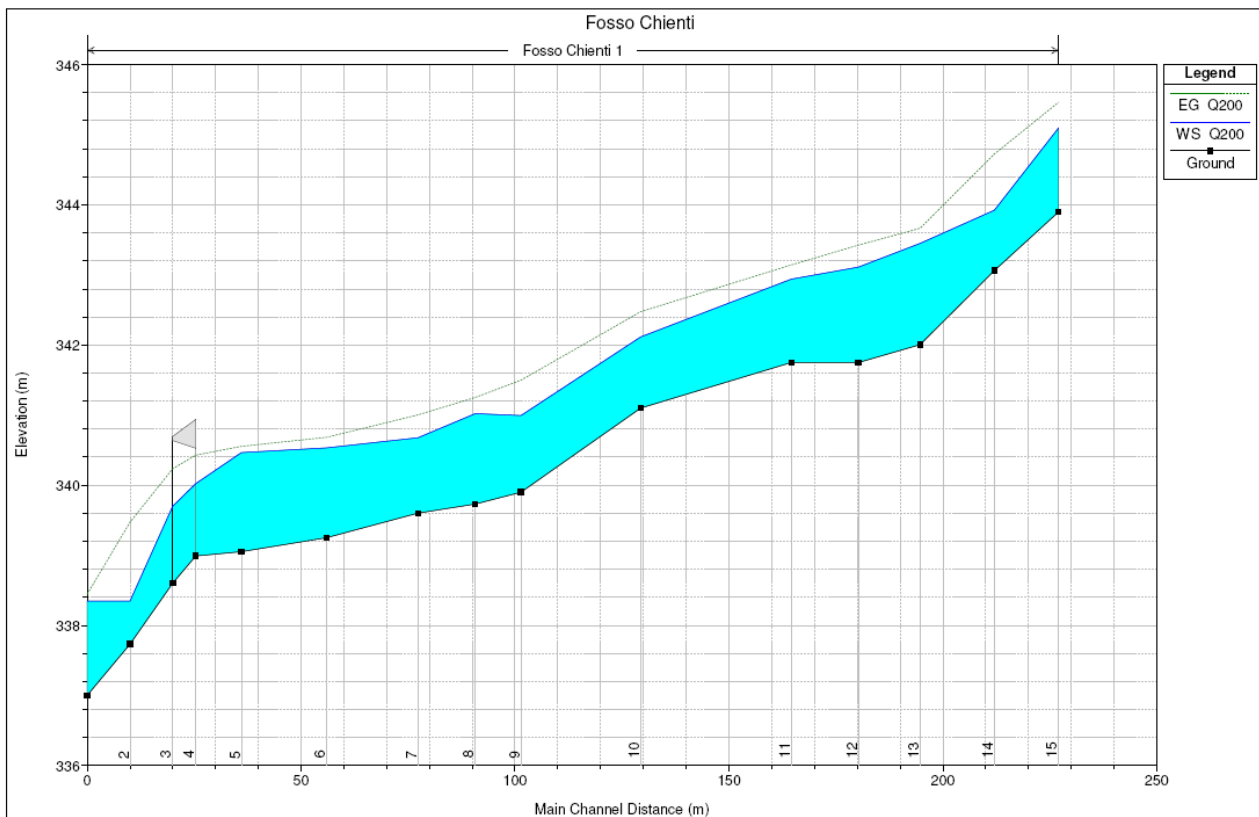
Figura 12 – Fosso Chienti- inquadramento Planimetrico su ortofoto delle sezioni di modellazione

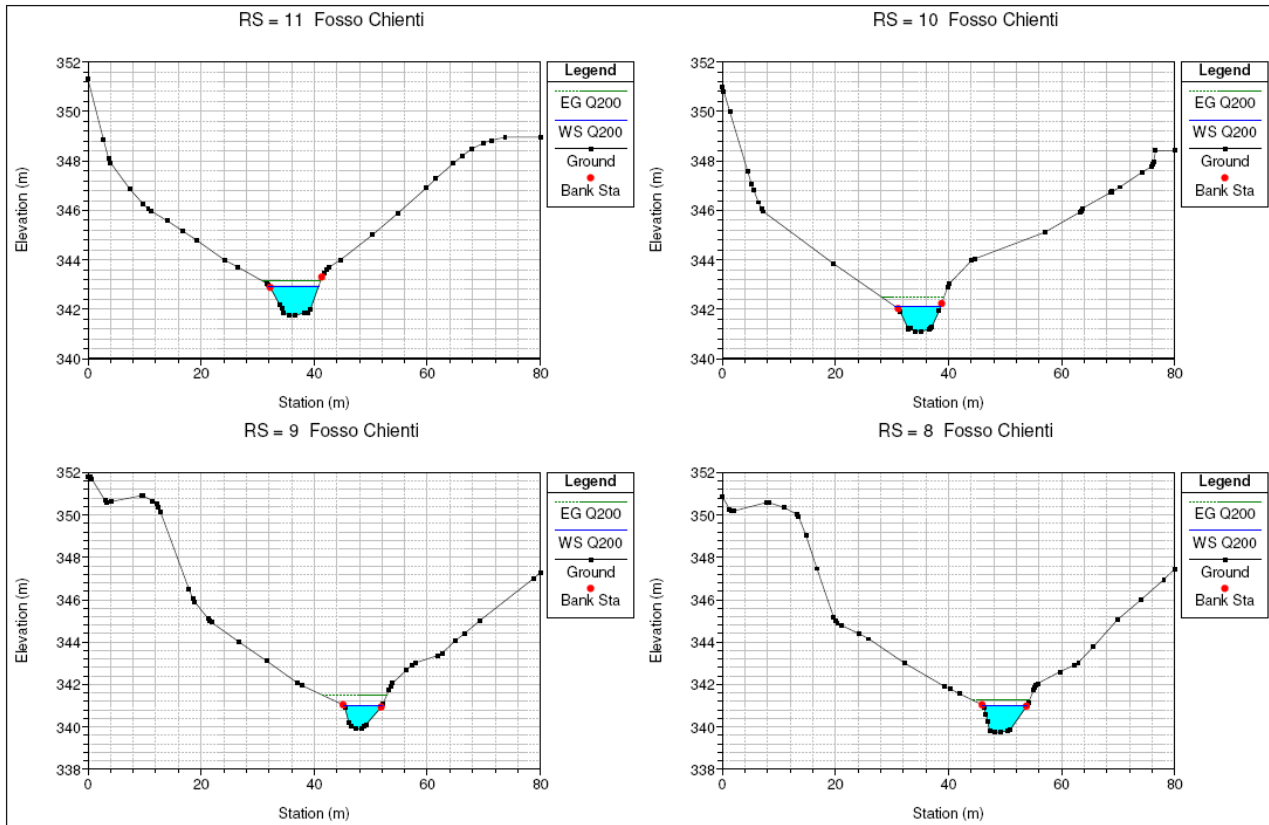
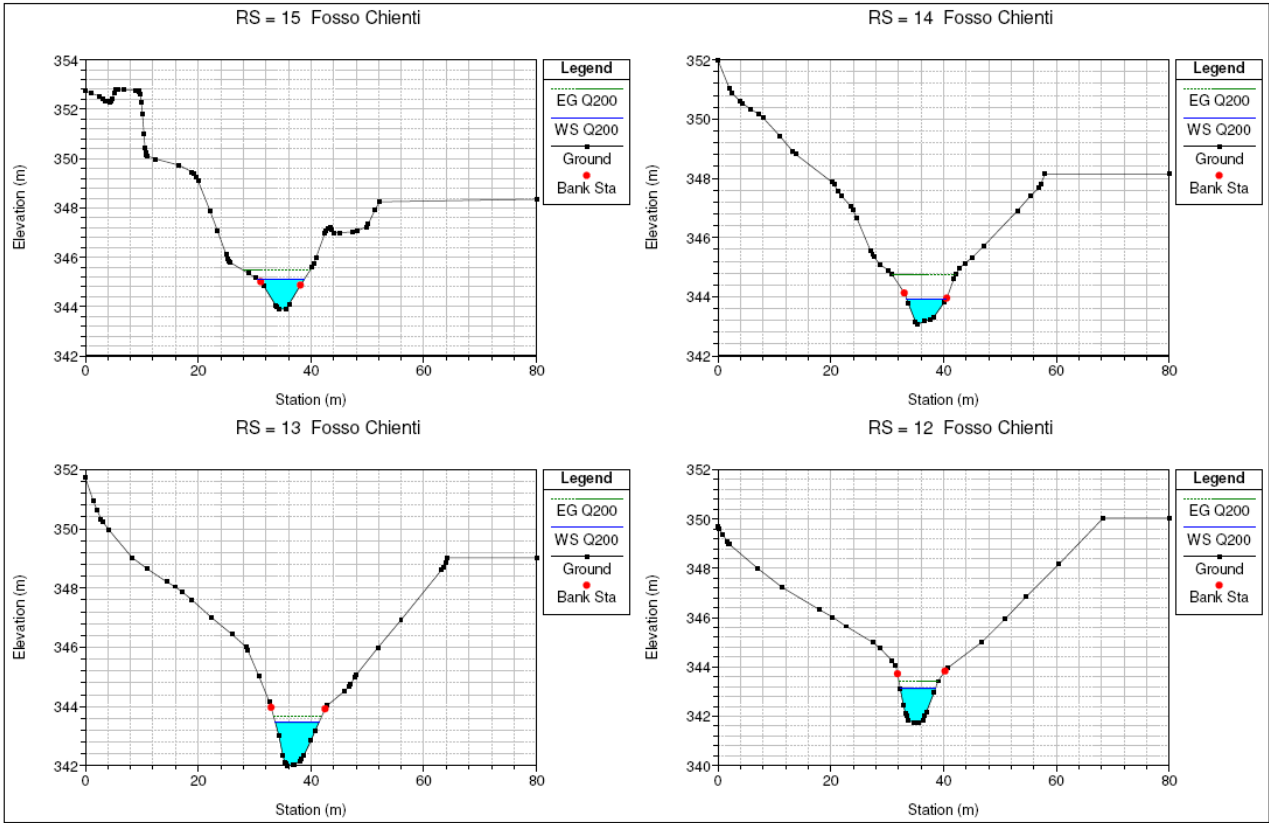
Condizioni al Contorno

Le condizioni al contorno utilizzate per il modello sono condizioni di moto uniforme (normal depth) sia a monte che a valle rispettivamente poste pari a $i = 0.005$.

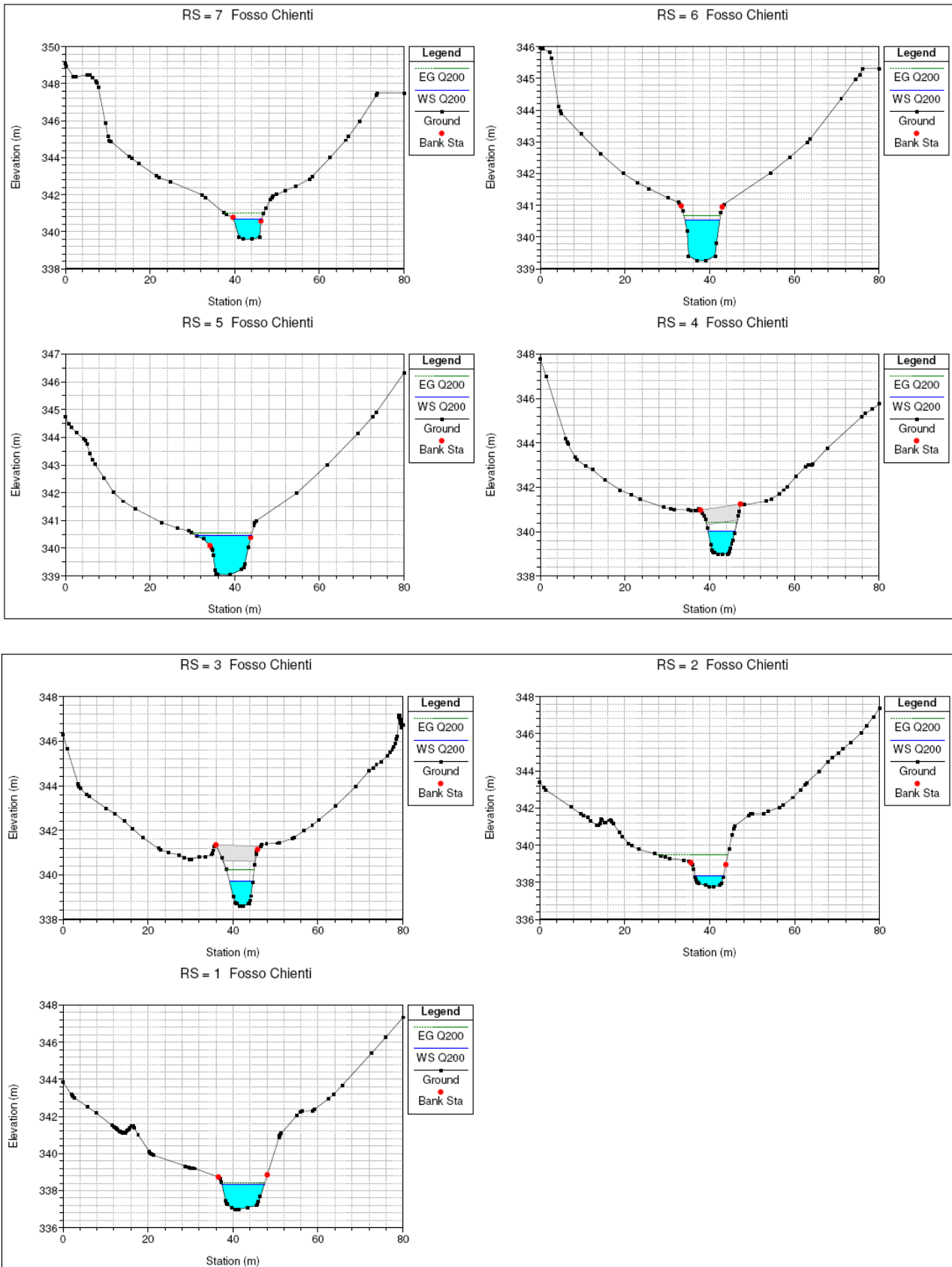
7.2 Risultati della modellazione idraulica 1D

Sezione	Portata Tr=200	Quota fondo	Massimo tirante idraulico	Quota tirante idraulico	Quota altezza critica	Quota carico totale	Pendenza linea dei carichi	Velocità media	Area bagnata	Larghezza massima pelo libero	Froude
n°	m³/s	(m s.l.m.)	(m)	(m s.l.m.)	(m s.l.m.)	(m s.l.m.)	-	(m/s)	(m²)	(m)	-
15	14.77	343.90	1.20	345.10	345.10	345.46	0.027028	2.69	5.57	8.25	0.97
14	14.77	343.06	0.86	343.92	344.17	344.73	0.096484	3.97	3.72	7.00	1.74
13	14.77	342.01	1.44	343.45	343.19	343.67	0.013228	2.06	7.17	7.70	0.68
12	14.77	341.75	1.36	343.11		343.43	0.019580	2.48	5.95	6.21	0.81
11	14.77	341.75	1.19	342.94		343.14	0.013138	2.00	7.39	8.73	0.69
10	14.77	341.10	1.02	342.12	342.12	342.48	0.028296	2.65	5.59	8.13	0.99
9	14.77	339.90	1.09	340.99	341.09	341.50	0.042921	3.14	4.71	6.77	1.19
8	14.77	339.73	1.29	341.02	340.81	341.25	0.015004	2.13	6.93	7.94	0.72
7	14.77	339.60	1.08	340.68	340.57	341.00	0.021700	2.52	5.86	6.59	0.85
6	14.77	339.25	1.28	340.53		340.68	0.008165	1.71	8.62	8.26	0.54
5	14.77	339.05	1.41	340.46		340.55	0.004042	1.32	11.49	13.16	0.40
4	14.77	338.99	1.03	340.02	340.02	340.43	0.029742	2.83	5.22	6.34	1.00
3	14.77	338.60	1.10	339.70	339.78	340.23	0.039647	3.23	4.57	5.46	1.13
2	14.77	337.73	0.62	338.35	338.68	339.47	0.156617	4.70	3.14	6.57	2.17
1	14.77	337.00	1.35	338.35	337.83	338.45	0.005005	1.40	10.56	9.97	0.43





PROGETTO DEFINITIVO



8 INTERFERENZA TOMBINO TM02 FOSSO CHIEN TI POST OPERAM _RISULTATI DELLE ELABORAZIONI

Nel tratto in studio il tracciato di progetto prevede la realizzazione della rotatoria di Colfano di raccordo con la viabilità locale. Tale soluzione, come si evince dalla figura sottostante, interferisce con il fosso Chienti per il quale viene prevista una deviazione piano altimetrica.

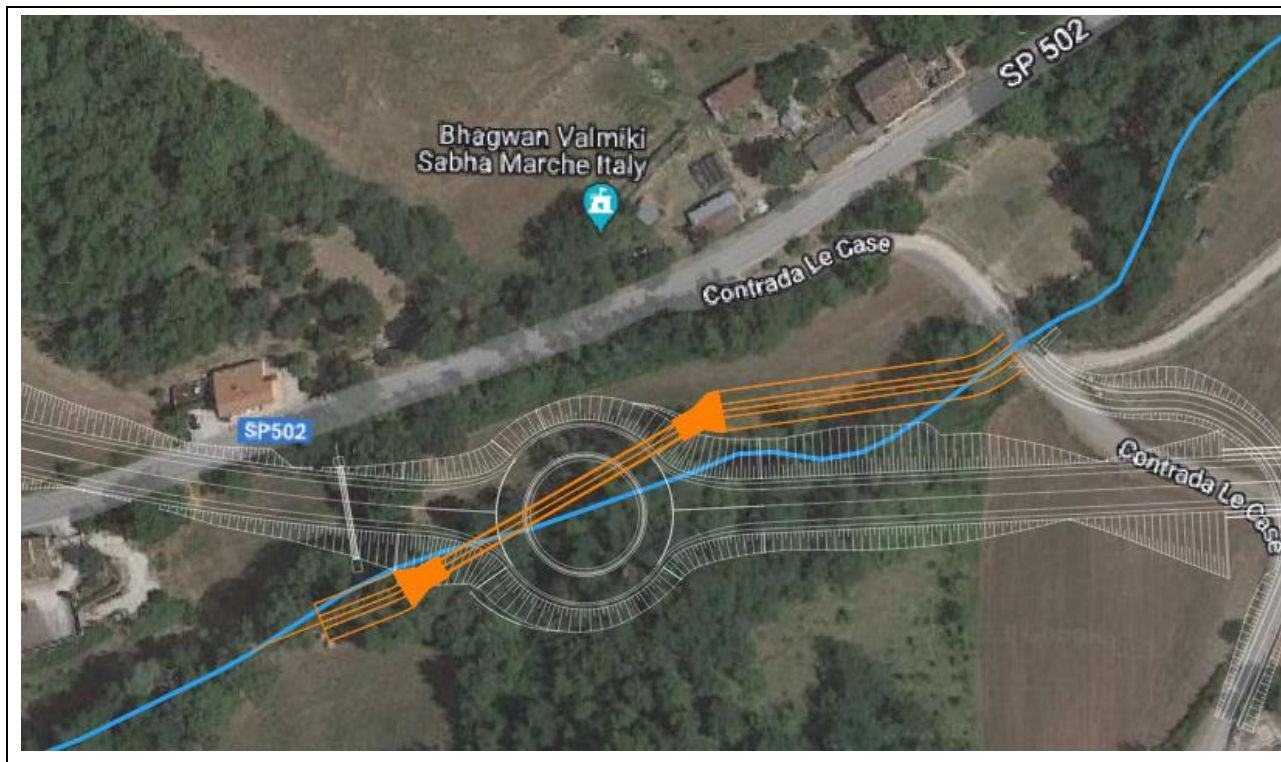


Figura 13 – Interferenza infrastruttura stradale in progetto TM 02- inquadramento Planimetrico su ortofoto

La deviazione del fosso Chienti sarà realizzata prevedendo due tipologie canale:

- Canale a sezione trapezia dimensioni $b=2$ m, $B=9$ m e $h = 2$ m dalla sezione 14 sino alla sezione 12 di modellazione;
- Tratto di transizione, realizzato con l'ausilio di opere flessibili (gabbioni metallici e materassi tipo reno), da sezione trapezia a sezione rettangolare dimensioni $b=3$ m, $B=3$ m e $h = 3$ m dalla sezione 12 sino alla sezione 11 di modellazione;
- Tratto di transizione, realizzato con l'ausilio di opere flessibili (gabbioni metallici e materassi tipo reno), da sezione rettangolare dimensioni $b=3$ m, $B=3$ m e $h = 3$ m a sezione trapezia dalla sezione 10 alla sezione 8 di modellazione;
- Canale a sezione trapezia dimensioni $b=2$ m, $B=9$ m e $h = 2$ m a partire dal tratto a valle della sezione di modellazione 8 sino alla sezione 5;

8.1 Parametri del modello idraulico

Il modello matematico è costituito da 15 sezioni trasversali, con uno sviluppo di 229 m circa in un tratto in cui l'andamento plano-altimetrico del corso d'acqua sia tale da ritenere lecito che vi si possano instaurare condizioni di moto uniforme nei punti di inizio e di fine simulazione.

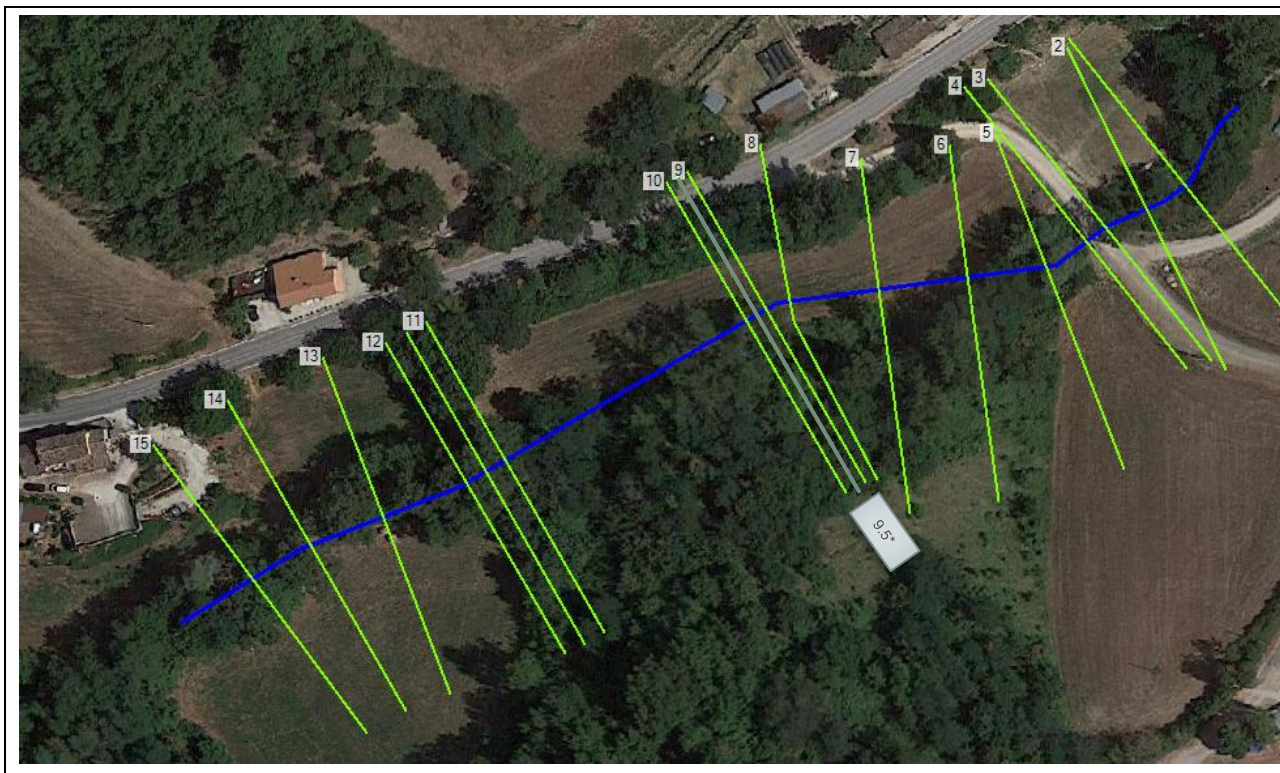


Figura 14 – Fosso Chienti- inquadramento Planimetrico su ortofoto delle sezioni di modellazione

Portata di verifica

$Q_{200}=14.77 \text{ m}^3/\text{s}$

Coefficiente di scabrezza

Per quello che concerne il coefficiente di scabrezza sono stati adottati i seguenti valori:

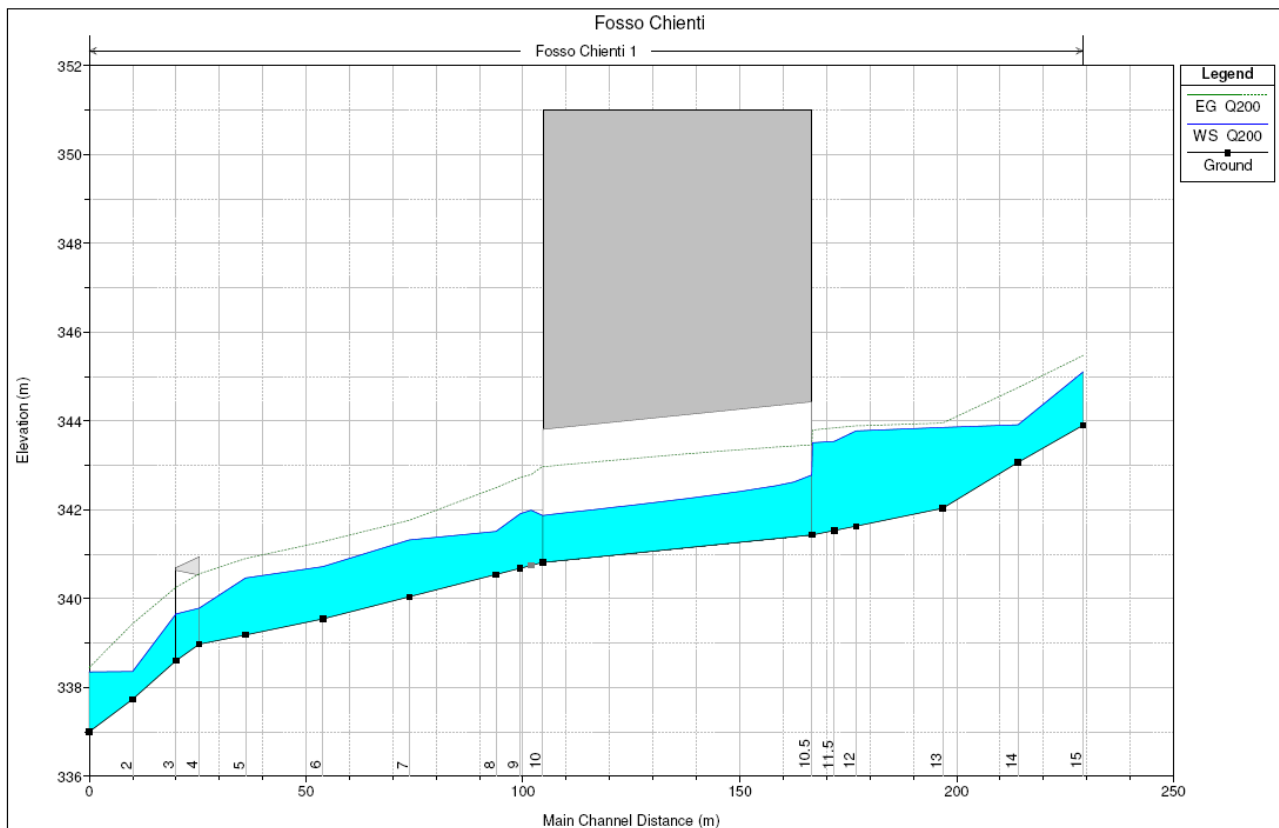
- Golena Sinistra: 0.05
- Canale: 0.04-0.035 per sistemazioni con opere flessibili;
- Golena destra: 0.05.

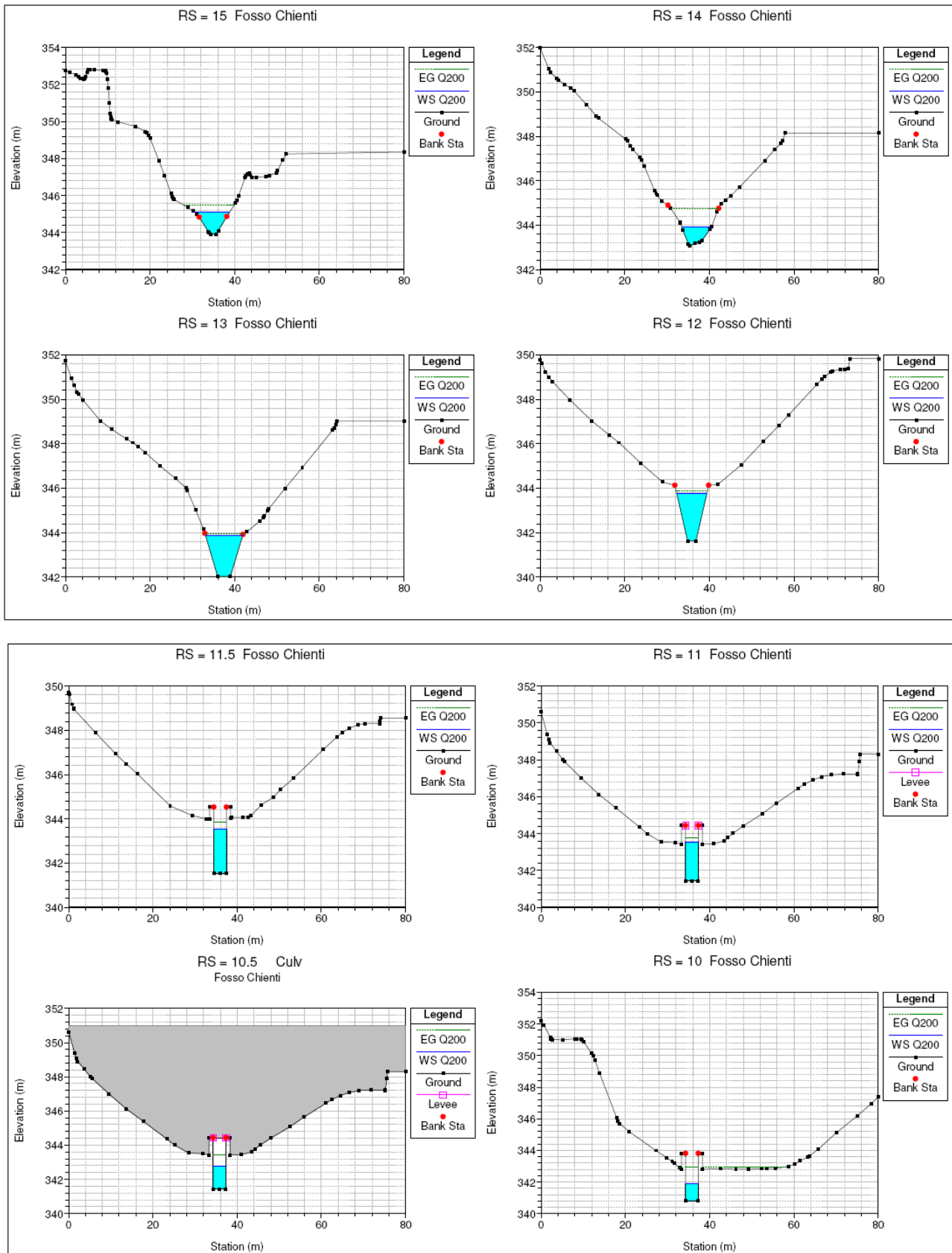
Condizioni al Contorno

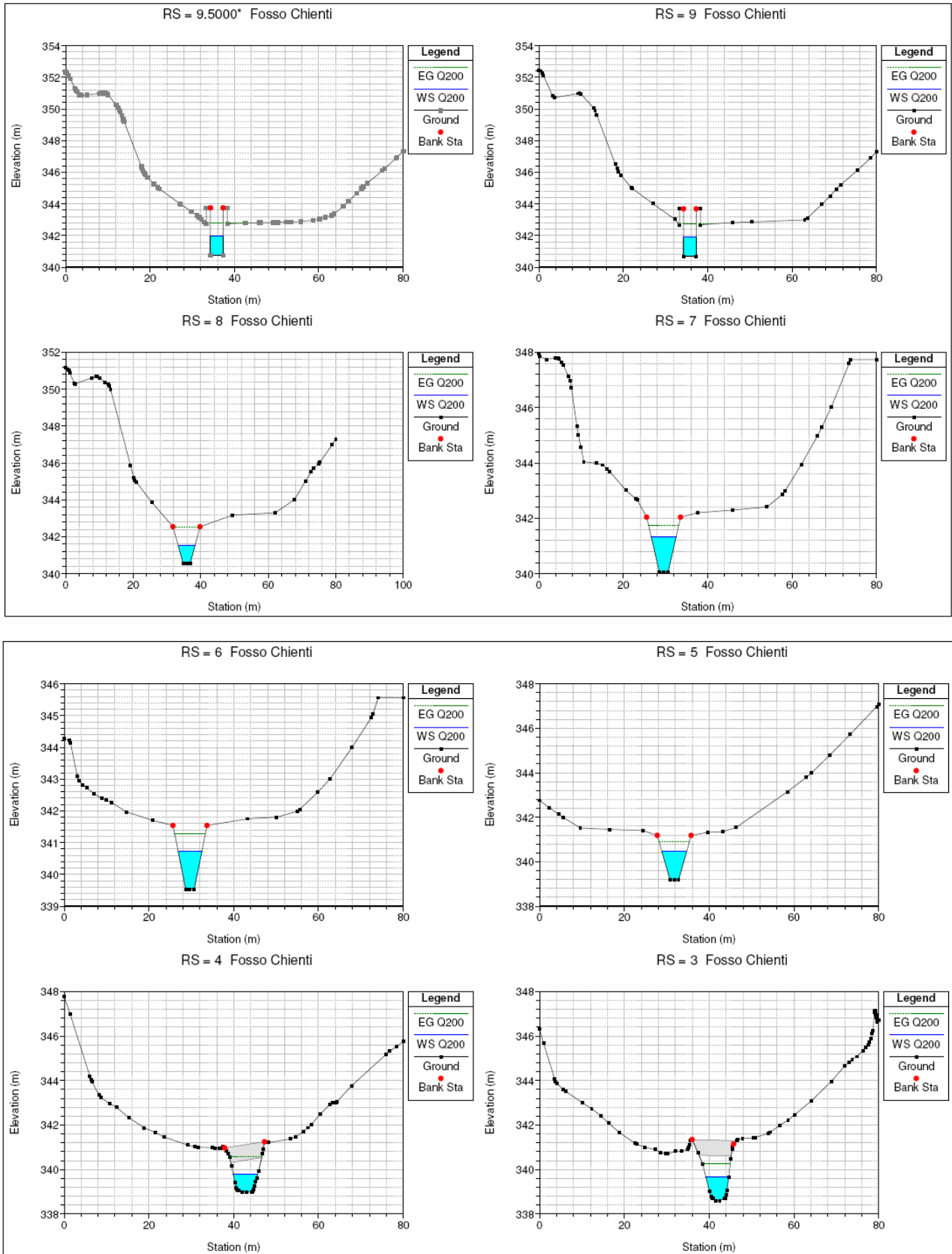
Le condizioni al contorno utilizzate per il modello sono condizioni di moto uniforme (normal depth) sia a monte che a valle rispettivamente poste pari a $i= 0.005$.

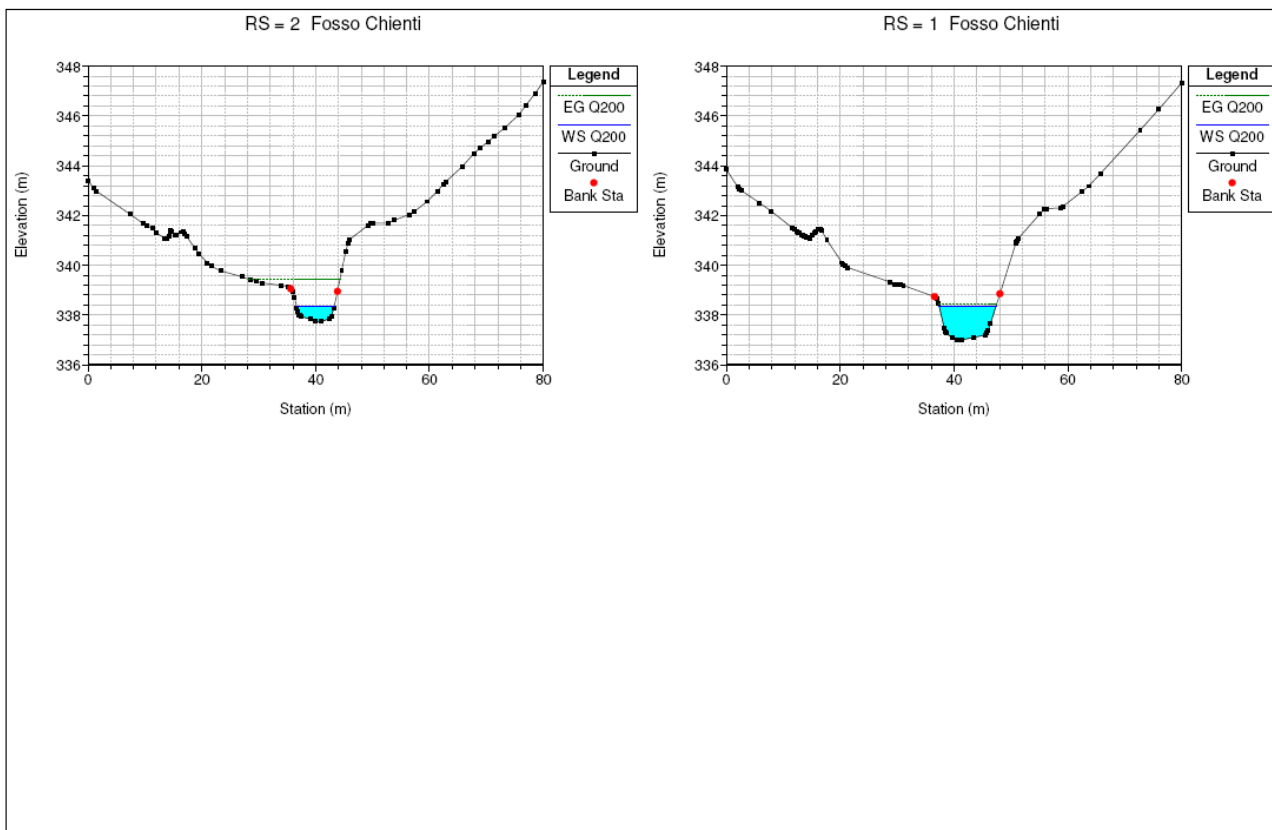
8.2 Risultati della modellazione idraulica 1D

Sezione	Portata Tr=200	Quota fondo	Massimo tirante idraulico	Quota tirante idraulico	Quota altezza critica	Quota carico totale	Pendenza linea dei carichi	Velocità media	Area bagnata	Larghezza massima pelo libero	Froude
n°	m³/s	(m s.l.m.)	(m)	(m s.l.m.)	(m s.l.m.)	(m s.l.m.)	-	(m/s)	(m²)	(m)	-
15	14.77	343.90	1.20	345.10	345.10	345.47	0.025186	2.71	5.59	8.27	0.95
14	14.77	343.06	0.85	343.91	344.18	344.75	0.102067	4.05	3.65	6.95	1.78
13	14.77	342.03	1.82	343.85	343.13	343.95	0.002724	1.38	10.68	8.73	0.40
12	14.77	341.63	2.14	343.77	342.98	343.89	0.003110	1.51	9.79	7.13	0.41
11	14.77	341.53	2.01	343.54	342.88	343.84	0.009018	2.45	6.03	3.00	0.55
10.5	14.77	341.43	2.08	343.51	342.79	343.80	0.008246	2.37	6.24	3.00	0.52
10	Culvert										
9.5*	14.77	340.81	1.06	341.87	342.16	342.96	0.049240	4.62	3.19	3.00	1.43
9	14.77	340.75	1.24	341.99	342.09	342.79	0.032099	3.96	3.73	3.00	1.13
8	14.77	340.68	1.23	341.91	342.03	342.73	0.033205	4.01	3.69	3.00	1.15
7	14.77	340.54	0.97	341.51	341.82	342.49	0.045485	4.39	3.37	4.92	1.69
6	14.77	340.04	1.28	341.32	341.32	341.76	0.020023	2.94	5.02	5.84	1.01
5	14.77	339.54	1.18	340.72	340.82	341.28	0.027694	3.32	4.45	5.54	1.18
4	14.77	339.18	1.28	340.46	340.46	340.90	0.019733	2.93	5.05	5.85	1.01
3	14.77	338.97	0.81	339.78	340.02	340.56	0.047665	3.89	3.80	5.80	1.53
2	14.77	338.60	1.05	339.65	339.78	340.25	0.046914	3.43	4.30	5.36	1.22
1	14.77	337.73	0.63	338.36	338.68	339.44	0.146999	4.60	3.21	6.59	2.11
	14.77	337.00	1.35	338.35	337.83	338.45	0.005005	1.40	10.56	9.97	0.43









Tombino TM 01

WBS	Tipologia opera	Tr (anni)	Q ₂₀₀ (m ³ /s)	Quota livello Idrico (m s.l.m.)	Quota intradosso (m s.l.m.)	Franco intradosso pelo libero (m s.l.m.)	Riempimento max (%)
TM.01	Tombino	200	14.77	343.51	344.43	1.65	55

Il nuovo manufatto di attraversamento idraulico nella configurazione Post Operam ottempera a tutte le norme di riferimento nello specifico la Circolare n.7 del 21 gennaio 2019 Istruzioni per l'applicazione dell'aggiornamento NTC 2018, per maggiori dettagli si rimanda all'elaborato specifico T01SG00IDRRE04A Relazione Idraulica opere di Attraversamento.

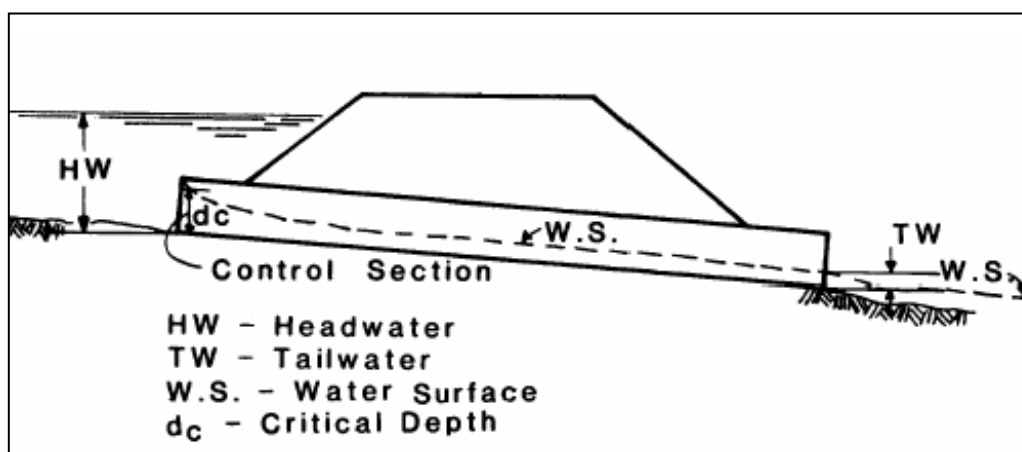
9 METODO DI VERIFICA IN MOTO PERMANENTE CORSI D'ACQUA SECONDARI

Il progetto prevede la realizzazione di tombini per ripristinare il reticolo idraulico superficiale di versante interrotto dal tracciato stradale; il funzionamento idraulico dei manufatti di attraversamento a sezione chiusa dipende da numerosi fattori quali:

- la pendenza;
- la sezione;
- la forma;
- la scabrezza;
- i livelli liquidi a monte e a valle del collettore.

Il comportamento idraulico dei tombini è piuttosto complesso perché può ricadere sia nel campo dell'idraulica a pelo libero che in quello delle condotte in pressione, in funzione della portata transitante.

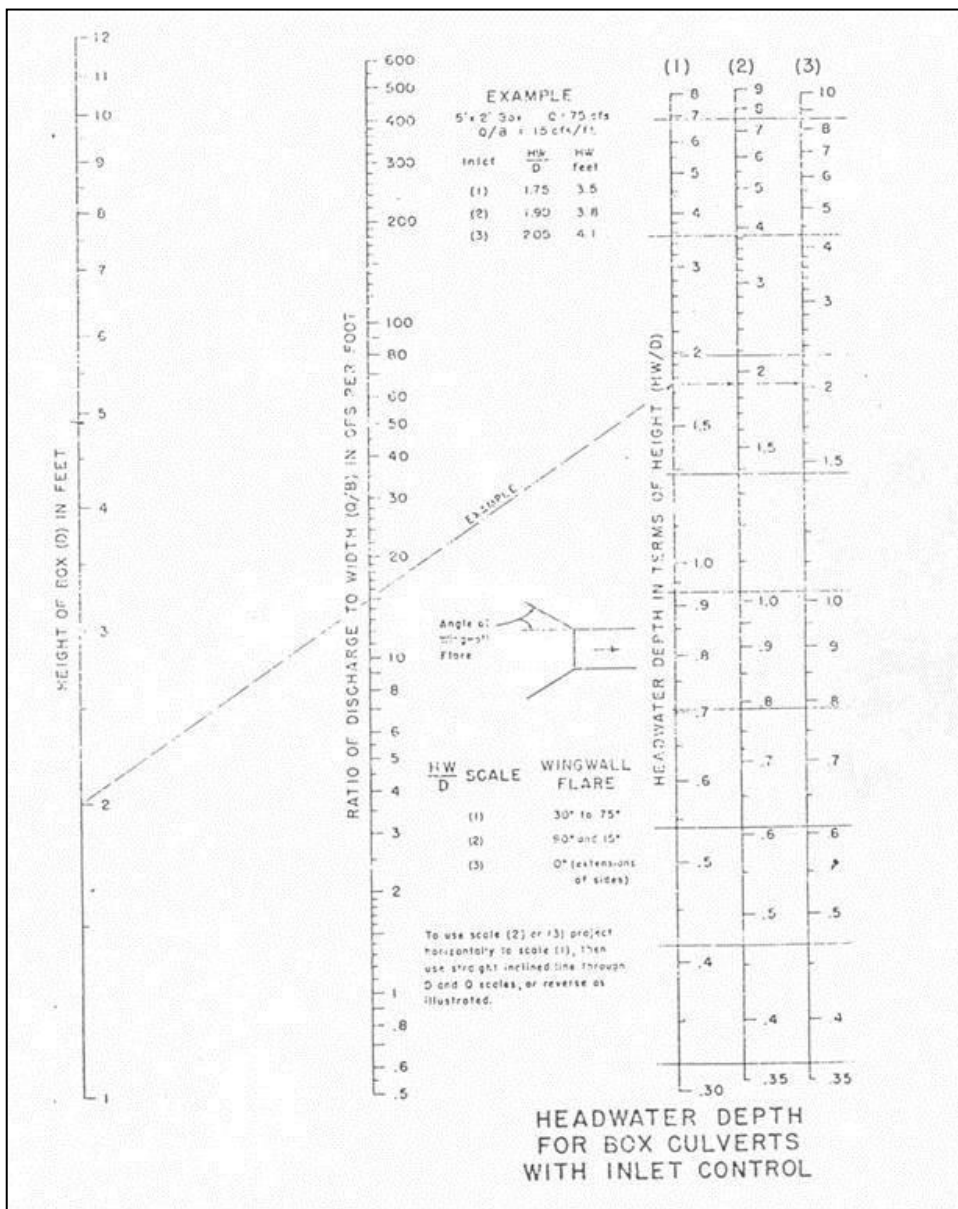
Le verifiche idrauliche compiute sono finalizzate a determinare che l'altezza d'acqua agli imbocchi siano compatibili con il funzionamento delle opere di attraversamento (inferiori al 50% dell'altezza della canna) senza interessare l'infrastruttura stradale. La verifica dei tombini è stata condotta mediante il software HY-8 vers.7.60 sviluppato dalla Federal Highway Administration; il software consente di automatizzare la verifica di attraversamenti stradali definita nella pubblicazione FHWA-NHI-01-020 "Hydraulic design of Highway Culverts" (settembre 2001, aggiornata a maggio 2005) della medesima FHWA. La verifica proposta dalla FHWA intende stabilire il tipo di funzionamento del tombino, che può essere controllato da monte (inlet control) o da valle (outlet control) e ricavare in base ad esso il grado di riempimento della sezione. Il "controllo da monte" si realizza quando il tombino può convogliare più portata di quanta transiti attraverso l'ingresso; la sezione di controllo si localizza appena oltre l'ingresso come sezione ad altezza critica e prosegue in regime supercritico (vedi figura seguente).



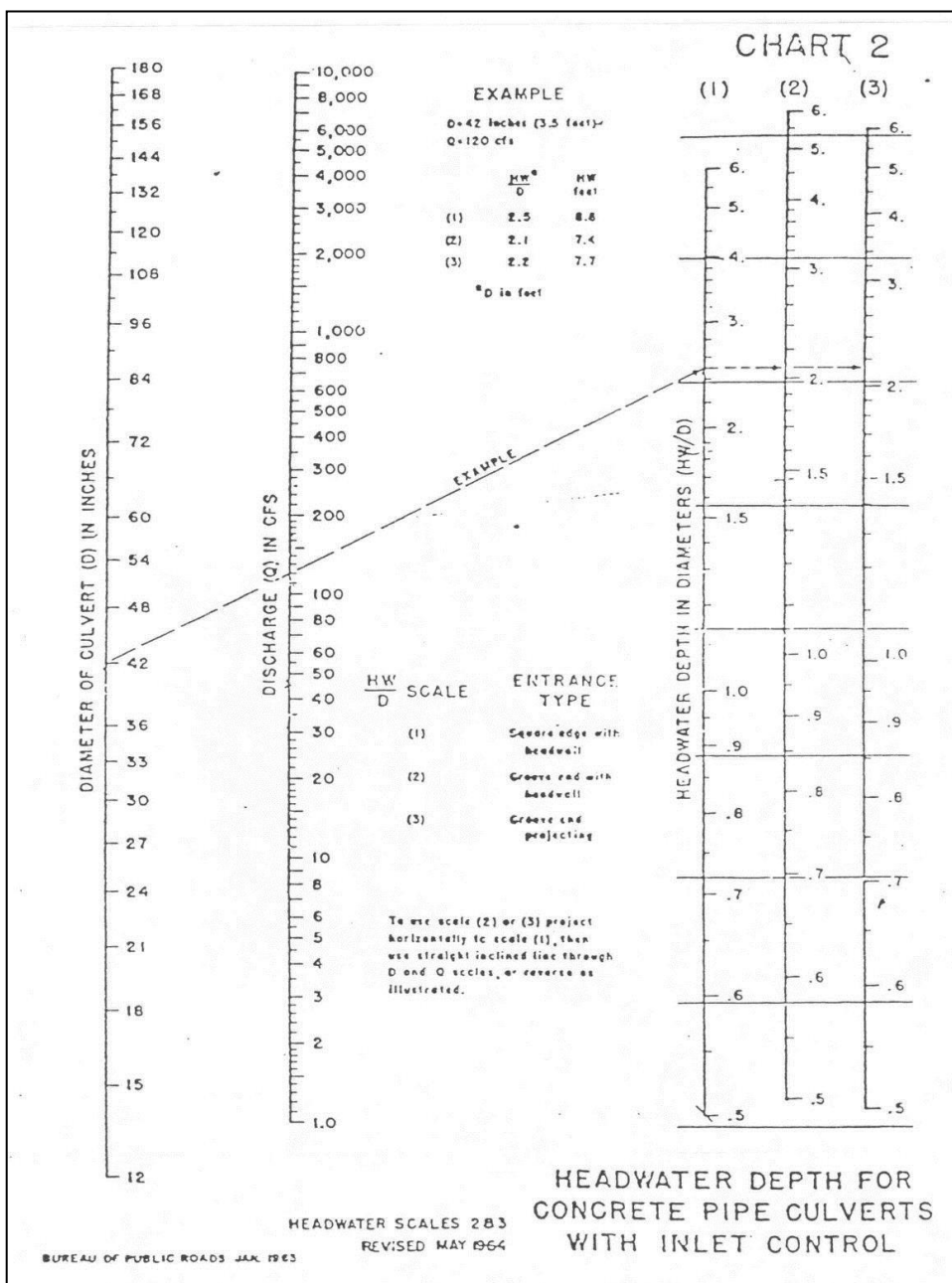
Esempio di moto controllato dalla sezione di ingresso

Il livello idrico a monte è stato valutato sulla base dei diagrammi sperimentali delle figure in seguito riportate (Hydraulic Charts for the selection of highway culverts – Bureau of Public Roads – 1964, USA).

I diagrammi seguenti forniscono tale livello in condizioni di “controllo da monte” rispettivamente per tombini scatolari e circolari, prendendo in considerazione la portata di progetto e la geometria dell’ingresso (forma e area della sezione).

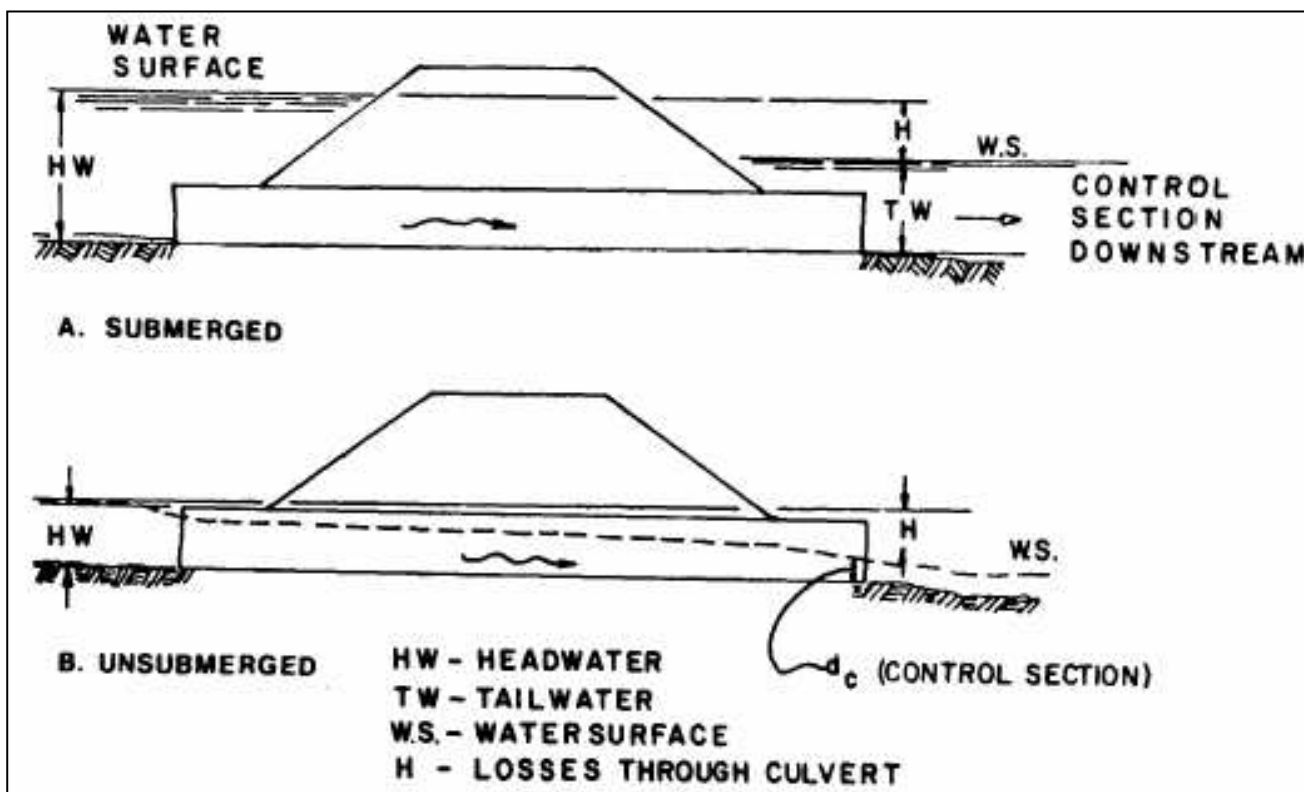


Verifica del riempimento di tombini scatolari con controllo da monte (Hydraulic Charts for the selection of highway culverts – Bureau of Public Roads – 1964, USA)



Verifica del riempimento di tombini circolari con controllo da monte (Hydraulic Charts for the selection of highway culverts – Bureau of Public Roads – 1964, USA)

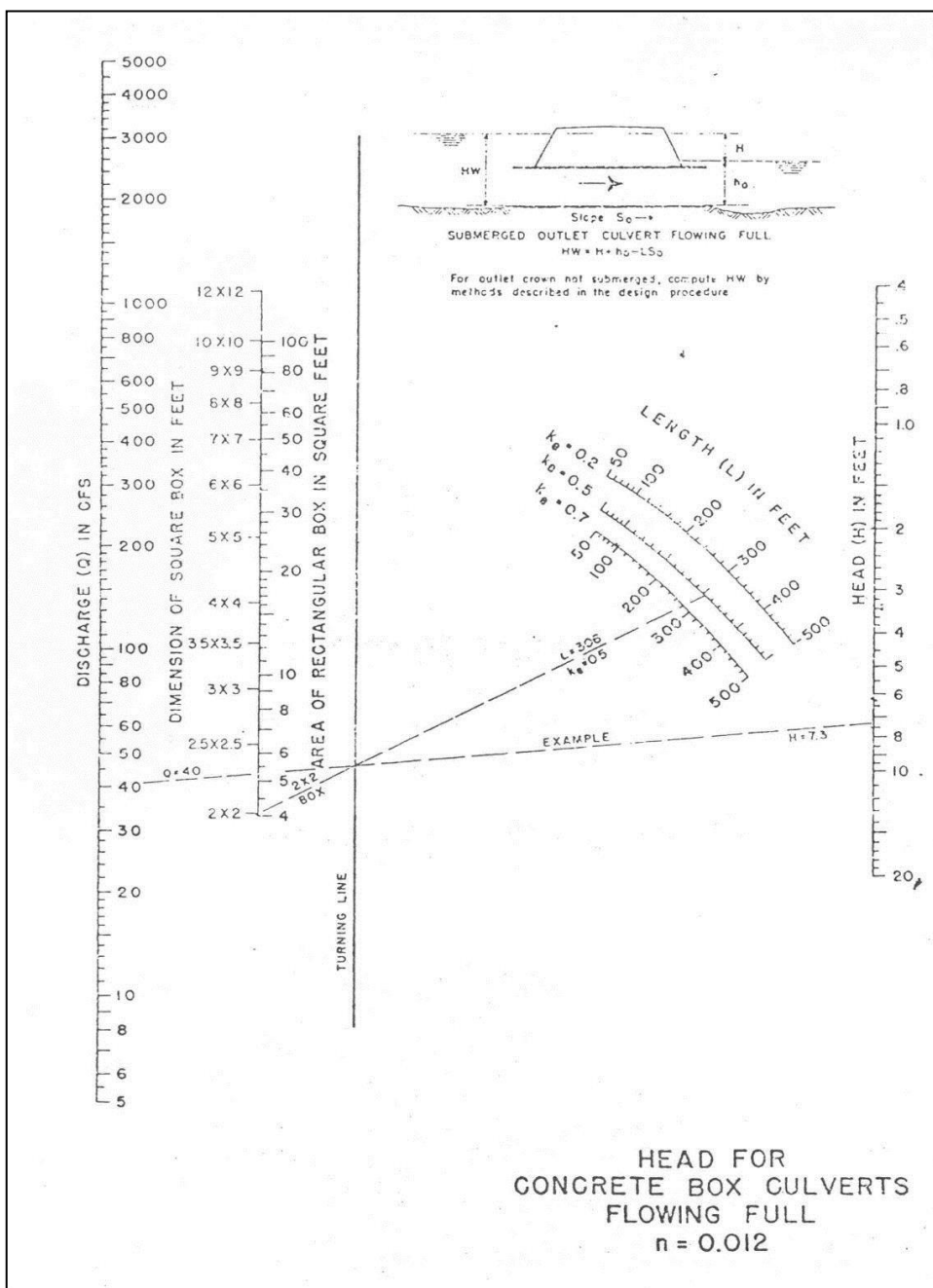
Il “controllo da valle” si verifica quando il tombino non è in grado di convogliare tanta portata quanta ne accetta l’ingresso; la sezione di controllo si localizza all’uscita del tombino o più a valle. In queste condizioni il moto può essere sia a pelo libero che in pressione.



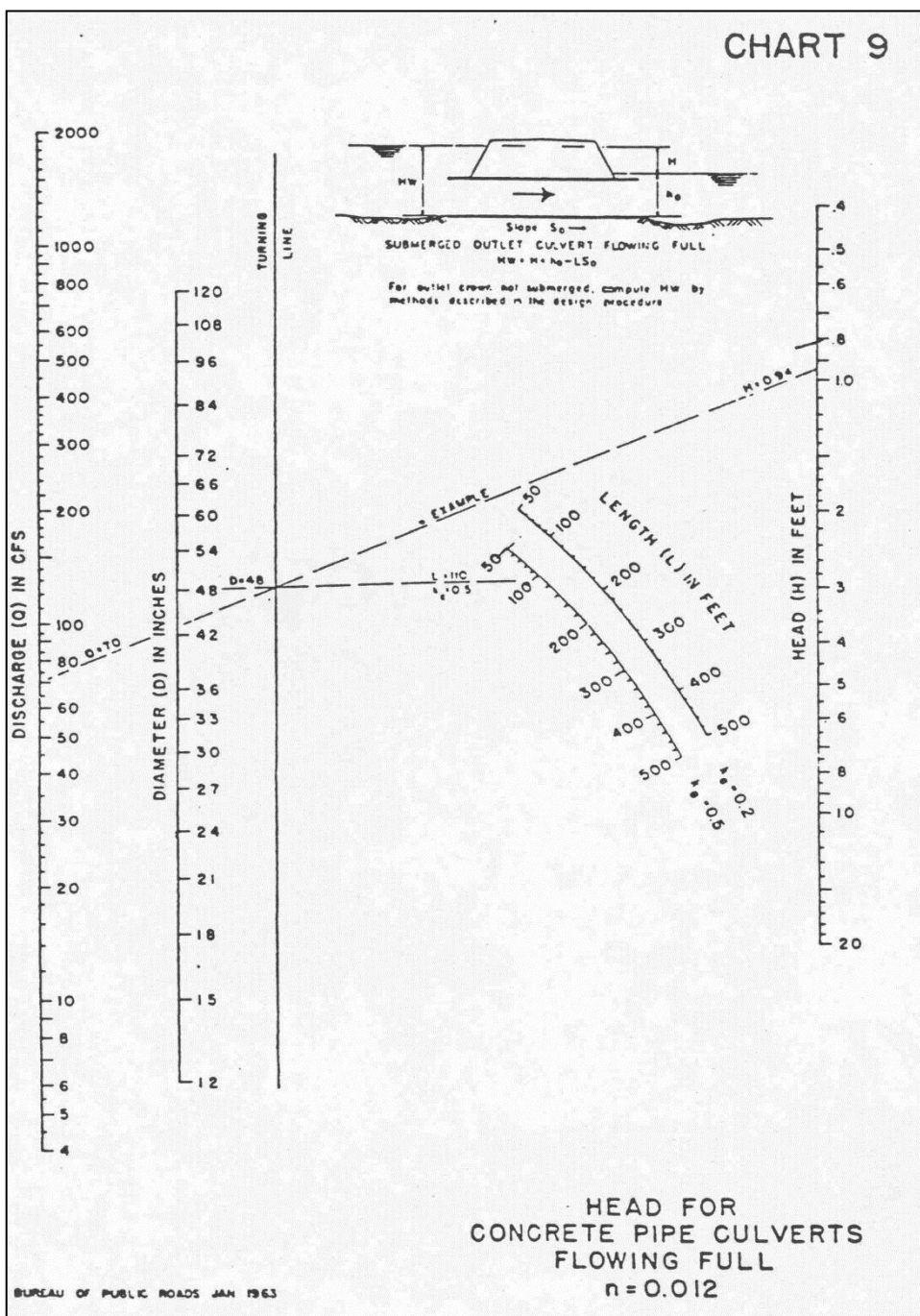
Esempio di moto controllato da sezioni a valle del tombino

I diagrammi seguenti, nel caso di funzionamento per “controllo da valle”, consentono di valutare il livello idrico tenendo conto della scabrezza, della lunghezza della canna e di eventuali livelli idrici a valle.

PROGETTO DEFINITIVO



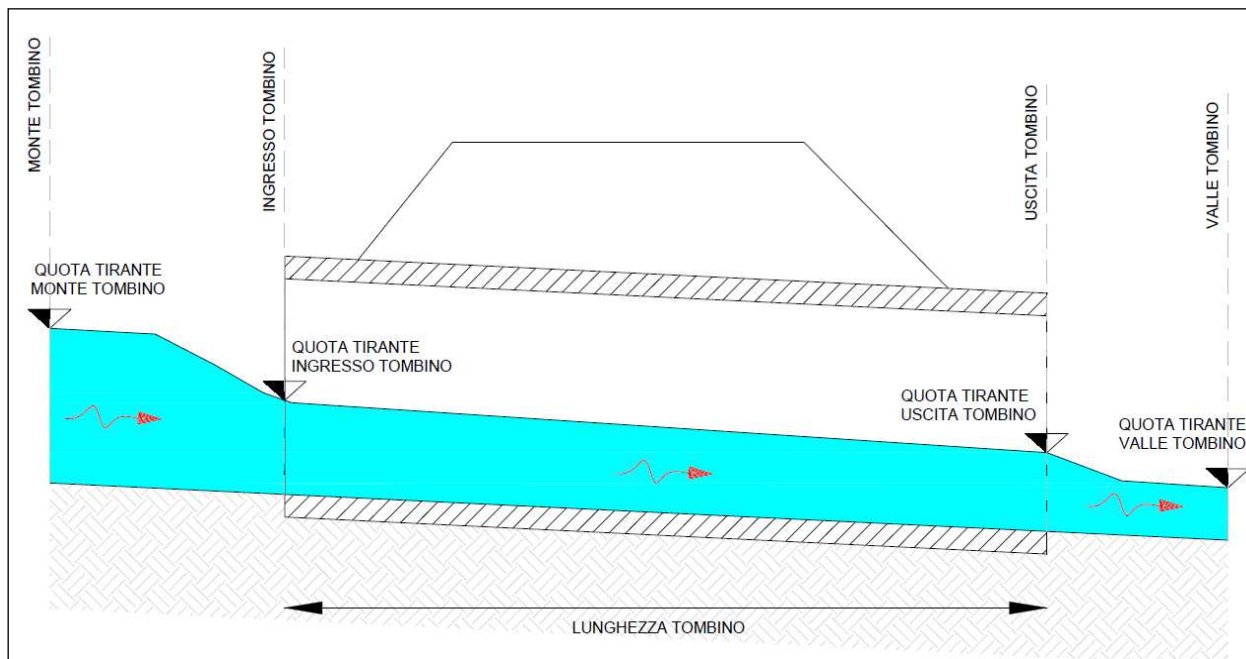
Verifica del riempimento di tombini scatoari con controllo da valle (Hydraulic Charts for the selection of highway culverts – Bureau of Public Roads – 1964, USA)



Verifica del riempimento di tombini circolari con controllo da valle (Hydraulic Charts for the selection of highway culverts – Bureau of Public Roads – 1964, USA)

A seguito dell'applicazione della metodologia precedentemente illustrata e in base alle portate calcolate nella "Relazione idrologica" si riportano di seguito i risultati delle verifiche idrauliche effettuate tramite software HY-8 per l'attraversamento idraulico TM.02.

Si indicano nella figura seguente i riferimenti delle sezioni alle quali sono riferite le grandezze idrauliche del deflusso per ogni tombino analizzato.



Tombino TM 01

Tombino ID	(km)	OPERA	Portata Q ₂₀₀ (m ³ /s)	Dim. tombino (m x m)	h _m - Tirante sezione in ingresso (m)	h _v - Tirante sezione in uscita (m)	Riempim. max (%)	Pelo libero monte (m s.l.m.)	Pelo libero sezione ingresso (m s.l.m.)	Pelo libero sezione uscita (m s.l.m.)	Franco (m)
TM01	0+456.11	Nuova Opera	5.12	2x2	0.874	0.63	29%	366.51	366.064	365.046	2.12

Il nuovo manufatto di attraversamento idraulico nella configurazione Post Operam ottempera a tutte le norme di riferimento nello specifico la Circolare n.7 del 21 gennaio 2019 Istruzioni per l'applicazione dell'aggiornamento NTC 2018, per maggior dettagli si rimanda all'elaborato specifico T01SG00IDRRE04A Relazione Idraulica opere di Attraversamento.