

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |                                                                                                                           |                                                                                                                                               |                                                                                                                                                                                                                                                                    |              |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------|
| COMMITTENTE                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |  <div> <b>GRV Wind Sardegna 5 s.r.l.</b><br/>         Via Durini, 9      Tel. +39.02.5004315920122<br/>         Milano      PEC:<br/> <a href="mailto:grvwindsardegna5@legalmail.it">grvwindsardegna5@legalmail.it</a> </div> |                                                                                                                           | <div> <b>GRV WIND SARDEGNA 5 S.r.l.</b><br/>         Via Durini, 9<br/>         20122 Milano (MI)<br/>         P. IVA 1875460963       </div> |                                                                                                                                                                                                                                                                    |              |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | PROGETTISTI                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | <div> <b>Progettisti:</b><br/>         ing. Mariano Marseglia<br/>         ing. Giuseppe Federico Zingarelli       </div> |                                                                                                                                               | <div> <b>M&amp;M ENGINEERING S.r.l.</b><br/>         Sede Operativa:<br/>         Via I Maggio, n.4      Tel./fax +39.0885.791912<br/>         Orta Nova (FG)      Mail: <a href="mailto:ing.marianomarseglia@gmail.com">ing.marianomarseglia@gmail.com</a> </div> |              |
| <div>         Collaborazioni:<br/>         Ing. Giovanna Scuderi<br/>         Ing. Dionisio Staffieri       </div>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |                                                                                                                           |                                                                                                                                               |                                                                                                                                                                                                                                                                    |              |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |                                                                                                                           |                                                                                                                                               |                                                                                                                                                                                                                                                                    |              |
| <div> <div> <br/>         REGIONE AUTONOMA DELLA SARDEGNA       </div> <div> <br/>         PROVINCIA SASSARI       </div> <div> <br/>         COMUNE ERULA       </div> <div> <br/>         COMUNE TULA       </div> </div> |                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |                                                                                                                           |                                                                                                                                               |                                                                                                                                                                                                                                                                    |              |
| PROGETTO                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | <b>PROGETTO DEFINITIVO PER LA REALIZZAZIONE DI UN PARCO EOLICO DENOMINATO "SA FIURIDA" COMPOSTO DA 5 AEROGENERATORI DA 6,3 MW, PER UNA POTENZA COMPLESSIVA DI 31,5 MW SITO NEL COMUNE DI ERULA (SS), CON OPERE DI CONNESSIONE NEL COMUNE DI ERULA E TULA (SS)</b>                                             |                                                                                                                           |                                                                                                                                               |                                                                                                                                                                                                                                                                    |              |
| ELABORATO                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | Titolo:<br><br><b>RELAZIONE IDROLOGICA E IDRAULICA</b>                                                                                                                                                                                                                                                        |                                                                                                                           |                                                                                                                                               | Tav./Doc.:<br><br><b>GEO-09</b>                                                                                                                                                                                                                                    |              |
| Codice elaborato:<br><b>EOL-GEO-09</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |                                                                                                                           | Scala/Formato:<br><b>A4</b>                                                                                                                   |                                                                                                                                                                                                                                                                    |              |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |                                                                                                                           |                                                                                                                                               |                                                                                                                                                                                                                                                                    |              |
| 0                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | Aprile/2022                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | Prima emissione                                                                                                           | M&M                                                                                                                                           | M&M                                                                                                                                                                                                                                                                | GRVALUE      |
| REV.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | DATA                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | DESCRIZIONE                                                                                                               | ELABORAZIONE                                                                                                                                  | VERIFICA                                                                                                                                                                                                                                                           | APPROVAZIONE |

## INDICE

|                                                                                                                              |           |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>1. PREMESSA .....</b>                                                                                                     | <b>3</b>  |
| <b>2. INTERFERENZE DEGLI AEROGENERATORI E DEL CAVIDOTTO CON IL PIANO STRALCIO PER L'ASSETTO IDROGEOLOGICO (PAI).....</b>     | <b>4</b>  |
| <b>3. METODO DI STIMA DELLE PORTATE AL COLMO .....</b>                                                                       | <b>7</b>  |
| <b>4. METODO SCS PER LA DEFINIZIONE DELLE PORTATE AL COLMO .....</b>                                                         | <b>8</b>  |
| <b>5. CURVE SEGNALETRICI DI POSSIBILITÀ PLUVIOMETRICA IN SARDEGNA E VOLUME NETTO DI PIOGGIA PER UNITÀ DI SUPERFICIE.....</b> | <b>9</b>  |
| <b>6. CALCOLO DEL TEMPO DI CORRIVAZIONE E STIMA DEL TEMPO DI CRESCITA DELL'ONDA DI PIENA .....</b>                           | <b>12</b> |
| <b>7. CALCOLO DELLA PORTATA AL COLMO DI PIENA .....</b>                                                                      | <b>21</b> |
| <b>8. CONCLUSIONI MODELLAZIONE IDROLOGICA.....</b>                                                                           | <b>23</b> |
| <b>9. MODELLAZIONE IDRAULICA.....</b>                                                                                        | <b>24</b> |
| <b>10. METODOLOGIA APPLICATA PER LE MODELLAZIONI E VALUTAZIONI IDRAULICHE .....</b>                                          | <b>25</b> |
| <b>11. PLANIMETRIE CON INDICAZIONE DELLE AREE DI INTERESSE .....</b>                                                         | <b>26</b> |
| <b>12. VALUTAZIONE DELL'ESCAVAZIONE E DEL TRASPORTO SOLIDO.....</b>                                                          | <b>55</b> |
| <b>13. CONCLUSIONI MODELLAZIONE IDRAULICA.....</b>                                                                           | <b>56</b> |
| <b>RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI.....</b>                                                                                        | <b>56</b> |

## 1. PREMESSA

La seguente relazione tecnica è riferita al progetto per la realizzazione di un parco eolico proposto dalla società **GRV Wind Sardegna 5 s.r.l.** con sede legale a Milano, Via Durini, n. 9.

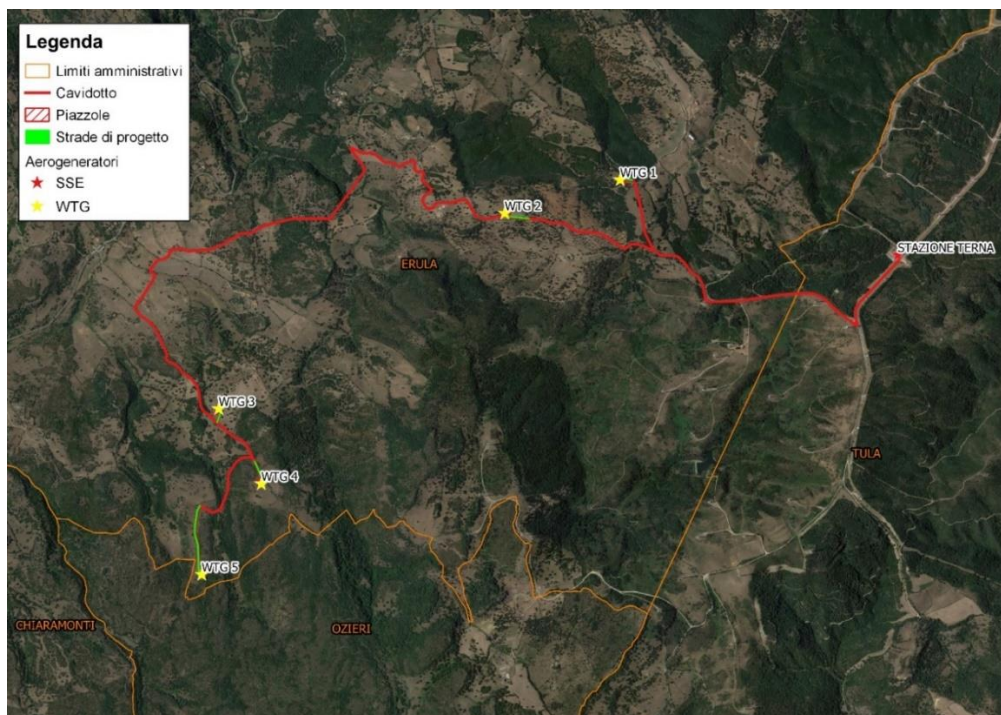
La proposta progettuale è finalizzata alla realizzazione di un impianto eolico per la produzione di energia elettrica da fonte rinnovabile eolica, costituito da 5 aerogeneratori, ciascuno di potenza nominale pari a 6,3 MW per una potenza complessiva di 31,5 MW, da realizzarsi nella Provincia di Sassari, nel territorio comunale di Erula, in cui insistono gli aerogeneratori e parte dell'elettrodotto interrato, mentre nel territorio comunale di Tula ricade la restante parte dell'elettrodotto e le opere di connessione alla RTN.

Ai fini della redazione delle Relazioni Idrologica ed Idraulica è stato fatto un accurato sopralluogo al fine di individuare i punti di intersezione del presente impianto eolico, comprensivo dei cavidotti ed aerogeneratori, con il reticolo idrografico.

In particolare, vi è una intersezione del cavidotto con un tratto del reticolo idrografico di ordine gerarchico 4, secondo il metodo di Horton-Strahler. Tale tratto del reticolo idrografico è costituito dal "Riu Cabrana" facente parte del sottobacino del "Coghinas - Mannu - Temo".

Per tale punto è stata prevista una modellazione di dettaglio che ha previsto dapprima uno studio idrologico volto alla determinazione delle portate al colmo di piena per tempo di ritorno di 50, 100, 200 e 500 anni. Infine, si è proceduto alla modellazione Idraulica volta a definire l'eventualità di esondazioni di entità rilevante a seguito di eventi meteorici per un tempo di ritorno di 500 anni, corrispondente alla condizione più gravosa.

Per gli aerogeneratori e per gli altri tratti di cavidotto è stata comunque verificata la non sovrapposizione degli stessi con le fasce di cui al comma 1 dell'art. 30ter.delle N.T.A. del PAI.



*Inquadramento territoriale.*

## 2. INTERFERENZE DEGLI AEROGENERATORI E DEL CAVIDOTTO CON IL PIANO STRALCIO PER L'ASSETTO IDROGEOLOGICO (PAI)

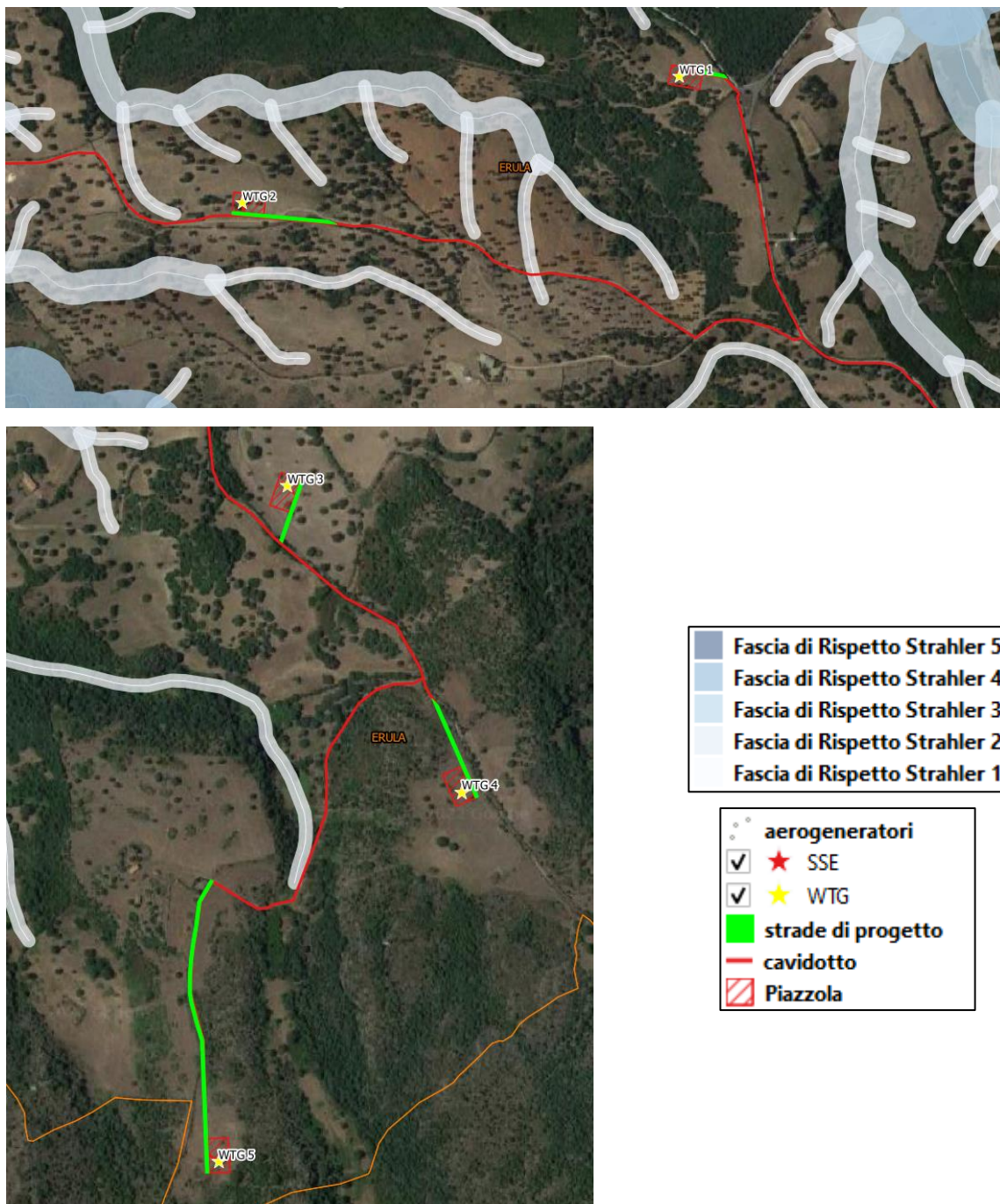
Si evidenzia che, dall'analisi della cartografia, per l'area in cui si prevede di realizzare gli aerogeneratori il PAI non ha ancora determinato le aree di pericolosità idraulica. Pertanto, per quanto concerne gli aerogeneratori ed il cavidotto, si è fatto riferimento all'art. 30ter "Identificazione e disciplina delle aree di pericolosità quale misura di prima salvaguardia" delle Norme Tecniche di Attuazione del PAI per il quale:

1. *Per i singoli tratti dei corsi d'acqua appartenenti al reticolo idrografico dell'intero territorio regionale per i quali non siano state ancora determinate le aree di pericolosità idraulica, con esclusione dei tratti le cui aree di esondazione sono state determinate con il solo criterio geomorfologico di cui all'articolo 30 bis, quale misura di prima salvaguardia finalizzata alla tutela della pubblica incolumità, è istituita una fascia su entrambi i lati a partire dall'asse, di profondità L variabile in funzione dell'ordine gerarchico del singolo tratto:*

| Ordine gerarchico<br>(numero di<br>Horton-Strahler) | Profondità L<br>(metri) |
|-----------------------------------------------------|-------------------------|
| 1                                                   | 10                      |
| 2                                                   | 25                      |
| 3                                                   | 50                      |
| 4                                                   | 75                      |
| 5                                                   | 100                     |
| 6                                                   | 150                     |
| 7                                                   | 250                     |
| 8                                                   | 400                     |

2. *Per le opere e per gli interventi da realizzare all'interno della fascia di cui al comma 1, i proponenti sono tenuti preliminarmente ad effettuare apposito studio idrologico-idraulico volto a determinare le effettive aree di pericolosità idraulica molto elevata (Hi4), elevata (Hi3), media (Hi2) e moderata (Hi1); tale studio dovrà contemplare i corsi d'acqua interessati nella loro interezza o almeno i tronchi degli stessi idraulicamente significativi in relazione alle opere e agli interventi da realizzare.*
3. *Anche in assenza degli studi di cui al comma 2, nelle aree interne alla fascia di cui al comma 1, sono consentiti gli interventi previsti dall'articolo 27 delle NA.*
4. *Gli studi di cui al comma 2 sono approvati dal Comitato Istituzionale dell'Autorità di Bacino e per le aree a pericolosità idraulica così determinate si applicano le relative norme di salvaguardia di cui all'art. 65, comma 7 del Decreto Legislativo 152/2006.*

5. Per le parti del territorio comunale diverse da quelle che possiedono significativa pericolosità idraulica ai sensi degli articoli 22 e 26 delle NA (quali a titolo esemplificativo le aree edificate, gli agglomerati industriali, commerciali e turistici e le aree con presenza di infrastrutture), gli studi previsti dall'articolo 8, commi 2 e 2bis, possono prescindere dalle analisi idrauliche e confermare le sole aree di pericolosità di prima salvaguardia istituite ai sensi del precedente comma 1.



Verifica della sovrapposizione degli aerogeneratori con le fasce previste dalle NTA del PAI

Sulla base di quanto indicato, si evidenzia che vi è una sola intersezione del cavidotto con un tratto del reticolo idrografico di ordine gerarchico 4, secondo il metodo di Horton-Strahler. Tale tratto del reticolo idrografico è costituito dal "Riu Cabrana" facente parte del sottobacino del "Coghinas - Mannu - Temo".

Per tale punto è stata prevista una modellazione di dettaglio che ha previsto dapprima uno studio idrologico volto alla determinazione delle portate al colmo di piena per tempo di ritorno di 50, 100, 200 e 500 anni. Infine, si è proceduto alla modellazione Idraulica volta a definire l'eventualità di esondazioni di entità rilevante a seguito di eventi meteorici per un tempo di ritorno di 500 anni, corrispondente alla condizione più gravosa.

Per gli aerogeneratori e per gli altri tratti di cavidotto è stata comunque verificata la non sovrapposizione degli stessi con le fasce di cui al comma 1 dell'art. 30ter. delle N.T.A. del PAI.

### 3. METODO DI STIMA DELLE PORTATE AL COLMO

Sono valutate le portate al colmo per i tempi di ritorno di 50, 100, 200 e 500 anni, sulla base di quanto indicato nelle "Linee guida per l'attività di individuazione e perimetrazione delle aree a rischio idraulico e geomorfologico e delle relative misure di salvaguardia".

Viene fatto riferimento, per i bacini con superficie superiore ai 60km<sup>2</sup>, al metodo diretto della regionalizzazione VAPI delle portate al colmo per la Sardegna secondo la distribuzione TCEV, riportato nelle sopracitate Linee Guida e descritto in dettaglio nella "Valutazione delle piene in Sardegna" (Cao C., Piga E., Salis M., Sechi

G.M. Rapporto Regionale Sardegna, CNR-GNDICI, LINEA 1, Istituto di Idraulica, Università di Cagliari, 1991). Per i bacini con superficie inferiore ai 60km<sup>2</sup>, si procede con metodo indiretto mediante applicazione del metodo razionale (in particolare metodo S.C.S.).

Nel caso in cui nella schematizzazione di uno stesso bacino siano presenti sottobacini sia di superficie superiore che inferiore a 60km<sup>2</sup>, si procede ponendo a confronto criticamente i risultati di entrambi i metodi scegliendo i dati di progetto più verosimili.

Inoltre, dove disponibili e significativi, vengono considerati anche i valori delle portate di piena caratteristiche direttamente valutati con analisi statistica delle serie cronologiche delle stazioni di misura. Data la presenza di un numero elevato di serbatoi artificiali lungo il reticolo idrografico regionale è necessario valutare l'influenza degli invasi sui colmi di portata. Essendo la definizione dell'idrogramma di riferimento un'operazione assai complessa e un problema ancora in discussione dal punto di vista scientifico, la cui teoria va ricercata nella definizione di funzioni di frequenza di probabilità condizionata, si fa riferimento a tecniche di stima semplificate, che implicano l'ipotesi di isofrequenza tra portata al colmo e idrogramma di piena, come suggerito nelle "Integrazioni Metodologiche" delle Linee Guida per la Redazione del Progetto di Piano Stralcio delle Fasce Fluviali, del 2006.

#### 4. METODO SCS PER LA DEFINIZIONE DELLE PORTATE AL COLMO

Per la stima delle portate al colmo dei bacini di superficie inferiore a 60km<sup>2</sup>, si fa riferimento alla formula empirica del Soil Conservation Service Method, in base ai seguenti criteri:

- le precipitazioni intense vengono desunte dalla regionalizzazione VAPI;
- i tempi di corrivazione vengono valutati a partire dai parametri morfometrici definiti come specificato, secondo le espressioni empiriche più rispondenti alle tipologie dei bacini in esame;
- i coefficienti di deflusso derivano dall'analisi secondo il metodo SCS – Curve Number, raffrontato con i dati disponibili da studi pregressi e da eventuali misure idrologiche relative a eventi di piena storici.

Il metodo adotta le seguenti assunzioni:

- la durata D della pioggia netta è inferiore o uguale di 0,133 tc;
- la durata D è minore di 0,2 volte il tempo di crescita dell'onda di piena (tp).

In queste condizioni il valore al colmo della portata risulta:

$$Q_c = 0.28 R_o A / t_p \quad (m^3/s)$$

dove:

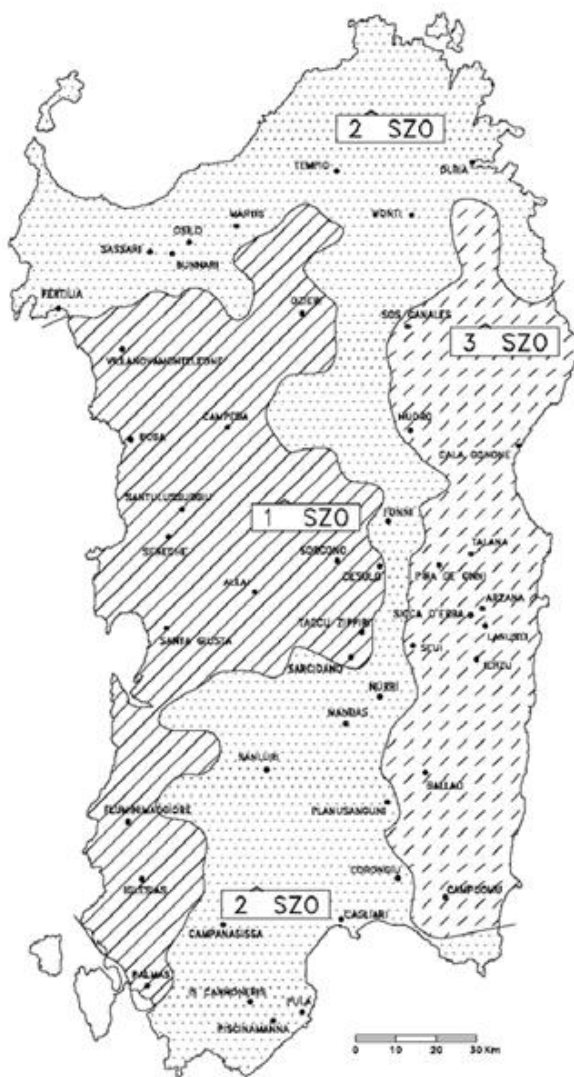
$R_o$  = volume netto di pioggia per unità di superficie (mm);

$A$  = superficie del bacino (km<sup>2</sup>);

$t_p$  = tempo di crescita dell'onda di piena (h).

Vengono nel seguito descritte le assunzioni e le metodologie di stima dei suddetti parametri.

Per la definizione delle precipitazioni è innanzi tutto necessario definire la sottozona omogenea SZO della Regione Sardegna di appartenenza del bacino in esame, secondo la divisione riportata in figura seguente:

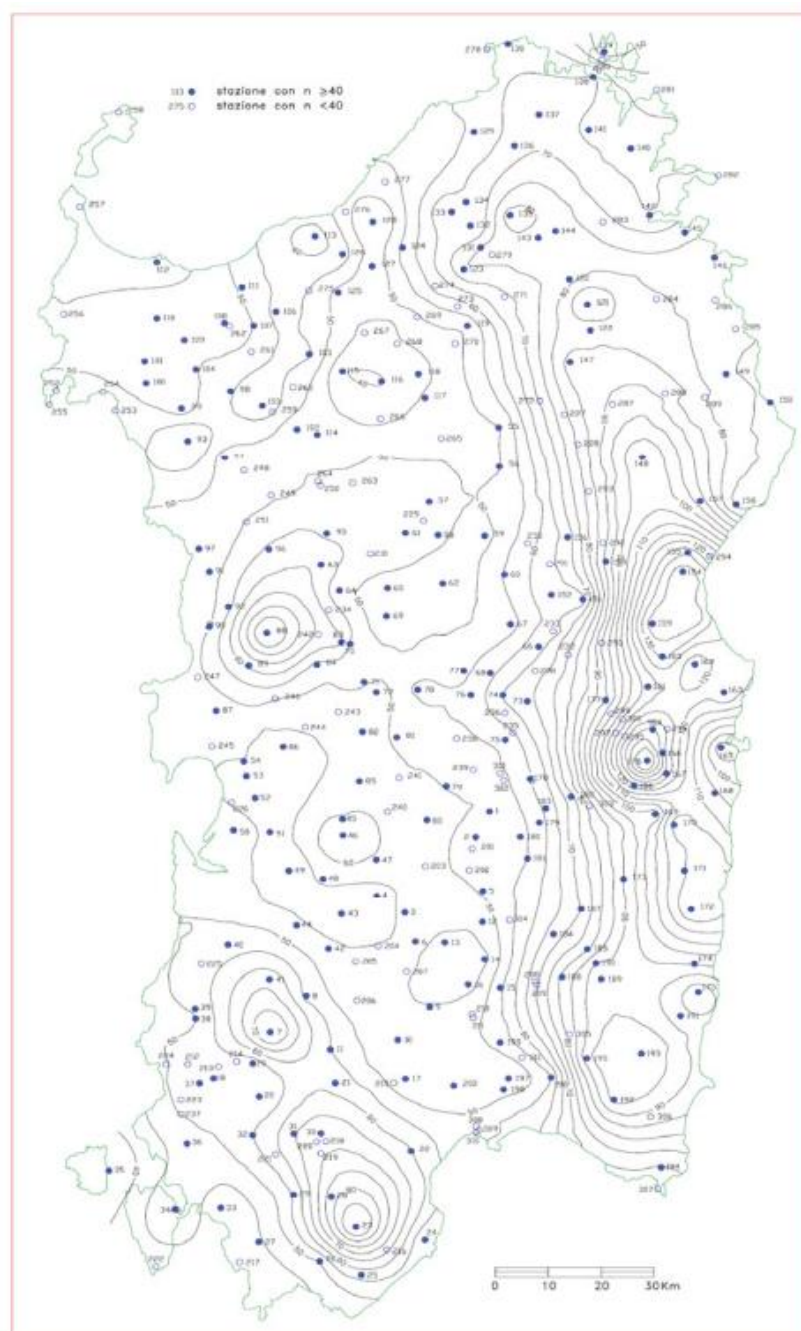


La pioggia indice  $\mu(t)$  di durata  $\tau$  (ovvero la media dei massimi annui delle piogge di durata  $\tau$ ) può essere espressa in forma monomia:

dove i coefficienti  $a_1$  e  $n_1$  si possono determinare in funzione della pioggia indice giornaliera  $\mu_g$ ,

$$n_1 = -0,493 + 0,476 \text{ Log}_{10} [\eta]_g,$$

La pioggia indice giornaliera  $\mu_g$  viene stimata sulla base della carta delle isoiete.



*Carta delle isoiete per identificare la pioggia indice giornaliera in mm*

L'altezza di pioggia  $h_T(\tau)$  di durata  $\tau$  con assegnato tempo di ritorno  $T$  in anni si ottiene moltiplicando la pioggia indice  $\mu(\tau)$  per un coefficiente di crescita  $KT(\tau) = a_2 \tau^{n_2}$ :

$$h_T(\tau) = \mu(\tau) KT(\tau) = (a_1 a_2) \tau^{(n_1 + n_2)}$$

dove i coefficienti  $a_2$  e  $n_2$  si determinano con le seguenti relazioni, distinte per sottozona, per differenti  $T$  e  $\tau$

a) per tempi di ritorno  $T \leq 10$  ANNI

$$\begin{aligned} \text{SZO 1} \quad a_2 &= 0,66105 + 0,85994 \log_{10} T \\ n_2 &= -1,3558 \cdot 10^{-4} - 1,3660 \cdot 10^{-2} \log_{10} T \\ \text{SZO 2} \quad a_2 &= 0,64767 + 0,89360 \log_{10} T \\ n_2 &= -6,0189 \cdot 10^{-3} + 3,2950 \cdot 10^{-4} \log_{10} T \\ \text{SZO 3} \quad a_2 &= 0,62408 + 0,95234 \log_{10} T \\ n_2 &= -2,5392 \cdot 10^{-2} + 4,7188 \cdot 10^{-2} \log_{10} T \end{aligned}$$

b) per tempi di ritorno  $T > 10$  ANNI

$$\begin{aligned} \text{SZO 1} \quad a_2 &= 0,46378 + 1,0386 \log_{10} T \\ n_2 &= -0,18449 + 0,23032 \log_{10} T - 3,3330 \cdot 10^{-2} (\log_{10} T)^2 & (\text{per } \tau \leq 1 \text{ ora}) \\ n_2 &= -1,0563 \cdot 10^{-2} - 7,9034 \cdot 10^{-3} \log_{10} T & (\text{per } \tau > 1 \text{ ora}) \\ \text{SZO 2} \quad a_2 &= 0,44182 + 1,0817 \log_{10} T \\ n_2 &= -0,18676 + 0,24310 \log_{10} T - 3,5453 \cdot 10^{-2} (\log_{10} T)^2 & (\text{per } \tau \leq 1 \text{ ora}) \\ n_2 &= -5,6593 \cdot 10^{-3} - 4,0872 \cdot 10^{-3} \log_{10} T & (\text{per } \tau > 1 \text{ ora}) \\ \text{SZO 3} \quad a_2 &= 0,41273 + 1,1370 \log_{10} T \\ n_2 &= -0,19055 + 0,25937 \log_{10} T - 3,8160 \cdot 10^{-2} (\log_{10} T)^2 & (\text{per } \tau \leq 1 \text{ ora}) \\ n_2 &= 1,5878 \cdot 10^{-2} + 7,6250 \cdot 10^{-3} \log_{10} T & (\text{per } \tau > 1 \text{ ora}) \end{aligned}$$

La pioggia ottenuta viene quindi ragguagliata all'area tramite il parametro  $r$ , secondo la formulazione utilizzata nel VAPI, che fa riferimento al Flood Studies Report:

$$\begin{aligned} r &= 1 - (0,0394 A^{0.354}) d^{(-0.40+0.0208 \ln(4.6-\ln(A)))} & \text{per } A < 20 \text{ km}^2 \\ r &= 1 - (0,0394 A^{0.354}) d^{(-0.40+0.003832 (4.6-\ln(A)))} & \text{per } A > 20 \text{ km}^2 \end{aligned}$$

dove

$d$  è la durata della precipitazione;

$A$  è la superficie del bacino (espressa in  $\text{km}^2$ ).

Assumendo che l'invaso per infiltrazione nel suolo in ogni istante sia proporzionale al valore massimo dello stesso e che la precipitazione efficace sia proporzionale all'afflusso meteorico, si ha la seguente equazione (USDA – SCS, 1986) per la definizione del volume netto di pioggia per unità di superficie  $R_o$ :

$$R_o = (h - 0,2 S)^2 / (h + 0,8 S) \text{ (mm)}$$

dove

$h$  = precipitazione meteorica ragguagliata (mm);

$S$  = valore massimo dell'invaso per infiltrazione (mm). Il valore  $S$  è calcolato dall'equazione:

$$S = 25((1000/CN) - 10) \text{ (mm)}$$

## 6. CALCOLO DEL TEMPO DI CORRIVAZIONE E STIMA DEL TEMPO DI CRESCITA DELL'ONDA DI PIENA

La determinazione del valore del tempo di corrivazione per il calcolo della portata al colmo viene effettuata avvalendosi della formulazione SCS:

$$t_c = (((1000 / CN) - 9)^{0.7} \cdot (L \cdot 1000)^{0.8}) / (441 \cdot (i_b \cdot 100)^{0.5})$$

dove:

L = la lunghezza dell'asta principale;  $i_b$  = la pendenza di versante.

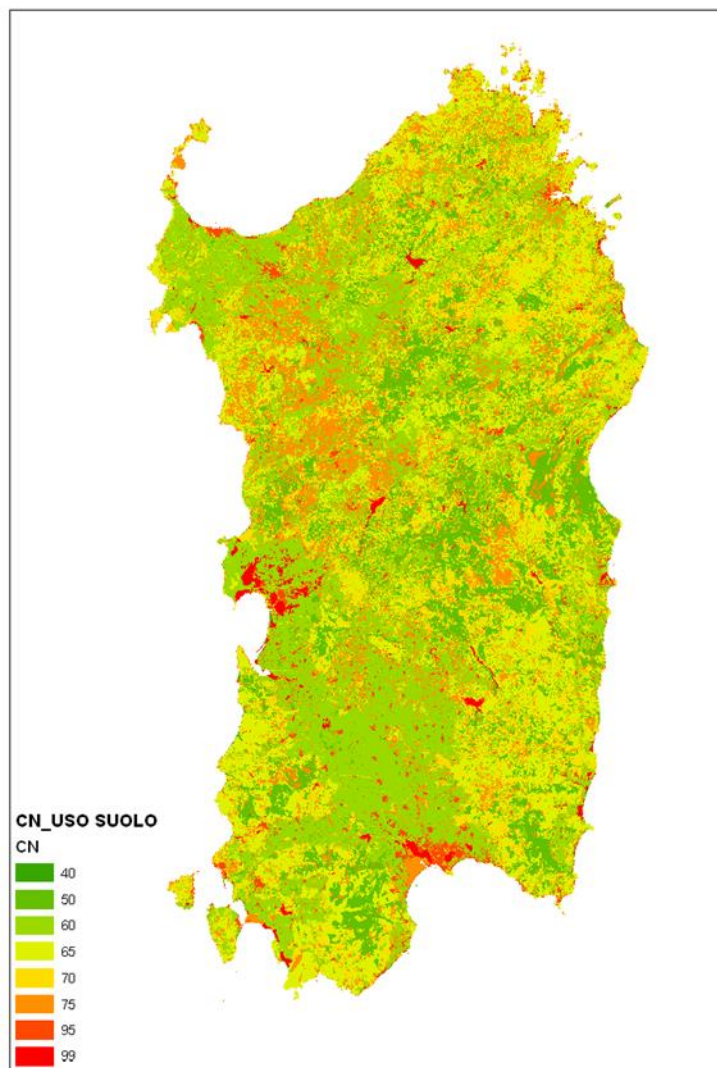
I valori del parametro di assorbimento CN da inserire nella formula, vengono determinati facendo riferimento alla carta del CN costruita sulla base delle informazioni sull'uso suolo, la litologia e la permeabilità a disposizione.

Nello specifico ad ogni tipologia di copertura del territorio è stato assegnato un valore di CN secondo la classificazione riportata in Tabella.

| Descrizione                                                        | CN |
|--------------------------------------------------------------------|----|
| 1111 - TESSUTO RESIDENZIALE COMPATTO E DENSO                       | 95 |
| 1112 - TESSUTO RESIDENZIALE RADO                                   | 95 |
| 1121 - TESSUTO RESIDENZIALE RADO E NUCLEIFORME                     | 95 |
| 1122 - FABBRICATI RURALI                                           | 95 |
| 1211 - INSEDIAMENTO INDUSTRIALI/ARTIG. E COMM. E SPAZI ANNESSI     | 95 |
| 1212 - INSEDIAMENTO DI GRANDI IMPIANTI DI SERVIZI                  | 95 |
| 1221 - RETI STRADALI E SPAZI ACCESSORI                             | 95 |
| 1222 - RETI FERROVIARIE E SPAZI ANNESSI                            | 95 |
| 1223 - GRANDI IMPIANTI DI CONCENTRAMENTO E SMISTAMENTO MERCI       | 99 |
| 1224 - IMPIANTI A SERVIZIO DELLE RETI DI DISTRIBUZIONE             | 95 |
| 123 - AREE PORTUALI                                                | 95 |
| 124 - AREE AEROPORTUALI ED ELIPORTI                                | 95 |
| 131 - AREE ESTRATTIVE                                              | 75 |
| 1321 - DISCARICHE                                                  | 75 |
| 1322 - DEPOSITI DI ROTTAMI A CIELO APERTO, CIMITERI DI AUTOVEICOLI | 75 |
| 133 - CANTIERI                                                     | 95 |
| 141 - AREE VERDI URBANE                                            | 70 |
| 1421 - AREE RICREATIVE E SPORTIVE                                  | 95 |
| 1422 - AREE ARCHEOLOGICHE                                          | 75 |
| 143 - CIMITERI                                                     | 95 |
| 2111 - SEMINATIVI IN AREE NON IRRIGUE                              | 60 |
| 2112 - PRATI ARTIFICIALI                                           | 75 |
| 2121 - SEMINATIVI SEMPLICI E COLTURE ORTICOLE A PIENO CAMPO        | 60 |
| 2122 - RISAIE                                                      | 99 |
| 2123 - VIVAI                                                       | 70 |
| 2124 - COLTURE IN SERRA                                            | 75 |
| 221 - VIGNETI                                                      | 60 |

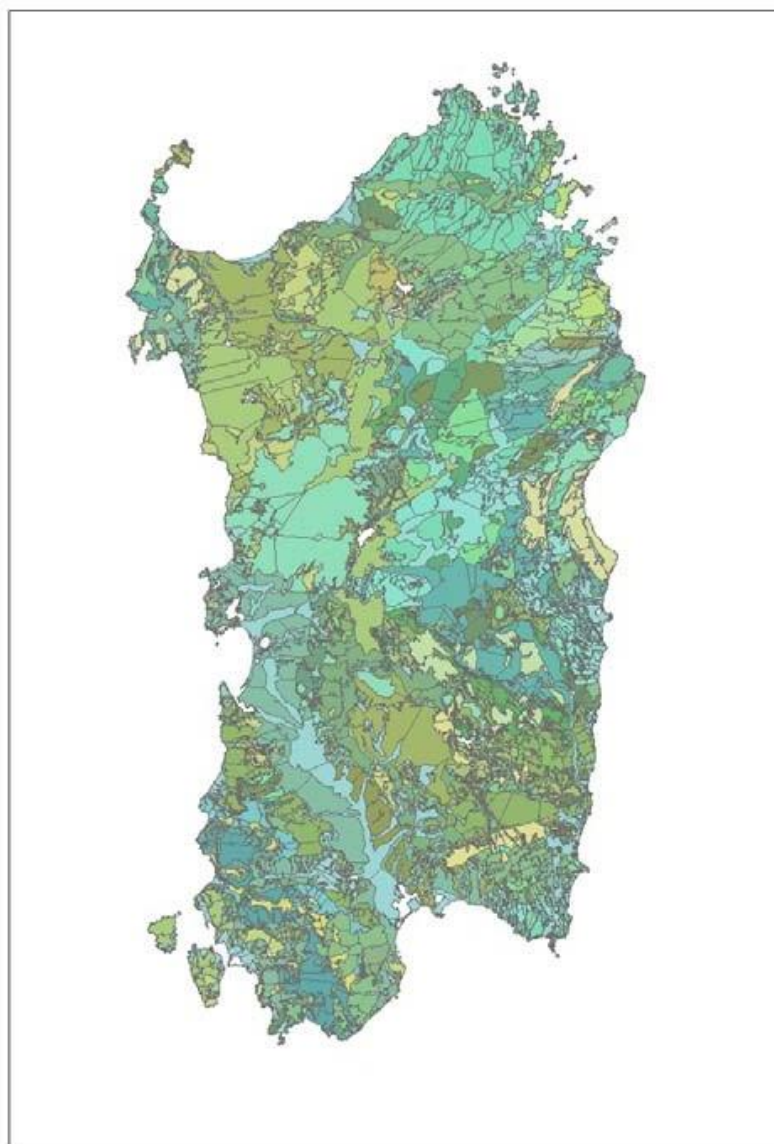
|                                                                                        |    |
|----------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 222 - FRUTTETI E FRUTTI MINORI                                                         | 60 |
| 223 - OLIVETI                                                                          | 60 |
| 231 - PRATI STABILI                                                                    | 75 |
| 2411 - COLTURE TEMPORANEE ASSOCIATE ALL'OLIVO                                          | 60 |
| 2412 - COLTURE TEMPORANEE ASSOCIATE AL VIGNETO                                         | 99 |
| 2413 - COLTURE TEMPORANEE ASSOCIATE AD ALTRE COLTURE PERMANENTI                        | 60 |
| 242 - SISTEMI CULTURALI E PARTICELLARI COMPLESSI                                       | 60 |
| 243 - AREE PREV. OCCUPATE DA COLTURE AGRARIE CON PRESENZA DI SPAZI NATURALI IMPORTANTI | 70 |
| 244 - AREE AGROFORESTALI                                                               | 70 |
| 3111 - BOSCHI DI LATIFOGIE                                                             | 50 |
| 31121 - PIOPPETI SALICETI EUCALITTETI                                                  | 50 |
| 31122 - SUGHERETE                                                                      | 65 |
| 31123 - CASTAGNETI DA FRUTTO                                                           | 50 |
| 31124 - ALTRO                                                                          | 50 |
| 3121 - BOSCHI DI CONIFERE                                                              | 70 |
| 3122 - CONIFERE A RAPIDO ACCRESCIMENTO                                                 | 70 |
| 313 - BOSCHI MISTI DI CONIFERE E LATIFOGIE                                             | 60 |
| 321 - AREE A PASCOLO NATURALE                                                          | 75 |
| 3221 - CESPUGLIETI ED ARBUSTETI                                                        | 65 |
| 3222 - FORMAZIONI DI RIPA NON ARBOREE                                                  | 65 |
| 3231 - MACCHIA MEDITERRANEA                                                            | 65 |
| 3232 - GARIGA                                                                          | 65 |
| 3241 - AREE A RICOLONIZZAZIONE NATURALE                                                | 70 |
| 3242 - AREE A RICOLONIZZAZIONE ARTIFICIALE                                             | 70 |
| 3311 - SPIAGGE DI AMPIEZZA SUPERIORE A 25M                                             | 40 |
| 3312 - AREE DUNALI NON COPERTE DA VEGETAZIONE DI AMPIEZZA SUPERIORE A 25M              | 40 |
| 3313 - AREE DUNALI COPERTE DA VEGETAZIONE DI AMPIEZZA SUPERIORE A 25M                  | 40 |
| 3315 - LETTI DI TORRENTI DI AMPIEZZA SUPERIORE A 25M                                   | 99 |
| 332 - PARETI ROCCIOSE E FALESIE                                                        | 75 |
| 333 - AREE CON VEGETAZIONE RADA > 5% E < 40%                                           | 75 |
| 411 - PALUDI INTERNE                                                                   | 99 |
| 421 - PALUDI SALMASTRE                                                                 | 99 |
| 422 - SALINE                                                                           | 75 |
| 423 - ZONE INTERTIDALI                                                                 | 99 |
| 5111 - FIUMI, TORRENTI E FOSSI                                                         | 99 |
| 5112 - CANALI E IDROVIE                                                                | 99 |
| 5121 - BACINI NATURALI                                                                 | 99 |
| 5122 - BACINI ARTIFICIALI                                                              | 99 |
| 5211 - LAGUNE, LAGHI E STAGNI COSTIERI A PRODUZIONE ITTICA NATURALE                    | 99 |
| 5212 - ACQUACOLTURE IN LAGUNE, LAGHI E STAGNI COSTIERI                                 | 99 |
| 522 - ESTUARI E DELTA                                                                  | 99 |
| 5231 - AREE MARINE A PRODUZ. ITTICA NATURALE                                           | 99 |
| 5232 - ACQUACOLTURE IN MARE LIBERO                                                     | 99 |

La carta tematica costruita utilizzando questo tipo di informazione restituisce una visione d'insieme delle diverse risposte del suolo.



*Carta del CN in funzione del solo Uso Suolo, sulla base dei dati Carta CORINE*

Si è proceduto all'analisi delle informazioni presenti nella Carta geologica resa disponibile dalla Regione Sardegna, al fine di ottenere fattori correttivi per il calcolo definitivo dei valori di CN a scala regionale. Lo strato cartografico presenta più di sessanta diverse classi geologiche.



*Carta geologica della Sardegna*

Ogni classe è stata indagata e, in considerazione degli aspetti geologici preminenti e delle caratteristiche di permeabilità proprie di ogni classe, sono stati stimati i coefficienti di variazione da attribuire ad ogni tipo litologico.

I coefficienti di variazione del Curve Number vengono assunti nell'intervallo di valori (- 5, +15); un coefficiente di variazione pari a - 5 è tipico dei terreni incoerenti ad elevata capacità di infiltrazione: ne sono un esempio i depositi detritici, come il tipo "Ghiaie, sabbie, limi ed argille sabbiose di origine alluvionale, eolica e litorale"; al contrario un valore del coefficiente di variazione pari a + 15 è proprio delle rocce con strutture cristalline compatte e poco permeabili, come il tipo "Metarioliti e metariodaciti con fenocristalli da millimetrici a decimetrici di kfs; quarziti, metarenarie, metaconglomerati poligenici con elementi di metavulcaniti, metaepiclastiti, metagrovacche. (Ordoviciano medio)".

La tavola di variazione del Curve Number che si è infine desunta viene riportata in forma completa di seguito:

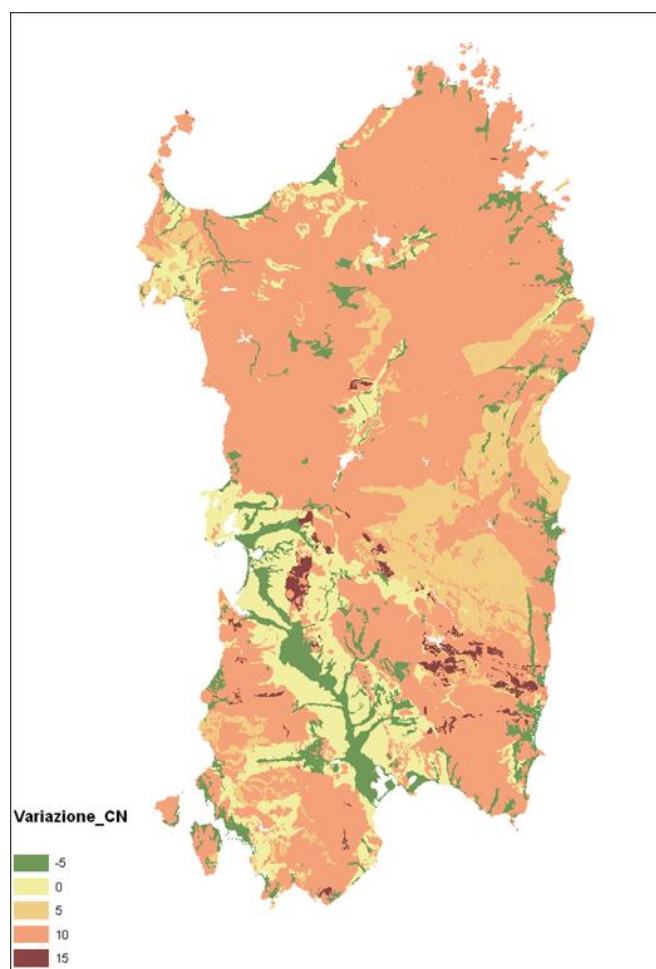
|                                                                                                                                                                                                                                                                 | 2 CN |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|
| Alternanza di metarenarie, quarziti e filladi (47b). Metarenarie e filladi a bt (47a). Successioni terrigene prevalentemente attribuite al Cambriano-Ordoviciano inf. e subordinatamente all'Ordoviciano sup. e al Devoniano-Carbonifero inf.)                  | 5    |
| Alternanza di quarziti, metarenarie, metapeliti e metasiltiti, metaconglomerati e breccie; olistoliti e olistostromi della successione siluro-devoniana. (Carbonifero inf.)                                                                                     | 10   |
| Andesiti, andesiti basaltiche e rari basalti ad affinità tholeiitica e calcalcalina, talora brecciati in colate, cupole di ristagno; lave andesitiche e dacitiche in cupole e filoni; andesiti, basalti andesitici e latiti ad affinità da calcalcalina a       | 10   |
| Anfiboliti con relitti di paragenesi eclogitiche. ( Precambriano)                                                                                                                                                                                               | 15   |
| Anfiboliti e anfiboliti ultramafiche con relitti di paragenesi granulitiche. ( Precambriano)                                                                                                                                                                    | 15   |
| Arenarie di San Vito e Formazione di Solanas: metarenarie micacee e quarziti alternate a metapeliti e rari metaconglomerati, con piste ed impronte di Meduse e Acritarchi; nella parte alta metapeliti viola, nere e verdastre, quarziti e metaconglomerati     | 10   |
| Arenarie eoliche wurmiane (2c); Conglomerati, arenarie e biocalcareni di spiaggia (2b); Conglomerati, sabbie, argille più o meno cementate (2a).                                                                                                                | 0    |
| Arenarie marnose, siltiti, calcareniti sublitorali (9d). (Serravalliano med.- sup.) Marne e marne arenacee epibatiali (9c). (Langhiano med.-sup.-Serravalliano inf.) Marne arenacee e siltose, arenarie, conglomerati, calcareniti e sabbie silicee sublitorali | 10   |
| Argille rosso violacee, arenarie quarzoso-micacee e conglomerati di piana alluvionale, con intercalazioni di calcari silicizzati. ( Permiano sup.-Trias medio p.p) Conglomerati, arenarie, breccie vulcaniche, calcari con selci lacustri e lenti di antra      | 10   |
| Basalti alcalini e transizionali, trachibasalti, andesiti basaltiche e basalti subalcalini, intercalati, alla base, da depositi di tipo fluvio lacustri (5b). (Pliocene-Pleistocene) Trachiti, trachiti fonolitiche, fonoliti, fonoliti tefritiche e tefriti    | 10   |
| Conglomerati a matrice argillosa e arenarie di derivazione alluvionale (8d). Calcarivacuolari e brecciati sopratidali e intertidali; calcari microcristallini di ambiente evaporitico, marne e calcari organogeni sublitorali (8c). (Messiniano) Calcari e ar   | 0    |
| Conglomerati e arenarie continentali con banchi di selce, tufiti, tufi pomicei (10f). (Burdigagliano) Arenarie, conglomerati, tufiti più o meno arenacee, calcari sublitorali (10e) Calcari selciosi, siltiti, arenarie e conglomerati fluviali con interca     | 0    |
| Conglomerati, arenarie ed argille derivanti dallo smantellamento di sedimenti miocenici (Formazione di Samassi) (3b); Sabbie carbonatiche e siltiti argillose (3a).                                                                                             | 0    |
| Conglomerati, arenarie marnose, marne e calcareniti sublitorali (Plioc. inf.)                                                                                                                                                                                   | 0    |
| Dolomie, dolomie marnose e marne con gessi e argille. (Trias sup) Depositi carbonatici di piattaforma: calcari dolomitici e dolomie arenacee, calcari e calcari marnosi con rare intercalazioni gessose, circolatori e transizionali. (Trias medio)             | 10   |
| Filoni a composizione prevalentemente basaltica e comenditica. (Oligocene sup.- Miocene inf. medio)                                                                                                                                                             | 10   |
| Filoni a composizione trachibasaltica, alcalibasaltica e hawaistica. (Pliocene-Pleistocene)                                                                                                                                                                     | 10   |
| Filoni principali di porfidi granitici e ammassi di micrograniti, principali filoni aplitici e pegmatitiche. (Carbonifero sup.- Permiano)                                                                                                                       | 10   |
| Filoni principali di quarzo. (Carbonifero sup. Permiano)                                                                                                                                                                                                        | 10   |
| Formazione di Cabitza: argilloscisti, metarenarie, metacalcari nodulari, metasiltiti con rare lenti calcaree. (Cambriano inf.- Ordoviciano)                                                                                                                     | 10   |
| Formazione di Dorgali: dolomie, dolomie arenacee, calcari dolomitici, da litorali a circa litorali; conglomerati, arenarie quarzose, siltiti ed argille fluvio-deltizi con livelli lignitiferi (Dogger-Malm)                                                    | 5    |
| Formazione di Gonnese (Metallifero Auct.): metacalcari e metadolomie; metadolomie e metacalcari stromatolitici. (Cambriano inf.)                                                                                                                                | 5    |
| Formazione di Nebida (Formazione delle Arenarie Auct.): metarenarie a cemento carbonatico, metadolomie, metacalcari oolitici e micritici; arenarie siltose con rare intercalazioni di calcari (63c). (Cambriano inf.) Filladi e metarenarie, talvolta con i     | 10   |
| Formazione di Serra Tonnai: metavulcaniti intermedie o raramente basiche, metagrovacche vulcaniche; Formazione di Manixeddu: metaepiclastiti, metaconglomerati a prevalenti elementi di vulcaniti acide. Formazione di M.te Corte Cerbos: metaroliti, metac     | 5    |
| Ghiaie, sabbie, limi ed argille sabbiose di origine alluvionale, eolica e litorale.                                                                                                                                                                             | -5   |
| Granitoidi a crd. (Carbonifero sup.-Permiano)                                                                                                                                                                                                                   | 10   |
| Granitoidi foliati, principalmente granodioriti tonalitiche fino a tonaliti. (Carbonifero sup.-Permiano)                                                                                                                                                        | 10   |

|                                                                                                                                                                                                                                                     | 2 CN |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|
| Granodioriti tonalitiche. (Carbonifero sup.-Permiano)                                                                                                                                                                                               | 10   |
| Granodioriti, monzogranitiche equigranulari. (Carbonifero sup.-Permiano)                                                                                                                                                                            | 10   |
| Granodioriti, monzogranitiche inequigranulari. (Carbonifero sup.-Permiano)                                                                                                                                                                          | 10   |
| Leucograniti a grt. (Carbonifero sup.-Permiano)                                                                                                                                                                                                     | 10   |
| Leucograniti equigranulari. (Carbonifero sup.-Permiano)                                                                                                                                                                                             | 10   |
| Marmi grigi, raramente dolomitici, con alternanze filladiche, localmente fossiliferi. (Devoniano)                                                                                                                                                   | 5    |
| Metacalcari nodulari. (Devoniano) Metacalcari a graptoliti. (Siluriano-Devoniano inf.)                                                                                                                                                              | 10   |
| Metacalcari nodulari; sottili alternanze di metacalcari e metasiltiti (49b). (Devoniano inf. medio-Tournaisiano inf.) Marmi talvolta dolomitici e calcescisti (49a). (Devoniano- Carbonifero inf.)                                                  | 10   |
| Metaconglomerati, metarossi, metesiltiti, metagrovacche, con intercalazioni di metabasiti alcaline; metacalcareniti e metacalcari fossiliferi spesso silicizzati. (Caradoc-Ashgill)                                                                 | 10   |
| Metagabbri alcalini (45b). (Carbonifero inf.) Filladi scure carboniose, metasiltiti, quarziti nere con rare e sottili intercalazioni di marmi (45a). (Devoniano)                                                                                    | 10   |
| Metapeliti scure carboniose, nella parte inferiore livelli di quarziti nere a graptoliti; nelle partesuperiore metacalcari nodulari. (Siluriano inf.-Devoniano inf.)                                                                                | 5    |
| Metapeliti scure carboniose; nella parte inferiore quarziti nere a graptoliti. (Siluriano inf.)                                                                                                                                                     | 15   |
| Metarenarie, quarziti, filladi, metaconglomerati ad elementi di liditi, olistoliti e olistostromi della successione siluro-devoniana e ordoviciana, e metavulcaniti basiche alcaline, talora a pillow. (Carbonifero inf.)                           | 10   |
| Metarioliti e metariodaciti con fenocristalli da millimetrici a decimetrici di kfs; alla base sono presenti quarziti, metarenarie, metaconglomerati poligenici con elementi di metavulcaniti, metaepiclastiti, metagrovacche. (Ordoviciano medio)   | 15   |
| Metasiltiti e metarenarie con intercalazioni di metavulcaniti basiche e metatufi; metaconglomerati con olistoliti di calcari e dolomie cambriani, metasiltiti e metarenarie rosso-violacee di piana da alluvionale a costiera. (Caradoc-Ashgill)    | 10   |
| Metavulcaniti acide, intermedie e basiche e metaepiclastiti. (Ordoviciano medio)                                                                                                                                                                    | 10   |
| Micascisti e paragneiss a grt+/-oligoclasio. (Paleozoico)                                                                                                                                                                                           | 10   |
| Migmatiti leucocratiche, nebuliti, magmatiti, gneiss, talora con lenti a silcati di calcio. (Precambriano)                                                                                                                                          | 10   |
| Monzograniti equigranulari (28b). Monzograniti inequigranulari (28a). (Carbonifero sup.-Permiano)                                                                                                                                                   | 10   |
| Ortogneiss granodioritici e granitici. (Ordoviciano medio)                                                                                                                                                                                          | 10   |
| Ortogneiss granodioritici e monzogranitici. (Precambriano)                                                                                                                                                                                          | 10   |
| Ortogneiss granodioritici. (Ordoviciano medio)                                                                                                                                                                                                      | 15   |
| Paragneiss, micascisti a grt+/-st+/-ky e quarziti in facies anfibolitica di pressione intermedia, miloniti di variabile grado metamorfico tra la facies anfibolitica e quella degli scisti verdi. (Paleozoico)                                      | 10   |
| Paragneiss, micascisti e quarziti in facies anfibolitica di pressione intermedia con sovraimprontati alta temperatura. (Paleozoico)                                                                                                                 | 10   |
| Porfidi grigi: metariodaciti e metadaciti massive, spesso porfiriche, metatufi e metatufiti; metavulcanitiriolitiche metatufiti e metaepiclastiti; metaconglomerati poligenici grossolani, con clasti di metarioliti. (Ordoviciano medio)           | 15   |
| Principali corpi filoniani a composizione prevalentemente basaltica ad affinità calcalina e subordinatamente shoshonitica. (Carbonifero sup.-Permiano)                                                                                              | 10   |
| Rioliti e riodaciti in espandimenti ignimbritici e colate, porfidi in ammassi subvulcanici, lave, brecceandesitiche, subordinati espandimenti dacitici; rioliti alcaline in espandimenti ignimbritici. (Carbonifero sup.-Permiano sup.- Trias inf.) | 10   |
| Rioliti e riodaciti, daciti porfiriche vetrose e bollose. (Pliocene)                                                                                                                                                                                | 15   |
| Rioliti, riodaciti, daciti e subordinatamente comenditi, in espandimenti ignimbritici, cupole diristagno e rare colate a cui si associano prodotti freatomagmatici; talora livelli epiclastici intercalati. (Oligocene sup.-Miocene inf. medio)     | 10   |

|                                                                                                                                                                                                                                                              |    |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Sardegna occidentale: depositi carbonatici di piattaforma: calcari, calcari dolomitici, calcari oolitici e calcari bioclastici, sublitorali; alla base marne e calcari marnosi paralici (17b). (Berriasiano-Albiano inf.) Sardegna orientale: depositi carbo | 5  |
| Sardegna occidentale: depositi carbonatici di piattaforma: calcari, marne e calcareniti glauconitiche sublitorali e localmente calcari lacustri (16b). (Cenomaniano-Campaniano) Sardegna orientale: depositi carbonatici di piattaforma: calcari marnosi e   | 10 |

|                                                                                                                                                                                                                                                              | <b>ΔCN</b> |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| Sardegna occidentale: depositi carbonatici di piattaforma: dolomie e calcari dolomitici, calcari oolitici, calcari ad oncoidi, calcari selciferi, calcari micritici, calcari marnosi e marne; alla sommità dolomie e calcari dolomitici scuri lacustri (18b) | 5          |
| Sardegna orientale: calcari, calcari marnosi e marne argillose sublitorali (14b). Arenarie e conglomerati poligenici più o meno quarzosi fluvio-deltizi (14a). (Ypresiano-Luteziano inf.)                                                                    | 10         |
| Sieniti sodiche. (Carbonifero sup.-Permiano)                                                                                                                                                                                                                 | 10         |
| Sulcis e Trexenta: calcari litorali e transizionali, calcari marnosi, marne e argille continentali e paralico-transizionali con depositi di carbone; alla base sono presenti, arenarie e conglomerati di piana alluvionale. (Paleocene sup.-Eocene inf. m)   | 0          |
| Tonaliti (33b). Gabbri e masse gabbro-tonalitiche (33a). (Carbonifero sup.-Permiano)                                                                                                                                                                         | 10         |

Utilizzando la tabella sopra riportata è stata realizzata una carta tematica che restituisce visivamente la distribuzione dei fattori correttivi ΔCN.



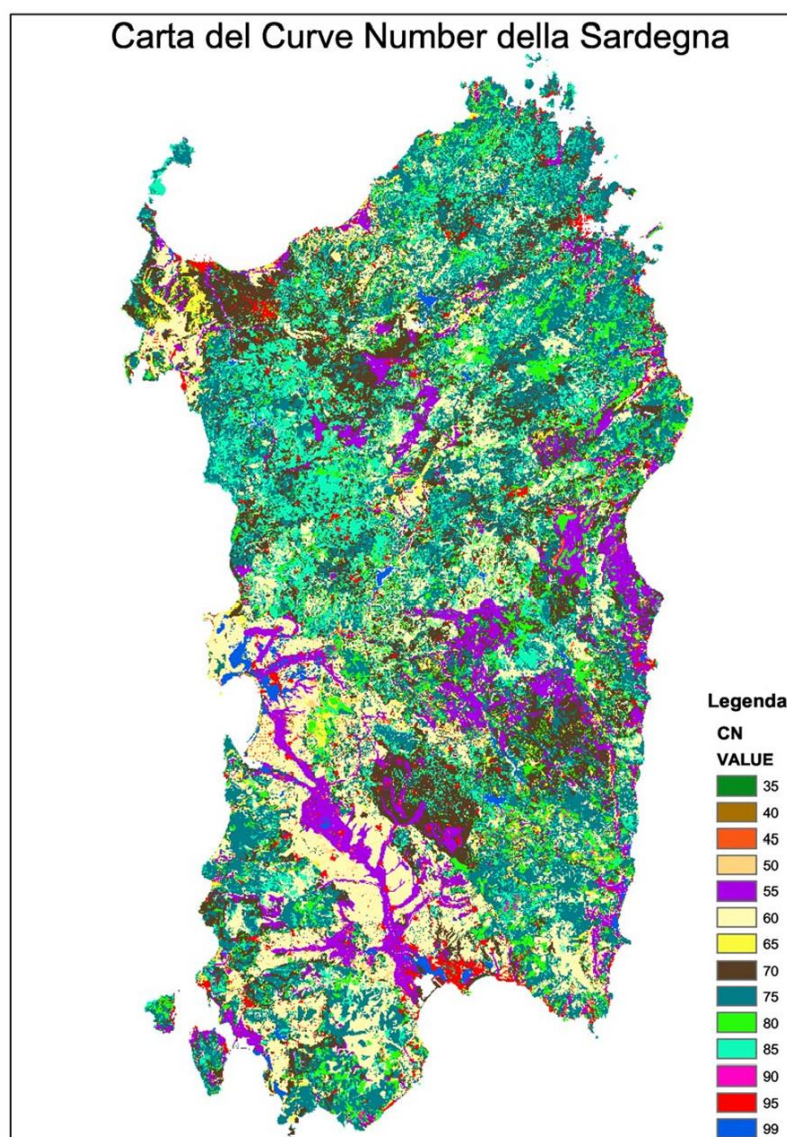
*Carta di variazione del CN derivante dalla stima di permeabilità del terreno desunta dalla carta geologica*

In ultima istanza i valori di Curve Number associati attraverso le caratteristiche dell'uso del suolo (CORINE) sono stati corretti considerando i fattori di variazione derivanti dall'analisi delle informazioni geologiche.

Nel procedimento di calcolo GIS è stata imposta la somma algebrica tra i codici di CN elaborati per il solo uso suolo ed i termini correttivi  $\Delta CN$ .

Il prodotto finale è la "Carta del Curve Number per la Regione Sardegna" in formato raster con maglia 10 X 10 metri.

Dalle analisi svolte, l'informazione fornita dalla carta di permeabilità risulta essere coerente con l'interpretazione delle classi geologiche.



*Carta del Curve Number per la Regione Sardegna*

Per ogni sottobacino viene quindi incrociato in ambiente GIS il tematismo della carta dei CN con quello della perimetrazione dell'area in esame e definito il valore di CN da utilizzare. La stima del tempo di crescita dell'onda di piena è invece ricavata con la seguente formula:

$$tp = D/2 + tlag$$

dove:

D = durata della pioggia (h);

tlag = intervallo di tempo tra il centroide della pioggia e il colmo (h).

Si assume quindi

$$D = 0,133 \text{ } tc; \text{ } tlag = 0,6 \text{ } tc$$

$$tp = 0,133 / 2 \text{ } tc + 0,6 \text{ } tc$$

## 7. CALCOLO DELLA PORTATA AL COLMO DI PIENA

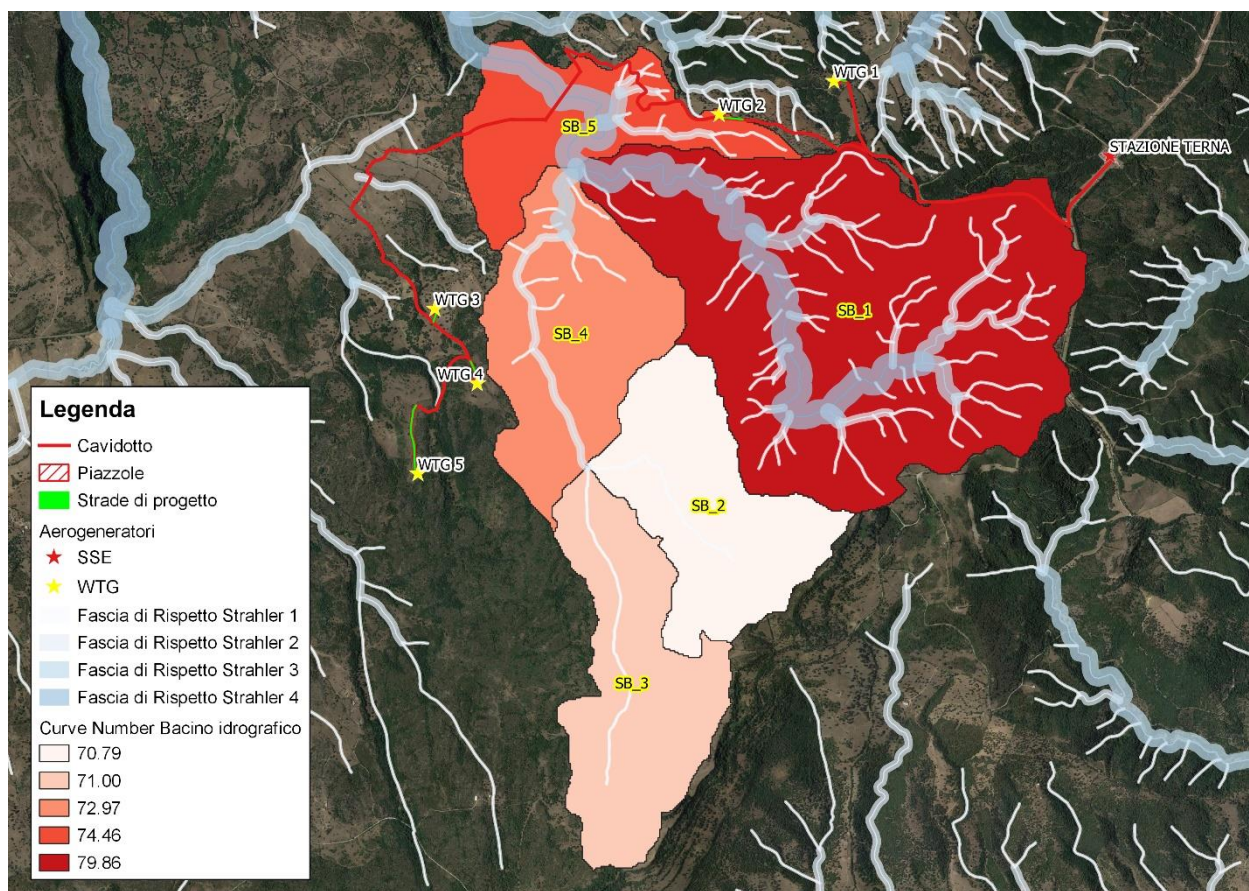
Di seguito si riporta, in forma tabellare, il calcolo della portata avente tempi di ritorno 50, 100, 200 e 500 anni. Si evidenzia che:

- Il bacino ha dimensioni inferiori a 60 km<sup>2</sup>, per cui si può fare riferimento alla formula empirica del Soil Conservation Service Method.
- Per il Curve Number si è considerato il medio pesato sull'intero bacino.
- Per il calcolo di  $a_2$  e  $n_2$  si è considerata la sottozona SZO 1, in cui ricade l'area in esame, per tempo di ritorno maggiore di 10 anni.

|             |                         |       | Caratteristiche bacino  |       |
|-------------|-------------------------|-------|-------------------------|-------|
| Sottobacino | Area (km <sup>2</sup> ) | CN    | Area (km <sup>2</sup> ) | 9.561 |
| SB_1        | 4.2918                  | 79.86 | L asta principale (km)  | 6.33  |
| SB_2        | 1.3403                  | 70.79 | Pendenza $i_b$          | 5.0%  |
| SB_3        | 1.4246                  | 71    | CN medio pesato         | 75.62 |
| SB_4        | 1.4711                  | 72.97 | $\mu_g$                 | 45    |
| SB_5        | 1.0335                  | 74.46 | tc (ore)                | 3.06  |
|             |                         |       | tp                      | 1.86  |
|             |                         |       | S                       | 80.58 |
|             |                         |       | r                       | 0.94  |
|             |                         |       | $a_1$                   | 19.96 |
|             |                         |       | $n_1$                   | 0.29  |

| T (anni) | $a_2$ | $n_2$ | hT(t)  | Ro    | Qc    |
|----------|-------|-------|--------|-------|-------|
| 50       | 2.23  | 0.11  | 69.91  | 21.54 | 29.27 |
| 100      | 2.54  | 0.14  | 82.65  | 30.09 | 40.89 |
| 200      | 2.85  | 0.17  | 95.58  | 39.45 | 53.61 |
| 500      | 3.27  | 0.19  | 112.56 | 52.55 | 71.40 |



*Bacino idrografico.*

---

## 8. CONCLUSIONI MODELLAZIONE IDROLOGICA

Sulla base della portata al colmo di piena per tempo di ritorno 500 anni (corrispondente alla condizione più gravosa), pari a  $71.40 \text{ m}^3/\text{s}$ , definita nel presente studio idrologico, sono state seguite dalle modellazioni e valutazioni idrauliche dei rami di rete idrografica potenzialmente soggette a criticità, ed il tutto è stato svolto in condizioni di moto stazionario. Per lo svolgimento della modellazione idraulica è stato utilizzato il software HEC- RAS River Analysis System.

## 9. MODELLAZIONE IDRAULICA

Dai risultati dell'analisi monodimensionale si osserva come gli alvei attualmente esistenti risultano adeguati al trasporto della portata avente tempo di ritorno 500 anni, pari a  $71.40 \text{ m}^3/\text{s}$ . A vantaggio di sicurezza è stata comunque prevista, per un tratto di lunghezza 350 m, la posa dei cavidotti con perforazione teleguidata (Trivellazione Orizzontale Teleguidata" T.O.C.) fino ad una profondità pari a 2 metri al di sotto del fondo alveo. La lunghezza del tratto in T.O.C. è anche superiore alla fascia di 150 m complessivi prevista per l'ordine gerarchico 4 dal comma 1 dell'art. 30ter delle N.T.A. del PAI.

Al fine di poter stimare l'eventuale fenomeno di escavazione si è fatto riferimento alla letteratura in materia di trasporto solido, in particolare "Sistemazione dei corsi d'acqua" di De Peppo et al. (2018). Dall'analisi condotta la profondità d'asportazione media, che raggiunge un valore massimo di 1.61 m, risulta inferiore alla profondità di posa in opera dei cavidotti, che verrà realizzata comunque a non meno di 2 m dall'attuale fondo dell'alveo.

Dall'analisi delle fasce di cui al comma 1 dell'art. 30ter delle N.T.A. del PAI inoltre non emerge alcuna sovrapposizione con gli aerogeneratori, le relative piazzole e le strade di progetto.

## 10. METODOLOGIA APPLICATA PER LE MODELLAZIONI E VALUTAZIONI IDRAULICHE

Come innanzi accennato, la modellazione e valutazione idraulica dei tratti interessati nel presente studio, è stata condotta con il software HEC – RAS River Analysis System, dell'US Army Corps of Engineers, Hydrologic Engineering Center. Il rilievo topografico rispetto al quale sono state condotte le verifiche idrauliche e sono state definite le aree esondabili a seguito della modellazione idraulica eseguita è rappresentato dal Modello Digitale di Elevazione del terreno (DEM) con celle 10x10 metri, reso disponibile dalla sezione di Pisa dell'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia per l'intero territorio Nazionale (Tarquini et al. 2007).

L'analisi in condizioni di moto stazionario monodimensionale è stata effettuata modellando le situazioni attualmente esistenti. Per ciascun tratto il lavoro è stato articolato nelle seguenti fasi:

- Inserimento dei dati della geometria;
- Inserimento dei dati della portata;
- Svolgimento dei calcoli idraulici;
- Controllo dei risultati, conseguente integrazione dei dati di input ove necessario, correzione di questi ultimi e, ricalcolo del modello.

La prima fase, inserimento dati geometrici, ha riguardato innanzitutto il disegno dell'asta in esame tramite l'inserimento delle coordinate dei vertici. Si è quindi passati all'inserimento dei dati delle sezioni trasversali, con numerazione crescente da valle verso monte. Per le varie sezioni sono stati inseriti tutti i dati necessari al programma per l'elaborazione del modello. Per i coefficienti di Manning's si è tenuto conto di una situazione abbastanza sfavorevole.

Non è stato necessario inserire le aree a flusso nullo (Ineffective Flow Areas), finalizzate a poter definire aree, all'interno delle sezioni trasversali, che contengono acqua non attivamente convogliata, quindi zone in cui l'acqua "ristagna" e quindi la sua velocità, nella direzione del flusso, è relativamente bassa. Sono stati inoltre inseriti nel modello idraulico, dove presenti, gli attraversamenti. Terminato l'inserimento dei dati geometrici si è passati alla definizione dei dati relativi al moto permanente. È stato scelto un unico profilo da calcolare, quello relativo ad un tempo di ritorno di 500 anni, corrispondente al valore di portata ottenuto dallo studio idrologico. Il passaggio successivo è quello che riguarda le condizioni al contorno. Queste sono necessarie per stabilire il livello del pelo libero dell'acqua all'estremità del sistema (A monte e/o a valle). In un regime di corrente lenta, la condizione al contorno necessaria è quella di valle (Non risente di ciò che accade a monte), in caso di corrente veloce la condizione necessaria è quella di monte (Non risente di ciò che accade a valle). Se invece viene effettuato il caso in regime di flusso misto, come nel nostro caso, allora le condizioni al contorno devono essere immesse per entrambe le estremità del sistema. In particolare, in assenza di confluenze con altri tratti, si è considerata l'altezza critica, in questo caso non è necessario immettere nessuna ulteriore informazione, il programma calcolerà automaticamente l'altezza critica per ogni profilo e la userà come condizione al contorno. Per il calcolo del profilo di moto permanente è stata utilizzata l'opzione mixed. Effettuato il calcolo vengono visualizzati i risultati, sia in modo grafico che sotto forma tabellare, riportati in allegato alla presente relazione.

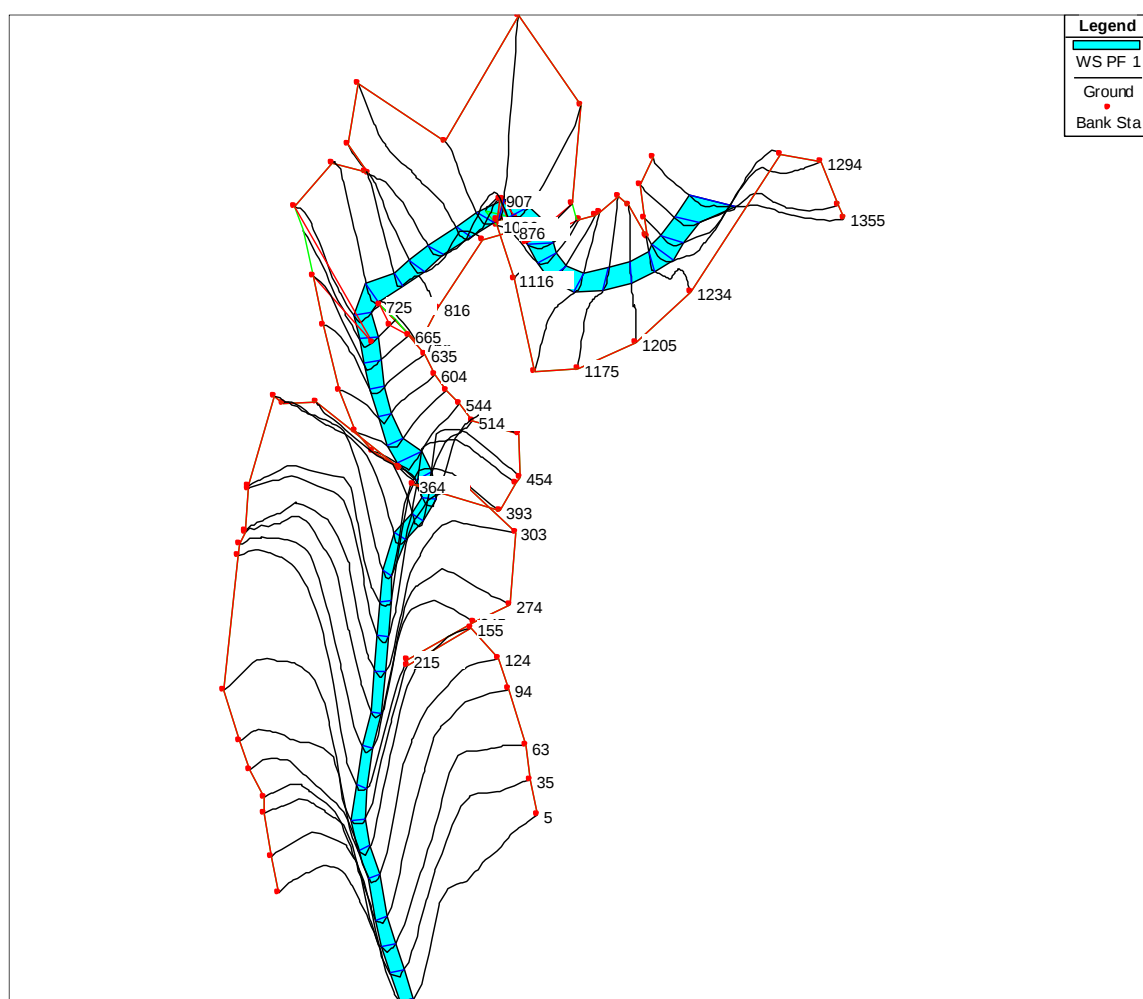
## 11. PLANIMETRIE CON INDICAZIONE DELLE AREE DI INTERESSE

Nel presente paragrafo si riportano i rilievi topografici con una rappresentazione planimetrica dei tratti investigati con una indicazione delle aree interessate dalla portata avente tempo di ritorno 500 anni. Tali mappe sono il risultato della modellazione in condizioni di moto stazionario monodimensionale. Per le modellazioni si è utilizzato il software HEC – RAS River Analysis System, dell'US Army Corps of Engineers, Hydrologic Engineering Center.

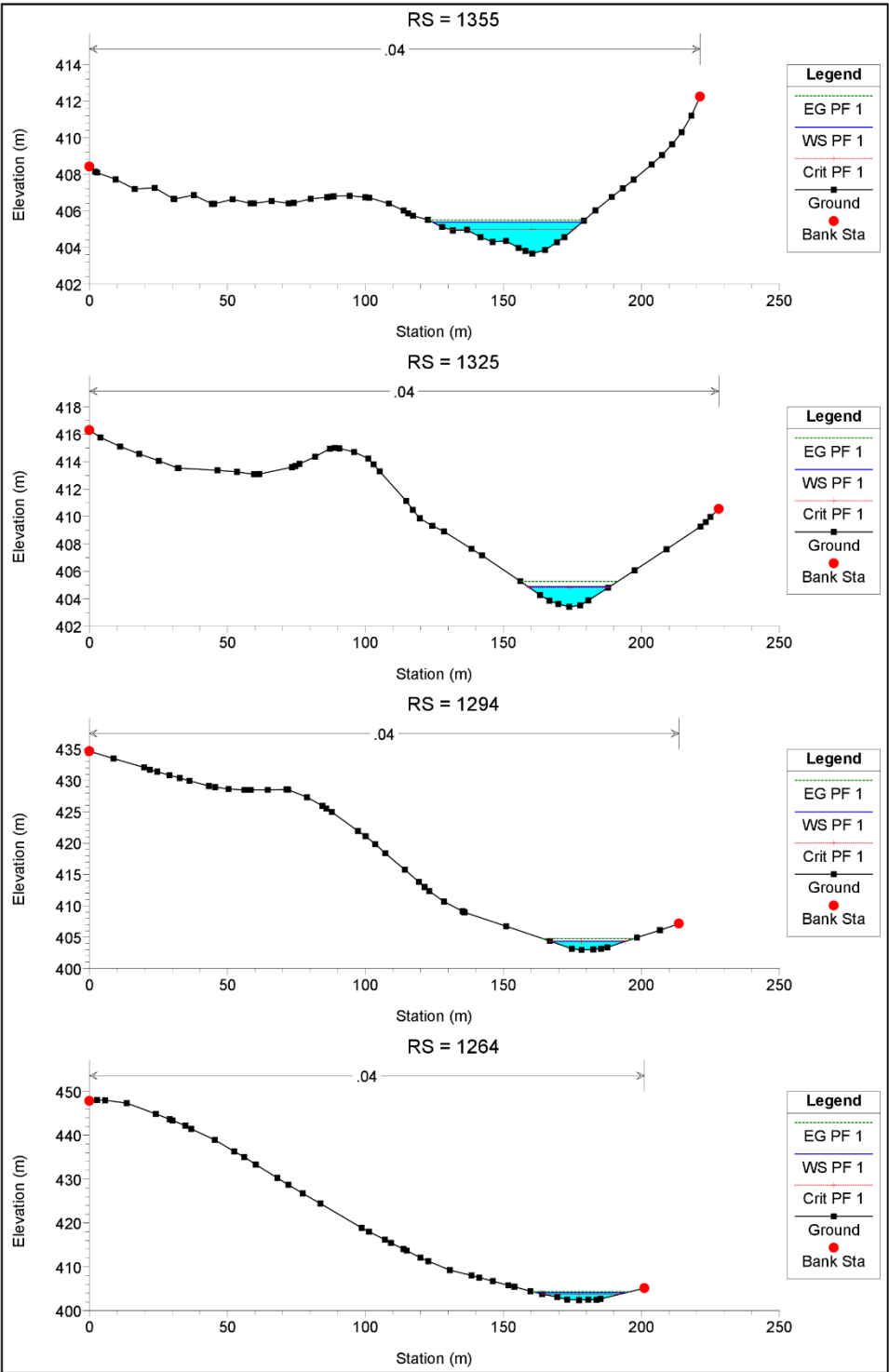
Vengono inoltre riportati gli output della modellazione monodimensionale, ovvero:

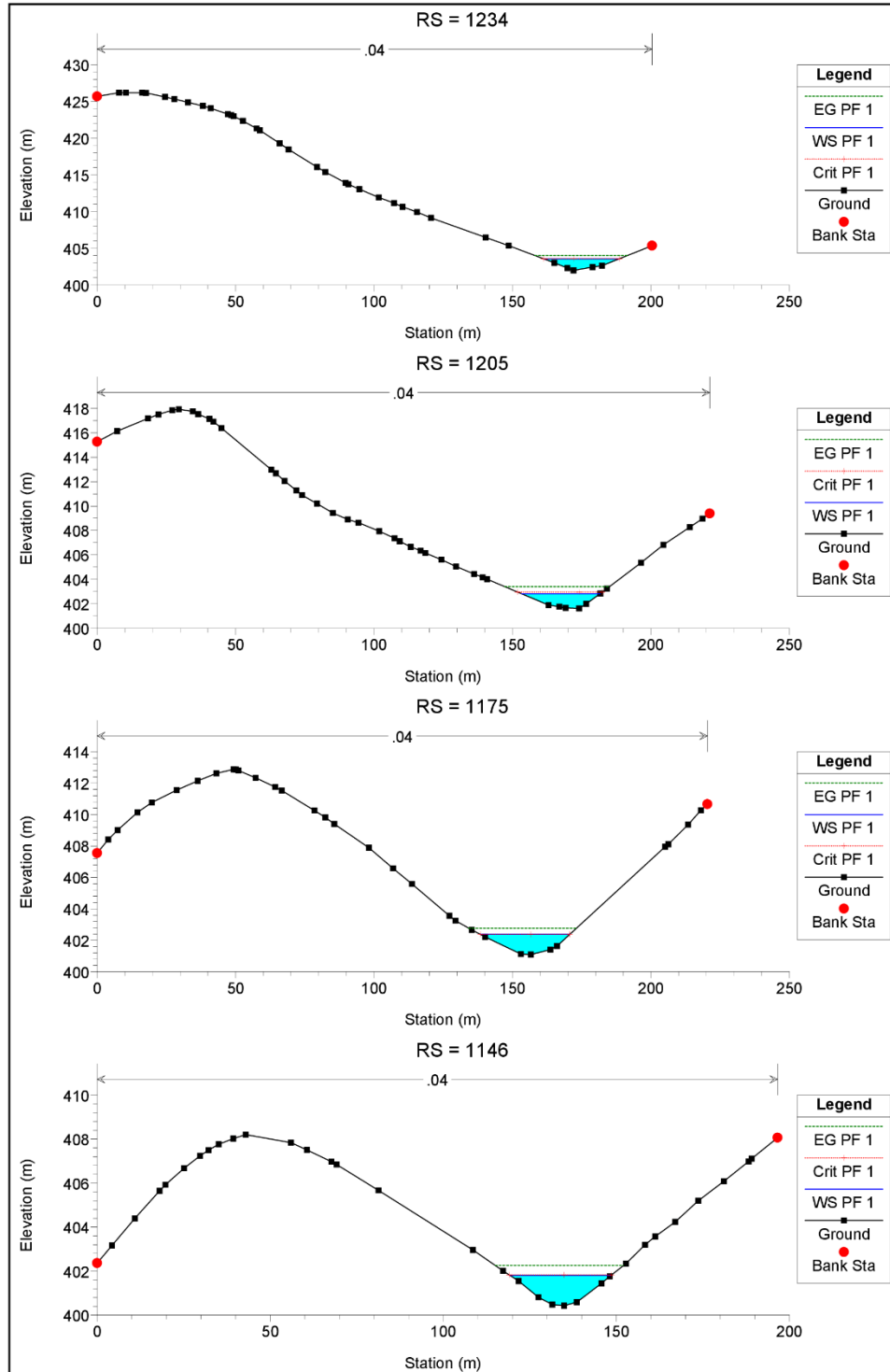
- rappresentazioni 3D per ogni tratto investigato con indicazione delle aree interessate dalla portata transitante;
- sezioni trasversali per ogni profilo investigato con indicazione del tirante idrico all'interno delle stesse;
- tabelle di output riepilogative dei risultati per ogni profilo;
- tabelle di dettaglio relative alle singole sezioni trasversali.

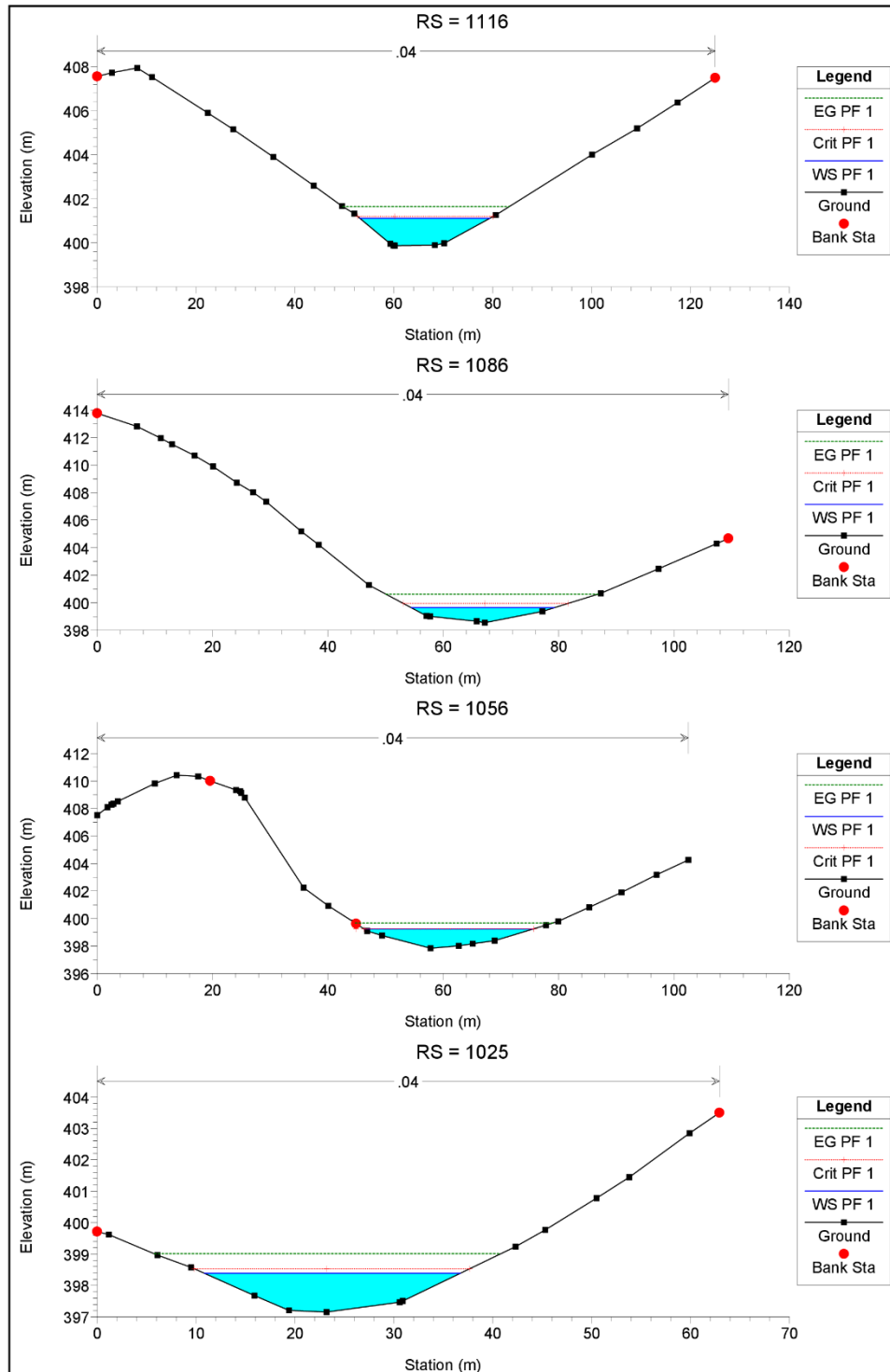
Dai risultati dell'analisi monodimensionale si osserva come gli alvei attualmente esistenti risultano adeguati al trasporto della portata avente tempo di ritorno 500 anni, pari a  $71.40 \text{ m}^3/\text{s}$ . A vantaggi di sicurezza è stata comunque prevista, per un tratto di lunghezza 350 m, la posa dei cavidotti con perforazione teleguidata (Trivellazione Orizzontale Teleguidata" T.O.C.) fino ad una profondità pari a 2 metri al di sotto del fondo alveo. La lunghezza del tratto in T.O.C. è anche superiore alla fascia di 150 m complessivi prevista per l'ordine gerarchico 4 dal comma 1 dell'art. 30ter delle N.T.A. del PAI.

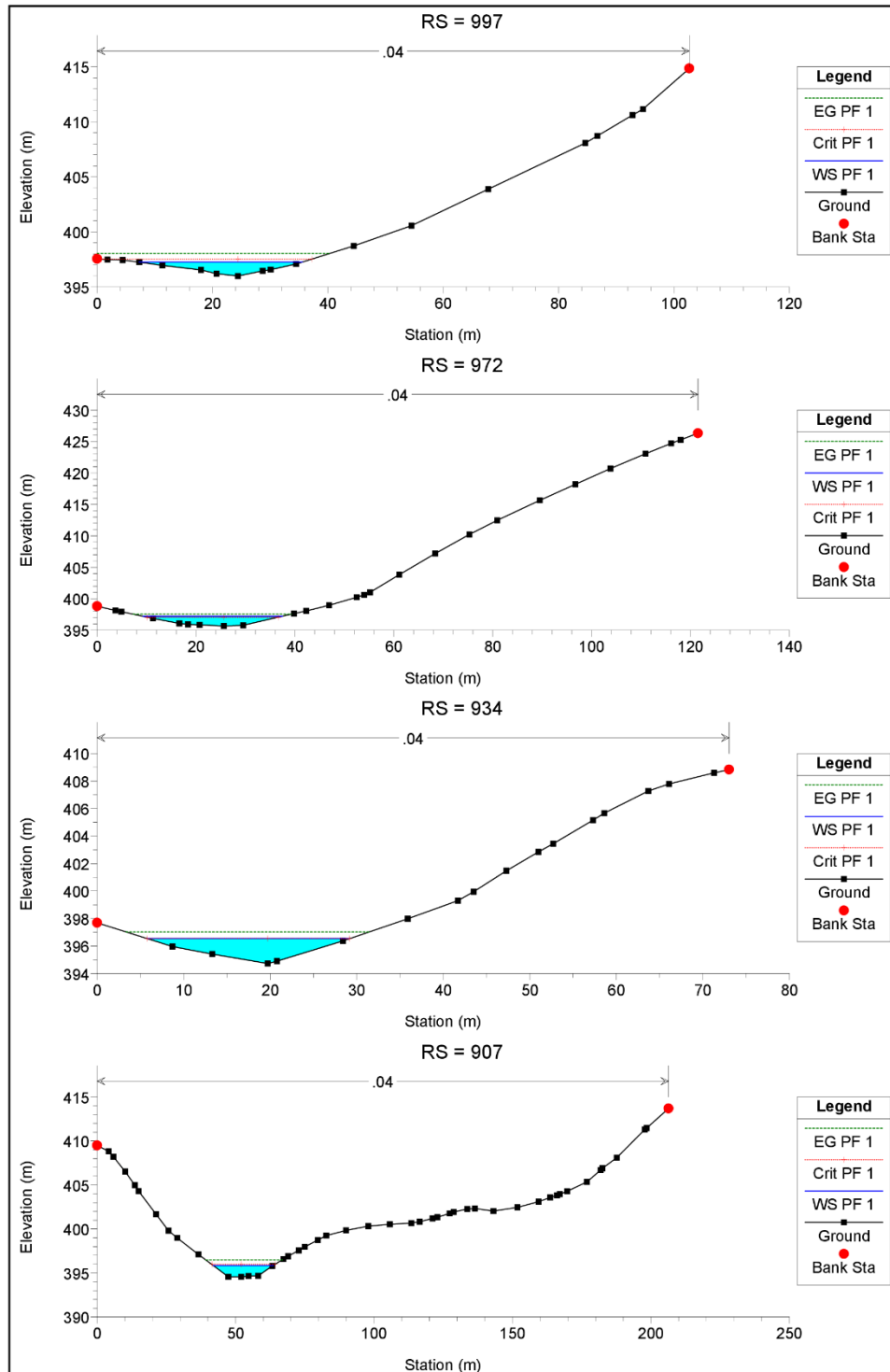


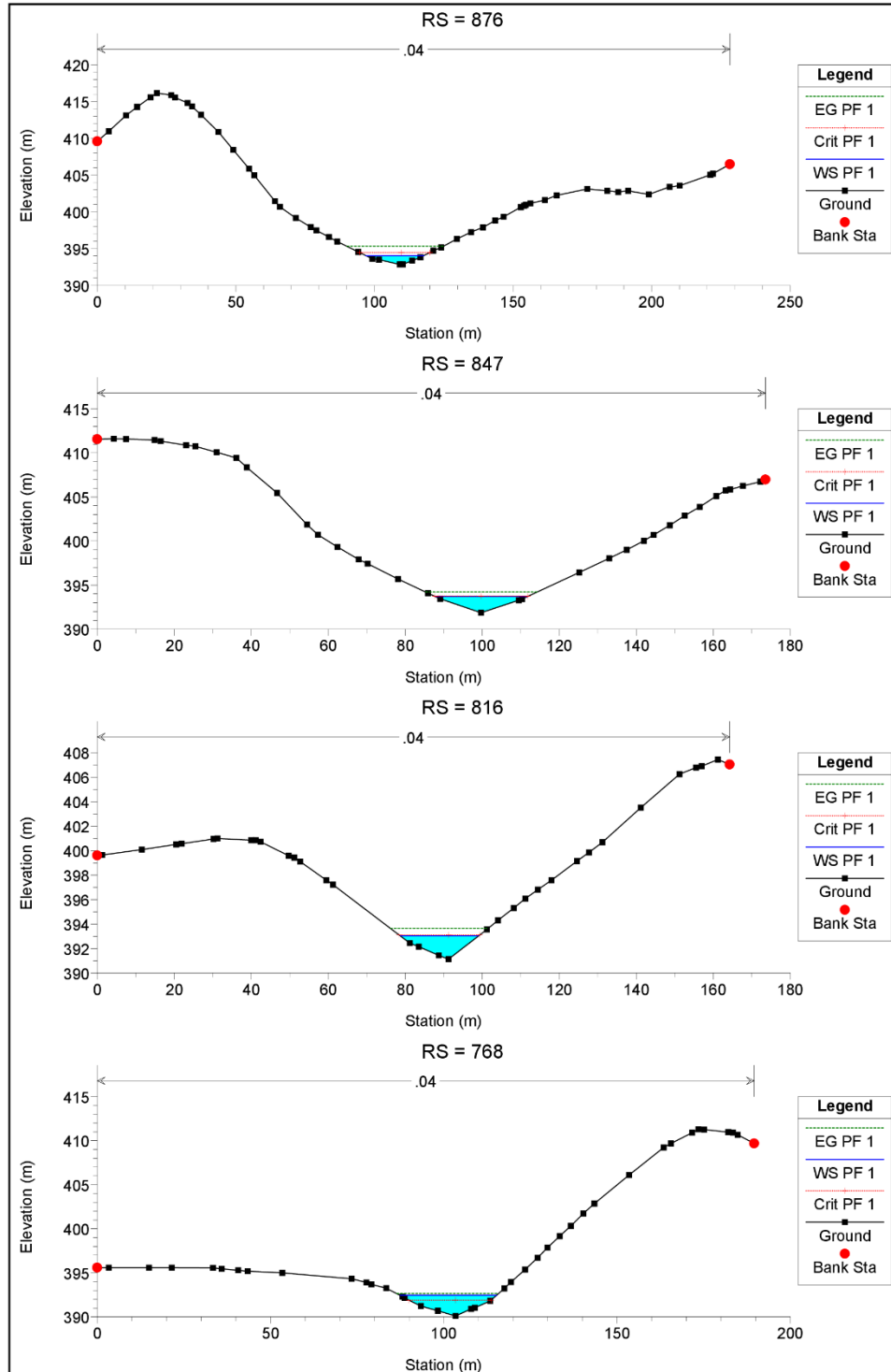
*Rappresentazione 3D*

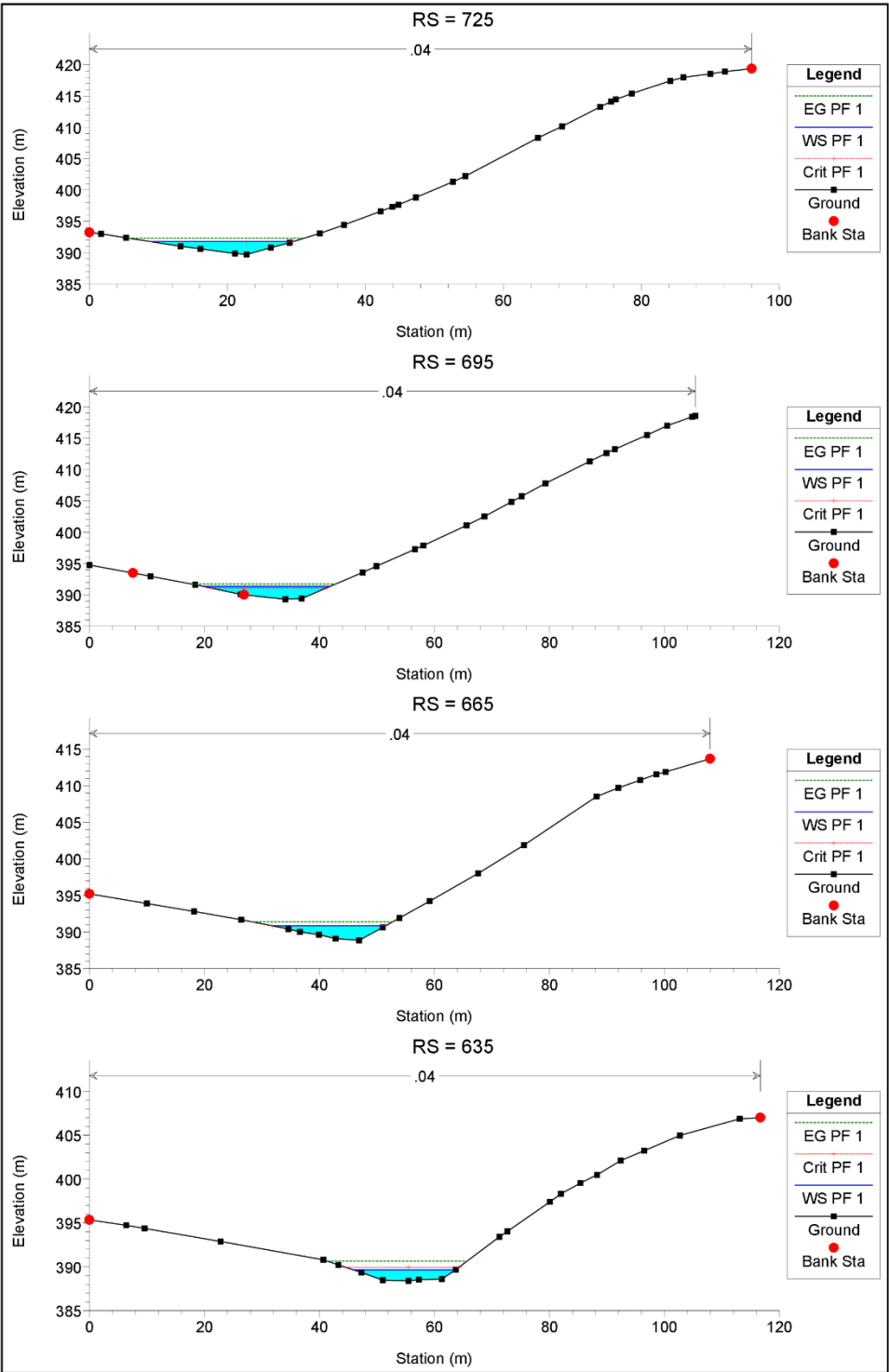


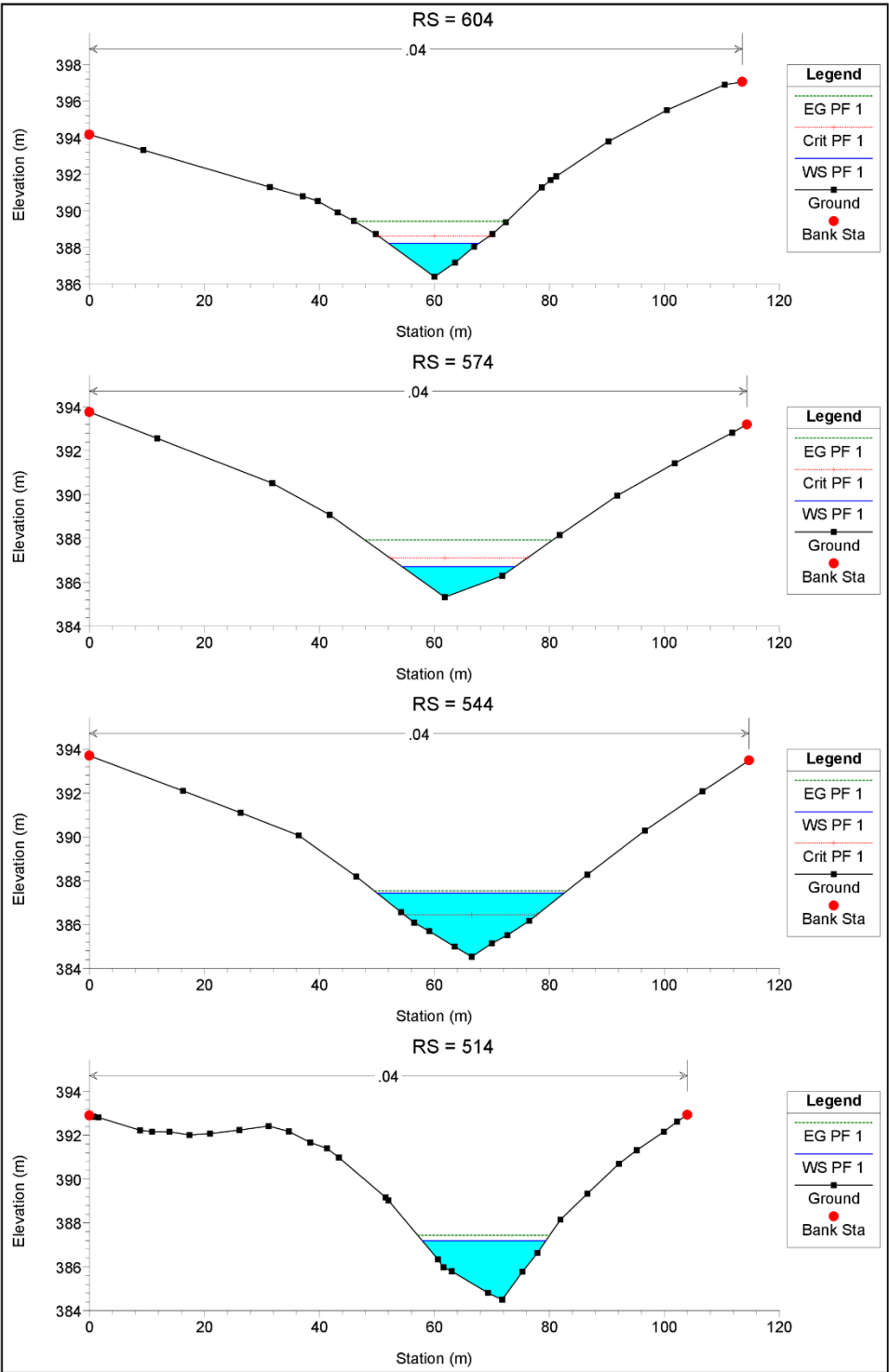


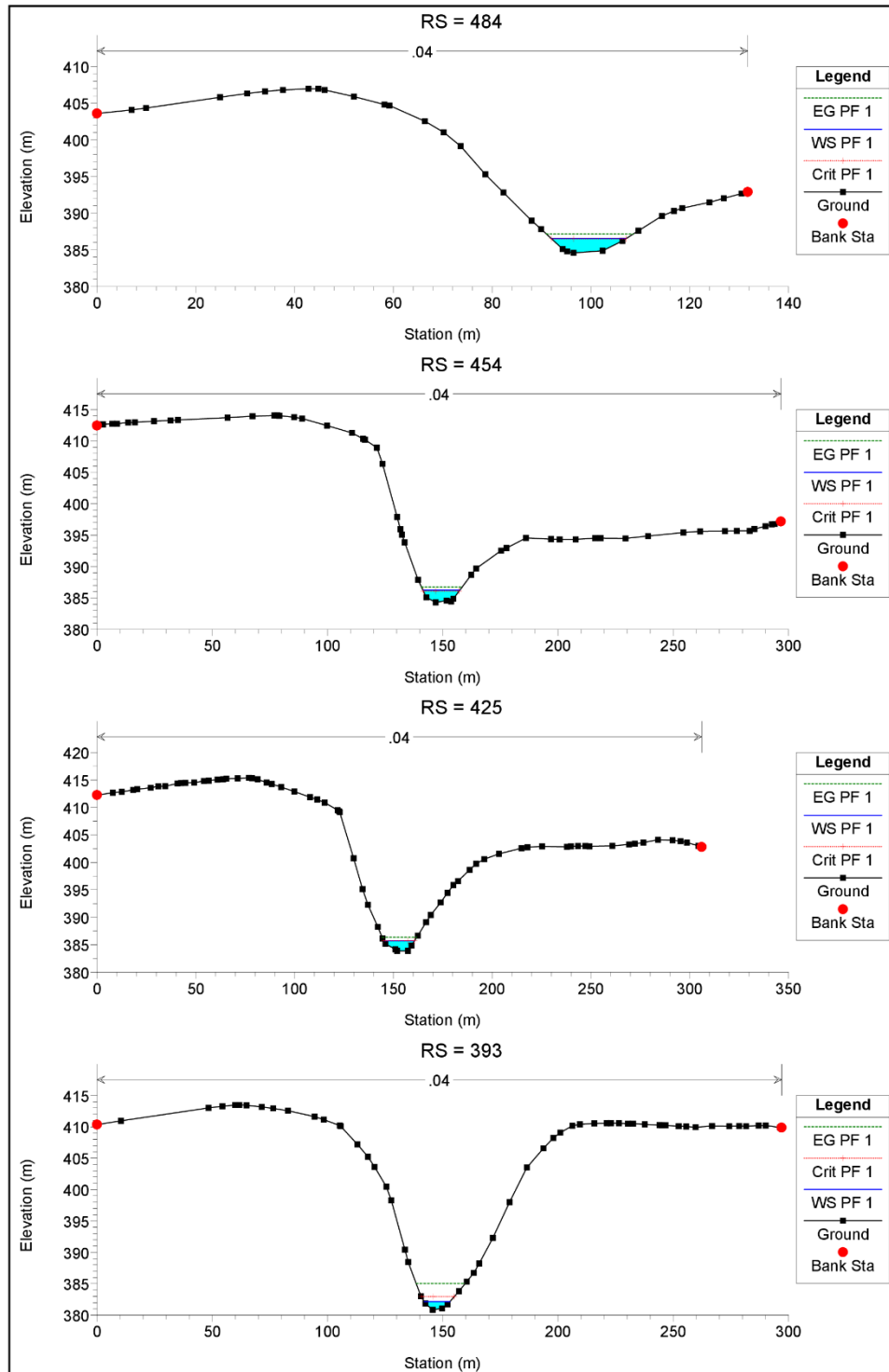


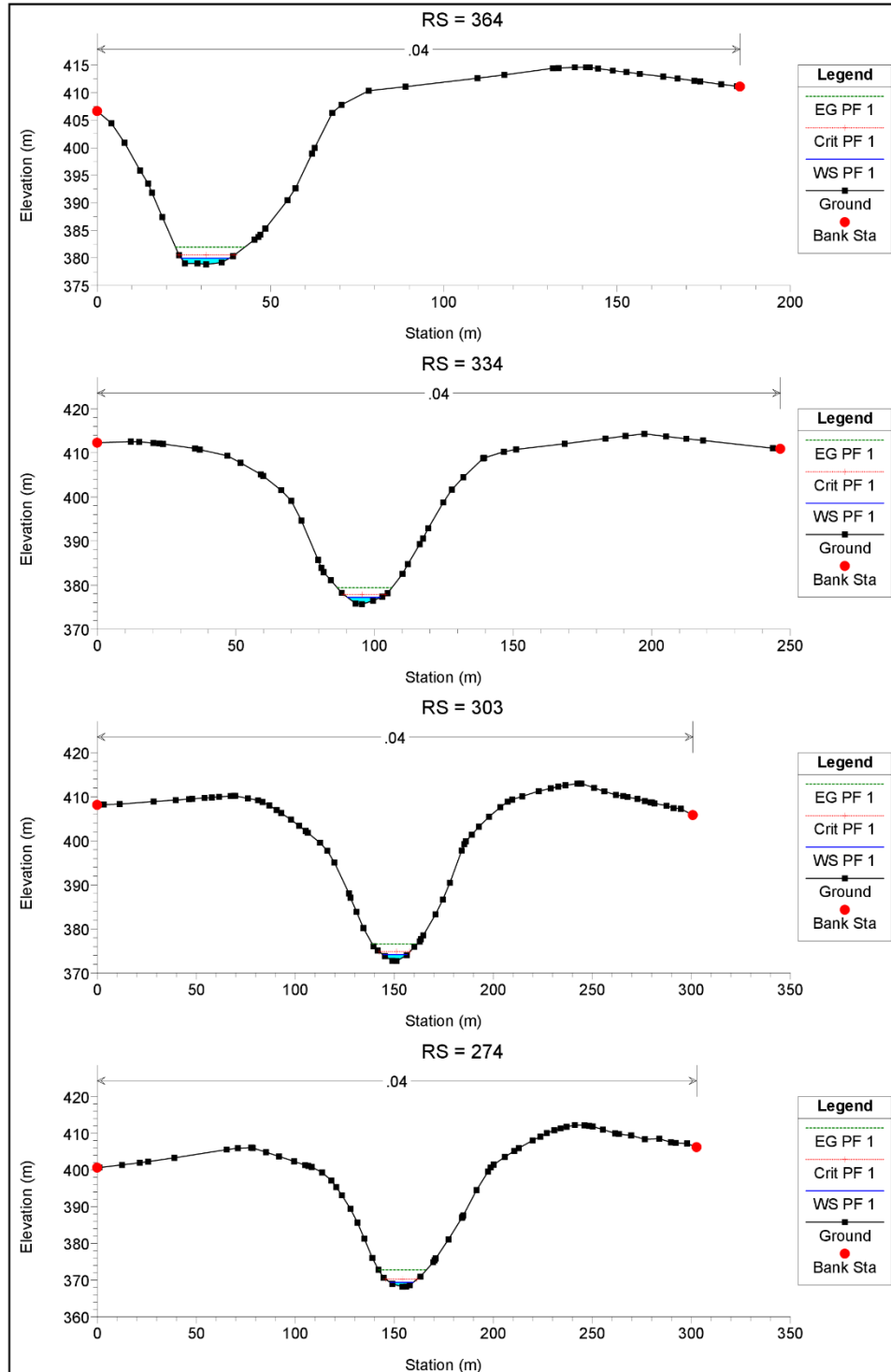


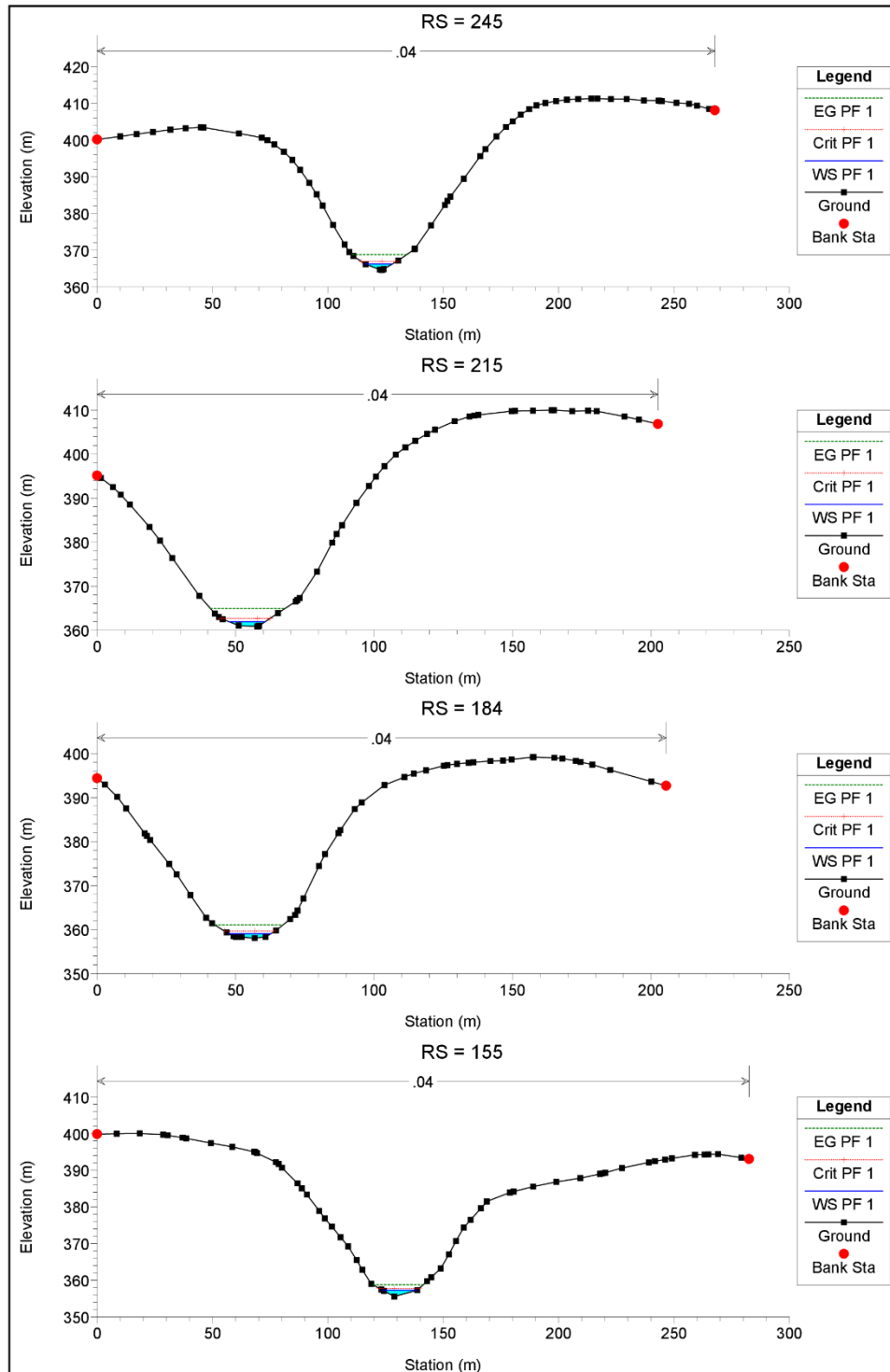


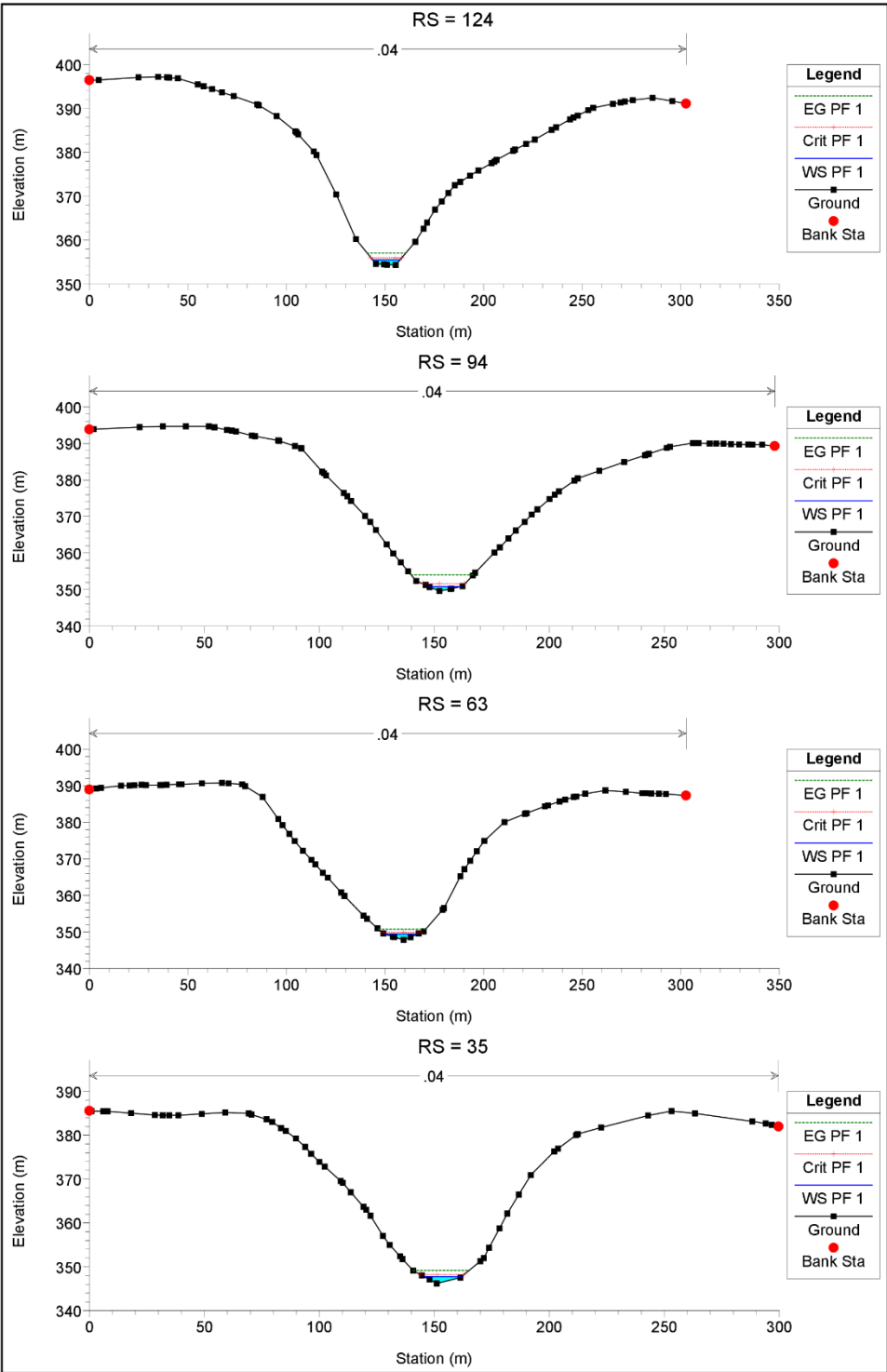


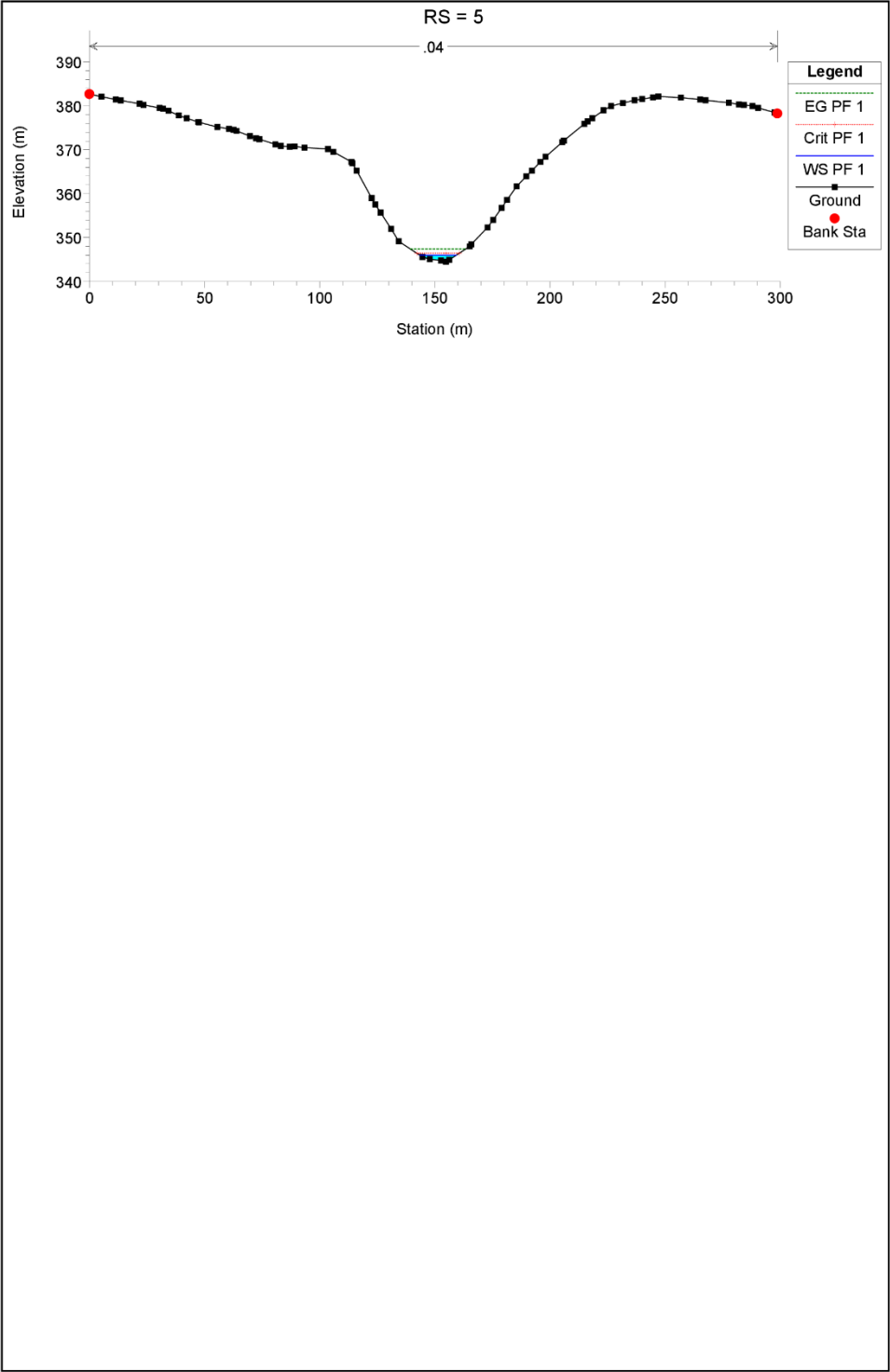












Plan: Plan 01 River 1 Reach 1 RS: 1355 Profile: PF 1

|                    |          |                      |         |         |          |
|--------------------|----------|----------------------|---------|---------|----------|
| E.G. Elev (m)      | 405.50   | Element              | Left OB | Channel | Right OB |
| Vel Head (m)       | 0.11     | Wt. n-Val.           |         | 0.040   |          |
| W.S. Elev (m)      | 405.38   | Reach Len. (m)       | 29.30   | 29.30   | 29.30    |
| Crit W.S. (m)      | 404.99   | Flow Area (m2)       |         | 48.04   |          |
| E.G. Slope (m/m)   | 0.004168 | Area (m2)            |         | 48.04   |          |
| Q Total (m3/s)     | 71.40    | Flow (m3/s)          |         | 71.40   |          |
| Top Width (m)      | 54.22    | Top Width (m)        |         | 54.22   |          |
| Vel Total (m/s)    | 1.49     | Avg. Vel. (m/s)      |         | 1.49    |          |
| Max Chl Dpth (m)   | 1.71     | Hydr. Depth (m)      |         | 0.89    |          |
| Conv. Total (m3/s) | 1105.9   | Conv. (m3/s)         |         | 1105.9  |          |
| Length Wtd. (m)    | 29.30    | Wetted Per. (m)      |         | 54.38   |          |
| Min Ch El (m)      | 403.67   | Shear (N/m2)         |         | 36.12   |          |
| Alpha              | 1.00     | Stream Power (N/m s) |         | 53.67   |          |
| Frctn Loss (m)     | 0.20     | Cum Volume (1000 m3) |         | 26.03   | 1.42     |
| C & E Loss (m)     | 0.03     | Cum SA (1000 m2)     |         | 27.42   | 1.34     |

Plan: Plan 01 River 1 Reach 1 RS: 1325 Profile: PF 1

|                    |          |                      |         |         |          |
|--------------------|----------|----------------------|---------|---------|----------|
| E.G. Elev (m)      | 405.27   | Element              | Left OB | Channel | Right OB |
| Vel Head (m)       | 0.38     | Wt. n-Val.           |         | 0.040   |          |
| W.S. Elev (m)      | 404.89   | Reach Len. (m)       | 30.80   | 30.80   | 30.80    |
| Crit W.S. (m)      | 404.83   | Flow Area (m2)       |         | 26.29   |          |
| E.G. Slope (m/m)   | 0.013953 | Area (m2)            |         | 26.29   |          |
| Q Total (m3/s)     | 71.40    | Flow (m3/s)          |         | 71.40   |          |
| Top Width (m)      | 29.65    | Top Width (m)        |         | 29.65   |          |
| Vel Total (m/s)    | 2.72     | Avg. Vel. (m/s)      |         | 2.72    |          |
| Max Chl Dpth (m)   | 1.47     | Hydr. Depth (m)      |         | 0.89    |          |
| Conv. Total (m3/s) | 604.5    | Conv. (m3/s)         |         | 604.5   |          |
| Length Wtd. (m)    | 30.80    | Wetted Per. (m)      |         | 29.82   |          |
| Min Ch El (m)      | 403.42   | Shear (N/m2)         |         | 120.66  |          |
| Alpha              | 1.00     | Stream Power (N/m s) |         | 327.65  |          |
| Frctn Loss (m)     | 0.47     | Cum Volume (1000 m3) |         | 24.94   | 1.42     |
| C & E Loss (m)     | 0.01     | Cum SA (1000 m2)     |         | 26.19   | 1.34     |

Plan: Plan 01 River 1 Reach 1 RS: 1294 Profile: PF 1

|                    |          |                      |         |         |          |
|--------------------|----------|----------------------|---------|---------|----------|
| E.G. Elev (m)      | 404.79   | Element              | Left OB | Channel | Right OB |
| Vel Head (m)       | 0.45     | Wt. n-Val.           |         | 0.040   |          |
| W.S. Elev (m)      | 404.34   | Reach Len. (m)       | 29.90   | 29.90   | 29.90    |
| Crit W.S. (m)      | 404.34   | Flow Area (m2)       |         | 24.09   |          |
| E.G. Slope (m/m)   | 0.016746 | Area (m2)            |         | 24.09   |          |
| Q Total (m3/s)     | 71.40    | Flow (m3/s)          |         | 71.40   |          |
| Top Width (m)      | 27.29    | Top Width (m)        |         | 27.29   |          |
| Vel Total (m/s)    | 2.96     | Avg. Vel. (m/s)      |         | 2.96    |          |
| Max Chl Dpth (m)   | 1.40     | Hydr. Depth (m)      |         | 0.88    |          |
| Conv. Total (m3/s) | 551.7    | Conv. (m3/s)         |         | 551.7   |          |
| Length Wtd. (m)    | 29.90    | Wetted Per. (m)      |         | 27.47   |          |
| Min Ch El (m)      | 402.94   | Shear (N/m2)         |         | 144.00  |          |
| Alpha              | 1.00     | Stream Power (N/m s) |         | 426.78  |          |
| Frctn Loss (m)     | 0.28     | Cum Volume (1000 m3) |         | 24.17   | 1.42     |
| C & E Loss (m)     | 0.07     | Cum SA (1000 m2)     |         | 25.31   | 1.34     |

Plan: Plan 01 River 1 Reach 1 RS: 1264 Profile: PF 1

|                  |          |                |         |         |          |
|------------------|----------|----------------|---------|---------|----------|
| E.G. Elev (m)    | 404.33   | Element        | Left OB | Channel | Right OB |
| Vel Head (m)     | 0.21     | Wt. n-Val.     |         | 0.040   |          |
| W.S. Elev (m)    | 404.11   | Reach Len. (m) | 30.40   | 30.40   | 30.40    |
| Crit W.S. (m)    | 403.75   | Flow Area (m2) |         | 34.94   |          |
| E.G. Slope (m/m) | 0.006101 | Area (m2)      |         | 34.94   |          |
| Q Total (m3/s)   | 71.40    | Flow (m3/s)    |         | 71.40   |          |

Plan: Plan 01 River 1 Reach 1 RS: 1264 Profile: PF 1 (Continued)

|                    |        |                      |  |        |      |
|--------------------|--------|----------------------|--|--------|------|
| Top Width (m)      | 32.40  | Top Width (m)        |  | 32.40  |      |
| Vel Total (m/s)    | 2.04   | Avg. Vel. (m/s)      |  | 2.04   |      |
| Max Chl Dpth (m)   | 1.72   | Hydr. Depth (m)      |  | 1.08   |      |
| Conv. Total (m3/s) | 914.1  | Conv. (m3/s)         |  | 914.1  |      |
| Length Wtd. (m)    | 30.40  | Wetted Per. (m)      |  | 32.64  |      |
| Min Ch El (m)      | 402.39 | Shear (N/m2)         |  | 64.05  |      |
| Alpha              | 1.00   | Stream Power (N/m s) |  | 130.90 |      |
| Frctn Loss (m)     | 0.29   | Cum Volume (1000 m3) |  | 23.29  | 1.42 |
| C & E Loss (m)     | 0.02   | Cum SA (1000 m2)     |  | 24.42  | 1.34 |

Plan: Plan 01 River 1 Reach 1 RS: 1234 Profile: PF 1

|                    |          |                      |         |         |          |
|--------------------|----------|----------------------|---------|---------|----------|
| E.G. Elev (m)      | 404.01   | Element              | Left OB | Channel | Right OB |
| Vel Head (m)       | 0.44     | Wt. n-Val.           |         | 0.040   |          |
| W.S. Elev (m)      | 403.57   | Reach Len. (m)       | 28.70   | 28.70   | 28.70    |
| Crit W.S. (m)      | 403.57   | Flow Area (m2)       |         | 24.20   |          |
| E.G. Slope (m/m)   | 0.016558 | Area (m2)            |         | 24.20   |          |
| Q Total (m3/s)     | 71.40    | Flow (m3/s)          |         | 71.40   |          |
| Top Width (m)      | 27.36    | Top Width (m)        |         | 27.36   |          |
| Vel Total (m/s)    | 2.95     | Avg. Vel. (m/s)      |         | 2.95    |          |
| Max Chl Dpth (m)   | 1.57     | Hydr. Depth (m)      |         | 0.88    |          |
| Conv. Total (m3/s) | 554.9    | Conv. (m3/s)         |         | 554.9   |          |
| Length Wtd. (m)    | 28.70    | Wetted Per. (m)      |         | 27.56   |          |
| Min Ch El (m)      | 402.00   | Shear (N/m2)         |         | 142.60  |          |
| Alpha              | 1.00     | Stream Power (N/m s) |         | 420.67  |          |
| Frctn Loss (m)     | 0.59     | Cum Volume (1000 m3) |         | 22.39   | 1.42     |
| C & E Loss (m)     | 0.01     | Cum SA (1000 m2)     |         | 23.51   | 1.34     |

Plan: Plan 01 River 1 Reach 1 RS: 1205 Profile: PF 1

|                    |          |                      |         |         |          |
|--------------------|----------|----------------------|---------|---------|----------|
| E.G. Elev (m)      | 403.41   | Element              | Left OB | Channel | Right OB |
| Vel Head (m)       | 0.57     | Wt. n-Val.           |         | 0.040   |          |
| W.S. Elev (m)      | 402.84   | Reach Len. (m)       | 30.00   | 30.00   | 30.00    |
| Crit W.S. (m)      | 402.97   | Flow Area (m2)       |         | 21.34   |          |
| E.G. Slope (m/m)   | 0.026392 | Area (m2)            |         | 21.34   |          |
| Q Total (m3/s)     | 71.40    | Flow (m3/s)          |         | 71.40   |          |
| Top Width (m)      | 28.39    | Top Width (m)        |         | 28.39   |          |
| Vel Total (m/s)    | 3.35     | Avg. Vel. (m/s)      |         | 3.35    |          |
| Max Chl Dpth (m)   | 1.20     | Hydr. Depth (m)      |         | 0.75    |          |
| Conv. Total (m3/s) | 439.5    | Conv. (m3/s)         |         | 439.5   |          |
| Length Wtd. (m)    |          | Wetted Per. (m)      |         | 28.54   |          |
| Min Ch El (m)      | 401.64   | Shear (N/m2)         |         | 193.53  |          |
| Alpha              | 1.00     | Stream Power (N/m s) |         | 647.56  |          |
| Frctn Loss (m)     |          | Cum Volume (1000 m3) |         | 21.73   | 1.42     |
| C & E Loss (m)     |          | Cum SA (1000 m2)     |         | 22.71   | 1.34     |

Plan: Plan 01 River 1 Reach 1 RS: 1175 Profile: PF 1

|                    |          |                 |         |         |          |
|--------------------|----------|-----------------|---------|---------|----------|
| E.G. Elev (m)      | 402.78   | Element         | Left OB | Channel | Right OB |
| Vel Head (m)       | 0.40     | Wt. n-Val.      |         | 0.040   |          |
| W.S. Elev (m)      | 402.38   | Reach Len. (m)  | 28.90   | 28.90   | 28.90    |
| Crit W.S. (m)      | 402.38   | Flow Area (m2)  |         | 25.44   |          |
| E.G. Slope (m/m)   | 0.017402 | Area (m2)       |         | 25.44   |          |
| Q Total (m3/s)     | 71.40    | Flow (m3/s)     |         | 71.40   |          |
| Top Width (m)      | 32.29    | Top Width (m)   |         | 32.29   |          |
| Vel Total (m/s)    | 2.81     | Avg. Vel. (m/s) |         | 2.81    |          |
| Max Chl Dpth (m)   | 1.28     | Hydr. Depth (m) |         | 0.79    |          |
| Conv. Total (m3/s) | 541.2    | Conv. (m3/s)    |         | 541.2   |          |
| Length Wtd. (m)    | 28.90    | Wetted Per. (m) |         | 32.42   |          |
| Min Ch El (m)      | 401.10   | Shear (N/m2)    |         | 133.94  |          |

Plan: Plan 01 River 1 Reach 1 RS: 1175 Profile: PF 1 (Continued)

|                |      |                      |  |        |      |
|----------------|------|----------------------|--|--------|------|
| Alpha          | 1.00 | Stream Power (N/m s) |  | 375.84 |      |
| Frctn Loss (m) | 0.52 | Cum Volume (1000 m3) |  | 21.03  | 1.42 |
| C & E Loss (m) | 0.00 | Cum SA (1000 m2)     |  | 21.80  | 1.34 |

Plan: Plan 01 River 1 Reach 1 RS: 1146 Profile: PF 1

|                    |          |                      |         |         |          |
|--------------------|----------|----------------------|---------|---------|----------|
| E.G. Elev (m)      | 402.26   | Element              | Left OB | Channel | Right OB |
| Vel Head (m)       | 0.45     | Wt. n-Val.           |         | 0.040   |          |
| W.S. Elev (m)      | 401.81   | Reach Len. (m)       | 30.50   | 30.50   | 30.50    |
| Crit W.S. (m)      | 401.83   | Flow Area (m2)       |         | 24.03   |          |
| E.G. Slope (m/m)   | 0.018376 | Area (m2)            |         | 24.03   |          |
| Q Total (m3/s)     | 71.40    | Flow (m3/s)          |         | 71.40   |          |
| Top Width (m)      | 29.10    | Top Width (m)        |         | 29.10   |          |
| Vel Total (m/s)    | 2.97     | Avg. Vel. (m/s)      |         | 2.97    |          |
| Max Chl Dpth (m)   | 1.38     | Hydr. Depth (m)      |         | 0.83    |          |
| Conv. Total (m3/s) | 526.7    | Conv. (m3/s)         |         | 526.7   |          |
| Length Wtd. (m)    | 30.50    | Wetted Per. (m)      |         | 29.26   |          |
| Min Ch El (m)      | 400.43   | Shear (N/m2)         |         | 147.98  |          |
| Alpha              | 1.00     | Stream Power (N/m s) |         | 439.79  |          |
| Frctn Loss (m)     | 0.60     | Cum Volume (1000 m3) |         | 20.32   | 1.42     |
| C & E Loss (m)     | 0.01     | Cum SA (1000 m2)     |         | 20.92   | 1.34     |

Plan: Plan 01 River 1 Reach 1 RS: 1116 Profile: PF 1

|                    |          |                      |         |         |          |
|--------------------|----------|----------------------|---------|---------|----------|
| E.G. Elev (m)      | 401.65   | Element              | Left OB | Channel | Right OB |
| Vel Head (m)       | 0.54     | Wt. n-Val.           |         | 0.040   |          |
| W.S. Elev (m)      | 401.11   | Reach Len. (m)       | 30.10   | 30.10   | 30.10    |
| Crit W.S. (m)      | 401.19   | Flow Area (m2)       |         | 22.04   |          |
| E.G. Slope (m/m)   | 0.021384 | Area (m2)            |         | 22.04   |          |
| Q Total (m3/s)     | 71.40    | Flow (m3/s)          |         | 71.40   |          |
| Top Width (m)      | 26.23    | Top Width (m)        |         | 26.23   |          |
| Vel Total (m/s)    | 3.24     | Avg. Vel. (m/s)      |         | 3.24    |          |
| Max Chl Dpth (m)   | 1.24     | Hydr. Depth (m)      |         | 0.84    |          |
| Conv. Total (m3/s) | 488.3    | Conv. (m3/s)         |         | 488.3   |          |
| Length Wtd. (m)    | 30.10    | Wetted Per. (m)      |         | 26.42   |          |
| Min Ch El (m)      | 399.87   | Shear (N/m2)         |         | 174.94  |          |
| Alpha              | 1.00     | Stream Power (N/m s) |         | 566.77  |          |
| Frctn Loss (m)     | 0.98     | Cum Volume (1000 m3) |         | 19.61   | 1.42     |
| C & E Loss (m)     | 0.05     | Cum SA (1000 m2)     |         | 20.07   | 1.34     |

Plan: Plan 01 River 1 Reach 1 RS: 1086 Profile: PF 1

|                    |          |                      |         |         |          |
|--------------------|----------|----------------------|---------|---------|----------|
| E.G. Elev (m)      | 400.63   | Element              | Left OB | Channel | Right OB |
| Vel Head (m)       | 0.99     | Wt. n-Val.           |         | 0.040   |          |
| W.S. Elev (m)      | 399.64   | Reach Len. (m)       | 29.50   | 29.50   | 29.50    |
| Crit W.S. (m)      | 399.95   | Flow Area (m2)       |         | 16.24   |          |
| E.G. Slope (m/m)   | 0.054830 | Area (m2)            |         | 16.24   |          |
| Q Total (m3/s)     | 71.40    | Flow (m3/s)          |         | 71.40   |          |
| Top Width (m)      | 24.81    | Top Width (m)        |         | 24.81   |          |
| Vel Total (m/s)    | 4.40     | Avg. Vel. (m/s)      |         | 4.40    |          |
| Max Chl Dpth (m)   | 1.09     | Hydr. Depth (m)      |         | 0.65    |          |
| Conv. Total (m3/s) | 304.9    | Conv. (m3/s)         |         | 304.9   |          |
| Length Wtd. (m)    |          | Wetted Per. (m)      |         | 24.94   |          |
| Min Ch El (m)      | 398.55   | Shear (N/m2)         |         | 350.07  |          |
| Alpha              | 1.00     | Stream Power (N/m s) |         | 1539.44 |          |
| Frctn Loss (m)     |          | Cum Volume (1000 m3) |         | 19.04   | 1.42     |
| C & E Loss (m)     |          | Cum SA (1000 m2)     |         | 19.30   | 1.34     |

Plan: Plan 01 River 1 Reach 1 RS: 1056 Profile: PF 1

|                    |          |                      |         |         |          |
|--------------------|----------|----------------------|---------|---------|----------|
| E.G. Elev (m)      | 399.68   | Element              | Left OB | Channel | Right OB |
| Vel Head (m)       | 0.43     | Wt. n-Val.           |         |         | 0.040    |
| W.S. Elev (m)      | 399.25   | Reach Len. (m)       | 30.80   | 30.80   | 30.80    |
| Crit W.S. (m)      | 399.25   | Flow Area (m2)       |         |         | 24.67    |
| E.G. Slope (m/m)   | 0.017104 | Area (m2)            |         |         | 24.67    |
| Q Total (m3/s)     | 71.40    | Flow (m3/s)          |         |         | 71.40    |
| Top Width (m)      | 29.47    | Top Width (m)        |         |         | 29.47    |
| Vel Total (m/s)    | 2.89     | Avg. Vel. (m/s)      |         |         | 2.89     |
| Max Chl Dpth (m)   | 1.41     | Hydr. Depth (m)      |         |         | 0.84     |
| Conv. Total (m3/s) | 545.9    | Conv. (m3/s)         |         |         | 545.9    |
| Length Wtd. (m)    | 30.80    | Wetted Per. (m)      |         |         | 29.64    |
| Min Ch El (m)      | 399.63   | Shear (N/m2)         |         |         | 139.65   |
| Alpha              | 1.00     | Stream Power (N/m s) |         |         | 404.10   |
| Frctn Loss (m)     | 0.65     | Cum Volume (1000 m3) |         | 18.80   | 1.06     |
| C & E Loss (m)     | 0.02     | Cum SA (1000 m2)     |         | 18.94   | 0.91     |

Plan: Plan 01 River 1 Reach 1 RS: 1025 Profile: PF 1

|                    |          |                      |         |         |          |
|--------------------|----------|----------------------|---------|---------|----------|
| E.G. Elev (m)      | 399.01   | Element              | Left OB | Channel | Right OB |
| Vel Head (m)       | 0.62     | Wt. n-Val.           |         | 0.040   |          |
| W.S. Elev (m)      | 398.39   | Reach Len. (m)       | 28.20   | 28.20   | 28.20    |
| Crit W.S. (m)      | 398.54   | Flow Area (m2)       |         | 20.48   |          |
| E.G. Slope (m/m)   | 0.026768 | Area (m2)            |         | 20.48   |          |
| Q Total (m3/s)     | 71.40    | Flow (m3/s)          |         | 71.40   |          |
| Top Width (m)      | 25.86    | Top Width (m)        |         | 25.86   |          |
| Vel Total (m/s)    | 3.49     | Avg. Vel. (m/s)      |         | 3.49    |          |
| Max Chl Dpth (m)   | 1.23     | Hydr. Depth (m)      |         | 0.79    |          |
| Conv. Total (m3/s) | 436.4    | Conv. (m3/s)         |         | 436.4   |          |
| Length Wtd. (m)    | 28.20    | Wetted Per. (m)      |         | 26.01   |          |
| Min Ch El (m)      | 397.16   | Shear (N/m2)         |         | 206.62  |          |
| Alpha              | 1.00     | Stream Power (N/m s) |         | 720.45  |          |
| Frctn Loss (m)     | 0.96     | Cum Volume (1000 m3) |         | 18.48   | 0.68     |
| C & E Loss (m)     | 0.02     | Cum SA (1000 m2)     |         | 18.54   | 0.45     |

Plan: Plan 01 River 1 Reach 1 RS: 997 Profile: PF 1

|                    |          |                      |         |         |          |
|--------------------|----------|----------------------|---------|---------|----------|
| E.G. Elev (m)      | 398.04   | Element              | Left OB | Channel | Right OB |
| Vel Head (m)       | 0.78     | Wt. n-Val.           |         | 0.040   |          |
| W.S. Elev (m)      | 397.25   | Reach Len. (m)       | 25.00   | 25.00   | 25.00    |
| Crit W.S. (m)      | 397.52   | Flow Area (m2)       |         | 18.22   |          |
| E.G. Slope (m/m)   | 0.044560 | Area (m2)            |         | 18.22   |          |
| Q Total (m3/s)     | 71.40    | Flow (m3/s)          |         | 71.40   |          |
| Top Width (m)      | 28.36    | Top Width (m)        |         | 28.36   |          |
| Vel Total (m/s)    | 3.92     | Avg. Vel. (m/s)      |         | 3.92    |          |
| Max Chl Dpth (m)   | 1.26     | Hydr. Depth (m)      |         | 0.64    |          |
| Conv. Total (m3/s) | 338.2    | Conv. (m3/s)         |         | 338.2   |          |
| Length Wtd. (m)    | 25.00    | Wetted Per. (m)      |         | 28.48   |          |
| Min Ch El (m)      | 395.99   | Shear (N/m2)         |         | 279.57  |          |
| Alpha              | 1.00     | Stream Power (N/m s) |         | 1095.47 |          |
| Frctn Loss (m)     | 0.33     | Cum Volume (1000 m3) |         | 17.94   | 0.68     |
| C & E Loss (m)     | 0.01     | Cum SA (1000 m2)     |         | 17.77   | 0.45     |

Plan: Plan 01 River 1 Reach 1 RS: 972 Profile: PF 1

|                  |          |                |         |         |          |
|------------------|----------|----------------|---------|---------|----------|
| E.G. Elev (m)    | 397.55   | Element        | Left OB | Channel | Right OB |
| Vel Head (m)     | 0.33     | Wt. n-Val.     |         | 0.040   |          |
| W.S. Elev (m)    | 397.22   | Reach Len. (m) | 38.70   | 38.70   | 38.70    |
| Crit W.S. (m)    | 397.07   | Flow Area (m2) |         | 28.14   |          |
| E.G. Slope (m/m) | 0.010454 | Area (m2)      |         | 28.14   |          |
| Q Total (m3/s)   | 71.40    | Flow (m3/s)    |         | 71.40   |          |

Plan: Plan 01 River 1 Reach 1 RS: 972 Profile: PF 1 (Continued)

|                    |        |                      |  |        |      |
|--------------------|--------|----------------------|--|--------|------|
| Top Width (m)      | 28.23  | Top Width (m)        |  | 28.23  |      |
| Vel Total (m/s)    | 2.54   | Avg. Vel. (m/s)      |  | 2.54   |      |
| Max Chl Dpth (m)   | 1.56   | Hydr. Depth (m)      |  | 1.00   |      |
| Conv. Total (m3/s) | 698.3  | Conv. (m3/s)         |  | 698.3  |      |
| Length Wtd. (m)    | 38.70  | Wetted Per. (m)      |  | 28.46  |      |
| Min Ch El (m)      | 395.66 | Shear (N/m2)         |  | 101.37 |      |
| Alpha              | 1.00   | Stream Power (N/m s) |  | 257.19 |      |
| Frctn Loss (m)     | 0.50   | Cum Volume (1000 m3) |  | 17.36  | 0.68 |
| C & E Loss (m)     | 0.02   | Cum SA (1000 m2)     |  | 17.07  | 0.45 |

Plan: Plan 01 River 1 Reach 1 RS: 934 Profile: PF 1

|                    |          |                      |         |         |          |
|--------------------|----------|----------------------|---------|---------|----------|
| E.G. Elev (m)      | 397.04   | Element              | Left OB | Channel | Right OB |
| Vel Head (m)       | 0.49     | Wt. n-Val.           |         | 0.040   |          |
| W.S. Elev (m)      | 396.54   | Reach Len. (m)       | 27.00   | 27.00   | 27.00    |
| Crit W.S. (m)      | 396.54   | Flow Area (m2)       |         | 22.92   |          |
| E.G. Slope (m/m)   | 0.016197 | Area (m2)            |         | 22.92   |          |
| Q Total (m3/s)     | 71.40    | Flow (m3/s)          |         | 71.40   |          |
| Top Width (m)      | 23.36    | Top Width (m)        |         | 23.36   |          |
| Vel Total (m/s)    | 3.11     | Avg. Vel. (m/s)      |         | 3.11    |          |
| Max Chl Dpth (m)   | 1.81     | Hydr. Depth (m)      |         | 0.98    |          |
| Conv. Total (m3/s) | 561.0    | Conv. (m3/s)         |         | 561.0   |          |
| Length Wtd. (m)    | 27.00    | Wetted Per. (m)      |         | 23.66   |          |
| Min Ch El (m)      | 394.73   | Shear (N/m2)         |         | 153.87  |          |
| Alpha              | 1.00     | Stream Power (N/m s) |         | 479.29  |          |
| Frctn Loss (m)     | 0.52     | Cum Volume (1000 m3) |         | 16.37   | 0.68     |
| C & E Loss (m)     | 0.02     | Cum SA (1000 m2)     |         | 16.07   | 0.45     |

Plan: Plan 01 River 1 Reach 1 RS: 907 Profile: PF 1

|                    |          |                      |         |         |          |
|--------------------|----------|----------------------|---------|---------|----------|
| E.G. Elev (m)      | 396.50   | Element              | Left OB | Channel | Right OB |
| Vel Head (m)       | 0.65     | Wt. n-Val.           |         | 0.040   |          |
| W.S. Elev (m)      | 395.85   | Reach Len. (m)       | 30.20   | 30.20   | 30.20    |
| Crit W.S. (m)      | 395.98   | Flow Area (m2)       |         | 19.96   |          |
| E.G. Slope (m/m)   | 0.023151 | Area (m2)            |         | 19.96   |          |
| Q Total (m3/s)     | 71.40    | Flow (m3/s)          |         | 71.40   |          |
| Top Width (m)      | 21.60    | Top Width (m)        |         | 21.60   |          |
| Vel Total (m/s)    | 3.58     | Avg. Vel. (m/s)      |         | 3.58    |          |
| Max Chl Dpth (m)   | 1.29     | Hydr. Depth (m)      |         | 0.92    |          |
| Conv. Total (m3/s) | 469.3    | Conv. (m3/s)         |         | 469.3   |          |
| Length Wtd. (m)    | 30.20    | Wetted Per. (m)      |         | 21.87   |          |
| Min Ch El (m)      | 394.56   | Shear (N/m2)         |         | 207.12  |          |
| Alpha              | 1.00     | Stream Power (N/m s) |         | 741.07  |          |
| Frctn Loss (m)     | 1.11     | Cum Volume (1000 m3) |         | 15.79   | 0.68     |
| C & E Loss (m)     | 0.06     | Cum SA (1000 m2)     |         | 15.46   | 0.45     |

Plan: Plan 01 River 1 Reach 1 RS: 876 Profile: PF 1

|                    |          |                 |         |         |          |
|--------------------|----------|-----------------|---------|---------|----------|
| E.G. Elev (m)      | 395.33   | Element         | Left OB | Channel | Right OB |
| Vel Head (m)       | 1.27     | Wt. n-Val.      |         | 0.040   |          |
| W.S. Elev (m)      | 394.06   | Reach Len. (m)  | 29.30   | 29.30   | 29.30    |
| Crit W.S. (m)      | 394.46   | Flow Area (m2)  |         | 14.29   |          |
| E.G. Slope (m/m)   | 0.067136 | Area (m2)       |         | 14.29   |          |
| Q Total (m3/s)     | 71.40    | Flow (m3/s)     |         | 71.40   |          |
| Top Width (m)      | 20.92    | Top Width (m)   |         | 20.92   |          |
| Vel Total (m/s)    | 5.00     | Avg. Vel. (m/s) |         | 5.00    |          |
| Max Chl Dpth (m)   | 1.21     | Hydr. Depth (m) |         | 0.68    |          |
| Conv. Total (m3/s) | 275.6    | Conv. (m3/s)    |         | 275.6   |          |
| Length Wtd. (m)    | 29.30    | Wetted Per. (m) |         | 21.09   |          |
| Min Ch El (m)      | 392.85   | Shear (N/m2)    |         | 446.07  |          |

Plan: Plan 01 River 1 Reach 1 RS: 876 Profile: PF 1 (Continued)

|                |      |                      |  |         |      |
|----------------|------|----------------------|--|---------|------|
| Alpha          | 1.00 | Stream Power (N/m s) |  | 2229.04 |      |
| Frctn Loss (m) | 0.88 | Cum Volume (1000 m3) |  | 15.27   | 0.68 |
| C & E Loss (m) | 0.23 | Cum SA (1000 m2)     |  | 14.82   | 0.45 |

Plan: Plan 01 River 1 Reach 1 RS: 847 Profile: PF 1

|                    |          |                      |         |         |          |
|--------------------|----------|----------------------|---------|---------|----------|
| E.G. Elev (m)      | 394.22   | Element              | Left OB | Channel | Right OB |
| Vel Head (m)       | 0.50     | Wt. n-Val.           |         | 0.040   |          |
| W.S. Elev (m)      | 393.72   | Reach Len. (m)       | 31.00   | 31.00   | 31.00    |
| Crit W.S. (m)      | 393.73   | Flow Area (m2)       |         | 22.81   |          |
| E.G. Slope (m/m)   | 0.016969 | Area (m2)            |         | 22.81   |          |
| Q Total (m3/s)     | 71.40    | Flow (m3/s)          |         | 71.40   |          |
| Top Width (m)      | 23.93    | Top Width (m)        |         | 23.93   |          |
| Vel Total (m/s)    | 3.13     | Avg. Vel. (m/s)      |         | 3.13    |          |
| Max Chl Dpth (m)   | 1.84     | Hydr. Depth (m)      |         | 0.95    |          |
| Conv. Total (m3/s) | 548.1    | Conv. (m3/s)         |         | 548.1   |          |
| Length Wtd. (m)    | 31.00    | Wetted Per. (m)      |         | 24.22   |          |
| Min Ch El (m)      | 391.88   | Shear (N/m2)         |         | 156.76  |          |
| Alpha              | 1.00     | Stream Power (N/m s) |         | 490.60  |          |
| Frctn Loss (m)     | 0.56     | Cum Volume (1000 m3) |         | 14.73   | 0.68     |
| C & E Loss (m)     | 0.01     | Cum SA (1000 m2)     |         | 14.16   | 0.45     |

Plan: Plan 01 River 1 Reach 1 RS: 816 Profile: PF 1

|                    |          |                      |         |         |          |
|--------------------|----------|----------------------|---------|---------|----------|
| E.G. Elev (m)      | 393.65   | Element              | Left OB | Channel | Right OB |
| Vel Head (m)       | 0.61     | Wt. n-Val.           |         | 0.040   |          |
| W.S. Elev (m)      | 393.04   | Reach Len. (m)       | 48.10   | 48.10   | 48.10    |
| Crit W.S. (m)      | 393.11   | Flow Area (m2)       |         | 20.61   |          |
| E.G. Slope (m/m)   | 0.019240 | Area (m2)            |         | 20.61   |          |
| Q Total (m3/s)     | 71.40    | Flow (m3/s)          |         | 71.40   |          |
| Top Width (m)      | 20.27    | Top Width (m)        |         | 20.27   |          |
| Vel Total (m/s)    | 3.46     | Avg. Vel. (m/s)      |         | 3.46    |          |
| Max Chl Dpth (m)   | 1.90     | Hydr. Depth (m)      |         | 1.02    |          |
| Conv. Total (m3/s) | 514.8    | Conv. (m3/s)         |         | 514.8   |          |
| Length Wtd. (m)    | 48.10    | Wetted Per. (m)      |         | 20.65   |          |
| Min Ch El (m)      | 391.14   | Shear (N/m2)         |         | 188.34  |          |
| Alpha              | 1.00     | Stream Power (N/m s) |         | 652.32  |          |
| Frctn Loss (m)     | 0.35     | Cum Volume (1000 m3) |         | 14.06   | 0.68     |
| C & E Loss (m)     | 0.10     | Cum SA (1000 m2)     |         | 13.48   | 0.45     |

Plan: Plan 01 River 1 Reach 1 RS: 768 Profile: PF 1

|                    |          |                      |         |         |          |
|--------------------|----------|----------------------|---------|---------|----------|
| E.G. Elev (m)      | 392.64   | Element              | Left OB | Channel | Right OB |
| Vel Head (m)       | 0.19     | Wt. n-Val.           |         | 0.040   |          |
| W.S. Elev (m)      | 392.46   | Reach Len. (m)       | 43.00   | 43.00   | 43.00    |
| Crit W.S. (m)      | 391.91   | Flow Area (m2)       |         | 37.12   |          |
| E.G. Slope (m/m)   | 0.004126 | Area (m2)            |         | 37.12   |          |
| Q Total (m3/s)     | 71.40    | Flow (m3/s)          |         | 71.40   |          |
| Top Width (m)      | 27.88    | Top Width (m)        |         | 27.88   |          |
| Vel Total (m/s)    | 1.92     | Avg. Vel. (m/s)      |         | 1.92    |          |
| Max Chl Dpth (m)   | 2.35     | Hydr. Depth (m)      |         | 1.33    |          |
| Conv. Total (m3/s) | 1111.6   | Conv. (m3/s)         |         | 1111.6  |          |
| Length Wtd. (m)    | 43.00    | Wetted Per. (m)      |         | 28.32   |          |
| Min Ch El (m)      | 390.11   | Shear (N/m2)         |         | 53.04   |          |
| Alpha              | 1.00     | Stream Power (N/m s) |         | 102.00  |          |
| Frctn Loss (m)     | 0.31     | Cum Volume (1000 m3) |         | 12.67   | 0.68     |
| C & E Loss (m)     | 0.03     | Cum SA (1000 m2)     |         | 12.32   | 0.45     |

Plan: Plan 01 River 1 Reach 1 RS: 725 Profile: PF 1

|                    |          |                      |         |         |          |
|--------------------|----------|----------------------|---------|---------|----------|
| E.G. Elev (m)      | 392.30   | Element              | Left OB | Channel | Right OB |
| Vel Head (m)       | 0.53     | Wt. n-Val.           |         | 0.040   |          |
| W.S. Elev (m)      | 391.76   | Reach Len. (m)       | 30.30   | 30.30   | 30.30    |
| Crit W.S. (m)      | 391.76   | Flow Area (m2)       |         | 22.05   |          |
| E.G. Slope (m/m)   | 0.015843 | Area (m2)            |         | 22.05   |          |
| Q Total (m3/s)     | 71.40    | Flow (m3/s)          |         | 71.40   |          |
| Top Width (m)      | 20.66    | Top Width (m)        |         | 20.66   |          |
| Vel Total (m/s)    | 3.24     | Avg. Vel. (m/s)      |         | 3.24    |          |
| Max Chl Dpth (m)   | 2.04     | Hydr. Depth (m)      |         | 1.07    |          |
| Conv. Total (m3/s) | 567.3    | Conv. (m3/s)         |         | 567.3   |          |
| Length Wtd. (m)    | 30.30    | Wetted Per. (m)      |         | 21.12   |          |
| Min Ch El (m)      | 389.72   | Shear (N/m2)         |         | 162.19  |          |
| Alpha              | 1.00     | Stream Power (N/m s) |         | 525.19  |          |
| Frctn Loss (m)     | 0.32     | Cum Volume (1000 m3) |         | 11.40   | 0.68     |
| C & E Loss (m)     | 0.05     | Cum SA (1000 m2)     |         | 11.28   | 0.45     |

Plan: Plan 01 River 1 Reach 1 RS: 695 Profile: PF 1

|                    |          |                      |         |         |          |
|--------------------|----------|----------------------|---------|---------|----------|
| E.G. Elev (m)      | 391.72   | Element              | Left OB | Channel | Right OB |
| Vel Head (m)       | 0.37     | Wt. n-Val.           |         | 0.040   | 0.040    |
| W.S. Elev (m)      | 391.35   | Reach Len. (m)       | 30.20   | 30.20   | 30.20    |
| Crit W.S. (m)      | 391.11   | Flow Area (m2)       |         | 4.90    | 22.50    |
| E.G. Slope (m/m)   | 0.007567 | Area (m2)            |         | 4.90    | 22.50    |
| Q Total (m3/s)     | 71.40    | Flow (m3/s)          |         | 8.23    | 63.17    |
| Top Width (m)      | 22.03    | Top Width (m)        |         | 7.11    | 14.93    |
| Vel Total (m/s)    | 2.61     | Avg. Vel. (m/s)      |         | 1.68    | 2.81     |
| Max Chl Dpth (m)   | 2.04     | Hydr. Depth (m)      |         | 0.69    | 1.51     |
| Conv. Total (m3/s) | 820.8    | Conv. (m3/s)         |         | 94.6    | 726.2    |
| Length Wtd. (m)    | 30.20    | Wetted Per. (m)      |         | 7.23    | 15.34    |
| Min Ch El (m)      | 390.02   | Shear (N/m2)         |         | 50.33   | 108.86   |
| Alpha              | 1.08     | Stream Power (N/m s) |         | 84.48   | 305.64   |
| Frctn Loss (m)     | 0.32     | Cum Volume (1000 m3) |         | 10.99   | 0.34     |
| C & E Loss (m)     | 0.02     | Cum SA (1000 m2)     |         | 10.86   | 0.23     |

Plan: Plan 01 River 1 Reach 1 RS: 665 Profile: PF 1

|                    |          |                      |         |         |          |
|--------------------|----------|----------------------|---------|---------|----------|
| E.G. Elev (m)      | 391.38   | Element              | Left OB | Channel | Right OB |
| Vel Head (m)       | 0.55     | Wt. n-Val.           |         | 0.040   |          |
| W.S. Elev (m)      | 390.83   | Reach Len. (m)       | 29.60   | 29.60   | 29.60    |
| Crit W.S. (m)      | 390.83   | Flow Area (m2)       |         | 21.71   |          |
| E.G. Slope (m/m)   | 0.015816 | Area (m2)            |         | 21.71   |          |
| Q Total (m3/s)     | 71.40    | Flow (m3/s)          |         | 71.40   |          |
| Top Width (m)      | 19.74    | Top Width (m)        |         | 19.74   |          |
| Vel Total (m/s)    | 3.29     | Avg. Vel. (m/s)      |         | 3.29    |          |
| Max Chl Dpth (m)   | 1.97     | Hydr. Depth (m)      |         | 1.10    |          |
| Conv. Total (m3/s) | 567.7    | Conv. (m3/s)         |         | 567.7   |          |
| Length Wtd. (m)    | 29.60    | Wetted Per. (m)      |         | 20.30   |          |
| Min Ch El (m)      | 388.86   | Shear (N/m2)         |         | 165.91  |          |
| Alpha              | 1.00     | Stream Power (N/m s) |         | 545.59  |          |
| Frctn Loss (m)     | 0.68     | Cum Volume (1000 m3) |         | 10.59   |          |
| C & E Loss (m)     | 0.05     | Cum SA (1000 m2)     |         | 10.45   |          |

Plan: Plan 01 River 1 Reach 1 RS: 635 Profile: PF 1

|                  |          |                |         |         |          |
|------------------|----------|----------------|---------|---------|----------|
| E.G. Elev (m)    | 390.65   | Element        | Left OB | Channel | Right OB |
| Vel Head (m)     | 1.00     | Wt. n-Val.     |         | 0.040   |          |
| W.S. Elev (m)    | 389.65   | Reach Len. (m) | 30.50   | 30.50   | 30.50    |
| Crit W.S. (m)    | 389.95   | Flow Area (m2) |         | 16.09   |          |
| E.G. Slope (m/m) | 0.036846 | Area (m2)      |         | 16.09   |          |
| Q Total (m3/s)   | 71.40    | Flow (m3/s)    |         | 71.40   |          |

Plan: Plan 01 River 1 Reach 1 RS: 635 Profile: PF 1 (Continued)

|                    |        |                      |  |         |
|--------------------|--------|----------------------|--|---------|
| Top Width (m)      | 17.74  | Top Width (m)        |  | 17.74   |
| Vel Total (m/s)    | 4.44   | Avg. Vel. (m/s)      |  | 4.44    |
| Max Chl Dpth (m)   | 1.26   | Hydr. Depth (m)      |  | 0.91    |
| Conv. Total (m3/s) | 372.0  | Conv. (m3/s)         |  | 372.0   |
| Length Wtd. (m)    | 30.50  | Wetted Per. (m)      |  | 18.10   |
| Min Ch El (m)      | 388.39 | Shear (N/m2)         |  | 321.26  |
| Alpha              | 1.00   | Stream Power (N/m s) |  | 1425.47 |
| Frctn Loss (m)     | 1.20   | Cum Volume (1000 m3) |  | 10.03   |
| C & E Loss (m)     | 0.02   | Cum SA (1000 m2)     |  | 9.90    |

Plan: Plan 01 River 1 Reach 1 RS: 604 Profile: PF 1

|                    |          |                      |         |         |          |
|--------------------|----------|----------------------|---------|---------|----------|
| E.G. Elev (m)      | 389.43   | Element              | Left OB | Channel | Right OB |
| Vel Head (m)       | 1.19     | Wt. n-Val.           |         | 0.040   |          |
| W.S. Elev (m)      | 388.24   | Reach Len. (m)       | 30.50   | 30.50   | 30.50    |
| Crit W.S. (m)      | 388.62   | Flow Area (m2)       |         | 14.77   |          |
| E.G. Slope (m/m)   | 0.042446 | Area (m2)            |         | 14.77   |          |
| Q Total (m3/s)     | 71.40    | Flow (m3/s)          |         | 71.40   |          |
| Top Width (m)      | 15.81    | Top Width (m)        |         | 15.81   |          |
| Vel Total (m/s)    | 4.83     | Avg. Vel. (m/s)      |         | 4.83    |          |
| Max Chl Dpth (m)   | 1.84     | Hydr. Depth (m)      |         | 0.93    |          |
| Conv. Total (m3/s) | 346.6    | Conv. (m3/s)         |         | 346.6   |          |
| Length Wtd. (m)    | 30.50    | Wetted Per. (m)      |         | 16.24   |          |
| Min Ch El (m)      | 386.40   | Shear (N/m2)         |         | 378.55  |          |
| Alpha              | 1.00     | Stream Power (N/m s) |         | 1830.21 |          |
| Frctn Loss (m)     | 1.50     | Cum Volume (1000 m3) |         | 9.56    |          |
| C & E Loss (m)     | 0.00     | Cum SA (1000 m2)     |         | 9.38    |          |

Plan: Plan 01 River 1 Reach 1 RS: 574 Profile: PF 1

|                    |          |                      |         |         |          |
|--------------------|----------|----------------------|---------|---------|----------|
| E.G. Elev (m)      | 387.93   | Element              | Left OB | Channel | Right OB |
| Vel Head (m)       | 1.22     | Wt. n-Val.           |         | 0.040   |          |
| W.S. Elev (m)      | 386.72   | Reach Len. (m)       | 29.90   | 29.90   | 29.90    |
| Crit W.S. (m)      | 387.11   | Flow Area (m2)       |         | 14.62   |          |
| E.G. Slope (m/m)   | 0.057375 | Area (m2)            |         | 14.62   |          |
| Q Total (m3/s)     | 71.40    | Flow (m3/s)          |         | 71.40   |          |
| Top Width (m)      | 19.64    | Top Width (m)        |         | 19.64   |          |
| Vel Total (m/s)    | 4.88     | Avg. Vel. (m/s)      |         | 4.88    |          |
| Max Chl Dpth (m)   | 1.39     | Hydr. Depth (m)      |         | 0.74    |          |
| Conv. Total (m3/s) | 298.1    | Conv. (m3/s)         |         | 298.1   |          |
| Length Wtd. (m)    | 29.90    | Wetted Per. (m)      |         | 19.86   |          |
| Min Ch El (m)      | 385.33   | Shear (N/m2)         |         | 414.32  |          |
| Alpha              | 1.00     | Stream Power (N/m s) |         | 2023.21 |          |
| Frctn Loss (m)     | 0.10     | Cum Volume (1000 m3) |         | 9.11    |          |
| C & E Loss (m)     | 0.05     | Cum SA (1000 m2)     |         | 8.84    |          |

Plan: Plan 01 River 1 Reach 1 RS: 544 Profile: PF 1

|                    |          |                 |         |         |          |
|--------------------|----------|-----------------|---------|---------|----------|
| E.G. Elev (m)      | 387.54   | Element         | Left OB | Channel | Right OB |
| Vel Head (m)       | 0.10     | Wt. n-Val.      |         | 0.040   |          |
| W.S. Elev (m)      | 387.43   | Reach Len. (m)  | 30.20   | 30.20   | 30.20    |
| Crit W.S. (m)      | 386.45   | Flow Area (m2)  |         | 50.13   |          |
| E.G. Slope (m/m)   | 0.001861 | Area (m2)       |         | 50.13   |          |
| Q Total (m3/s)     | 71.40    | Flow (m3/s)     |         | 71.40   |          |
| Top Width (m)      | 32.50    | Top Width (m)   |         | 32.50   |          |
| Vel Total (m/s)    | 1.42     | Avg. Vel. (m/s) |         | 1.42    |          |
| Max Chl Dpth (m)   | 2.89     | Hydr. Depth (m) |         | 1.54    |          |
| Conv. Total (m3/s) | 1655.1   | Conv. (m3/s)    |         | 1655.1  |          |
| Length Wtd. (m)    | 30.20    | Wetted Per. (m) |         | 33.02   |          |
| Min Ch El (m)      | 384.54   | Shear (N/m2)    |         | 27.70   |          |

Plan: Plan 01 River 1 Reach 1 RS: 544 Profile: PF 1 (Continued)

|                |      |                      |  |       |  |
|----------------|------|----------------------|--|-------|--|
| Alpha          | 1.00 | Stream Power (N/m s) |  | 39.46 |  |
| Frctn Loss (m) | 0.08 | Cum Volume (1000 m3) |  | 8.14  |  |
| C & E Loss (m) | 0.01 | Cum SA (1000 m2)     |  | 8.06  |  |

Plan: Plan 01 River 1 Reach 1 RS: 514 Profile: PF 1

|                    |          |                      |         |         |          |
|--------------------|----------|----------------------|---------|---------|----------|
| E.G. Elev (m)      | 387.44   | Element              | Left OB | Channel | Right OB |
| Vel Head (m)       | 0.25     | Wt. n-Val.           |         | 0.040   |          |
| W.S. Elev (m)      | 387.19   | Reach Len. (m)       | 29.70   | 29.70   | 29.70    |
| Crit W.S. (m)      |          | Flow Area (m2)       |         | 32.33   |          |
| E.G. Slope (m/m)   | 0.004742 | Area (m2)            |         | 32.33   |          |
| Q Total (m3/s)     | 71.40    | Flow (m3/s)          |         | 71.40   |          |
| Top Width (m)      | 21.48    | Top Width (m)        |         | 21.48   |          |
| Vel Total (m/s)    | 2.21     | Avg. Vel. (m/s)      |         | 2.21    |          |
| Max Chl Dpth (m)   | 2.69     | Hydr. Depth (m)      |         | 1.50    |          |
| Conv. Total (m3/s) | 1036.9   | Conv. (m3/s)         |         | 1036.9  |          |
| Length Wtd. (m)    | 29.70    | Wetted Per. (m)      |         | 22.25   |          |
| Min Ch El (m)      | 384.50   | Shear (N/m2)         |         | 67.57   |          |
| Alpha              | 1.00     | Stream Power (N/m s) |         | 149.24  |          |
| Frctn Loss (m)     | 0.23     | Cum Volume (1000 m3) |         | 6.90    |          |
| C & E Loss (m)     | 0.04     | Cum SA (1000 m2)     |         | 7.25    |          |

Plan: Plan 01 River 1 Reach 1 RS: 484 Profile: PF 1

|                    |          |                      |         |         |          |
|--------------------|----------|----------------------|---------|---------|----------|
| E.G. Elev (m)      | 387.17   | Element              | Left OB | Channel | Right OB |
| Vel Head (m)       | 0.64     | Wt. n-Val.           |         | 0.040   |          |
| W.S. Elev (m)      | 386.53   | Reach Len. (m)       | 30.00   | 30.00   | 30.00    |
| Crit W.S. (m)      | 386.51   | Flow Area (m2)       |         | 20.22   |          |
| E.G. Slope (m/m)   | 0.014529 | Area (m2)            |         | 20.22   |          |
| Q Total (m3/s)     | 71.40    | Flow (m3/s)          |         | 71.40   |          |
| Top Width (m)      | 15.17    | Top Width (m)        |         | 15.17   |          |
| Vel Total (m/s)    | 3.53     | Avg. Vel. (m/s)      |         | 3.53    |          |
| Max Chl Dpth (m)   | 1.93     | Hydr. Depth (m)      |         | 1.33    |          |
| Conv. Total (m3/s) | 592.4    | Conv. (m3/s)         |         | 592.4   |          |
| Length Wtd. (m)    | 30.00    | Wetted Per. (m)      |         | 15.94   |          |
| Min Ch El (m)      | 384.60   | Shear (N/m2)         |         | 180.76  |          |
| Alpha              | 1.00     | Stream Power (N/m s) |         | 638.39  |          |
| Frctn Loss (m)     | 0.38     | Cum Volume (1000 m3) |         | 6.12    |          |
| C & E Loss (m)     | 0.04     | Cum SA (1000 m2)     |         | 6.70    |          |

Plan: Plan 01 River 1 Reach 1 RS: 454 Profile: PF 1

|                    |          |                      |         |         |          |
|--------------------|----------|----------------------|---------|---------|----------|
| E.G. Elev (m)      | 386.76   | Element              | Left OB | Channel | Right OB |
| Vel Head (m)       | 0.51     | Wt. n-Val.           |         | 0.040   |          |
| W.S. Elev (m)      | 386.24   | Reach Len. (m)       | 29.40   | 29.40   | 29.40    |
| Crit W.S. (m)      | 386.08   | Flow Area (m2)       |         | 22.53   |          |
| E.G. Slope (m/m)   | 0.010917 | Area (m2)            |         | 22.53   |          |
| Q Total (m3/s)     | 71.40    | Flow (m3/s)          |         | 71.40   |          |
| Top Width (m)      | 15.96    | Top Width (m)        |         | 15.96   |          |
| Vel Total (m/s)    | 3.17     | Avg. Vel. (m/s)      |         | 3.17    |          |
| Max Chl Dpth (m)   | 1.94     | Hydr. Depth (m)      |         | 1.41    |          |
| Conv. Total (m3/s) | 683.4    | Conv. (m3/s)         |         | 683.4   |          |
| Length Wtd. (m)    | 29.40    | Wetted Per. (m)      |         | 16.85   |          |
| Min Ch El (m)      | 384.30   | Shear (N/m2)         |         | 143.11  |          |
| Alpha              | 1.00     | Stream Power (N/m s) |         | 453.64  |          |
| Frctn Loss (m)     | 0.38     | Cum Volume (1000 m3) |         | 5.47    |          |
| C & E Loss (m)     | 0.01     | Cum SA (1000 m2)     |         | 6.24    |          |

Plan: Plan 01 River 1 Reach 1 RS: 425 Profile: PF 1

|                    |          |                      |         |         |          |
|--------------------|----------|----------------------|---------|---------|----------|
| E.G. Elev (m)      | 386.36   | Element              | Left OB | Channel | Right OB |
| Vel Head (m)       | 0.65     | Wt. n-Val.           |         | 0.040   |          |
| W.S. Elev (m)      | 385.71   | Reach Len. (m)       | 32.10   | 32.10   | 32.10    |
| Crit W.S. (m)      | 385.71   | Flow Area (m2)       |         | 20.03   |          |
| E.G. Slope (m/m)   | 0.015478 | Area (m2)            |         | 20.03   |          |
| Q Total (m3/s)     | 71.40    | Flow (m3/s)          |         | 71.40   |          |
| Top Width (m)      | 15.55    | Top Width (m)        |         | 15.55   |          |
| Vel Total (m/s)    | 3.56     | Avg. Vel. (m/s)      |         | 3.56    |          |
| Max Chl Dpth (m)   | 1.82     | Hydr. Depth (m)      |         | 1.29    |          |
| Conv. Total (m3/s) | 573.9    | Conv. (m3/s)         |         | 573.9   |          |
| Length Wtd. (m)    | 32.10    | Wetted Per. (m)      |         | 16.32   |          |
| Min Ch El (m)      | 383.89   | Shear (N/m2)         |         | 186.25  |          |
| Alpha              | 1.00     | Stream Power (N/m s) |         | 663.95  |          |
| Frctn Loss (m)     | 1.07     | Cum Volume (1000 m3) |         | 4.85    |          |
| C & E Loss (m)     | 0.23     | Cum SA (1000 m2)     |         | 5.77    |          |

Plan: Plan 01 River 1 Reach 1 RS: 393 Profile: PF 1

|                    |          |                      |         |         |          |
|--------------------|----------|----------------------|---------|---------|----------|
| E.G. Elev (m)      | 385.06   | Element              | Left OB | Channel | Right OB |
| Vel Head (m)       | 2.91     | Wt. n-Val.           |         | 0.040   |          |
| W.S. Elev (m)      | 382.16   | Reach Len. (m)       | 28.60   | 28.60   | 28.60    |
| Crit W.S. (m)      | 382.95   | Flow Area (m2)       |         | 9.46    |          |
| E.G. Slope (m/m)   | 0.118984 | Area (m2)            |         | 9.46    |          |
| Q Total (m3/s)     | 71.40    | Flow (m3/s)          |         | 71.40   |          |
| Top Width (m)      | 11.13    | Top Width (m)        |         | 11.13   |          |
| Vel Total (m/s)    | 7.55     | Avg. Vel. (m/s)      |         | 7.55    |          |
| Max Chl Dpth (m)   | 1.31     | Hydr. Depth (m)      |         | 0.85    |          |
| Conv. Total (m3/s) | 207.0    | Conv. (m3/s)         |         | 207.0   |          |
| Length Wtd. (m)    | 28.60    | Wetted Per. (m)      |         | 11.55   |          |
| Min Ch El (m)      | 380.85   | Shear (N/m2)         |         | 955.62  |          |
| Alpha              | 1.00     | Stream Power (N/m s) |         | 7213.66 |          |
| Frctn Loss (m)     | 2.87     | Cum Volume (1000 m3) |         | 4.38    |          |
| C & E Loss (m)     | 0.27     | Cum SA (1000 m2)     |         | 5.35    |          |

Plan: Plan 01 River 1 Reach 1 RS: 364 Profile: PF 1

|                    |          |                      |         |         |          |
|--------------------|----------|----------------------|---------|---------|----------|
| E.G. Elev (m)      | 381.92   | Element              | Left OB | Channel | Right OB |
| Vel Head (m)       | 2.01     | Wt. n-Val.           |         | 0.040   |          |
| W.S. Elev (m)      | 379.91   | Reach Len. (m)       | 30.30   | 30.30   | 30.30    |
| Crit W.S. (m)      | 380.51   | Flow Area (m2)       |         | 11.37   |          |
| E.G. Slope (m/m)   | 0.085790 | Area (m2)            |         | 11.37   |          |
| Q Total (m3/s)     | 71.40    | Flow (m3/s)          |         | 71.40   |          |
| Top Width (m)      | 13.81    | Top Width (m)        |         | 13.81   |          |
| Vel Total (m/s)    | 6.28     | Avg. Vel. (m/s)      |         | 6.28    |          |
| Max Chl Dpth (m)   | 1.09     | Hydr. Depth (m)      |         | 0.82    |          |
| Conv. Total (m3/s) | 243.8    | Conv. (m3/s)         |         | 243.8   |          |
| Length Wtd. (m)    | 30.30    | Wetted Per. (m)      |         | 14.31   |          |
| Min Ch El (m)      | 378.82   | Shear (N/m2)         |         | 668.25  |          |
| Alpha              | 1.00     | Stream Power (N/m s) |         | 4196.90 |          |
| Frctn Loss (m)     | 2.52     | Cum Volume (1000 m3) |         | 4.08    |          |
| C & E Loss (m)     | 0.02     | Cum SA (1000 m2)     |         | 4.99    |          |

Plan: Plan 01 River 1 Reach 1 RS: 334 Profile: PF 1

|                  |          |                |         |         |          |
|------------------|----------|----------------|---------|---------|----------|
| E.G. Elev (m)    | 379.39   | Element        | Left OB | Channel | Right OB |
| Vel Head (m)     | 2.19     | Wt. n-Val.     |         | 0.040   |          |
| W.S. Elev (m)    | 377.20   | Reach Len. (m) | 30.60   | 30.60   | 30.60    |
| Crit W.S. (m)    | 377.86   | Flow Area (m2) |         | 10.90   |          |
| E.G. Slope (m/m) | 0.080618 | Area (m2)      |         | 10.90   |          |
| Q Total (m3/s)   | 71.40    | Flow (m3/s)    |         | 71.40   |          |

Plan: Plan 01 River 1 Reach 1 RS: 334 Profile: PF 1 (Continued)

|                    |        |                      |  |         |  |
|--------------------|--------|----------------------|--|---------|--|
| Top Width (m)      | 11.78  | Top Width (m)        |  | 11.78   |  |
| Vel Total (m/s)    | 6.55   | Avg. Vel. (m/s)      |  | 6.55    |  |
| Max Chl Dpth (m)   | 1.54   | Hydr. Depth (m)      |  | 0.92    |  |
| Conv. Total (m3/s) | 251.5  | Conv. (m3/s)         |  | 251.5   |  |
| Length Wtd. (m)    | 30.60  | Wetted Per. (m)      |  | 12.28   |  |
| Min Ch El (m)      | 375.66 | Shear (N/m2)         |  | 701.26  |  |
| Alpha              | 1.00   | Stream Power (N/m s) |  | 4595.44 |  |
| Frctn Loss (m)     | 2.74   | Cum Volume (1000 m3) |  | 3.74    |  |
| C & E Loss (m)     | 0.03   | Cum SA (1000 m2)     |  | 4.60    |  |

Plan: Plan 01 River 1 Reach 1 RS: 303 Profile: PF 1

|                    |          |                      |         |         |          |
|--------------------|----------|----------------------|---------|---------|----------|
| E.G. Elev (m)      | 376.62   | Element              | Left OB | Channel | Right OB |
| Vel Head (m)       | 2.45     | Wt. n-Val.           |         | 0.040   |          |
| W.S. Elev (m)      | 374.16   | Reach Len. (m)       | 29.20   | 29.20   | 29.20    |
| Crit W.S. (m)      | 374.87   | Flow Area (m2)       |         | 10.30   |          |
| E.G. Slope (m/m)   | 0.100204 | Area (m2)            |         | 10.30   |          |
| Q Total (m3/s)     | 71.40    | Flow (m3/s)          |         | 71.40   |          |
| Top Width (m)      | 12.16    | Top Width (m)        |         | 12.16   |          |
| Vel Total (m/s)    | 6.93     | Avg. Vel. (m/s)      |         | 6.93    |          |
| Max Chl Dpth (m)   | 1.41     | Hydr. Depth (m)      |         | 0.85    |          |
| Conv. Total (m3/s) | 225.6    | Conv. (m3/s)         |         | 225.6   |          |
| Length Wtd. (m)    | 29.20    | Wetted Per. (m)      |         | 12.56   |          |
| Min Ch El (m)      | 372.75   | Shear (N/m2)         |         | 805.86  |          |
| Alpha              | 1.00     | Stream Power (N/m s) |         | 5587.54 |          |
| Frctn Loss (m)     | 3.68     | Cum Volume (1000 m3) |         | 3.42    |          |
| C & E Loss (m)     | 0.10     | Cum SA (1000 m2)     |         | 4.23    |          |

Plan: Plan 01 River 1 Reach 1 RS: 274 Profile: PF 1

|                    |          |                      |         |         |          |
|--------------------|----------|----------------------|---------|---------|----------|
| E.G. Elev (m)      | 372.84   | Element              | Left OB | Channel | Right OB |
| Vel Head (m)       | 3.44     | Wt. n-Val.           |         | 0.040   |          |
| W.S. Elev (m)      | 369.40   | Reach Len. (m)       | 29.20   | 29.20   | 29.20    |
| Crit W.S. (m)      | 370.24   | Flow Area (m2)       |         | 8.70    |          |
| E.G. Slope (m/m)   | 0.163245 | Area (m2)            |         | 8.70    |          |
| Q Total (m3/s)     | 71.40    | Flow (m3/s)          |         | 71.40   |          |
| Top Width (m)      | 11.55    | Top Width (m)        |         | 11.55   |          |
| Vel Total (m/s)    | 8.21     | Avg. Vel. (m/s)      |         | 8.21    |          |
| Max Chl Dpth (m)   | 1.18     | Hydr. Depth (m)      |         | 0.75    |          |
| Conv. Total (m3/s) | 176.7    | Conv. (m3/s)         |         | 176.7   |          |
| Length Wtd. (m)    | 29.20    | Wetted Per. (m)      |         | 11.87   |          |
| Min Ch El (m)      | 368.22   | Shear (N/m2)         |         | 1172.71 |          |
| Alpha              | 1.00     | Stream Power (N/m s) |         | 9625.88 |          |
| Frctn Loss (m)     | 3.79     | Cum Volume (1000 m3) |         | 3.14    |          |
| C & E Loss (m)     | 0.25     | Cum SA (1000 m2)     |         | 3.89    |          |

Plan: Plan 01 River 1 Reach 1 RS: 245 Profile: PF 1

|                    |          |                 |         |         |          |
|--------------------|----------|-----------------|---------|---------|----------|
| E.G. Elev (m)      | 368.80   | Element         | Left OB | Channel | Right OB |
| Vel Head (m)       | 2.60     | Wt. n-Val.      |         | 0.040   |          |
| W.S. Elev (m)      | 366.20   | Reach Len. (m)  | 30.40   | 30.40   | 30.40    |
| Crit W.S. (m)      | 366.93   | Flow Area (m2)  |         | 10.00   |          |
| E.G. Slope (m/m)   | 0.105612 | Area (m2)       |         | 10.00   |          |
| Q Total (m3/s)     | 71.40    | Flow (m3/s)     |         | 71.40   |          |
| Top Width (m)      | 11.67    | Top Width (m)   |         | 11.67   |          |
| Vel Total (m/s)    | 7.14     | Avg. Vel. (m/s) |         | 7.14    |          |
| Max Chl Dpth (m)   | 1.56     | Hydr. Depth (m) |         | 0.86    |          |
| Conv. Total (m3/s) | 219.7    | Conv. (m3/s)    |         | 219.7   |          |
| Length Wtd. (m)    | 30.40    | Wetted Per. (m) |         | 12.13   |          |
| Min Ch El (m)      | 364.64   | Shear (N/m2)    |         | 853.56  |          |

Plan: Plan 01 River 1 Reach 1 RS: 245 Profile: PF 1 (Continued)

|                |      |                      |  |         |  |
|----------------|------|----------------------|--|---------|--|
| Alpha          | 1.00 | Stream Power (N/m s) |  | 6095.82 |  |
| Frctn Loss (m) | 3.82 | Cum Volume (1000 m3) |  | 2.87    |  |
| C & E Loss (m) | 0.04 | Cum SA (1000 m2)     |  | 3.55    |  |

Plan: Plan 01 River 1 Reach 1 RS: 215 Profile: PF 1

|                    |          |                      |         |         |          |
|--------------------|----------|----------------------|---------|---------|----------|
| E.G. Elev (m)      | 364.94   | Element              | Left OB | Channel | Right OB |
| Vel Head (m)       | 3.03     | Wt. n-Val.           |         | 0.040   |          |
| W.S. Elev (m)      | 361.91   | Reach Len. (m)       | 30.80   | 30.80   | 30.80    |
| Crit W.S. (m)      | 362.67   | Flow Area (m2)       |         | 9.27    |          |
| E.G. Slope (m/m)   | 0.151938 | Area (m2)            |         | 9.27    |          |
| Q Total (m3/s)     | 71.40    | Flow (m3/s)          |         | 71.40   |          |
| Top Width (m)      | 12.88    | Top Width (m)        |         | 12.88   |          |
| Vel Total (m/s)    | 7.71     | Avg. Vel. (m/s)      |         | 7.71    |          |
| Max Chl Dpth (m)   | 1.05     | Hydr. Depth (m)      |         | 0.72    |          |
| Conv. Total (m3/s) | 183.2    | Conv. (m3/s)         |         | 183.2   |          |
| Length Wtd. (m)    | 30.80    | Wetted Per. (m)      |         | 13.18   |          |
| Min Ch El (m)      | 360.86   | Shear (N/m2)         |         | 1047.59 |          |
| Alpha              | 1.00     | Stream Power (N/m s) |         | 8071.88 |          |
| Frctn Loss (m)     | 3.57     | Cum Volume (1000 m3) |         | 2.57    |          |
| C & E Loss (m)     | 0.33     | Cum SA (1000 m2)     |         | 3.18    |          |

Plan: Plan 01 River 1 Reach 1 RS: 184 Profile: PF 1

|                    |          |                      |         |         |          |
|--------------------|----------|----------------------|---------|---------|----------|
| E.G. Elev (m)      | 361.05   | Element              | Left OB | Channel | Right OB |
| Vel Head (m)       | 1.94     | Wt. n-Val.           |         | 0.040   |          |
| W.S. Elev (m)      | 359.10   | Reach Len. (m)       | 29.40   | 29.40   | 29.40    |
| Crit W.S. (m)      | 359.68   | Flow Area (m2)       |         | 11.57   |          |
| E.G. Slope (m/m)   | 0.091142 | Area (m2)            |         | 11.57   |          |
| Q Total (m3/s)     | 71.40    | Flow (m3/s)          |         | 71.40   |          |
| Top Width (m)      | 15.36    | Top Width (m)        |         | 15.36   |          |
| Vel Total (m/s)    | 6.17     | Avg. Vel. (m/s)      |         | 6.17    |          |
| Max Chl Dpth (m)   | 1.02     | Hydr. Depth (m)      |         | 0.75    |          |
| Conv. Total (m3/s) | 236.5    | Conv. (m3/s)         |         | 236.5   |          |
| Length Wtd. (m)    | 29.40    | Wetted Per. (m)      |         | 15.65   |          |
| Min Ch El (m)      | 358.08   | Shear (N/m2)         |         | 660.86  |          |
| Alpha              | 1.00     | Stream Power (N/m s) |         | 4078.41 |          |
| Frctn Loss (m)     | 2.10     | Cum Volume (1000 m3) |         | 2.25    |          |
| C & E Loss (m)     | 0.14     | Cum SA (1000 m2)     |         | 2.74    |          |

Plan: Plan 01 River 1 Reach 1 RS: 155 Profile: PF 1

|                    |          |                      |         |         |          |
|--------------------|----------|----------------------|---------|---------|----------|
| E.G. Elev (m)      | 358.81   | Element              | Left OB | Channel | Right OB |
| Vel Head (m)       | 1.48     | Wt. n-Val.           |         | 0.040   |          |
| W.S. Elev (m)      | 357.33   | Reach Len. (m)       | 30.80   | 30.80   | 30.80    |
| Crit W.S. (m)      | 357.79   | Flow Area (m2)       |         | 13.25   |          |
| E.G. Slope (m/m)   | 0.057374 | Area (m2)            |         | 13.25   |          |
| Q Total (m3/s)     | 71.40    | Flow (m3/s)          |         | 71.40   |          |
| Top Width (m)      | 15.08    | Top Width (m)        |         | 15.08   |          |
| Vel Total (m/s)    | 5.39     | Avg. Vel. (m/s)      |         | 5.39    |          |
| Max Chl Dpth (m)   | 1.75     | Hydr. Depth (m)      |         | 0.88    |          |
| Conv. Total (m3/s) | 298.1    | Conv. (m3/s)         |         | 298.1   |          |
| Length Wtd. (m)    | 30.80    | Wetted Per. (m)      |         | 15.52   |          |
| Min Ch El (m)      | 355.58   | Shear (N/m2)         |         | 480.27  |          |
| Alpha              | 1.00     | Stream Power (N/m s) |         | 2587.92 |          |
| Frctn Loss (m)     | 1.74     | Cum Volume (1000 m3) |         | 1.89    |          |
| C & E Loss (m)     | 0.01     | Cum SA (1000 m2)     |         | 2.29    |          |

Plan: Plan 01 River 1 Reach 1 RS: 124 Profile: PF 1

|                    |          |                      |         |         |          |
|--------------------|----------|----------------------|---------|---------|----------|
| E.G. Elev (m)      | 357.06   | Element              | Left OB | Channel | Right OB |
| Vel Head (m)       | 1.53     | Wt. n-Val.           |         | 0.040   |          |
| W.S. Elev (m)      | 355.53   | Reach Len. (m)       | 30.20   | 30.20   | 30.20    |
| Crit W.S. (m)      | 356.01   | Flow Area (m2)       |         | 13.02   |          |
| E.G. Slope (m/m)   | 0.055662 | Area (m2)            |         | 13.02   |          |
| Q Total (m3/s)     | 71.40    | Flow (m3/s)          |         | 71.40   |          |
| Top Width (m)      | 13.97    | Top Width (m)        |         | 13.97   |          |
| Vel Total (m/s)    | 5.48     | Avg. Vel. (m/s)      |         | 5.48    |          |
| Max Chl Dpth (m)   | 1.21     | Hydr. Depth (m)      |         | 0.93    |          |
| Conv. Total (m3/s) | 302.6    | Conv. (m3/s)         |         | 302.6   |          |
| Length Wtd. (m)    | 30.20    | Wetted Per. (m)      |         | 14.52   |          |
| Min Ch El (m)      | 354.32   | Shear (N/m2)         |         | 489.40  |          |
| Alpha              | 1.00     | Stream Power (N/m s) |         | 2683.97 |          |
| Frctn Loss (m)     | 2.81     | Cum Volume (1000 m3) |         | 1.48    |          |
| C & E Loss (m)     | 0.17     | Cum SA (1000 m2)     |         | 1.85    |          |

Plan: Plan 01 River 1 Reach 1 RS: 94 Profile: PF 1

|                    |          |                      |         |         |          |
|--------------------|----------|----------------------|---------|---------|----------|
| E.G. Elev (m)      | 354.08   | Element              | Left OB | Channel | Right OB |
| Vel Head (m)       | 3.22     | Wt. n-Val.           |         | 0.040   |          |
| W.S. Elev (m)      | 350.86   | Reach Len. (m)       | 30.70   | 30.70   | 30.70    |
| Crit W.S. (m)      | 351.60   | Flow Area (m2)       |         | 8.98    |          |
| E.G. Slope (m/m)   | 0.186807 | Area (m2)            |         | 8.98    |          |
| Q Total (m3/s)     | 71.40    | Flow (m3/s)          |         | 71.40   |          |
| Top Width (m)      | 13.98    | Top Width (m)        |         | 13.98   |          |
| Vel Total (m/s)    | 7.95     | Avg. Vel. (m/s)      |         | 7.95    |          |
| Max Chl Dpth (m)   | 1.26     | Hydr. Depth (m)      |         | 0.64    |          |
| Conv. Total (m3/s) | 165.2    | Conv. (m3/s)         |         | 165.2   |          |
| Length Wtd. (m)    | 30.70    | Wetted Per. (m)      |         | 14.23   |          |
| Min Ch El (m)      | 349.60   | Shear (N/m2)         |         | 1156.09 |          |
| Alpha              | 1.00     | Stream Power (N/m s) |         | 9190.81 |          |
| Frctn Loss (m)     | 2.77     | Cum Volume (1000 m3) |         | 1.15    |          |
| C & E Loss (m)     | 0.58     | Cum SA (1000 m2)     |         | 1.42    |          |

Plan: Plan 01 River 1 Reach 1 RS: 63 Profile: PF 1

|                    |          |                      |         |         |          |
|--------------------|----------|----------------------|---------|---------|----------|
| E.G. Elev (m)      | 350.74   | Element              | Left OB | Channel | Right OB |
| Vel Head (m)       | 1.29     | Wt. n-Val.           |         | 0.040   |          |
| W.S. Elev (m)      | 349.44   | Reach Len. (m)       | 27.50   | 27.50   | 27.50    |
| Crit W.S. (m)      | 349.85   | Flow Area (m2)       |         | 14.17   |          |
| E.G. Slope (m/m)   | 0.052872 | Area (m2)            |         | 14.17   |          |
| Q Total (m3/s)     | 71.40    | Flow (m3/s)          |         | 71.40   |          |
| Top Width (m)      | 16.95    | Top Width (m)        |         | 16.95   |          |
| Vel Total (m/s)    | 5.04     | Avg. Vel. (m/s)      |         | 5.04    |          |
| Max Chl Dpth (m)   | 1.61     | Hydr. Depth (m)      |         | 0.84    |          |
| Conv. Total (m3/s) | 310.5    | Conv. (m3/s)         |         | 310.5   |          |
| Length Wtd. (m)    | 27.50    | Wetted Per. (m)      |         | 17.26   |          |
| Min Ch El (m)      | 347.83   | Shear (N/m2)         |         | 425.57  |          |
| Alpha              | 1.00     | Stream Power (N/m s) |         | 2144.56 |          |
| Frctn Loss (m)     | 1.54     | Cum Volume (1000 m3) |         | 0.79    |          |
| C & E Loss (m)     | 0.01     | Cum SA (1000 m2)     |         | 0.95    |          |

Plan: Plan 01 River 1 Reach 1 RS: 35 Profile: PF 1

|                  |          |                |         |         |          |
|------------------|----------|----------------|---------|---------|----------|
| E.G. Elev (m)    | 349.19   | Element        | Left OB | Channel | Right OB |
| Vel Head (m)     | 1.42     | Wt. n-Val.     |         | 0.040   |          |
| W.S. Elev (m)    | 347.77   | Reach Len. (m) | 30.70   | 30.70   | 30.70    |
| Crit W.S. (m)    | 348.21   | Flow Area (m2) |         | 13.52   |          |
| E.G. Slope (m/m) | 0.059071 | Area (m2)      |         | 13.52   |          |
| Q Total (m3/s)   | 71.40    | Flow (m3/s)    |         | 71.40   |          |

Plan: Plan 01 River 1 Reach 1 RS: 35 Profile: PF 1 (Continued)

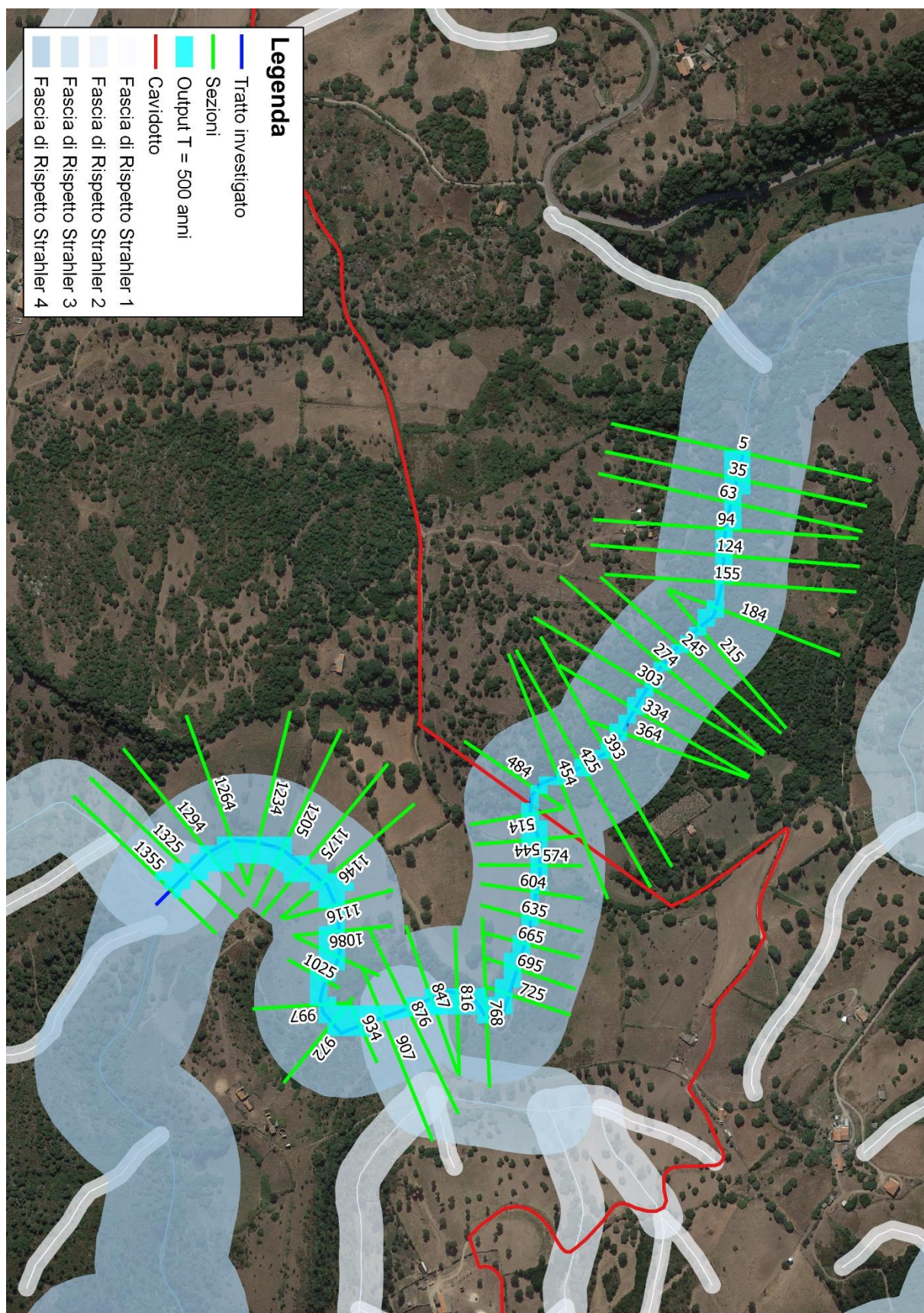
|                    |        |                      |         |
|--------------------|--------|----------------------|---------|
| Top Width (m)      | 16.33  | Top Width (m)        | 16.33   |
| Vel Total (m/s)    | 5.28   | Avg. Vel. (m/s)      | 5.28    |
| Max Chl Dpth (m)   | 1.56   | Hydr. Depth (m)      | 0.83    |
| Conv. Total (m3/s) | 293.8  | Conv. (m3/s)         | 293.8   |
| Length Wtd. (m)    | 30.70  | Wetted Per. (m)      | 16.68   |
| Min Ch El (m)      | 346.21 | Shear (N/m2)         | 469.41  |
| Alpha              | 1.00   | Stream Power (N/m s) | 2479.05 |
| Frctn Loss (m)     | 1.79   | Cum Volume (1000 m3) | 0.41    |
| C & E Loss (m)     | 0.00   | Cum SA (1000 m2)     | 0.49    |

Plan: Plan 01 River 1 Reach 1 RS: 5 Profile: PF 1

|                    |          |                      |         |         |          |
|--------------------|----------|----------------------|---------|---------|----------|
| E.G. Elev (m)      | 347.40   | Element              | Left OB | Channel | Right OB |
| Vel Head (m)       | 1.44     | Wt. n-Val.           |         | 0.040   |          |
| W.S. Elev (m)      | 345.97   | Reach Len. (m)       |         |         |          |
| Crit W.S. (m)      | 346.41   | Flow Area (m2)       |         | 13.45   |          |
| E.G. Slope (m/m)   | 0.057328 | Area (m2)            |         | 13.45   |          |
| Q Total (m3/s)     | 71.40    | Flow (m3/s)          |         | 71.40   |          |
| Top Width (m)      | 15.75    | Top Width (m)        |         | 15.75   |          |
| Vel Total (m/s)    | 5.31     | Avg. Vel. (m/s)      |         | 5.31    |          |
| Max Chl Dpth (m)   | 1.47     | Hydr. Depth (m)      |         | 0.85    |          |
| Conv. Total (m3/s) | 298.2    | Conv. (m3/s)         |         | 298.2   |          |
| Length Wtd. (m)    |          | Wetted Per. (m)      |         | 16.11   |          |
| Min Ch El (m)      | 344.50   | Shear (N/m2)         |         | 469.37  |          |
| Alpha              | 1.00     | Stream Power (N/m s) |         | 2491.10 |          |
| Frctn Loss (m)     |          | Cum Volume (1000 m3) |         |         |          |
| C & E Loss (m)     |          | Cum SA (1000 m2)     |         |         |          |

HEC-RAS Plan: Plan 01 River: River 1 Reach: Reach 1 Profile: PF 1

| Reach   | River Sta | Profile | Q Total<br>(m3/s) | Min Ch El<br>(m) | W.S. Elev<br>(m) | Crit W.S.<br>(m) | E.G. Elev<br>(m) | E.G. Slope<br>(m/m) | Vel Chnl<br>(m/s) | Flow Area<br>(m2) | Top Width<br>(m) | Froude # Chl |
|---------|-----------|---------|-------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|---------------------|-------------------|-------------------|------------------|--------------|
| Reach 1 | 1355      | PF 1    | 71.40             | 403.67           | 405.38           | 404.99           | 405.50           | 0.004168            | 1.49              | 48.04             | 54.22            | 0.50         |
| Reach 1 | 1325      | PF 1    | 71.40             | 403.42           | 404.89           | 404.83           | 405.27           | 0.013953            | 2.72              | 26.29             | 29.65            | 0.92         |
| Reach 1 | 1294      | PF 1    | 71.40             | 402.94           | 404.34           | 404.34           | 404.79           | 0.016746            | 2.96              | 24.09             | 27.29            | 1.01         |
| Reach 1 | 1264      | PF 1    | 71.40             | 402.39           | 404.11           | 403.75           | 404.33           | 0.006101            | 2.04              | 34.94             | 32.40            | 0.63         |
| Reach 1 | 1234      | PF 1    | 71.40             | 402.00           | 403.57           | 403.57           | 404.01           | 0.016558            | 2.95              | 24.20             | 27.36            | 1.00         |
| Reach 1 | 1205      | PF 1    | 71.40             | 401.64           | 402.84           | 402.97           | 403.41           | 0.026392            | 3.35              | 21.34             | 28.39            | 1.23         |
| Reach 1 | 1175      | PF 1    | 71.40             | 401.10           | 402.38           | 402.38           | 402.78           | 0.017402            | 2.81              | 25.44             | 32.29            | 1.01         |
| Reach 1 | 1146      | PF 1    | 71.40             | 400.43           | 401.81           | 401.83           | 402.26           | 0.018376            | 2.97              | 24.03             | 29.10            | 1.04         |
| Reach 1 | 1116      | PF 1    | 71.40             | 399.87           | 401.11           | 401.19           | 401.65           | 0.021384            | 3.24              | 22.04             | 26.23            | 1.13         |
| Reach 1 | 1086      | PF 1    | 71.40             | 398.55           | 399.64           | 399.95           | 400.63           | 0.054830            | 4.40              | 16.24             | 24.81            | 1.74         |
| Reach 1 | 1056      | PF 1    | 71.40             | 399.63           | 399.25           | 399.25           | 399.68           | 0.017104            |                   | 24.67             | 29.47            | 0.00         |
| Reach 1 | 1025      | PF 1    | 71.40             | 397.16           | 398.39           | 398.54           | 399.01           | 0.026768            | 3.49              | 20.48             | 25.86            | 1.25         |
| Reach 1 | 997       | PF 1    | 71.40             | 395.99           | 397.25           | 397.52           | 398.04           | 0.044560            | 3.92              | 18.22             | 28.36            | 1.56         |
| Reach 1 | 972       | PF 1    | 71.40             | 395.66           | 397.22           | 397.07           | 397.55           | 0.010454            | 2.54              | 28.14             | 28.23            | 0.81         |
| Reach 1 | 934       | PF 1    | 71.40             | 394.73           | 396.54           | 396.54           | 397.04           | 0.016197            | 3.11              | 22.92             | 23.36            | 1.00         |
| Reach 1 | 907       | PF 1    | 71.40             | 394.56           | 395.85           | 395.98           | 396.50           | 0.023151            | 3.58              | 19.96             | 21.60            | 1.19         |
| Reach 1 | 876       | PF 1    | 71.40             | 392.85           | 394.06           | 394.46           | 395.33           | 0.067136            | 5.00              | 14.29             | 20.92            | 1.93         |
| Reach 1 | 847       | PF 1    | 71.40             | 391.88           | 393.72           | 393.73           | 394.22           | 0.016969            | 3.13              | 22.81             | 23.93            | 1.02         |
| Reach 1 | 816       | PF 1    | 71.40             | 391.14           | 393.04           | 393.11           | 393.65           | 0.019240            | 3.46              | 20.61             | 20.27            | 1.10         |
| Reach 1 | 768       | PF 1    | 71.40             | 390.11           | 392.46           | 391.91           | 392.64           | 0.004126            | 1.92              | 37.12             | 27.88            | 0.53         |
| Reach 1 | 725       | PF 1    | 71.40             | 389.72           | 391.76           | 391.76           | 392.30           | 0.015843            | 3.24              | 22.05             | 20.66            | 1.00         |
| Reach 1 | 695       | PF 1    | 71.40             | 390.02           | 391.35           | 391.11           | 391.72           | 0.007567            | 1.68              | 27.40             | 22.03            | 0.65         |
| Reach 1 | 665       | PF 1    | 71.40             | 388.86           | 390.83           | 390.83           | 391.38           | 0.015816            | 3.29              | 21.71             | 19.74            | 1.00         |
| Reach 1 | 635       | PF 1    | 71.40             | 388.39           | 389.65           | 389.95           | 390.65           | 0.036846            | 4.44              | 16.09             | 17.74            | 1.49         |
| Reach 1 | 604       | PF 1    | 71.40             | 386.40           | 388.24           | 388.62           | 389.43           | 0.042446            | 4.83              | 14.77             | 15.81            | 1.60         |
| Reach 1 | 574       | PF 1    | 71.40             | 385.33           | 386.72           | 387.11           | 387.93           | 0.057375            | 4.88              | 14.62             | 19.64            | 1.81         |
| Reach 1 | 544       | PF 1    | 71.40             | 384.54           | 387.43           | 386.45           | 387.54           | 0.001861            | 1.42              | 50.13             | 32.50            | 0.37         |
| Reach 1 | 514       | PF 1    | 71.40             | 384.50           | 387.19           |                  | 387.44           | 0.004742            | 2.21              | 32.33             | 21.48            | 0.57         |
| Reach 1 | 484       | PF 1    | 71.40             | 384.60           | 386.53           | 386.51           | 387.17           | 0.014529            | 3.53              | 20.22             | 15.17            | 0.98         |
| Reach 1 | 454       | PF 1    | 71.40             | 384.30           | 386.24           | 386.08           | 386.76           | 0.010917            | 3.17              | 22.53             | 15.96            | 0.85         |
| Reach 1 | 425       | PF 1    | 71.40             | 383.89           | 385.71           | 385.71           | 386.36           | 0.015478            | 3.56              | 20.03             | 15.55            | 1.00         |
| Reach 1 | 393       | PF 1    | 71.40             | 380.85           | 382.16           | 382.95           | 385.06           | 0.118984            | 7.55              | 9.46              | 11.13            | 2.61         |
| Reach 1 | 364       | PF 1    | 71.40             | 378.82           | 379.91           | 380.51           | 381.92           | 0.085790            | 6.28              | 11.37             | 13.81            | 2.21         |
| Reach 1 | 334       | PF 1    | 71.40             | 375.66           | 377.20           | 377.86           | 379.39           | 0.080618            | 6.55              | 10.90             | 11.78            | 2.18         |
| Reach 1 | 303       | PF 1    | 71.40             | 372.75           | 374.16           | 374.87           | 376.62           | 0.100204            | 6.93              | 10.30             | 12.16            | 2.41         |
| Reach 1 | 274       | PF 1    | 71.40             | 368.22           | 369.40           | 370.24           | 372.84           | 0.163245            | 8.21              | 8.70              | 11.55            | 3.02         |
| Reach 1 | 245       | PF 1    | 71.40             | 364.64           | 366.20           | 366.93           | 368.80           | 0.105612            | 7.14              | 10.00             | 11.67            | 2.46         |
| Reach 1 | 215       | PF 1    | 71.40             | 360.86           | 361.91           | 362.67           | 364.94           | 0.151938            | 7.71              | 9.27              | 12.88            | 2.90         |
| Reach 1 | 184       | PF 1    | 71.40             | 358.08           | 359.10           | 359.68           | 361.05           | 0.091142            | 6.17              | 11.57             | 15.36            | 2.27         |
| Reach 1 | 155       | PF 1    | 71.40             | 355.58           | 357.33           | 357.79           | 358.81           | 0.057374            | 5.39              | 13.25             | 15.08            | 1.84         |
| Reach 1 | 124       | PF 1    | 71.40             | 354.32           | 355.53           | 356.01           | 357.06           | 0.055662            | 5.48              | 13.02             | 13.97            | 1.81         |
| Reach 1 | 94        | PF 1    | 71.40             | 349.60           | 350.86           | 351.60           | 354.08           | 0.186807            | 7.95              | 8.98              | 13.98            | 3.17         |
| Reach 1 | 63        | PF 1    | 71.40             | 347.83           | 349.44           | 349.85           | 350.74           | 0.052872            | 5.04              | 14.17             | 16.95            | 1.76         |
| Reach 1 | 35        | PF 1    | 71.40             | 346.21           | 347.77           | 348.21           | 349.19           | 0.059071            | 5.28              | 13.52             | 16.33            | 1.85         |
| Reach 1 | 5         | PF 1    | 71.40             | 344.50           | 345.97           | 346.41           | 347.40           | 0.057328            | 5.31              | 13.45             | 15.75            | 1.83         |



Planimetria con individuazione delle sezioni e delle aree potenzialmente interessate dalla portata avente  $tr = 500$  anni.

## 12. VALUTAZIONE DELL'ESCAVAZIONE E DEL TRASPORTO SOLIDO

Al fine di poter stimare l'eventuale fenomeno di escavazione si è fatto riferimento alla letteratura in materia di trasporto solido, in particolare "Sistemazione dei corsi d'acqua" di De Peppo et al. (2018). Tale indagine è finalizzata a valutare se la profondità di esportazione del terreno, per effetto dell'azione erosiva della corrente, possa raggiungere la profondità di posa dei cavidotti. Dall'analisi condotta, la profondità d'asportazione media, che raggiunge un valore massimo di 0.42 m, risulta sempre inferiore alla profondità di posa in opera dei cavidotti, che verrà realizzata comunque a non meno di 2 m dall'attuale fondo dell'alveo.

Il tratto esaminato è caratterizzato dai seguenti parametri:

- Pendenza:  $i = 0.080$
- Tirante idrico:  $h = 1.52$  m
- Raggio idraulico:  $R_H = 0.88$  m
- Peso specifico acqua:  $\gamma_w = 9810$  N/m<sup>3</sup>
- Densità acqua:  $\rho_w = 1000$  kg/m<sup>3</sup>

Materiale costitutivo dell'alveo avente dimensioni

- Diametro del granulo:  $d = 15$  mm = 0.015 m;
- Peso specifico materiale:  $\gamma_s = 26000$  N/m<sup>3</sup>
- Densità materiale:  $\rho_s = 2651.36$  kg/m<sup>3</sup>
- Coefficiente di Strickler:  $k_s = 1/0.04 = 25$  m<sup>1/3</sup>/s

La tensione tangenziale  $\tau$  è:

- $\tau = \gamma_w R_H i = 918.12$  N/m<sup>2</sup>

Tensione tangenziale critica dalla formula di Shield (Moto incipiente del granulo)  $\tau_{cr}$  è:

- $\tau_{cr} = 0.06 (\gamma_s - \gamma_w) d = 14.57$  N/m<sup>2</sup>

La condizione di stabilità del fondo risulta quando  $\tau_{cr} \geq \tau$ , ossia quando la tensione tangenziale critica è maggiore o uguale a quella di moto incipiente esercitata dalla corrente. Quindi essendo  $\tau > \tau_{cr}$  può esserci moto per le particelle analizzate.

La portata liquida  $q$  (in massa) è:

- $q = \rho_w k_s h^{2/3} i^{1/2} h = 14156.9$  kg / (s, m)

Posta la velocità d'attrito

- $v^* = (\tau_{cr}/\rho_w)^{1/2} = (14.57/9810)^{1/2} = 0.04$

Dalla relazione di Shield si calcola la portata solida ed il volume solido:

- $q_s = q \times 10[(\tau - \tau_{cr}) / \tau_{cr}] \times [\gamma_w / (\gamma_s - \gamma_w)] \times i \times \emptyset Re^* = 25532.68$  kg / (s, m)  
dove:  $\emptyset Re^* = \tau_{cr} / (\gamma_s - \gamma_w) d = 0.06$
- $V_s = q_s / \rho_s = 9.630$  m<sup>3</sup>

considerando la larghezza della sola parte di sezione costituente l'alveo pari a circa 6 m, la profondità d'asportazione media è di circa  $h = 1.61$  m. L'attraversamento in sotterraneo avverrà comunque a non meno di 2 m dall'attuale fondo dell'alveo.

### 13. CONCLUSIONI MODELLAZIONE IDRAULICA

Dai risultati dell'analisi monodimensionale si osserva come gli alvei attualmente esistenti risultano adeguati al trasporto della portata avente tempo di ritorno 500 anni, pari a 71.40 m<sup>3</sup>/s. A vantaggio di sicurezza è stata comunque prevista, per un tratto di lunghezza 350 m, la posa dei cavidotti con perforazione teleguidata (Trivellazione Orizzontale Teleguidata" T.O.C.) fino ad una profondità pari a 2 metri al di sotto del fondo alveo. La lunghezza del tratto in T.O.C. è anche superiore alla fascia di 150 m complessivi prevista per l'ordine gerarchico 4 dal comma 1 dell'art. 30ter delle N.T.A. del PAI.

Al fine di poter stimare l'eventuale fenomeno di escavazione si è fatto riferimento alla letteratura in materia di trasporto solido, in particolare "Sistemazione dei corsi d'acqua" di De Peppo et al. (2018). Dall'analisi condotta la profondità d'asportazione media, che raggiunge un valore massimo di 1.61 m, risulta inferiore alla profondità di posa in opera dei cavidotti, che verrà realizzata comunque a non meno di 2 m dall'attuale fondo dell'alveo.

Dall'analisi delle fasce di cui al comma 1 dell'art. 30ter delle N.T.A. del PAI inoltre non emerge alcuna sovrapposizione con gli aerogeneratori, le relative piazzole e le strade di progetto.

#### RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI

- De Peppo, L., Datei, C., Salandin, P. (2018). "Sistemazione dei corsi d'acqua." *Progetto Libreria*, Edizione 11.
- Tarquini S., Isola I., Favalli M., Battistini A. (2007). "TINITALY, a digital elevation model of Italy with a 10 m-cell size (Version 1.0) [Data set]." *Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV)*. <https://doi.org/10.13127/TINITALY/1.0>.