



Comune di Urbania

Provincia di Pesaro e Urbino  
Piazza della Libertà, 1  
61049 Urbania

P.IVA 00351210414  
C.F. 82001210416

Tel. +39 0722 / 313111  
Fax +39 0722 / 317246  
[www.comune.urbania.ps.it](http://www.comune.urbania.ps.it)  
[comune.urbania@provincia.ps.it](mailto:comune.urbania@provincia.ps.it)

# V A R I A N T E P I A N O R E G O L A T O R E G E N E R A L E

## 2024

Professionista incaricato

**Dott. Geol. PAOLO CECCARINI**

Via Aldo Moro 7/9 - 61049 Urbania (PU)  
tel. 0722 318800 - cell. 335 8059476  
e-mail [paolo.ceccarini.studio@gmail.com](mailto:paolo.ceccarini.studio@gmail.com)  
PEC [paolo.ceccarini@pec.epap.it](mailto:paolo.ceccarini@pec.epap.it)

TAV.

TITOLO

**RELAZIONE SULLA COMPATIBILITA'  
E SULL'INVARIANZA IDRAULICA ai sensi  
della L.R. n. 22/2011 e della D.G.R. n. 53/2014**

SCALA

DATA  
APRILE 2024

## INDICE

1. PREMESSA.....	1
2. INQUADRAMENTO.....	3
3. GENERALITA' SULLA L.R. 22/2011 E SULLA D.G.R. 53/2014.....	5
4. VERIFICA DI COMPATIBILITA' IDRAULICA.....	6
4.1. VERIFICA PRELIMINARE .....	7
4.1.1. ANALISI IDROGRAFICA-BIBLIOGRAFICA-STORICA.....	7
4.1.1.1. INDIVIDUAZIONE DEL RETICOLO IDROGRAFICO .....	7
4.1.1.2. RICERCA BIBLIOGRAFICA E STORICA .....	8
4.1.2. RISULTATI DELLA VERIFICA PRELIMINARE.....	8
4.2. VERIFICA SEMPLIFICATA.....	9
4.2.1. ANALISI GEOMORFOLOGICA.....	9
4.2.2. RISULTATI DELLA VERIFICA SEMPLIFICATA .....	11
4.2.3. CONSIDERAZIONI SUL RETICOLO IDROGRAFICO NON DEMANIALE.....	13
4.3. VERIFICA COMPLETA .....	16
4.3.1. FIUME METAURO.....	16
4.3.1.1. ANALISI IDROLOGICA .....	17
4.3.1.2. CARATTERISTICHE DEL TRATTO SOTTOPOSTO A VERIFICA .....	18
4.3.1.3. MODELLAZIONE IDRAULICA A MOTO PERMANENTE .....	18
4.3.2. FOSSO DELLA MARECCHIA .....	26
4.3.2.1. ANALISI IDROLOGICA .....	26
4.3.2.2. VERIFICHE IDRAULICHE IN REGIME DI MOTO UNIFORME.....	33
4.4. AREE DECLASSATE A ZONA AGRICOLA "E" .....	36
5. VERIFICA PER L'INVARIANZA IDRAULICA.....	40
5.1. MODALITA' DI CALCOLO DEI VOLUMI E DEGLI INVASI DI COMPENSAZIONE .....	42
5.2. INDICAZIONE PER LE AREE DI TRASFORMAZIONE URBANA .....	43
5.3. INDICAZIONI OPERATIVE E MISURE PER LA PERMEABILITA' DELLE AREE .....	47
5.4. INDICAZIONI PER LE AREE DI VERSANTE E DI COLLINA .....	53
5.5. CRITERI DI SCELTA PROGETTUALI DEI DISPOSITIVI IDRAULICI .....	53
5.6. INDICAZIONI SPECIFICHE PER L'AREA DI SANTA MARIA DEL PIANO .....	56

## ALLEGATI

I1	CARTA TOPOGRAFICA D'ITALIA	1:25000
I2	CARTA TECNICA NUMERICA DELLA REGIONE MARCHE	1:10000
I3	CARTA GEOLOGICA REGIONALE	1:10000
I4	PIANO DI ASSETTO IDROGEOLOGICO (P.A.I.)	1:10000
I5	PLANIMETRIA CATASTALE	1:2000
I6	RETICOLO IDROGRAFICO SU CARTA TECNICA REGIONALE	1:2500
I7	PROFILI	1:1000
I8	ANALISI IDRAULICA A MOTO PERMANENTE (FIUME METAURO)	
I9	SCHEDE MONOGRAFICHE DISPOSITIVI D'INVARIANZA	
I10	ASSEVERAZIONE SULLA COMPATIBILITA' IDRAULICA DELLE TRASFORMAZIONI TERRITORIALI	

## 1. PREMESSA

Nella presente relazione sono esposti i risultati degli studi sulla compatibilità e sull'invarianza idraulica sviluppati a corredo della proposta di variante al vigente Piano Regolatore Generale del Urbania (PU). Con questa variante l'Amministrazione Comunale intende prevedere la ricollocazione di aree produttive di espansione tutt'oggi rimaste inattuato verso un sito posto a monte del centro abitato in loc. Santa Maria del Piano, in prossimità di altrettante zone industriali, al fine di favorire lo sviluppo di un polo produttivo-industriale di una certa importanza, sia per il territorio comunale che per l'intera vallata, con l'obiettivo di catturare in questa maniera nuovi interessi e di favorire così un più facile sviluppo.

Il sito infatti oltre a trovarsi in mezzo a due aree industriali già organizzate si trova in un'area pianeggiante sufficientemente ampia ed in prossimità dello svincolo della superstrada Fano-Grosseto, per il quale il relativo iter progettuale risulta in una fase piuttosto avanzata. Il nuovo svincolo permetterebbe di garantire un agevole accesso alla nuova area.

Si evidenzia che l'area di Santa Maria del Piano era oltretutto già stata individuata come area industriale di espansione già nel Piano di Fabbricazione degli atti '80 poi successivamente stralciata per una serie di ragioni in sede di formazione del P.R.G..

L'inserimento della zona permetterebbe quindi un ripristino delle vecchie previsioni ed una cucitura delle due attuali zone produttive. Tutto ciò senza un incremento della superficie territoriale impegnata ma attraverso la declassificazione a zona agricola E di aree produttive rimaste inattuato per tutti questi anni. La superficie territoriale delle aree produttive da declassare sarà infatti pari o superiore a quella della nuova zona produttiva rilocalizzata così come riportato nella Tabella 1.1:

**Tabella 1.1** – Superfici in variazione per le aree a destinazione produttiva

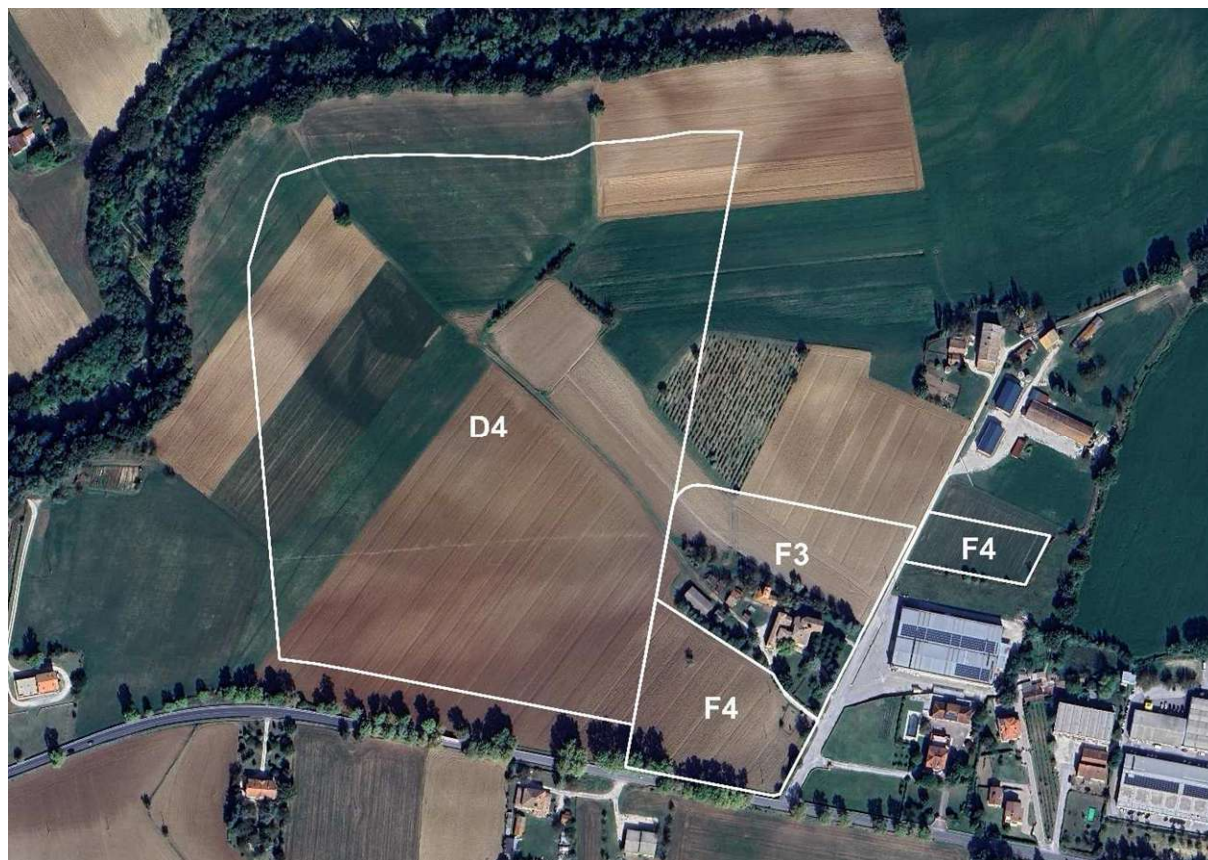
ZONE PRODUTTIVE	SUPERFICIE TERRITORIALE in mq	
	In diminuzione	In aumento
D3 – Marecchia	3185	
D4 – Cà Ciccolino	22468	
D4 – La Casina	71208	
D10 – Cal Terrazzano	13735	
D4 – Santa Maria del Piano		110590
<b>TOTALE</b>	110596	110590

Sono inoltre previsti alcuni aggiornamenti riguardanti leggeri modifiche alla perimetrazione di alcune aree a destinazione diversa (ZONE PER ATTREZZATURE PRIVATE D'INTERESSE COLLETTIVO F3 e ZONE DESTINATE A VERDE PUBBLICO F4) per un completamento del disegno urbanistico:

**Tabella 1.2** – Superfici in variazione per aree di tipo "F" in loc. Santa Maria del Piano

ZONE USO PUBBLICO/INTERESSE COLLETTIVO	SUPERFICI in mq	
	In diminuzione	In aumento
F3 – Santa Maria del Piano	0	5405
F4 – Santa Maria del Piano	8807	0
<b>TOTALE</b>	<b>8807</b>	<b>5405</b>

Si ritiene opportuno precisare che il presente studio è stato focalizzato sull'area di Santa Maria del Piano, dove è previsto l'insediamento della nuova Zona D4 e dove sono ipotizzate le modifiche alle Zone F3 e F4 (v. Figura 1.1).



**Figura 1.1** – Sovrapposizione con immagine aerea Google Earth (fuori scala)

Per le aree ubicate in località Cà Ciccolino, La Casina e Cal Terrazzano, attualmente a destinazione produttiva (Zone D), per le quali è invece previsto il ripristino della destinazione agricola (Zone E), ci si limiterà invece alla semplice descrizione delle possibili interferenze con il reticolo idrografico (v. sottocapitolo 4.4).

Il presente documento è stato redatto in riferimento alla seguente normativa:

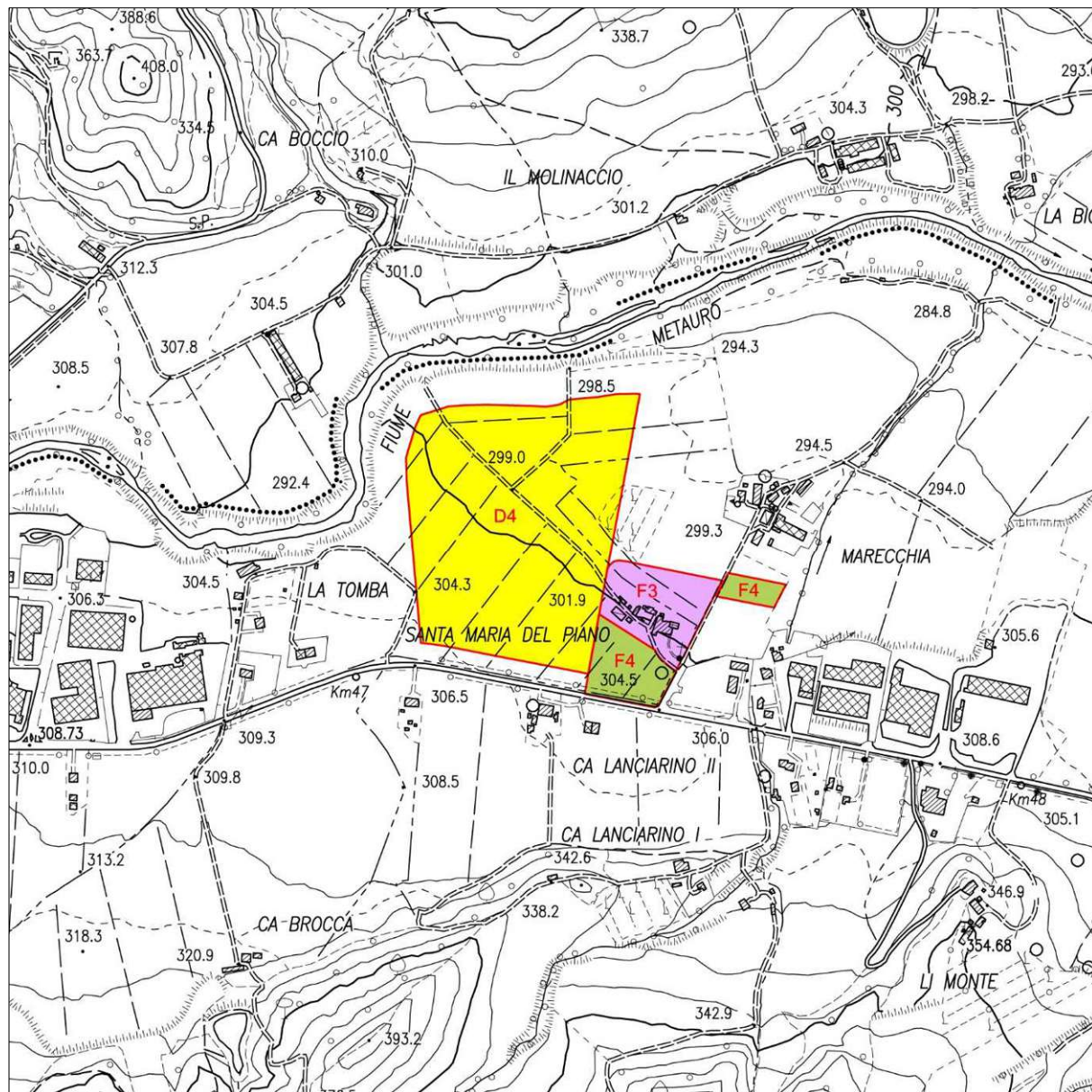
- Legge Regionale n° 22 del 23/11/2011 – Norme in materia di riqualificazione urbana sostenibile e assetto idrogeologico e modifiche alle leggi regionali 5 agosto 1992 n° 34, e 8 ottobre 2009 n° 22.
- Deliberazione di Giunta Regionale n° 53 del 27/01/2014 – Criteri, modalità e indicazioni tecnico-operative per la redazione della verifica di compatibilità idraulica degli strumenti di pianificazione territoriale e per l'invarianza idraulica delle trasformazioni territoriali (L.R. n° 22 del 23/11/2011, Art. 10).

Si evidenzia, infine, che il fascicolo include anche la “Asseverazione sulla compatibilità idraulica delle trasformazioni territoriali” (Allegato I10).



## 2. INQUADRAMENTO

L'area di Santa Maria del Piano è ubicata alla distanza di circa 2 km in direzione WNW dal capoluogo, nella piana alluvionale compresa fra la S.S. n° 73 bis di Bocca Trabaria e il Fiume Metauro (v. Figura 2.1).



**Figura 2.1** – Stralcio Carta Tecnica Numerica della Regione Marche (scala 1:10000)

I riferimenti cartografici del sito sono riportati nella tabella che segue:

**Tabella 2.1** – Riferimenti cartografici area Santa Maria del Piano produttiva

Zone urbanistiche	Ubicazione	Sezione I.G.M.I. 1:25000	Sez. C.T.R. Marche 1:10000	Foglio di mappa 1:2000
<b>D4-F3-F4</b>	Santa Maria del Piano	<b>279 III</b> Sant'Angelo in Vado	<b>279100</b> Peglio	<b>6</b>

In allegato sono riportati gli stralci della Carta Topografica d'Italia (Allegato I1), della Carta Tecnica Numerica della Regione Marche (Allegato I2), della Carta Geologica Regionale (Allegato I3) e del Piano di Assetto Idrogeologico (Allegato I4).

E' stata inoltre analizzata anche la cartografia tematica allegata al vigente P.R.G. i cui stralci sono riportati negli Allegati 5-6-7 del Rapporto Geologico-Geotecnico.

La Foto 4.1 fornisce una vista panoramica dell'area destinata ad ospitare la nuova zona produttiva D4.



**Foto 4.1** – Panoramica del nuovo comparto D4 dalla Strada Statale n° 73 bis (da SW verso NE)

### **3. GENERALITA' SULLA L.R. 22/2011 E SULLA D.G.R. 53/2014**

La Legge Regionale 22/2011 (Norme in materia di riqualificazione urbana sostenibile e assetto idrogeologico), al Capo II (Assetto idrogeologico del territorio), Art. 10 (Compatibilità idraulica delle trasformazioni territoriali), recita quanto segue:

- 1. Gli strumenti di pianificazione del territorio e le loro varianti, da cui derivi una trasformazione territoriale in grado di modificare il regime idraulico, contengono una verifica di compatibilità idraulica, volta a riscontrare che non sia aggravato il livello di rischio idraulico esistente, né pregiudicata la riduzione, anche futura, di tale livello.*
- 2. Ai fini di cui al comma 1, la verifica di compatibilità valuta l'ammissibilità degli interventi di trasformazione considerando le interferenze con le pericolosità idrauliche presenti e la necessità di prevedere interventi per la mitigazione del rischio, indicandone l'efficacia in termini di riduzione della specifica pericolosità.*
- 3. Al fine altresì di evitare gli effetti negativi sul coefficiente di deflusso delle superfici impermeabilizzate, ogni trasformazione del suolo che provochi una variazione di permeabilità superficiale deve prevedere misure compensative rivolte al perseguimento del principio dell'invarianza idraulica della medesima trasformazione.*
- 4. La Giunta regionale stabilisce i criteri per la redazione della verifica di compatibilità idraulica degli strumenti di cui al comma 1, nonché le modalità operative e le indicazioni tecniche relative ai commi 2 e 3, anche con riferimento ad aree di recupero e di riqualificazione urbana.*
- 5. Le opere necessarie per il perseguimento delle finalità di cui al presente articolo e relative alla riduzione del rischio idraulico (opere di difesa fluviale, invasi compensativi, aree verdi conformate in modo da massimizzare la capacità di invaso e laminazione e simili) e geologico (rilevati e valli artificiali e simili) sono classificate tra le opere di urbanizzazione primaria e le aree cui vengono conferite funzioni mitigative o compensative devono essere ricomprese nel perimetro considerato, anche se non strettamente contigue alle aree di trasformazione.*

La successiva Deliberazione di Giunta Regionale n° 53 del 27.01.2014 ha approvato “*Criteri, modalità e indicazioni tecnico-operative per la verifica di compatibilità idraulica degli strumenti di pianificazione territoriale e per l'invarianza idraulica delle trasformazioni territoriali*”.

In particolare il Titolo II riguarda i criteri per la redazione della “verifica di compatibilità idraulica” mentre nel Titolo III sono indicate le strategie e le azioni rivolte al perseguimento della “invarianza idraulica” delle trasformazioni territoriali.

Per garantire una migliore comprensione dei criteri, e per facilitare le attività di quanti interessati alla loro applicazione, sono state pubblicate ulteriori Linee Guida generali, non vincolanti, aventi quindi natura esplicativa, facilitativa e chiarificatrice, riguardanti:

- "A" - Sviluppo della verifica di compatibilità idraulica;
- "B" - Sviluppo della verifica per l'invarianza idraulica;
- "C" - Accorgimenti tecnico-costruttivi per la mitigazione del rischio idraulico in aree inondabili.

#### 4. VERIFICA DI COMPATIBILITA' IDRAULICA

La Verifica di Compatibilità Idraulica si sviluppa su più livelli di approfondimento e, a seconda del livello di sviluppo della stessa, deriva dalla integrazione dei seguenti dati/analisi:

- a) bibliografici e storici: permettono di ottenere informazioni sugli effetti di precedenti eventi di inondazione, nonché sugli studi esistenti e sull'individuazione delle aree inondabili negli strumenti di programmazione esistenti, utili al fine di tarare le analisi geomorfologiche e idrauliche;
- b) geomorfologici: permettono di ottenere informazioni sulla porzione di territorio interessabile dalle dinamiche fluviali, sui processi geomorfologici predominanti e sugli elementi geomorfologici che delimitano le aree interessabili da fenomeni di piena, nonché sull'evoluzione nel tempo del corso d'acqua e delle aree di pertinenza fluviale;
- c) idrologici-idraulici: permettono di quantificare, in relazione a criteri fissati convenzionalmente (es: tempo di ritorno), le aree inondabili; in genere, salvo analisi di maggior impegno, tali verifiche si riferiscono a schematizzazioni geometriche statiche dell'alveo.

Il grado di approfondimento degli studi è in funzione dell'importanza della trasformazione territoriale prevista e della situazione della rete idrografica nel contesto in cui si colloca la trasformazione territoriale; indicativamente è più approfondito in funzione dell'ampiezza del bacino sotteso, della vicinanza al corso d'acqua, dell'esistenza di dati su precedenti eventi di allagamento/dissesto, della consistenza e del livello di attuazione della trasformazione territoriale.

I livelli di analisi della Verifica di Compatibilità Idraulica (VCI) sono i seguenti:

- A) **Verifica Preliminare:** comprende solo le analisi di cui al punto a)
- B) **Verifica Semplificata:** comprende le analisi di cui ai punti a) e b)
- C) **Verifica Completa:** comprende le analisi di cui ai punti a), b) e c).

La Verifica Preliminare, ad eccezione dei casi particolari di seguito elencati, è da sviluppare sempre.

A seconda dell'esito della Verifica Preliminare saranno eseguiti i successivi livelli di analisi della Verifica di Compatibilità Idraulica (Semplificata e/o Completa).

I successivi livelli di approfondimento della VCI, attraverso l'analisi geomorfologica ed eventualmente l'analisi idrologico-idraulica, vanno sviluppati per i corsi d'acqua:

- a) che rientrano tra quelli demaniali, individuati nelle mappe catastali;
- b) per i quali sono individuate criticità legate a fenomeni di esondazione/allagamento in strumenti di programmazione o in altri studi eventualmente disponibili;
- c) sui quali si sono verificati in passato eventi di esondazione/allagamento.

Inoltre, non sono assoggettati obbligatoriamente ai successivi livelli di analisi della VCI i corsi d'acqua già analizzati per la redazione del P.A.I. ai fini dell'individuazione delle relative aree inondabili.

La suddetta esclusione dai successivi livelli di analisi per le aree P.A.I., non è applicabile in questi casi:

- a) ai tratti di corsi d'acqua ricadenti nelle aree esondabili P.A.I., ma non oggetto di analisi ai fini della redazione dello stesso P.A.I. (es. corsi d'acqua secondari);
- b) alle aree esterne a quelle mappate nel P.A.I. ma interessate da eventi di esondazione del corso d'acqua al quale si riferiscono le perimetrazioni P.A.I.;
- c) ai tratti di corsi d'acqua per i quali sono disponibili studi ed analisi successive all'approvazione del P.A.I., che individuano aree inondabili più estese di quelle individuate nel P.A.I.;

- d) ove l'area di interesse o sua parte è posta a quota non superiore a +0.50 m rispetto a quella presso il limite delle aree inondabili del P.A.I. per piene duecentennali.

Per i successivi livelli di analisi della VCI la verifica completa va comunque sviluppata nei seguenti casi:

- per differenziare la pericolosità idraulica, nel caso in cui si vogliano prevedere interventi non compatibili con le limitazioni specificate nel paragrafo 2.4.3 (Titolo II dell'Allegato 1 alla D.G.R. 53/2014);
- nel caso si vogliano adottare interventi/misure volte a mitigare la pericolosità di inondazione;
- nel caso di difficoltà di individuazione della fascia di pertinenza fluviale su base geomorfologica;
- nel caso di strumenti attuativi per i quali si richiede la prima approvazione, interessanti superfici maggiori di 2 ha, ove non previsto diversamente dalla D.G.R. 53/2014.

Le restanti porzioni del reticolo idrografico sono analizzate nell'ambito della valutazione e progettazione della rete di smaltimento delle acque meteoriche, al fine di evitare allagamenti per eventi meteorici considerando possibilmente tempi di ritorno fino a 30 anni, e comunque nel rispetto delle normative tecniche di settore.

Come già evidenziato, lo studio è stato focalizzato sull'area di Santa Maria del Piano, dove è previsto l'insediamento della nuova Zona D4 e dove sono ipotizzate le modifiche alle Zone F3 e F4. Nonostante la **Verifica Preliminare** e la **Verifica Semplificata** possano ritenersi sufficienti per il caso in esame, si è ritenuto di eseguire alcuni approfondimenti che normalmente si effettuano nell'ambito della **Verifica Completa**.

#### **4.1. VERIFICA PRELIMINARE**

La Verifica Preliminare è basata sull'analisi idrografica-bibliografica-storica, sviluppata nel punto successivo.

##### **4.1.1. ANALISI IDROGRAFICA-BIBLIOGRAFICA-STORICA**

Tale analisi ha lo scopo di individuare il reticolo idrografico attuale e quello storico recente, le aree mappate come inondabili negli strumenti di pianificazione di settore redatti dalle Autorità di bacino/Distretto (es: Piano stralcio di bacino per l'Assetto Idrogeologico-P.A.I., Piano di gestione del rischio alluvioni-PGRA), le aree inondabili individuate in altri strumenti di pianificazione e le aree individuabili come inondabili e/o inondate sulla base degli studi e delle informazioni storiche disponibili. L'obiettivo è quello di individuare le situazioni dove potrebbero essere presenti criticità effettive o potenziali che potrebbero interferire con le previsioni urbanistiche.

##### **4.1.1.1. INDIVIDUAZIONE DEL RETICOLO IDROGRAFICO**

In primo luogo è individuata la rete idrografica attuale e recente attraverso la consultazione della cartografia disponibile per l'area. L'analisi della rete idrografica, individuata nella cartografia disponibile, è opportuno che sia estesa fino ad un orizzonte temporale di almeno 50-60 anni, al fine di verificare eventuali situazioni di obliterazione o modifica del reticolo idrografico.

Devono essere consultate almeno:

- mappe catastali, con l'individuazione dei corsi d'acqua demaniali (ovvero della Acque esenti da estimo);
- Carta Tecnica Regionale (scala 1:10000 o maggiore);



- Cartografia I.G.M. (scala 1:25000), a partire dalle edizioni quelle relative agli anni '40-'50;
- Carte tecniche comunali, ove disponibili.

Facoltativamente, qualora disponibile e utilizzabile, può essere analizzata anche la cartografia storica dell'I.G.M. (fine '800), nonché eventuali fotografie aeree a disposizione di Enti o disponibili presso siti internet istituzionali (es: Portale Cartografico Nazionale, Autorità di bacino, Province, Comunità Montane, Comuni).

#### **4.1.1.2. RICERCA BIBLIOGRAFICA E STORICA**

Nel corso dell'analisi preliminare vanno raccolte le informazioni disponibili relative alla individuazione di aree inondabili mappate negli strumenti di programmazione esistenti.

Tra gli strumenti di programmazione devono/possono essere considerati:

- Piani stralcio di bacino per l'Assetto Idrogeologico – P.A.I., Piani straordinari per il rischio idrogeologico, Piani di gestione del rischio alluvioni-PGRA o altri strumenti di programmazione delle Autorità di bacino/Autorità di Distretto;
- Piano Regolatore Comunale (cartografia geomorfologica e cartografia delle pericolosità geologiche);
- Piano Comunale o Intercomunale di Protezione civile (ove disponibile).

Tra gli altri studi disponibili possono essere utilizzati il Rilievo critico del Reticolo Idrografico Minore della Regione Marche (RIM), disponibile presso la Struttura tecnica regionale competente in materia di Difesa del suolo, e l'archivio del Progetto AVI – Censimento delle aree italiane storicamente vulnerate da calamità geologiche ed idrauliche – del Gruppo Nazionale Difesa dalle Catastrofi idrogeologiche, <http://avi.gndci.cnr.it/>).

Inoltre, devono essere raccolte eventuali informazioni/segnalazioni relative a criticità o eventi di allagamento e inondazione avvenute in passato.

#### **4.1.2. RISULTATI DELLA VERIFICA PRELIMINARE**

Per le aree di interesse non è stata rilevata alcuna interferenza con le perimetrazioni P.A.I. a rischio esondazione, riguardanti esclusivamente il corso del Fiume Metauro, e con le aree di esondazione presenti nelle tavole allegate al P.R.G. vigente.

Inoltre, le informazioni storiche assunte presso il comune di Urbania non consentono di individuare aree esterne a quelle delimitate nei documenti sopra citati, che siano state interessate, in passato, da fenomeni di esondazione del Fiume Metauro o di corsi d'acqua secondari.

Pertanto, i risultati dell'Analisi Idrografica-Bibliografica-Storica eseguita nell'ambito della Verifica Preliminare, consentirebbero di evitare i successivi livelli di analisi in quanto le aree interessate dalla Variante al P.R.G. sono poste a quote e distanze tali da non essere sicuramente coinvolte da potenziali fenomeni di inondazione/allagamento del reticolo idrografico e da processi di dinamica fluviale, anche in un orizzonte temporale di lungo periodo.

In ogni caso, poiché lo scopo dell'art. 10 della L.R. 22/2011 è quello di evitare l'aggravamento delle condizioni di rischio idraulico esistente o pregiudicare la riduzione futura di tale livello, facendo sì che le scelte pianificatorie fin dalla fase della loro ideazione valutino la pericolosità idraulica presente e potenziale, si procederà comunque alla successiva Verifica Semplificata.

## **4.2. VERIFICA SEMPLIFICATA**

La Verifica Semplificata è basata sull'analisi geomorfologica, in aggiunta all'analisi idrografica-bibliografica-storica che deve comunque essere sempre eseguita.

### **4.2.1. ANALISI GEOMORFOLOGICA**

L'analisi geomorfologica del sistema idrografico e delle aree limitrofe, sviluppata non solo con riferimento allo stato attuale, ma anche con riferimento alla sua evoluzione nel medio periodo (50-100 anni), confrontata con le informazioni derivanti dall'Analisi idrografica-bibliografica-storica, costituisce un elemento sostanziale al fine di individuare la fascia di pertinenza fluviale su base geomorfologica e, con l'Analisi idrologico-idraulica, per l'individuazione delle fasce a differente pericolosità idraulica.

Attraverso l'analisi geomorfologica sono individuate le forme principali che caratterizzano il sistema idrografico naturale: alveo attivo, piana inondabile s.s. e per piene eccezionali, sponde e argini, scarpate principali e bordi di terrazzo (attivi e quiescenti). Inoltre, sono individuati i tratti di reticolo idrografico interessati da evidenti fenomeni di incisione dell'alveo, sovralluvionamento o significativa erosione delle sponde.

Nel corso dell'analisi si devono individuare le morfologie e le forme che caratterizzano la piana inondabile per piene eccezionali e che possono delimitare tale piana: bordi di terrazzi, scarpate (almeno quelle con altezza mediamente superiore a 1.0-1.5 m), rotture di pendenza, zone depresse, principali direzioni di scorrimento, alvei e meandri abbandonati. Sono individuati anche gli elementi antropici principali (ponti, argini artificiali, difese di sponda, traverse, rilevati nella piana inondabile, ..... ) che possono influenzare lo sviluppo dei fenomeni di inondazione.

Attraverso l'analisi geomorfologica si analizzano i seguenti aspetti:

- morfologia principale dell'alveo: unicursale (rettilineo, sinuoso, meandriforme), pluricursale (a canali intrecciati, anastomizzato) o transizionale (sinuoso a barre alternate, wandering);
- stato dell'alveo riguardo alla configurazione del fondo: roccia o substrato, colluviale, gradinata, letto piano, riffle-pool, dune, artificiale;
- litologia/sedimenti dominanti del fondo alveo e delle sponde;
- forme di accumulo presenti in alveo (barre);
- tipologia della vegetazione in alveo e sulle sponde;
- presenza di detriti vegetali in alveo/sponde, sulla piana inondabile e presso le opere antropiche;
- stato delle sponde e del fondo e loro evidenze evolutive/mobilità: tendenze all'incisione, erosione di sponda, ecc.;
- caratteristiche e stato di conservazione-manutenzione delle opere antropiche in alveo (longitudinali e trasversali) o per la difesa da fenomeni di allagamento: opere di difesa trasversali, opere di difesa longitudinali, sbarramenti, argini, attraversamenti; per tali opere antropiche indicare, se possibile, l'anno (o decennio) di realizzazione;
- individuazione delle singolarità (strette naturali o artificiali, abbassamenti delle sponde, abbassamenti arginali) dalle quali si possono propagare i fenomeni di inondazione e individuazione delle morfologie che guidano la propagazione delle inondazioni nelle aree esterne all'alveo;
- descrizione dell'area golenale e della piana inondabile per piene eccezionali: uso del suolo, tipo di vegetazione, bordi dei terrazzi che delimitano la piana inondabile per piene eccezionali, bordi

di terrazzi/scarpate minori, presenza di discontinuità morfologiche, canali secondari, tracce di meandri abbandonati, alvei fluviali abbandonati, zone con ristagno di acqua, laghi, presenza di opere-manufatti (rilevati infrastrutturali, edifici, ecc.) o depositi antropici.

Attraverso l'Analisi geomorfologica, confrontata con l'Analisi idrografica-bibliografica-storica, si individua la fascia di pertinenza fluviale su base geomorfologica, ovvero la porzione di territorio perifluviale definita per le componenti geomorfologiche e idrodinamiche in rapporto alle piene eccezionali di elevato tempo di ritorno e alla possibile evoluzione planimetrica dell'alveo e delle scarpate fluviali. Essa include le aree inondabili per piene eccezionali relative a tempi di ritorno di centinaia di anni, le forme fluviali riattivabili con piene eccezionali, le aree interessate/interessabili dall'evoluzione-mobilità dell'alveo e delle scarpate fluviali.

Entro la fascia di pertinenza fluviale su base geomorfologica sono incluse le aree inondabili per piene eccezionali individuate su base geomorfologica. Al fine della loro individuazione sono considerate le criticità esistenti nel tratto, quali zone in erosione, restringimenti, punti di possibile tracimazione, sovralluvionamenti e, soprattutto, le forme morfologiche-geomorfologiche che appaiono chiaramente confinare le acque di piena per eventi eccezionali. L'individuazione del limite della piana inondabile per piene eccezionali in corrispondenza di tali forme è funzione di vari fattori da valutare in maniera integrata: importanza del corso d'acqua (ampiezza dell'alveo e bacino sotteso, che esprimono una indicazione dell'entità delle portate di piena che possono interessarlo), presenza di restringimenti-ostruzioni nel corso d'acqua, entità (altezza) delle forme e distanza dal corso d'acqua.

In ogni caso la mappatura delle aree inondabili su base geomorfologica va eseguita in maniera adeguatamente cautelativa, con l'obiettivo concettuale dell'inclusione delle aree inondabili per piene con tempo di ritorno pluricentennale (che possono interessare anche interamente i terrazzi alluvionali più recenti).

La fascia di pertinenza fluviale su base geomorfologica comprende anche le aree interessabili dalla possibile divagazione dell'alveo; esse includono le aree potenzialmente interessabili dalla divagazione e mobilità dell'alveo (indicativamente l'orizzonte temporale di riferimento è pari a 50-60 anni), in assenza di interventi di difesa. L'individuazione di tali aree va effettuata sulla base della divagazione storica dell'alveo (e delle scarpate fluviali che lo delimitano) almeno negli ultimi 50-60 anni, confrontata con la situazione attuale dell'alveo. Nel caso in cui siano state eseguite analisi idrauliche è utile il confronto con le risultanze della modellazione (condizioni del moto e velocità della corrente in alveo).

Le aree interessate dalla divagazione storica dell'alveo sono individuate dalla visione/analisi della cartografia storica (I.G.M. 1:25000 anni '40-'50 ed eventualmente I.G.M. fine '800), delle foto aeree (volo G.A.I. I.G.M. 1954-1955 e voli successivi), della cartografia catastale (delimitazione acque esenti da estimo) della Cartografia Tecnica disponibile (Comunale, Regionale, ecc....), nonché di eventuali rilievi topografici.

La fascia di pertinenza fluviale su base geomorfologica è individuata sulla base dei seguenti elementi e in generale dall'involuppo degli stessi:

- a) le aree ritenute inondabili, per piene eccezionali, individuate su base geomorfologica;
- b) le zone inondabili già individuate negli strumenti di pianificazione di settore redatti dalle Autorità di bacino/Distretto (es: P.A.I.) per piene con tempo di ritorno fino ad almeno 200 anni;

- c) le zone interessate in passato da eventi di esondazione/allagamento (derivanti dall'Analisi Idrografica-Bibliografica-Storica);
- d) le aree interessabili dalla possibile divagazione dell'alveo, sopra descritte;
- e) le aree demaniali (acque esenti da estimo) come risultanti nelle cartografie catastali;
- f) la fascia di rispetto idraulica di cui al R.D. 523/1904, art 96, comma f) (10 m dal piede degli argini e loro accessori o dal ciglio di sponda dell'alveo).

#### **4.2.2. RISULTATI DELLA VERIFICA SEMPLIFICATA**

Nel seguito viene esaminata l'area di Santa Maria del Piano nel suo complesso, al fine di evidenziare eventuali interazioni con il reticolo idrografico, la cui configurazione è riportata nell'Allegato I6 (Reticolo Idrografico su C.T.R. – scala 1:2500).

Riguardo ai corsi d'acqua demaniali si rileva la presenza di:

- a) Fosso della Tomba a Ovest dell'area D4;
- b) Fiume Metauro a Nord-Ovest e a Nord dell'area D4;
- c) Fosso della Marecchia a Est delle aree F4 e F3.

Il Fosso della Tomba è ubicato ad oltre 250 m di distanza dall'area D4. Questo fattore, associato alle portate limitate di questo corso d'acqua, all'interposizione di manufatti (strade, fabbricati, recinzioni, ecc.) e alla forte permeabilità dei sedimenti alluvionali, implica che le conseguenze di eventi di esondazione, peraltro mai registrati nel corso dei decenni, non possano in alcun modo coinvolgere la nuova area di espansione industriale.



**Foto 3.1** – Fiume Metauro visto dal ciglio superiore della scarpata dx in corrispondenza dell'area D4

Riguardo al Fiume Metauro, si rileva che in corrispondenza del ciglio superiore della scarpata di terrazzo alluvionale (v. Foto 3.1) di questo corso d'acqua, il limite dell'area D4 è stato volutamente mantenuto alla distanza di circa 50 m. Nell'Allegato I7 sono riportati una serie di profili che mettono in evidenza la posizione di quest'area rispetto allo stesso Fiume Metauro.

Queste sezioni sono state sviluppate su un modello 3D a sua volta elaborato utilizzando i dati derivanti dal rilievo LIDAR con maglia 1x1 m eseguito dal Ministero dell'Ambiente (la densità dei punti del rilievo è superiore a 1.5 punti). Il DTM (Digital Terrain Model) presenta un'accuratezza altimetrica corrispondente a  $\pm 1$  s (scarto quadratico medio), corrispondente ad un errore inferiore  $\pm 15$  cm mentre l'accuratezza planimetrica è di  $\pm 2$  s con un errore contenuto entro  $\pm 30$  cm.

Dall'esame dei profili P1, P2 e P3 si nota, in particolare, che il dislivello altimetrico dell'area D4 rispetto al fondo-alveo è di circa 12-14 m. Nelle stesse sezioni sono anche riportati i limiti dell'area di esondazione P.A.I. E-05-0049 che, almeno nel caso del profilo P2, manifestano delle evidenti incongruenze. Sono inoltre indicati i livelli di piena calcolati tramite apposita analisi idraulica. Il dislivello minimo tra ciglio superiore della scarpata fluviale e quota di massima piena si ha nel profilo P1 (Figura 4.1) dove è stato determinato un valore di 7.66 m (Figura 4.1).

Circa 250 m a Est dell'area D4 è infine ubicato un altro corso d'acqua demaniale, il Fosso della Marecchia. Come già evidenziato per il Fosso della Tomba, non vi è alcuna possibilità che eventi di esondazione di questo fosso, anche in questo caso peraltro mai registrati secondo le testimonianze acquisite, possano coinvolgere la nuova area di espansione industriale. Nella situazione specifica si aggiungono anche motivi di tipo altimetrico legati al fatto che il comparto D4 si trova lievemente più a monte.

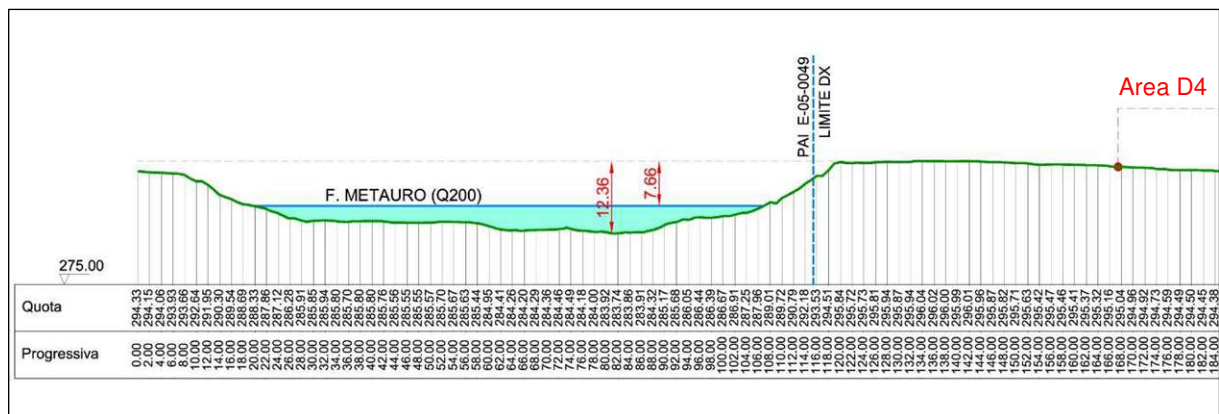


Figura 4.1 – Stralcio profilo P1

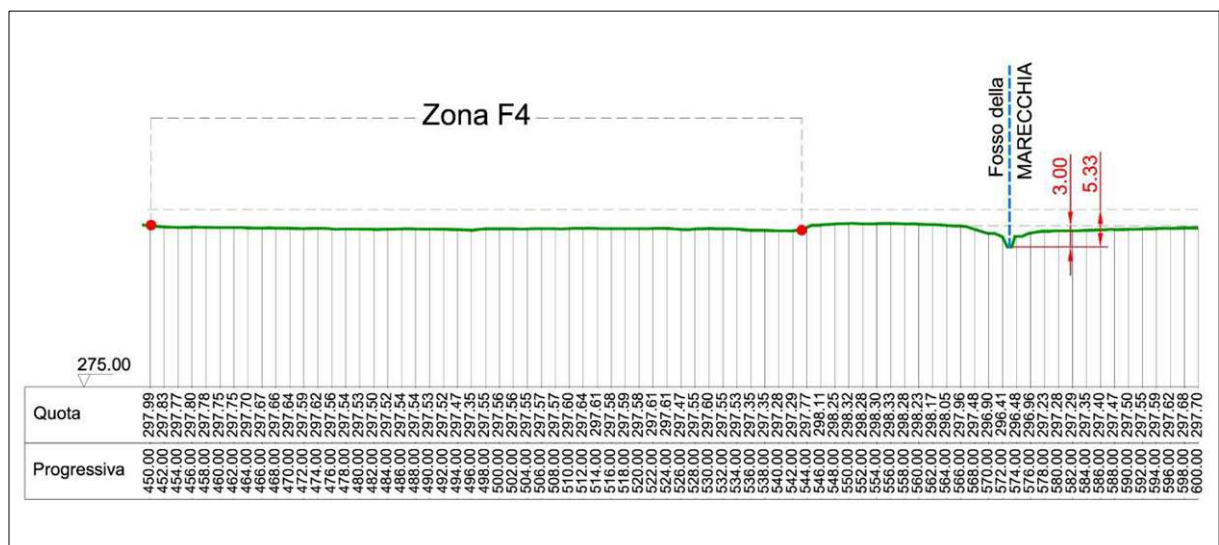


Figura 4.2 – Stralcio profilo P4 (parte finale)



Una distanza minore (circa 20 m) si ha invece fra il corso d'acqua e una nuova area di tipo F4, che peraltro sostituisce un'esistente area D3. Nel profilo P4, del quale la Figura 4.2 costituisce uno stralcio, è possibile evidenziare quanto segue:

- a) rispetto al piano di campagna ubicato in sponda sinistra, l'alveo è inciso di circa 3.00 m;
- b) questo valore è in piccola parte dovuto ad un riporto di terreno risalente agli anni 70-80;
- c) in sponda destra il terreno, adibito ad attività agricole, è più basso di circa 40-50 cm cosicché eventuali fenomeni di piena potrebbero interessare solo questo lato e non quello dove si colloca invece l'area F4;
- d) il dislivello di 5.33 m è riferito alla quota minima dell'area D4, ubicata a notevole distanza, lungo lo stesso profilo.

Va evidenziato che la traccia planimetrica del profilo P4 non è esattamente perpendicolare all'asse del fosso e che pertanto, in sezione, le distanze planimetriche sono in qualche modo dilatate. Le quote e i dislivelli mantengono invece tutta la loro significatività

Nell'Allegato I6 (Reticolo Idrografico su C.T.R. – scala 1:2500) si nota inoltre come, nel tratto a monte dell'area F4, lo stesso Fosso della Marecchia sia stato intubato per una lunghezza di circa 160 m. Questo intervento, per il quale è stata utilizzata una condotta in cemento con diametro interno di 100 cm, risale agli anni 70. In base alle evidenze sul posto ed alle informazioni che è stato possibile reperire, il percorso catastale originario ha subito una sostanziale rettifica, in parte anche precedente alle operazioni di tombamento.

Si ritiene, in sintesi, che tutti gli elementi raccolti e descritti precedentemente possano essere ritenuti sufficienti per non procedere anche alla Verifica Completa. Ciò premesso, nel seguito della presente relazione vengono comunque sviluppati alcuni approfondimenti con l'obiettivo di rafforzare l'esito dei precedenti livelli di verifica. Tali approfondimenti (Verifica Completa) riguardano il Fiume Metauro e il Fosso della Marecchia.

#### **4.2.3. CONSIDERAZIONI SUL RETICOLO IDROGRAFICO NON DEMANIALE**

Il deflusso delle acque superficiali nell'area di terrazzo alluvionale interessata dalla presente Variante al Piano Regolatore Generale è principalmente demandato alle opere accessorie (cunette e chiavicotti) della locale viabilità (Strada Statale n° 73 bis di Bocca Trabaria, strade vicinali e strade interpoderali) nonché a numerose scoline presenti nei fondi a destinazione agricola. Tale rete è riportata nell'Allegato I6 (Reticolo Idrografico su C.T.R. – scala 1:2500).

Nella Foto 4.2 è ripresa la cunetta posta a valle (a Nord) della S.S. n° 73 bis mentre la Foto 4.3 riguarda l'uscita di un attraversamento stradale in muratura che si immette sullo stesso fosso.

Nella Foto 4.4, infine è raffigurata una scolina che solca un fondo a destinazione agricola ubicato nella parte più depressa dell'area D4. Come sarà più dettagliatamente spiegato nel Rapporto Geologico-Geomorfologico, questa rete di cunette, scoline e fossi non demaniali, interessa un terrazzo alluvionale con caratteristiche molto uniformi dal punto di vista litostratigrafico.

Al riguardo si riporta una colonna litostratigrafica (Figura 4.3) che, con poche variazioni in termini di spessore e composizione, costituisce la "stratigrafia tipo" per tutta l'area di interesse. In alcuni punti lo spessore del deposito alluvionale si riduce a valori di circa un metro e la composizione risulta esclusivamente ghiaiosa (v. Foto 4.5)





**Foto 4.2** – Stralcio profilo P4 (parte finale)



**Foto 4.3** – Uscita attraversamento in muratura sulla S.: n° 73 bis





**Foto 4.4** – Scolina nella zona più depressa dell'area D4

PROF. (m)	LITOLOGIA	DESCRIZIONE DELLA LITOLOGIA	H <sub>2</sub> O	T.V. Kg/cm <sup>2</sup>	P.P. Kg/cm <sup>2</sup>	CAMP. N.
		TERRENO AGRARIO				
1		LIMO SABBIOSO-ARGILLOSO CON INCLUSIONI CLASTICHE				
2		GHIAIA IN MATRICE LIMOSO-SABBIOSA				
3		SUBSTRATO PELITO-ARENITICO				

**Figura 4.3** – Colonna stratigrafica rappresentativa dell'area oggetto di variante

L'esistenza di queste condizioni litostratigrafiche implica che le acque raccolte dai fossi siano progressivamente perse per infiltrazione sul fondo, lungo tutto il loro corso prima del raggiungimento del recapito finale. Le conseguenze di tutto questo sono fondamentalmente due:



- a) le portate di questi piccoli corsi d'acqua che solcano la piana alluvionale tendono paradossalmente a diminuire da monte verso valle, senza raggiungere valori che possano provocare danni neanche in occasione di eventi meteorici intensi e prolungati;
- b) la comunicazione di questi fossi con il materasso alluvionale ghiaioso consente a quest'ultimo di immagazzinare temporaneamente le acque di precipitazione, con effetti benefici sulla modulazione delle portate di piena anche dei corsi d'acqua maggiori.



**Foto 4.5** – Affioramento diretto dell'orizzonte ghiaioso

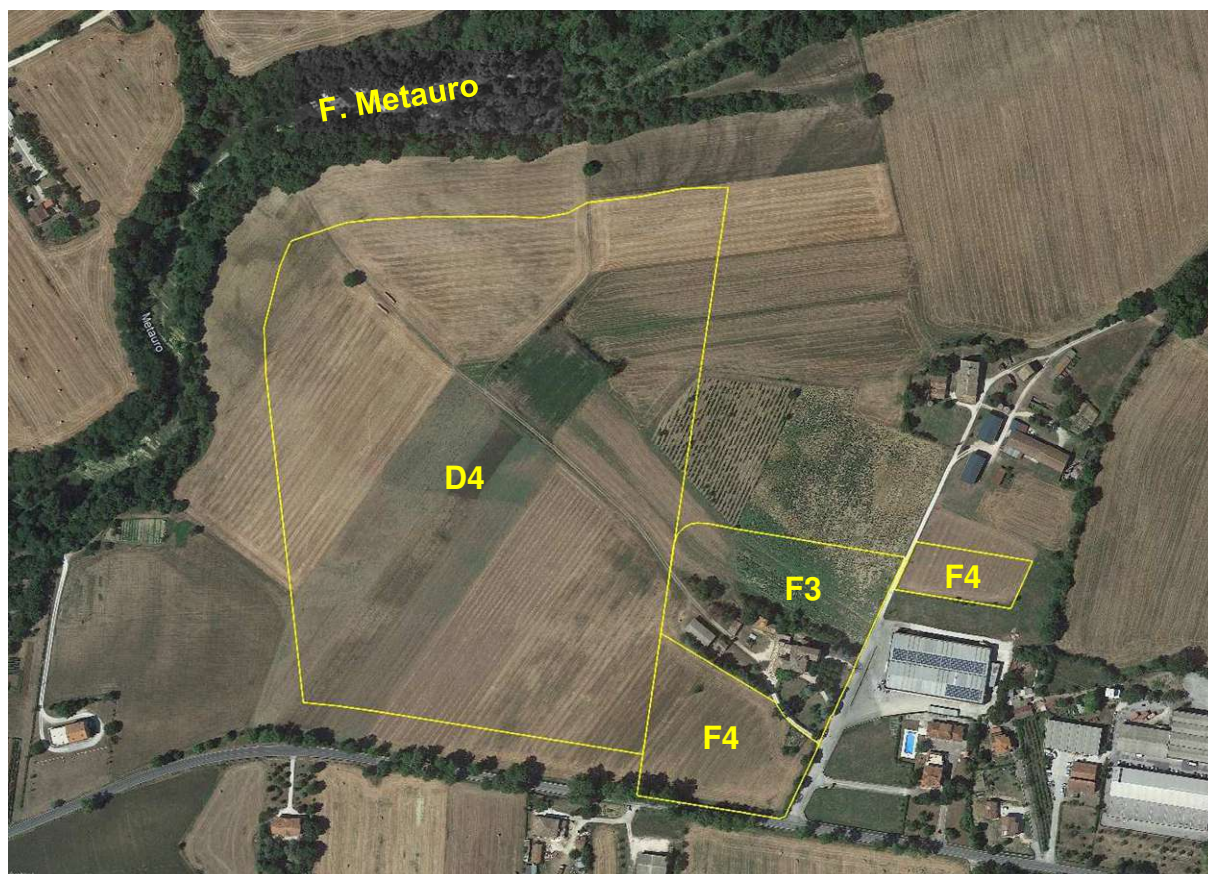
### **4.3. VERIFICA COMPLETA**

Come già detto la Verifica Completa viene eseguita solo per rafforzare i riscontri comunque favorevoli della Verifica Preliminare e della Verifica Semplificata.

#### **4.3.1. FIUME METAURO**

Nel seguito viene eseguita l'analisi idraulica a moto permanente per il tratto fluviale ubicato in prossimità dell'area D4 (Figura 4.4). Lo scopo è quello di definire meglio i limiti di esondazione relativi all'attuale perimetrazione P.A.I. E-05-0049.





**Figura 4.4** – Aree di variante su immagine aerea Google Earth (2019)

#### **4.3.1.1. ANALISI IDROLOGICA**

Per la valutazione delle portate di piena del Fiume Metauro si è partiti dai dati pluviometrici ma si è fatto riferimento allo studio svolto dalla Fondazione CIMA nel 2016 per la *“Regionalizzazione delle portate massime annuali al colmo di piena per la stima dei tempi di ritorno delle grandezze idrologiche”*.

E' stato quindi scaricato dal sito della Protezione Civile (<https://www.regione.marche.it/Regione-Utile/Protezione-Civile/Progetti-e-Pubblicazioni/Studi-Meteo-Idro#Studi-Idrologici-e-Idraulici>) il file *Mappe\_Regionalizzazione\_Q.zip* contenente un documento con la descrizione dettagliata delle metodologie utilizzate, oltre alle seguenti mappe in formato ESRI grid, lat-lon EPSG-4326:

- a. Portate per diversi tempi di ritorno ( $Tr = 2, 5, 10, 20, 50, 100, 150, 200, 500$  anni);
- b. Area drenata da ciascun punto sul reticolo modellistico (espressa in kmq).

Queste mappe sono state poi caricate nel software QGIS per poter essere interrogate in corrispondenza della sezione di chiusura ubicata appena a valle dell'area D4. In particolare, l'interrogazione del database cartografico è stata fatta per una sezione del reticolo idrografico avente le seguenti coordinate WGS84-EPGS4326:

Latitudine: 43.683993°

Longitudine: 12.490514°

Nel seguito si riportano i valori dell'area drenata dalla sezione e la portata per il tempo di ritorno di 200 anni, risultanti dalle interrogazioni:

Area drenata:	192.2033 kmq
Portata $Tr=200$	<b>804.448 mc/s</b>



Si segnala che il valore di portata di piena duecentennale sopra riportato, risulta molto cautelativo in quanto significativamente più alto rispetto a quelli a cui si sarebbe pervenuti mediante l'uso di una metodologia indiretta basata sull'analisi del processo che, a partire dalle precipitazioni, porta al deflusso attraverso una determinata sezione di bacino (trasformazione afflussi-deflussi).

#### **4.3.1.2. CARATTERISTICHE DEL TRATTO SOTTOPOSTO A VERIFICA**

Per l'analisi idraulica del Fiume Metauro il modello geometrico del corso d'acqua è stato elaborato utilizzando i dati derivanti dal già citato rilievo LIDAR con maglia 1x1 m eseguito dal Ministero dell'Ambiente.

Nello stralcio cartografico riportato nell'Allegato I6 (Reticolo Idrografico su C.T.R. – scala 1:2500), è rilevabile il tratto di asta fluviale sottoposto a verifica, caratterizzato da un andamento sinuoso e da una lunghezza di **900 m**. Al riguardo si precisa che non essendo presenti ponti o restringimenti, la lunghezza considerata è da ritenere sicuramente significativa (sono ancora presenti i resti delle pile di una vecchia passerella il cui impatto sulla sezione di deflusso risulta sostanzialmente irrilevante).

Lungo il tratto di riferimento sono state considerate n° 19 sezioni trasversali (H01...H19) distanziate di 50 l'una dall'altra. La quota minima dell'alveo è pari a **282.79 m** nella sezione H01 e a **289.21 m** nella sezione H19. Il dislivello complessivo risulta quindi uguale a **6.42 m** a cui corrisponde una pendenza longitudinale media pari a allo **0.713%**.

#### **4.3.1.3. MODELLAZIONE IDRAULICA A MOTO PERMANENTE**

Il moto permanente o stazionario nei corsi d'acqua e nei canali si ha quando in ogni punto della massa fluida le caratteristiche di moto non variano nel tempo ma solo da punto a punto.

A questo scopo è stato utilizzato il programma HEC-RAS (ver. 6.3.1) sviluppato dall' Hydrologic Engineering Center per la valutazione di fenomeni idraulici (River Analysis System).

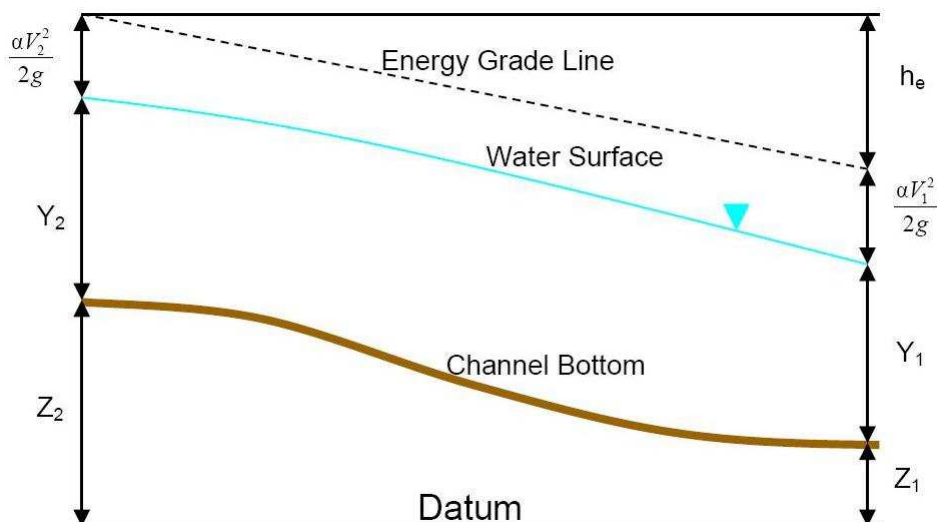
Il calcolo del profilo viene eseguito da una sezione a quella successiva con una procedura iterativa alle differenze finite (Standard Step Method), risolvendo la seguente equazione (equazione di energia):

$$Y_2 + Z_2 + \frac{\alpha_2 V_2^2}{2g} = Y_1 + Z_1 + \frac{\alpha_1 V_1^2}{2g} + h_e \quad [4.1]$$

in cui:

$Y_1, Y_2$	: altezza rispetto al fondo della sezione
$Z_1, Z_2$	: quota fondo sezione rispetto ad un livello di riferimento
$V_1, V_2$	: velocità media (Portata totale / Area totale)
$\alpha_1, \alpha_2$	: coefficiente di Coriolis
$g$	: accelerazione di gravità
$h_e$	: perdita di carico complessiva

Il diagramma seguente rende intuitivo il significato dell'equazione di energia:



La perdita di carico totale è il risultato di due contributi:

- perdite di carico per attrito;
- perdite di carico dovute a repentine variazioni di sezione (contrazione – espansione).

$$h_e = L\bar{S}_f + C \left| \frac{\alpha_2 V_2^2}{2g} - \frac{\alpha_1 V_1^2}{2g} \right| \quad [4.2]$$

dove:

- $L$  : distanza media tra le due sezioni  
 $\bar{S}_f$  : pendenza linea dei carichi per attrito tra le due sezioni  
 $C$  : coefficiente di perdita di carico per contrazione o espansione

La distanza  $L$  viene calcolata come media pesata delle distanze relative a tre tratti:

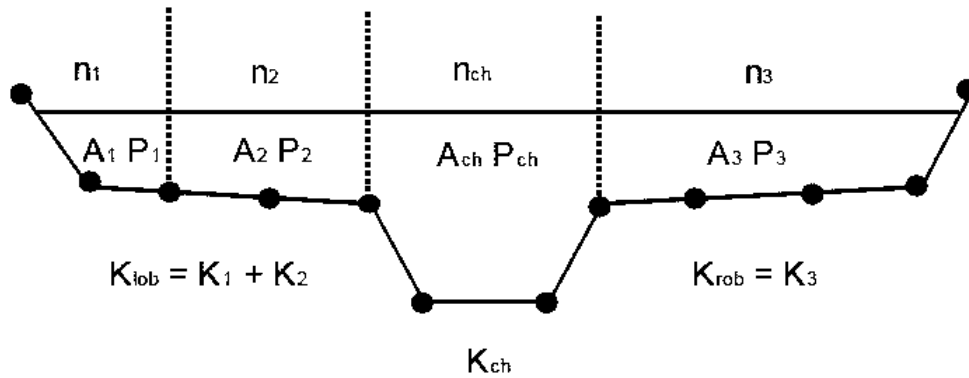
- area golenale sinistra (left overbank)
- canale centrale (channel)
- area golenale destra (right overbank)

$$L = \frac{L_{lob}\bar{Q}_{lob} + L_{ch}\bar{Q}_{ch} + L_{rob}\bar{Q}_{rob}}{\bar{Q}_{lob} + \bar{Q}_{ch} + \bar{Q}_{rob}}$$

Dove:

- $L_{lob}, L_{ch}, L_{rob}$  : distanze fra tratti corrispondenti di due sezioni successive  
 $\bar{Q}_{lob}, \bar{Q}_{ch}, \bar{Q}_{rob}$  : media aritmetica delle portate relative a tratti corrispondenti

La determinazione della capacità di trasporto e del coefficiente di velocità (coefficiente di Coriolis) di una data sezione richiede la suddivisione della sezione stessa in tratti caratterizzati dallo stesso valore del parametro di Manning.



La capacità di trasporto è calcolata distintamente per ogni tratto:

$$Q = KS_f^{1/2}$$

$$K = \left( \frac{1.486}{n} \right) AR^{1/2}$$

Le grandezze sotto elencate si riferiscono ad un singolo tratto di sezione:

- $K$  : capacità di trasporto  
 $n$  : coefficiente di Manning  
 $A$  : area di deflusso  
 $R$  : raggio idraulico (area di deflusso / perimetro bagnato)

Il coefficiente di velocità  $\alpha$  velocità viene calcolato in funzione delle capacità di trasporto e delle aree di deflusso:

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

dove:

- $A_t$  : area bagnata totale della sezione  
 $A_{lob}, A_{ch}, A_{rob}$  : aree bagnate golena sinistra, canale, golena destra  
 $K_t$  : capacità di trasporto totale della sezione  
 $K_{lob}, K_{ch}, K_{rob}$  : capacità di trasporto golena sinistra, canale, golena destra

HEC-RAS calcola le perdite di carico per attrito come prodotto di  $S_f$  e  $L$ . Si ricorda che:

$$L = \frac{L_{lob} \bar{Q}_{lob} + L_{ch} \bar{Q}_{ch} + L_{rob} \bar{Q}_{rob}}{\bar{Q}_{lob} + \bar{Q}_{ch} + \bar{Q}_{rob}}$$

$S_f$  rappresenta la perdita di carico unitaria per attrito (friction slope) e può essere calcolata in ciascuna sezione dall'equazione di Manning:

$$\bar{S}_f = \left( \frac{Q}{K} \right)^2$$

a) Capacità di trasporto media

$$\bar{S}_f = \left( \frac{Q_1 + Q_2}{K_1 + K_2} \right)^2$$

b) Media aritmetica della pendenze

$$\bar{S}_f = \frac{S_{f1} + S_{f2}}{2}$$

c) Media geometrica della pendenze

$$\bar{S}_f = \sqrt{S_{f1} S_{f2}}$$

d) Media armonica della pendenze

$$\bar{S}_f = \frac{2S_{f1}S_{f2}}{S_{f1} + S_{f2}}$$

La quota del pelo libero dell'acqua in una generica sezione è calcolata attraverso una procedura iterativa che utilizza le equazioni 4.1 e 4.2. La struttura iterativa è composta dai seguenti passi:

- Assunzione della quota del pelo libero nella sezione di monte (corrente lenta), in quella di valle (corrente veloce) o in entrambe (corrente mista).
- In funzione delle condizioni assunte si determina la capacità di trasporto e la velocità.
- Con i valori ottenuti si calcola  $S_f$  e si applica la formula 8.2 per determinare  $h_e$ .
- Con i valori ottenuti nei passi b) e c) si determina  $WS_2$  dall'equazione 4.1.
- Il valore calcolato di  $WS_2$  viene confrontato con quello imposto nel punto a) e l'intera procedura viene ripetuta fino a quando la differenza non è inferiore a una tolleranza predefinita (tipicamente 0.003 m).

La quota del pelo libero di cui al punto a) può essere definita anche sulla base del valore dell'altezza critica, calcolato automaticamente dal programma. In alternativa possono essere anche fornite condizioni al contorno diverse.

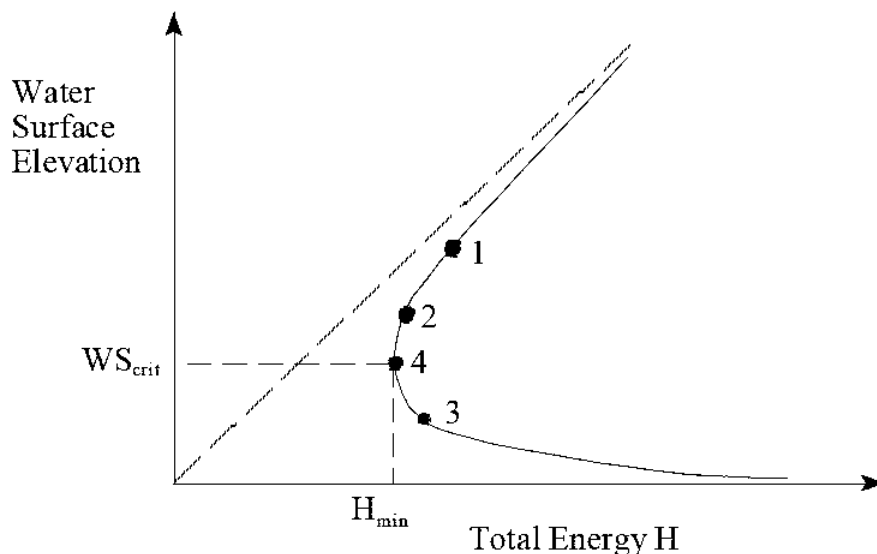
Il carico totale per una determinata sezione è definito come segue:

$$H = WS + \frac{\alpha V^2}{2g}$$

dove:

$H$  : carico totale  
 $WS$  : altezza pelo libero

L'altezza critica è la quota del pelo libero per cui il carico totale è minimo (energia specifica minima per quella sezione e per un dato flusso).



Per la determinazione di  $WS_{crit}$  si utilizza una procedura iterativa dove i valori di  $H$  sono calcolati in funzione della quota del pelo libero utilizzando l'equazione sopra riportata fino a che il valore minimo di  $H$  non è stato individuato.

HEC-RAS utilizza due metodi per calcolare il valore di  $WS_{crit}$ : il metodo parabolico e il metodo secante. Il metodo parabolico è computazionalmente più veloce ma è in grado di individuare un solo minimo, situazione che comunque si verifica nella maggior parte delle sezioni. In ogni caso se il calcolo non converge, HEC-RAS automaticamente riesegue la ricerca con il metodo secante.

Nei punti in cui la quota del pelo libero interseca l'altezza critica l'equazione di energia 4.1 non è più utilizzabile in quanto valida solo per regimi di moto permanente gradualmente vario. Ci sono diverse situazioni in cui si verifica il passaggio da corrente lenta a corrente veloce e viceversa. Tali situazioni comprendono risalti idraulici, repentine variazioni di sezione, variazioni di pendenza significative, confluenze ovvero presenza di manufatti come ponti, trombini o briglie.

In questi casi HEC-RAS utilizza l'equazione della quantità di moto derivata dalla seconda legge di Newton:

$$\text{Forza} = \text{Massa} \times \text{Accelerazione}$$

$$\sum F_x = ma$$

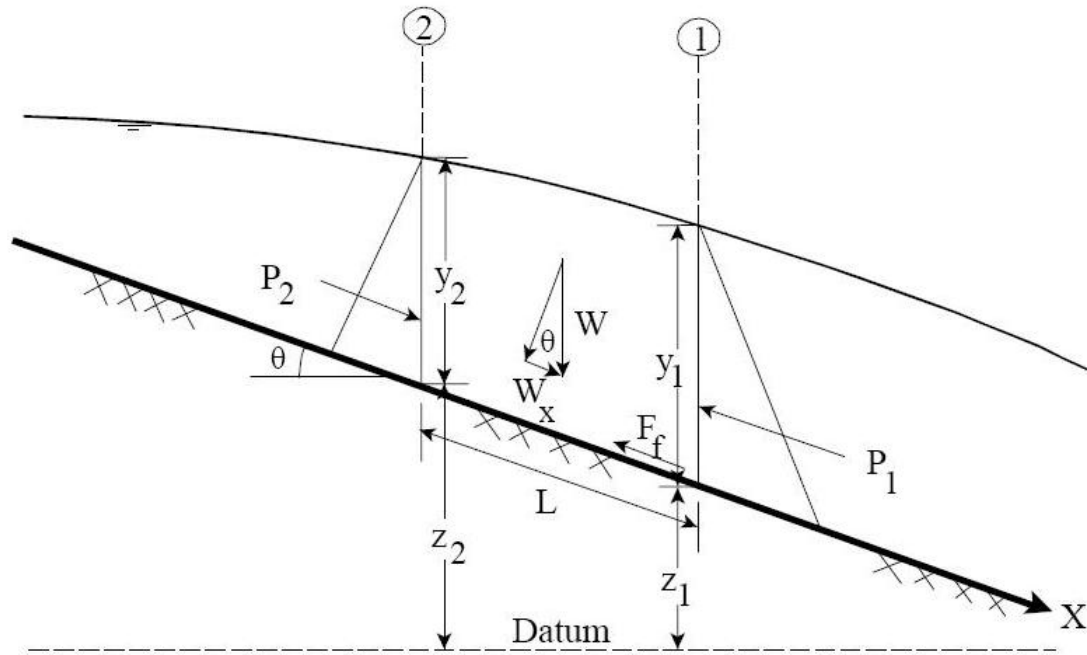
Applicando la seconda legge di Newton al volume di acqua compreso tra le sezioni 1 e 2 si può scrivere:

$$P_2 - P_1 + W_x - F_f = Q\rho\Delta V_x$$

dove:

- $P$  : spinta idrostatica nei punti 1 e 2
- $W_x$  : componente lungo la direzione  $X$  del peso dell'acqua
- $F_f$  : risultante forze di attrito
- $Q$  : portata
- $\rho$  : densità acqua
- $\Delta V_x$  : differenza di velocità da 2 a 1 lungo la direzione  $X$





La forza lungo la direzione X dovuta alla spinta idrostatica è data da:

$$P = \gamma A \bar{Y} \cos \theta$$

Per pendenze longitudinali ordinarie (< 10%),  $\cos \theta$  è sostanzialmente pari a 1 ed i valori delle due componenti risulteranno:

$$P_1 = \gamma A_1 \bar{Y}_1, \quad P_2 = \gamma A_2 \bar{Y}_2$$

La componente longitudinale della forza peso può essere calcolata attraverso i seguenti passaggi:

$$P_1 = \gamma \left( \frac{A_1 + A_2}{2} \right) L$$

$$W_x = W \sin \theta$$

$$P_1 = \gamma A_1 \bar{Y}_1$$

$$\sin \theta = \frac{z_2 - z_1}{L} = S_0$$

$$W_x = \gamma \left( \frac{A_1 + A_2}{2} \right) L S_0$$

dove:

$L$  : distanza tra le sezioni 1 e 2 lungo l'asse X

$S_0$  : pendenza media del canale

$z_i$  : elevazione media dell'alveo nei punti 1 e 2

La risultante delle forze di attrito è:

$$F_f = \tau \bar{P} L$$

dove:

$\tau$  : sforzo di taglio

$\bar{P}$  : perimetro bagnato medio sezioni 1 e 2

$$\tau = \gamma \bar{R} \bar{S}_f$$

dove:

$\bar{R}$  : raggio idraulico medio sezioni 1 e 2

$\bar{S}_f$  : pendenza linea dei carichi per attrito tra le due sezioni

$$F_f = \gamma \left( \frac{A}{\bar{P}} \right) S_f \bar{P} L$$

$$F_f = \gamma \left( \frac{A_1 + A_2}{2} \right) S_f \bar{P} L$$

La quantità di moto della massa fluida è:

$$ma = Q \rho \Delta V_x$$

dove:

$$\rho = \frac{\gamma}{g}$$

$$\Delta V_x = \beta_1 V_1 - \beta_2 V_2$$

Si ha quindi:

$$ma = Q \rho \Delta V_x = Q \frac{\gamma}{g} (\beta_1 V_1 - \beta_2 V_2)$$

dove:

$\beta$  : coefficiente che dipende dalla distribuzione delle velocità in sezioni irregolari

Dopo ulteriori sviluppi si ottiene la forma funzionale dell'equazione della quantità di moto usata in HEC-RAS:

$$\frac{Q_2 \beta_2}{g A_2} + A_2 \bar{Y}_2 + \frac{A_1 + A_2}{2} L S_0 - \frac{A_1 + A_2}{2} L \bar{S}_f = \frac{Q_1 \beta_1}{g A_1} + A_1 \bar{Y}_1$$

Per un esame più dettagliato delle basi teoriche su cui è stato sviluppato il software HEC-RAS, si rimanda comunque alla documentazione tecnica liberamente scaricabile dal sito <http://www.hec.usace.army.mil>

Per i dettagli relativi all'analisi idraulica in oggetto si rimanda invece alle tabelle e ai grafici prodotti dal software e forniti in allegato.

Nel seguito si elencano alcune note relative alla simulazione:

- a) per tutte le sezioni è stata utilizzata la portata di piena duecentennale pari a 804.448 mc/s, tratta dalle mappe di regionalizzazione delle portate;

- b) il suddetto valore di portata è da considerare molto cautelativo rispetto a quelli a cui si sarebbe pervenuti applicando il metodo di trasformazione afflussi-deflussi;
- c) sia per il canale principale che per le aree golenali è stato assunto un coefficiente di Manning pari a  $0.05 \text{ s/m}^{1/3}$ ;
- d) per le sezioni normali si è considerato un coefficiente di contrazione di 0.1 ed un coefficiente di espansione di 0.3, valori comunemente utilizzati nella pratica applicativa;
- e) le simulazioni sono state eseguite in regime di corrente misto (v. Tabella 4.1).

**Tabella 4.1** - Risultati della modellazione idraulica Fiume Metauro

SEZIONE	REGIME DI CORRENTE MISTO			
	Q <sub>alveo</sub> (m)	Q <sub>max</sub> (m)	H <sub>max</sub> (m)	Vel (m/s)
H19	289.21	295.00	5.79	3.77
H18	288.80	294.21	5.41	4.96
H17	288.72	293.94	5.22	4.42
H16	288.80	293.78	4.98	3.74
H15	288.02	293.78	5.76	3.10
H14	288.04	292.42	4.38	5.58
H13	287.53	292.32	4.79	4.25
H12	286.69	292.21	5.52	3.67
H11	286.42	291.30	4.88	4.91
H10	286.28	291.17	4.89	4.20
H09	286.21	290.35	4.14	4.95
H08	285.89	289.49	3.60	5.13
H07	285.58	289.10	3.52	4.29
H06	284.87	289.00	4.13	3.28
H05	284.23	288.66	4.43	3.56
H04	283.85	288.37	4.52	3.50
H03	283.72	288.18	4.46	3.19
H02	283.36	287.73	4.37	3.60
H01	282.79	287.29	4.50	3.73

Nell'Allegato I8 sono riportati grafici e tabelle riassuntive dell'analisi idraulica prodotti con il software HEC-RAS. Sulle sezioni trasversali, in particolare, è possibile rendersi conto del “franco” fra la quota di massima piena e il ciglio superiore della scarpata che delimita il terrazzo alluvionale sul quale ricadrà il nuovo comparto di espansione industriale D4.

I livelli di massima piena sono stati anche riportati sui profili dell'Allegato I7, non direttamente utilizzati per l'analisi idraulica.

Nell'Allegato I6 (Reticolo Idrografico su C.T.R.) si nota, infine, che l'area di esondazione risulta generalmente contenuta all'interno della perimetrazione P.A.I. E-05-0049, nonostante sia stato utilizzato un valore di portata di piena duecentennale particolarmente elevato.

#### 4.3.2. FOSSO DELLA MARECCHIA

Nel seguito viene eseguita la verifica in regime di moto uniforme per due sezioni del Fosso della Marecchia: una relativa al tratto a cielo aperto ed una, ubicata leggermente più a monte, relativa al tratto intubato (Figura 4.6).



**Figura 4.6** – Ubicazione sezioni di verifica del Fosso della Marecchia su immagine aerea Google Earth (2019)

##### 4.3.2.1. ANALISI IDROLOGICA

Nel caso del Fosso della Marecchia, trattandosi di un bacino di estensione limitata e con portate poco rilevanti, non è possibile estrarre i dati dalle mappe di regionalizzazione delle portate.

Si utilizzerà quindi un metodo di tipo “afflussi-deflussi” che, schematicamente, si articola nelle seguenti fasi:

- l'acqua precipita sul terreno con intensità elevata (afflusso o pioggia lorda);
- una parte di pioggia, nel quantitativo necessario a bagnare tutte le superfici (terreno, vegetazione, strade, ecc.) verrà trattenuta e tenderà col tempo ad evaporare (perdite iniziali);
- dell'acqua che si rende disponibile sul terreno, una parte si infila percolando all'interno del terreno (perdite per infiltrazione);
- tutta la pioggia che non viene trattenuta in superficie e non si infila, giungerà in tempi diversi alla sezione terminale del bacino (pioggia netta);
- la pioggia netta scorrerà lungo le superfici sotto forma di una lamina d'acqua e successivamente lungo l'alveo del corso d'acqua.



## Dati pluviometrici

La caratterizzazione pluviometrica di una data zona consiste nella definizione, attraverso analisi statistica, delle cosiddette curve di caso critico o curve di possibilità pluviometrica, le quali forniscono, per un assegnato valore del tempo di ritorno, la relazione tra la durata della pioggia e la relativa altezza di precipitazione (o la relativa intensità di precipitazione). Queste relazioni manifestano un andamento caratteristico, con l'altezza di pioggia che cresce meno che proporzionalmente con l'intervallo di riferimento e con l'intensità che tende a un valore finito elevato quando l'intervallo tende a zero e ad un valore piccolo, ma non nullo, quando l'intervallo diventa molto lungo. Questo andamento può essere rappresentato attraverso varie relazioni, tra cui la più utilizzata è la seguente:

$$h(t) = at^n$$

Per la determinazione delle curve di possibilità pluviometrica (CCP) o linee segnalatrici di possibilità pluviometrica (LSPP) associate ai diversi tempi di ritorno, nel presente studio è stato fatto riferimento alla *“Regionalizzazione delle precipitazioni intense”* redatta nel 2016 dalla Fondazione CIMA nell'ambito dello studio *“La modellazione e definizione delle grandezze idrologiche utili alla progettazione per la messa in sicurezza strutturale e non strutturale del reticolo idrografico principale della Regione Marche”*. E' stato quindi scaricato dal sito della Protezione Civile (<https://www.regione.marche.it/Regione-Utile/Protezione-Civile/Progetti-e-Pubblicazioni/Studi-Meteo-Idro#Studi-Idrologici-e-Idraulici>) il file *Mappe\_Pindice\_LSPP.zip* contenente un documento con la descrizione dettagliata delle metodologie utilizzate. In particolare nello studio è descritta la definizione della regionalizzazione delle precipitazioni intense di durata 1, 3, 6, 12 e 24 ore con diversi tempi di ritorno per il territorio marchigiano condotta a partire dall'analisi statistica delle precipitazioni massime annuali. Nel file sono anche contenute le mappe in formato ESRI grid, lat-lon WGS84-EPGS 4326 per i parametri  $a$ ,  $n$  e pioggia indice. L'espressione finale della LSPP, in funzione del tempo di ritorno  $T$  [anni] e della durata  $d$  [ore], è:

$$H(d, T) = 0.5711 \left( 5.0286 \left( -\ln \left( \frac{T-1}{T} \right) \right)^{-0.0524} - 4.1950 \right) a d^n \quad [4.1]$$

Lo studio di regionalizzazione consente di valutare le LSPP per qualsiasi punto di coordinate assegnate della regione Marche. Nel caso specifico, sono stati calcolati tramite GIS i valori medi dei parametri  $n$  e  $a$  nell'ambito del bacino del Fosso della Marecchia. Tali valori sono di seguito riassunti:

$a$ : 35.8911 mm

$n$ : 0.3293

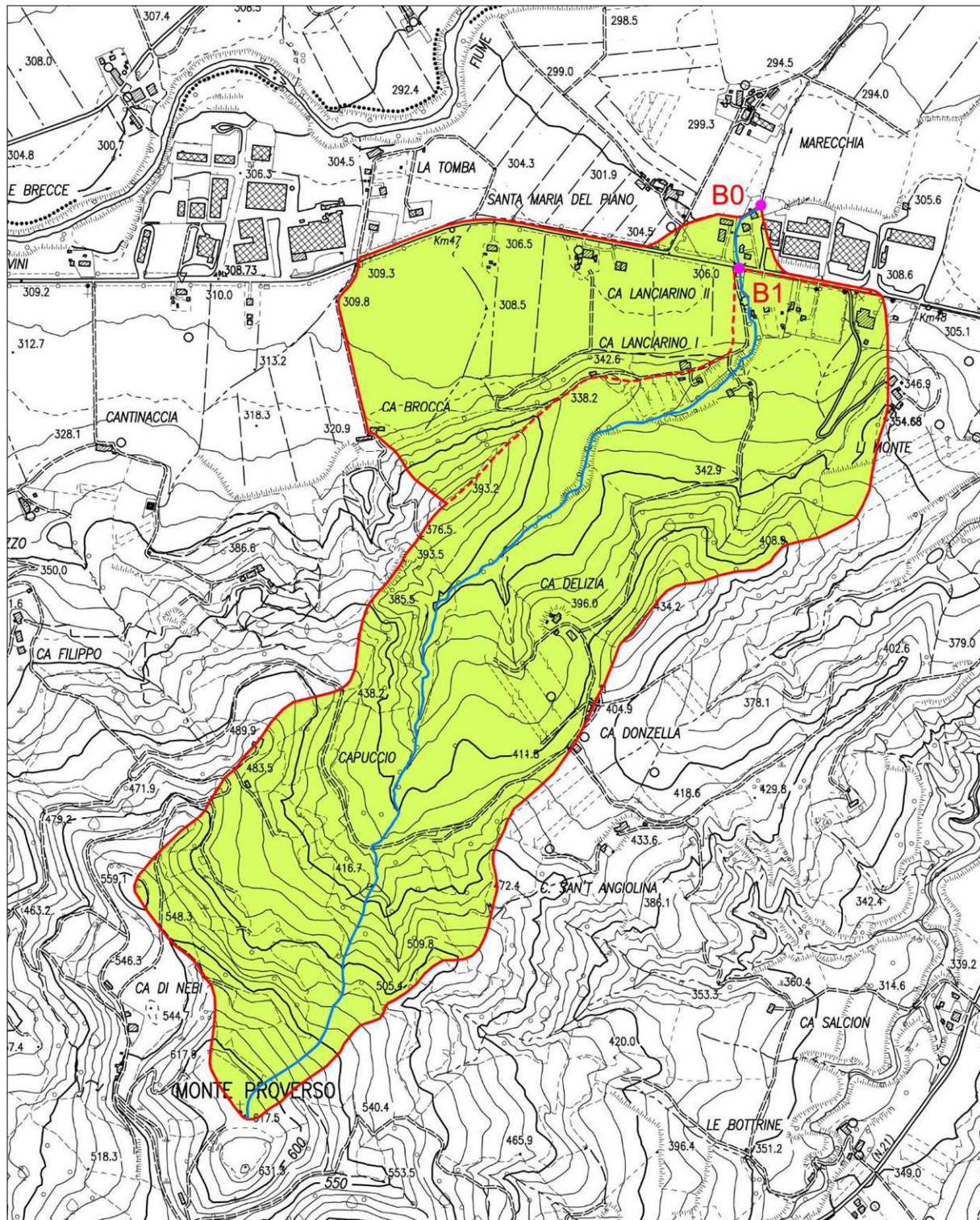
Nel seguito della presente relazione, i valori di  $a$  e  $n$  saranno utilizzati per calcolare, attraverso la relazione sopra riportata, il valore dell'altezza di precipitazione corrispondente a un determinato tempo di ritorno e ad una durata  $d$  pari al tempo di corrvazione  $T_c$ .

## Caratteristiche del bacino idrografico

I parametri caratteristici del bacino idrografico sono:

- Superficie

- Lunghezza dell'asta principale
- Elevazione media rispetto alla sezione di chiusura
- Tempo di corrivazione



**Figura 4.7** – Bacino idrografico del Fosso della Marecchia

Nella Figura 4.7, il bacino complessivo, indicato con B0, è quello riferito alla sezione di verifica ubicata in vicinanza di una delle due aree F4. Il sottobacino B1 è invece quello che afferisce al punto di ingresso del tratto intubato del Fosso della Marecchia.

Il tempo di corrivazione corrisponde teoricamente al tempo necessario affinché una particella d'acqua caduta sui punti più distanti della superficie scolante, raggiunga la sezione di chiusura.

Le relazioni disponibili nella letteratura tecnica per il calcolo del tempo di corrivazione ( $T_c$ ) sono diverse. Nel caso specifico viene utilizzata la formula del NRCS-SCS (1997) che si adatta bene alle dimensioni limitate del bacino in esame:

$$T_c = 0.0526 * \left( \frac{1000}{CN} - 9 \right) L^{0.8} p_m^{-0.5}$$

Nella formula CN è il Curve Number (che sarà definito in seguito), L è la massima distanza percorsa da una particella di acqua (in piedi)  $p_m$  è la pendenza media del bacino in percentuale.

La Tabella 4.2 riassume i dati relativi ai bacini idrografici di riferimento.

**Tabella 4.2** - Dati bacini idrografici Fosso della Marecchia

Bacino			B0	B1
Lunghezza asta principale	L	m	2437.78	2283.94
Quota massima	Hmax	m	617.49	617.49
Quota media	Hm	m	392.91	408.09
Quota minima	Hmin	m	296.00	301.00
Elevazione media	Em	m	96.91	107.09
Superficie	A	mq	1274079	965239
Pendenza media	$p_m$		0.132	0.139
Curve Number	CN		84	85
Tempo di corrivazione	$T_c$	ore	0.929	0.819

Si precisa che i dati di elevazione del bacino sono stati estratti con il software QGIS utilizzando il modello digitale del terreno (DEM) denominato TINITALY/01, disponibile gratuitamente per tutto il territorio nazionale con una griglia di maglia 10x10 m.

### Calcolo portate di piena

Per il calcolo delle portate di piena si utilizza il Metodo Razionale, basato sui seguenti presupposti concettuali:

- si utilizza una pioggia di progetto uniforme, distribuita uniformemente su tutto il bacino, di durata pari a quella che provoca la massima piena nel bacino stesso;
- la pioggia netta si ottiene moltiplicando la pioggia di progetto per un coefficiente  $\Phi$  (metodo percentuale per la stima delle piogge nette);
- per la trasformazione delle piogge nette-deflusso si considera un modello cinematico, con diagramma tempi-aree di tipo lineare caratterizzato dal tempo di corrivazione  $T_c$ .

Trascurando la trattazione teorica, per cui si rimanda alla letteratura tecnica, si può dimostrare che utilizzando il modello di corrivazione con istogramma di pioggia netta uniforme, la durata della precipitazione per cui si ha la massima portata è pari al tempo di corrivazione del bacino.

Si ha, in pratica:

$$Q_{max} = \frac{A \Phi ARF p_{max}}{T_c 3.6}$$

dove:

$Q_{max}$  portata in m<sup>3</sup>/sec

$p_{max}$  altezza di pioggia corrispondente al tempo di corrivazione, calcolata utilizzando la relazione [4.1]

$A$  area bacino in km<sup>2</sup>

$T_c$  tempo di corrivazione in ore

$a, n$  parametri curva di precipitazione

$\Phi$  rappresenta il rapporto fra pioggia netta e pioggia precipitata e viene calcolato in funzione del Curve Number (CN), parametro ricavato dalle tabelle del *Soil Conservation Service (SCS)*.

Il valore del Curve Number dipende, fundamentalmente, da tre elementi:

- tipo di suolo in relazione alla impermeabilità e quindi alla capacità di deflusso (Tab. 4.3);
- tipo di copertura del bacino (Tab. 4.4);
- condizioni iniziali di imbibizione del terreno (Tab. 4.5).

**Tabella 4.3** - Tipo di suolo

Gruppo	Descrizione
<b>A</b>	Scarsa potenzialità di deflusso. Comprende sabbie profonde con scarsissimo limo e argilla; anche ghiaie profonde, molto permeabili.
<b>B</b>	Potenzialità di deflusso moderatamente bassa. Comprende la maggior parte dei suoli sabbiosi meno profondi che nel gruppo A, ma il gruppo nel suo insieme mantiene alte capacità di infiltrazione anche a saturazione.
<b>C</b>	Potenzialità di deflusso moderatamente alta. Comprende suoli sottili e suoli contenenti considerevoli quantità di argilla e colloid, anche se meno che nel gruppo D. Il gruppo ha scarsa capacità di infiltrazione a saturazione.
<b>D</b>	Potenzialità di deflusso molto alta. Comprende la maggior parte delle argille con alta capacità di rigonfiamento, ma anche suoli sottili con orizzonti pressoché impermeabili in vicinanza dalla superficie

Nel caso in oggetto il valore di CN dovrebbe essere definito facendo riferimento ad un suolo con caratteristiche intermedie tra il tipo B e il tipo C.

**Tabella 4.4** - Tipo di copertura del suolo per classe AMC II

Tipo di copertura (uso del suolo)	Tipo di suolo			
	A	B	C	D
<b>Terreno coltivato</b>				
senza trattamenti di conservazione	72	81	88	91
con interventi di conservazione	62	71	78	81
<b>Terreno da pascolo</b>				
cattive condizioni	68	79	86	89
buone condizioni	39	61	74	80
<b>Praterie</b>				



buone condizioni	30	58	71	78
<b>Terreni boscosi o forestati</b>				
terreno sottile, sottobosco povero, senza foglie	45	66	77	83
sottobosco e copertura buoni	25	55	70	77
<b>Spazi aperti, prati rasati, parchi</b>				
buone condizioni con almeno il 75% dell'area con copertura erbosa	39	61	74	80
condizioni normali, con copertura erbosa intorno al 50%	49	69	79	84
<b>Aree commerciali (impermeabilità 85%)</b>	89	92	94	95
<b>Distretti industriali (impermeabilità 72%)</b>	81	88	91	93
<b>Aree residenziali (impermeabilità media %):</b>				
65%	77	85	90	92
38%	61	75	83	87
30%	57	75	83	87
25%	54	70	80	85
20%	51	68	79	84
<b>Parcheggi impermeabili, tetti</b>	98	98	98	98
<b>Strade</b>				
Pavimentate con cordoli – fognature	98	98	98	98
inghiaiate o selciate e con buche	76	85	89	91
in terra battuta (non asfaltate)	72	82	87	89

I valori riportati nella tabella 4.4 si riferiscono alla condizione di umidità precedente all'inizio dell'evento, di tipo standard (Antecedent Moisture Condition tipo 2). Per condizioni antecedenti all'evento molto umide (AMC tipo 3) o molto asciutte (AMC tipo 1) viene consigliata dallo stesso SCS la seguente tabella di conversione:

**Tabella 4.5 - Classi AMC (Antecedent Moisture Condition)**

Classe AMC			Classe AMC		
I	II	III	I	II	III
100	100	100	40	60	78
87	95	98	35	55	74
78	90	96	31	50	70
70	85	91	15	30	50
57	75	88	9	20	37
51	70	85	4	10	22
45	65	82	0	0	0

Sulla base di una serie di valutazioni si è giunti all'assunzione di un valore di CN pari a **81** per il bacino complessivo B0, e di **82** per il sottobacino B1. La motivazione è che, nel primo caso, si ha una maggiore incidenza della piana alluvionale nella quale la parte medio-basale del deposito detritico è composta da ghiaie molto permeabili.

Il procedimento per la determinazione  $\Phi$  si sviluppa come segue:

$$S' = \frac{25400}{CN} - 254$$

$$\Phi = \frac{(p_{max} - 0.2S')^2}{p_{max}(p_{max} + 0.8S')}$$

Il parametro ARF rappresenta invece il coefficiente di riduzione areale. Esso è un coefficiente riduttivo ( $< 1$ ) che decresce con il crescere della superficie del bacino. Nella fattispecie è stata utilizzata la relazione di Wallingford:

$$ARF = (1 - 0.0394A^{0.354})T_c^{-(0.4-0.003832(4.6-\ln A)^2)}$$

$T_c$  è il tempo di corrivazione in ore mentre  $A$  è la superficie del bacino in  $Km^2$ .

Nelle Tabelle 4.6 e 4.7, riguardanti rispettivamente il bacino complessivo B0 e il sottobacino B1, sono riportati i risultati dei calcoli per 6 differenti tempi di ritorno:

**Tabella 4.6** - Portate di massima piena per differenti tempi di ritorno (Bacino B0)

Tr		500	200	100	50	20	10
L	m	2437.78	2437.78	2437.78	2437.78	2437.78	2437.78
Hmax	m	617.49	617.49	617.49	617.49	617.49	617.49
Hm	m	392.91	392.91	392.91	392.91	392.91	392.91
Hmin	m	296.00	296.00	296.00	296.00	296.00	296.00
Em	m	96.91	96.91	96.91	96.91	96.91	96.91
A	mq	1274079	1274079	1274079	1274079	1274079	1274079
pm		0.132	0.132	0.132	0.132	0.132	0.132
Tc	ore	1.071	1.071	1.071	1.071	1.071	1.071
a	mm	35.891	35.891	35.891	35.891	35.891	35.891
n		0.3293	0.3293	0.3293	0.3293	0.3293	0.3293
p	mm	58.043	51.189	46.209	41.389	35.227	30.668
ARF		0.958	0.958	0.958	0.958	0.958	0.958
CN		81.000	81.000	81.000	81.000	81.000	81.000
s'	mm	59.580	59.580	59.580	59.580	59.580	59.580
Φ		0.347	0.305	0.271	0.236	0.186	0.146
Qmax	mc/sec	6.375	4.941	3.967	3.089	2.076	1.422

**Tabella 4.7** - Portate di massima piena per differenti tempi di ritorno (Sottobacino B1)

Tr		500	200	100	50	20	10
L	m	2283.94	2283.94	2283.94	2283.94	2283.94	2283.94
Hmax	m	617.49	617.49	617.49	617.49	617.49	617.49
Hm	m	408.09	408.09	408.09	408.09	408.09	408.09
Hmin	m	301.00	301.00	301.00	301.00	301.00	301.00
Em	m	107.09	107.09	107.09	107.09	107.09	107.09
A	mq	965239	965239	965239	965239	965239	965239
pm		0.139	0.139	0.139	0.139	0.139	0.139
Tc	ore	0.947	0.947	0.947	0.947	0.947	0.947
a	mm	35.891	35.891	35.891	35.891	35.891	35.891
n		0.3293	0.3293	0.3293	0.3293	0.3293	0.3293
p	mm	55.740	49.158	44.375	39.747	33.829	29.451
ARF		0.960	0.960	0.960	0.960	0.960	0.960
CN		82.000	82.000	82.000	82.000	82.000	82.000
s'	mm	55.756	55.756	55.756	55.756	55.756	55.756
Φ		0.355	0.313	0.280	0.244	0.194	0.154
Qmax	mc/sec	5.389	4.190	3.374	2.637	1.783	1.230

Nelle successive verifiche si farà riferimento alle portate di piena duecentennali.

#### 4.3.2.2. VERIFICHE IDRAULICHE IN REGIME DI MOTO UNIFORME

In regime di moto uniforme, la portata smaltibile da una condotta può essere calcolata con la seguente relazione (Chezy):

$$Q = S \chi \sqrt{R i}$$

Dove:

S [mq]	= sezione del canale
R [m]	= raggio idraulico (rapporto fra area della sezione e perimetro bagnato C)
i [m/m]	= pendenza del canale in m/m
$\chi$ [m <sup>1/2</sup> /s]	= $R^{1/6} / n$ (formula di Manning)
n [s/m <sup>1/3</sup> ]	= parametro dipendente dalla scabrosità del canale e dalle caratteristiche del liquido

#### Verifica sezione naturale in terra (Bacino B0)

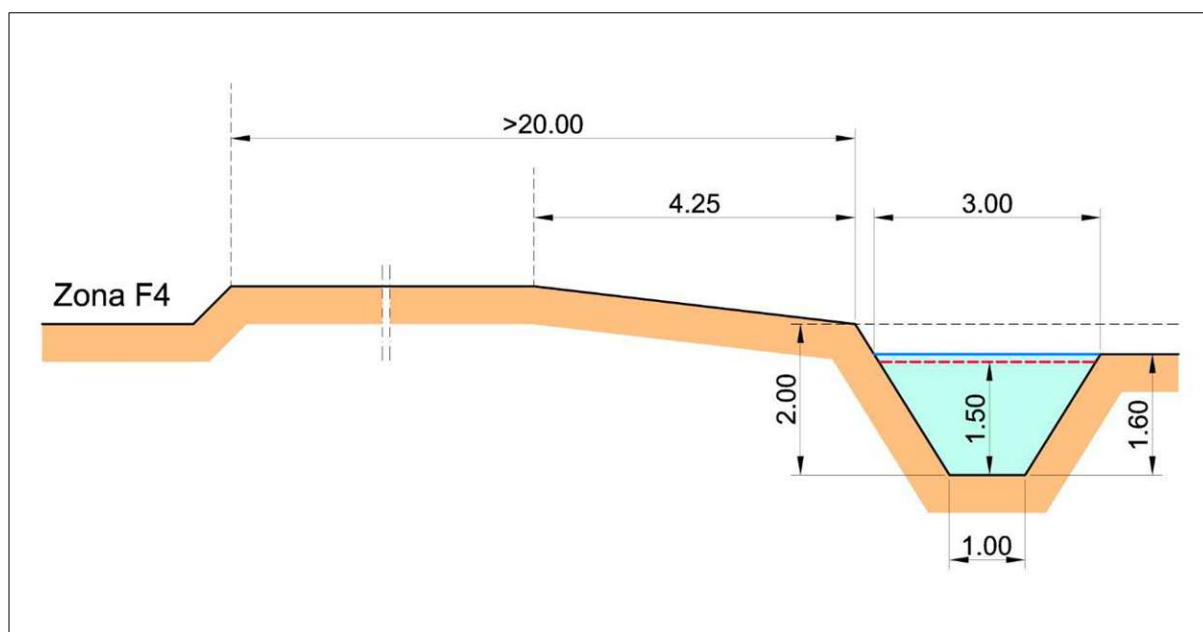
Nella Figura 4.8 è riportata la sezione tipo del Fosso della Marecchia nel tratto antistante alla zona F4.

I tre elementi che è opportuno evidenziare sono:

- le dimensioni del canale sono quelle minime rilevabili in questo tratto;
- l'area F4 è ubicata almeno a 20 m di distanza al ciglio superiore della scarpata sinistra del fosso;
- il terreno in sponda destra è altimetricamente depresso, di almeno 40 cm, rispetto al ciglio in sponda sinistra; eventuali fenomeni di esondazione, pertanto, potranno interessare solo questo lato del corso d'acqua.

Nel calcolo delle portate in regime di moto uniforme sono state fatte le seguenti assunzioni:

- pendenza di posa longitudinale pari al **3%** circa;
- parametro n di Manning assunto pari a **0.075 s/m<sup>1/3</sup>**, per tener conto della presenza di una folta vegetazione arbustiva sulle sponde.



**Figura 4.8** – Sezione tipo del Fosso della Marecchia in corrispondenza della zona F4

Nella tabella 4.8 sono riportati i valori di portata del corso d'acqua in funzione dell'altezza del pelo libero rispetto al fondo alveo. L'altezza massima considerata è pari alla quota del ciglio in sponda destra (1.60 m).

**Tabella 4.8** – Portate smaltibili dal fosso in funzione dell'altezza di riempimento (alveo naturale)

H [cm]	S [mq]	C [m]	R [m]	$\chi$ [m <sup>1/2</sup> /s]	V [m/s]	Q [m <sup>3</sup> /s]	Q <sub>200</sub> [m <sup>3</sup> /s]	F
100	1.625	3.358	0.484	11.814	1.423	2.313	4.941	0.468
101	1.648	3.382	0.487	11.827	1.430	2.356	4.941	0.477
102	1.670	3.406	0.490	11.840	1.436	2.399	4.941	0.485
103	1.693	3.429	0.494	11.854	1.443	2.442	4.941	0.494
104	1.716	3.453	0.497	11.867	1.449	2.486	4.941	0.503
105	1.739	3.476	0.500	11.880	1.455	2.531	4.941	0.512
106	1.762	3.500	0.503	11.892	1.462	2.576	4.941	0.521
107	1.786	3.524	0.507	11.905	1.468	2.621	4.941	0.530
108	1.809	3.547	0.510	11.918	1.474	2.667	4.941	0.540
109	1.833	3.571	0.513	11.930	1.480	2.713	4.941	0.549
110	1.856	3.594	0.516	11.943	1.487	2.759	4.941	0.558
111	1.880	3.618	0.520	11.955	1.493	2.806	4.941	0.568
112	1.904	3.642	0.523	11.967	1.499	2.854	4.941	0.578
113	1.928	3.665	0.526	11.980	1.505	2.902	4.941	0.587
114	1.952	3.689	0.529	11.992	1.511	2.950	4.941	0.597
115	1.977	3.712	0.532	12.004	1.517	2.999	4.941	0.607
116	2.001	3.736	0.536	12.016	1.523	3.048	4.941	0.617
117	2.026	3.759	0.539	12.028	1.529	3.097	4.941	0.627
118	2.050	3.783	0.542	12.039	1.535	3.147	4.941	0.637
119	2.075	3.807	0.545	12.051	1.541	3.198	4.941	0.647
120	2.100	3.830	0.548	12.063	1.547	3.249	4.941	0.658
121	2.125	3.854	0.551	12.074	1.553	3.300	4.941	0.668
122	2.150	3.877	0.555	12.085	1.559	3.352	4.941	0.678
123	2.176	3.901	0.558	12.097	1.565	3.404	4.941	0.689
124	2.201	3.925	0.561	12.108	1.571	3.457	4.941	0.700
125	2.227	3.948	0.564	12.119	1.576	3.510	4.941	0.710
126	2.252	3.972	0.567	12.130	1.582	3.563	4.941	0.721
127	2.278	3.995	0.570	12.142	1.588	3.618	4.941	0.732
128	2.304	4.019	0.573	12.153	1.594	3.672	4.941	0.743
129	2.330	4.042	0.576	12.164	1.599	3.727	4.941	0.754
130	2.356	4.066	0.579	12.174	1.605	3.782	4.941	0.765
131	2.383	4.090	0.583	12.185	1.611	3.838	4.941	0.777
132	2.409	4.113	0.586	12.196	1.617	3.894	4.941	0.788
133	2.436	4.137	0.589	12.207	1.622	3.951	4.941	0.800
134	2.462	4.160	0.592	12.217	1.628	4.008	4.941	0.811
135	2.489	4.184	0.595	12.228	1.634	4.066	4.941	0.823
136	2.516	4.208	0.598	12.238	1.639	4.124	4.941	0.835
137	2.543	4.231	0.601	12.249	1.645	4.183	4.941	0.847
138	2.570	4.255	0.604	12.259	1.650	4.242	4.941	0.858
139	2.598	4.278	0.607	12.269	1.656	4.301	4.941	0.871
140	2.625	4.302	0.610	12.280	1.661	4.361	4.941	0.883
141	2.653	4.325	0.613	12.290	1.667	4.422	4.941	0.895
142	2.680	4.349	0.616	12.300	1.672	4.483	4.941	0.907
143	2.708	4.373	0.619	12.310	1.678	4.544	4.941	0.920



144	2.736	4.396	0.622	12.320	1.683	4.606	4.941	0.932
145	2.764	4.420	0.625	12.330	1.689	4.668	4.941	0.945
146	2.792	4.443	0.628	12.340	1.694	4.731	4.941	0.957
147	2.821	4.467	0.631	12.350	1.700	4.794	4.941	0.970
148	2.849	4.491	0.634	12.360	1.705	4.858	4.941	0.983
149	2.878	4.514	0.637	12.369	1.711	4.922	4.941	0.996
150	2.906	4.538	0.640	12.379	1.716	4.987	4.941	1.009
151	2.935	4.561	0.643	12.389	1.721	5.052	4.941	1.022
152	2.964	4.585	0.646	12.398	1.727	5.118	4.941	1.036
153	2.993	4.608	0.649	12.408	1.732	5.184	4.941	1.049
154	3.022	4.632	0.652	12.417	1.737	5.250	4.941	1.063
155	3.052	4.656	0.655	12.427	1.743	5.318	4.941	1.076
156	3.081	4.679	0.658	12.436	1.748	5.385	4.941	1.090
157	3.111	4.703	0.661	12.446	1.753	5.453	4.941	1.104
158	3.140	4.726	0.664	12.455	1.758	5.522	4.941	1.118
159	3.170	4.750	0.667	12.464	1.764	5.591	4.941	1.132
160	3.200	4.774	0.670	12.474	1.769	5.660	4.941	1.146

Analizzando la tabella 4.8 si nota che il fosso è in grado di smaltire la portata di piena duecentennale con un'altezza di riempimento pari a 150 cm circa. Il margine rispetto al ciglio in sponda sinistra è di circa 50 cm anche se tale quota non potrà mai essere raggiunta per le ragioni precedentemente esposte. A prescindere dall'esito delle verifiche, un eventuale futuro piano attuativo relativo all'area F4 dovrà implicare comunque interventi di ripulitura dalla vegetazione presente sulle sponde del fosso.

### Verifica tratto intubato (Bacino B1)

Per il tratto intubato negli anni 70 con una condotta in cls di diametro interno pari a **100 cm**, si fanno queste assunzioni:

- c) pendenza di posa longitudinale pari al **3%** circa;
- d) parametro n di Manning assunto pari a **0.013 s/m<sup>1/3</sup>**.

Nella tabella 4.9 sono riportati i valori di portata smaltibile dalla condotta in cls Ø100 cm, al variare dell'altezza di riempimento da 50 a 100 cm.

**Tabella 4.9** – Portate smaltibili dalla condotta in cls diametro 100 cm in funzione dell'altezza di riempimento

H [m]	S [mq]	C [m]	R [m]	$\chi$ [m <sup>1/2</sup> /s]	V [m/s]	Q [m <sup>3</sup> /s]	Q <sub>200</sub> [m <sup>3</sup> /s]	F
50	61.054	0.393	1.571	0.250	5.287	2.076	4.190	0.496
51	61.181	0.403	1.591	0.253	5.332	2.147	4.190	0.512
52	61.304	0.413	1.611	0.256	5.375	2.218	4.190	0.529
53	61.422	0.423	1.631	0.259	5.416	2.289	4.190	0.546
54	61.536	0.433	1.651	0.262	5.456	2.361	4.190	0.563
55	61.645	0.443	1.671	0.265	5.495	2.432	4.190	0.581
56	61.751	0.453	1.691	0.268	5.533	2.504	4.190	0.598
57	61.852	0.462	1.711	0.270	5.569	2.576	4.190	0.615
58	61.949	0.472	1.731	0.273	5.604	2.647	4.190	0.632
59	62.042	0.482	1.752	0.275	5.638	2.719	4.190	0.649
60	62.130	0.492	1.772	0.278	5.670	2.790	4.190	0.666
61	62.215	0.502	1.793	0.280	5.701	2.861	4.190	0.683
62	62.296	0.512	1.813	0.282	5.731	2.932	4.190	0.700

63	62.374	0.521	1.834	0.284	5.760	3.002	4.190	0.716
64	62.447	0.531	1.855	0.286	5.787	3.072	4.190	0.733
65	62.516	0.540	1.875	0.288	5.812	3.141	4.190	0.750
66	62.582	0.550	1.897	0.290	5.837	3.210	4.190	0.766
67	62.643	0.559	1.918	0.292	5.860	3.278	4.190	0.782
68	62.701	0.569	1.939	0.293	5.882	3.345	4.190	0.798
69	62.755	0.578	1.961	0.295	5.902	3.411	4.190	0.814
70	62.805	0.587	1.982	0.296	5.921	3.477	4.190	0.830
71	62.851	0.596	2.004	0.298	5.938	3.541	4.190	0.845
72	62.894	0.605	2.026	0.299	5.954	3.605	4.190	0.860
73	62.932	0.614	2.049	0.300	5.969	3.667	4.190	0.875
74	62.966	0.623	2.071	0.301	5.982	3.727	4.190	0.890
75	62.996	0.632	2.094	0.302	5.993	3.787	4.190	0.904
76	63.023	0.640	2.118	0.302	6.003	3.845	4.190	0.918
77	63.044	0.649	2.141	0.303	6.011	3.901	4.190	0.931
78	63.062	0.657	2.165	0.304	6.018	3.956	4.190	0.944
79	63.075	0.666	2.190	0.304	6.023	4.008	4.190	0.957
80	63.083	0.674	2.214	0.304	6.026	4.059	4.190	0.969
81	63.087	0.681	2.240	0.304	6.028	4.108	4.190	0.980
82	63.086	0.689	2.265	0.304	6.027	4.154	4.190	0.992
83	63.080	0.697	2.292	0.304	6.025	4.199	4.190	1.002
84	63.068	0.704	2.319	0.304	6.021	4.240	4.190	1.012
85	63.051	0.712	2.346	0.303	6.014	4.279	4.190	1.021
86	63.028	0.719	2.375	0.303	6.005	4.315	4.190	1.030
87	62.999	0.725	2.404	0.302	5.994	4.348	4.190	1.038
88	62.963	0.732	2.434	0.301	5.980	4.378	4.190	1.045
89	62.920	0.738	2.465	0.299	5.964	4.404	4.190	1.051
90	62.869	0.745	2.498	0.298	5.945	4.426	4.190	1.056
91	62.809	0.750	2.532	0.296	5.922	4.444	4.190	1.061
92	62.739	0.756	2.568	0.294	5.896	4.457	4.190	1.064
93	62.658	0.761	2.606	0.292	5.865	4.465	4.190	1.066
94	62.564	0.766	2.647	0.289	5.830	4.467	4.190	1.066
95	62.455	0.771	2.691	0.286	5.790	4.462	4.190	1.065
96	62.325	0.775	2.739	0.283	5.742	4.449	4.190	1.062
97	62.170	0.779	2.793	0.279	5.685	4.426	4.190	1.056
98	61.976	0.782	2.858	0.274	5.614	4.388	4.190	1.047
99	61.711	0.784	2.941	0.267	5.519	4.327	4.190	1.033
100	61.054	0.785	3.142	0.250	5.287	4.153	4.190	0.991

Analizzando la tabella 4.9 si nota che la condotta in cemento è in grado di smaltire la portata di piena duecentennale con un'altezza di riempimento pari all' 83%.

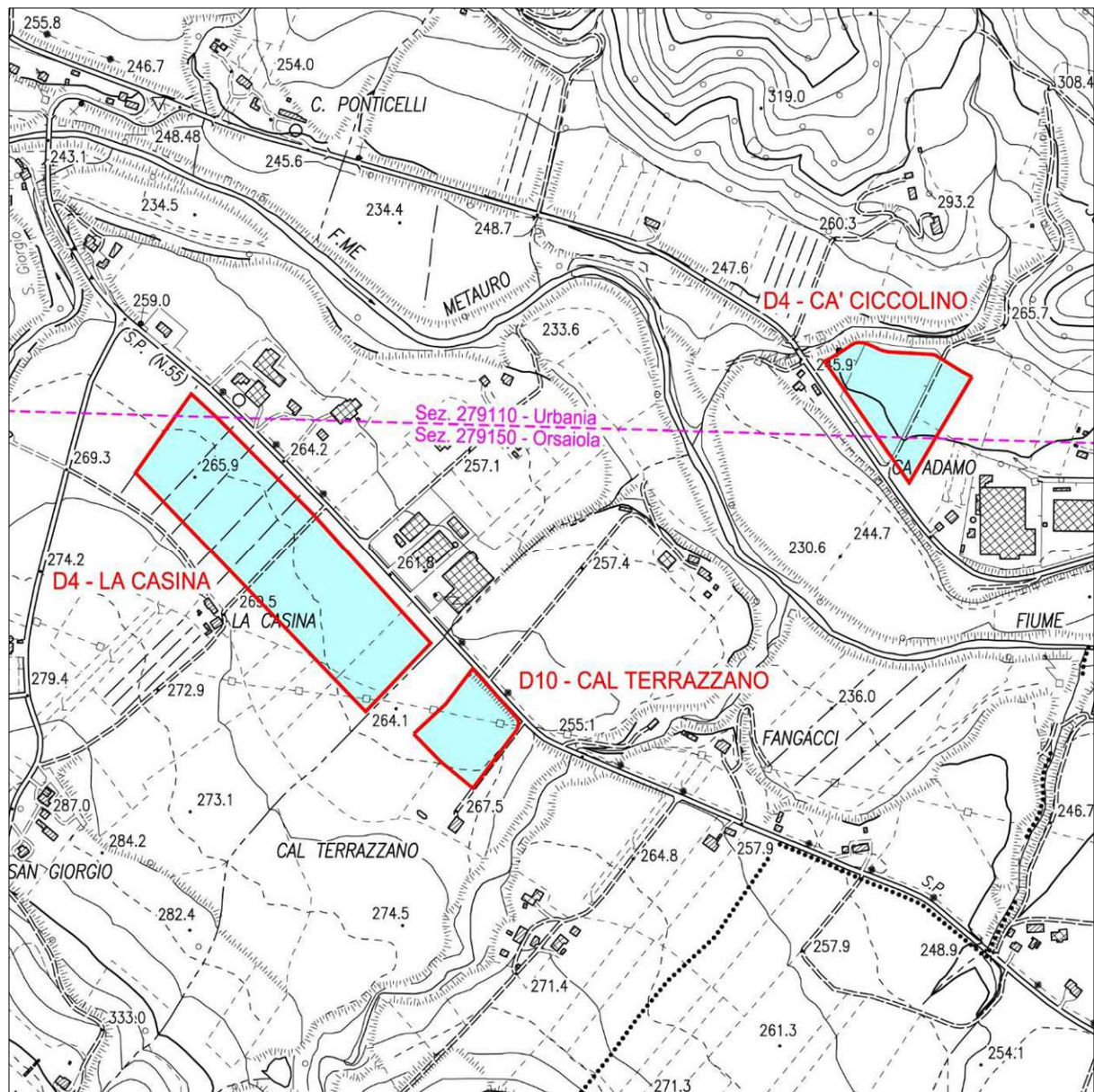
#### 4.4. AREE DECLASSATE A ZONA AGRICOLA “E”

Come già puntualizzato in premessa, la presente variante prevede che le aree ubicate in località Cà Ciccolino, La Casina e Cal Terrazzano, attualmente a destinazione produttiva (Zone D), siano declassate a Zona Agricola “E”.

L'area di “Cà Ciccolino” è ubicata circa 3700 a WSW del capoluogo, lungo la Strada Statale n° 745 Metaurense che collega Urbania a Fermignano (Figura 4.9).

Le aree di “La Casina” e “Cal Terrazzano” sono invece situate circa 3000-3500 m a SW del centro abitato, lungo la Strada Provinciale n° 55 dei Fangacci che collega Urbania ad Acqualagna.

Pur ritenendo che il ripristino dell'originaria destinazione agricola non comporti la necessità di caratterizzare queste aree dal punto di vista della “compatibilità idraulica”, nel seguito sono comunque riportate alcune note finalizzate a descrivere le interferenze con il reticolo idrografico.



**Figura 4.9** – Stralcio Carta Tecnica Numerica della Regione Marche (scala 1:10000)

I riferimenti cartografici dei tre siti sono riportati nella tabella che segue:

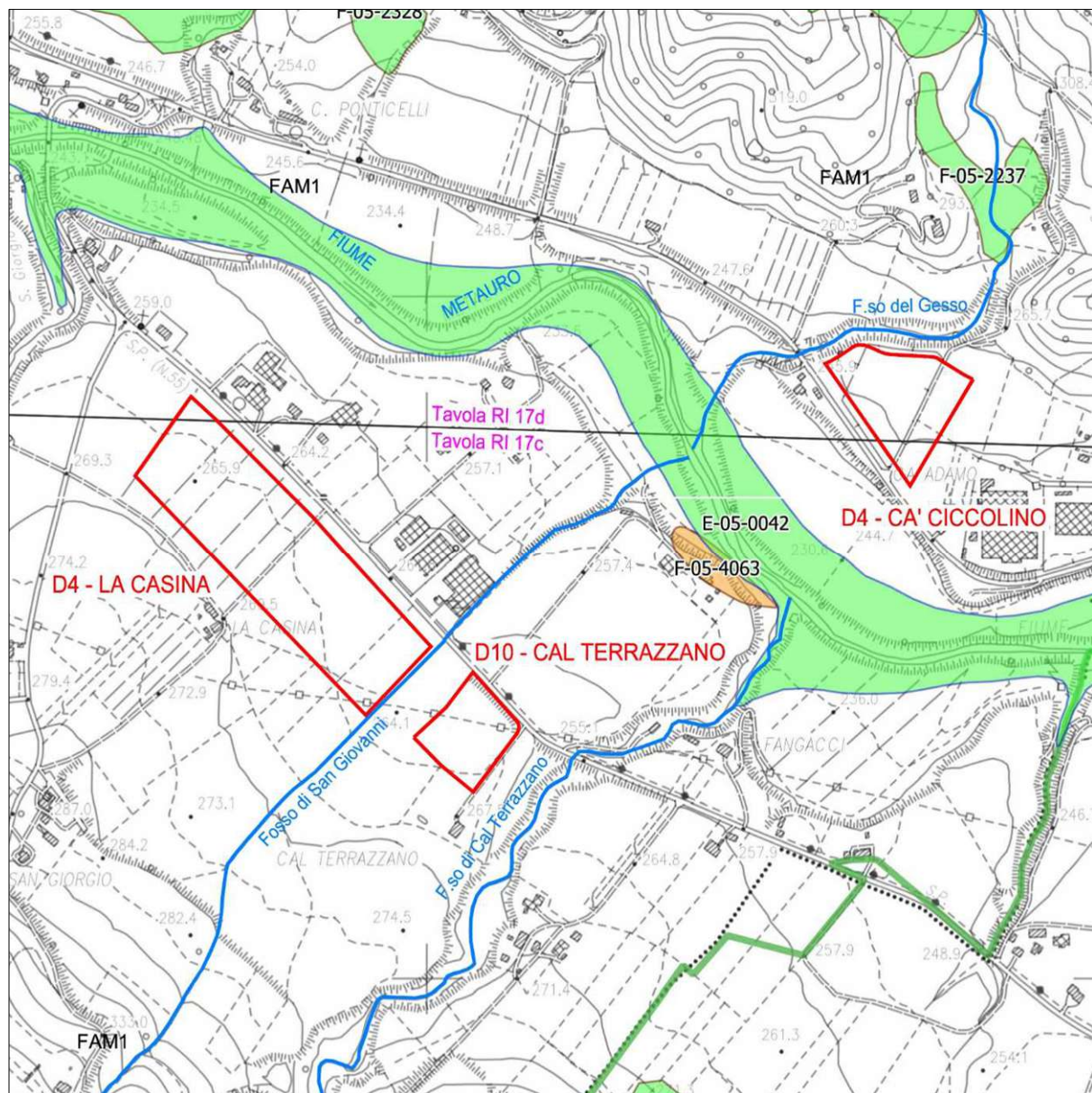
**Tabella 5.1** – Riferimenti cartografici area Santa Maria del Piano produttiva

Zone urbanistiche	Ubicazione	Sezione I.G.M.I. 1:25000	Sez. C.T.R. Marche 1:10000	Foglio di mappa 1:2000
da D4 a E	Cà Ciccolino	279 II Urbania	279110 (Urbania) 279150 (Orsaiola)	54
da D4 a E	La Casina	279 II Urbania	279110 (Urbania) 279150 (Orsaiola)	52-53



da <b>D10</b> a <b>E</b>	Cal Terrazzano	<b>279 II</b> Urbania	<b>279150</b> (Orsaiola)	<b>53</b>
--------------------------	----------------	--------------------------	--------------------------	-----------

Dal punto di vista geomorfologico, tutte e tre le aree da riportare a destinazione agricola si collocano su terrazzi alluvionali. Le aree ubicate in località “La Casina” e in località “Cal Terrazzano” sono ubicate sul lato destro mentre l’area di Cà Ciccolino è ubicata sul lato sinistro del Fiume Metauro. Più in particolare, tutti e tre i siti ricadono su terrazzi alluvionali di III ordine (MTIbn).



**Figura 4.10** – Stralcio Piano di Assetto Idrogeologico (scala 1:10000)

Infine, in Figura 4.10 è riportato uno stralcio della cartografia P.A.I. dal quale si evince l’assenza di qualsiasi interferenza delle tre aree con perimetrazioni a rischio esondazione.

In tutti e tre i casi la rete di deflusso è rappresentata da cunette, chiavicotti stradali e sistemazioni idraulico-agrarie che recapitano le acque al Fiume Metauro attraverso corsi d’acqua minori, demaniali



e non demaniali. Nella stessa Figura 4.10 sono stati anche evidenziati i corsi d'acqua demaniali più prossimi alle aree di interesse.

#### **D4 – Cà Ciccolino**

Il corso d'acqua demaniale più vicino è rappresentato dal “Fosso il Gesso” che scorre alla distanza di circa 30 m dal limite Nord dell'attuale area D4. Il fosso risulta ben inciso e presenta quindi un alveo che può assorbire molto bene gli eventi di piena senza produrre fenomeni di esondazione.

#### **D4 – La Casina**

Il corso d'acqua demaniale più vicino è rappresentato dal “Fosso di San Giovanni” che scorre a soli 5 m dal limite SE dell'attuale area D4. L'analisi idraulica di questo fosso, eseguita nel 2017-2018 in occasione dell'inserimento nel P.R.G. della vicina area D10 di “Cal Terrazzano”, evidenziò che eventi di piena del corso d'acqua avrebbero coinvolto l'estremità SE dell'area di “La Casina”, ubicata sul lato sinistro del corso d'acqua. Per questa ragione, il ripristino della destinazione agricola è da ritenere sicuramente opportuno.

#### **D10 – Cal Terrazzano**

Il deflusso delle acque superficiali è principalmente favorito dalla presenza del Fosso di Cal Terrazzano il cui alveo è ubicato circa 75 m a SE dell'area di interesse a quote più basse di circa 15 m. Essendo caratterizzato da un bacino idrografico decisamente ridotto e da un alveo fortemente inciso, tale corso d'acqua non è in grado di esondare in caso di eventi meteorici intensi e persistenti.

Sul lato NW, alla distanza di circa 60 m è invece presente il già citato Fosso di San Giovanni. In questo caso, l'analisi idraulica del 2017-2018 ha evidenziato la possibile esondazione del corso d'acqua anche sul lato destro, senza tuttavia coinvolgere l'area D10 di “Cal Terrazzano”, anche in considerazione della distanza.

## 5. VERIFICA PER L'INVARIANZA IDRAULICA

Le piogge di forte intensità che cadono su un bacino idrografico subiscono due tipi di processi che determinano l'entità delle piene nei corsi d'acqua riceventi: l'infiltrazione nei suoli e la laminazione superficiale. Il primo processo controlla i volumi di acqua restituiti, e viene descritto in via speditiva mediante un "coefficiente di deflusso", il quale rappresenta la percentuale della pioggia che raggiunge il corpo recettore. Il secondo processo, influenzato dalle caratteristiche del reticolo drenante e dalla morfologia delle aree contermini, agisce trattenendo i volumi che scorrono in superficie, facendoli transitare attraverso i volumi disponibili e determinandone una restituzione rallentata.

Un bacino naturale presenta la caratteristica di lasciare infiltrare una certa quantità di acqua durante gli eventi di piena, e di restituire i volumi che non si infiltrano in modo graduale.

L'acqua ristagna nelle depressioni superficiali, segue percorsi tortuosi, si espande in aree normalmente non interessate dal deflusso, ed in questo modo le piene hanno un colmo di portata relativamente modesto ed una durata delle portate più lunga. Quando un bacino subisce un'artificializzazione, i deflussi vengono canalizzati e le superfici vengono regolarizzate, di modo che il deflusso viene accelerato.

Ciò comporta un aumento dei picchi di piena e può portare a situazioni di rischio idraulico. Inoltre, l'impermeabilizzazione dei suoli provoca un aumento dei volumi che scorrono in superficie, aggravando ulteriormente le possibili criticità. Maggiori volumi che scorrono in superficie rappresentano, oltre ad un aggravio dei possibili rischi idraulici, anche un più rapido esaurimento dei deflussi e una riduzione di apporti alla falda, e in definitiva una riduzione delle risorse idriche utilizzabili. L'urbanizzazione degli ultimi decenni ha configurato situazioni di rischio idraulico significative conseguentemente alla perdita di capacità di invaso del territorio connessa alla sensibile riduzione dei volumi del drenaggio minuto (scoline, fossi...).

Alla luce di quanto descritto, si pone il problema, nella pianificazione, sia di bacino che non, di adottare strumenti che garantiscano la sostenibilità di lungo periodo di un assetto idrografico. In particolare, è necessario limitare in futuro possibili effetti di aggravio delle piene legati alla progressiva urbanizzazione e all'impermeabilizzazione dei suoli conseguente alle trasformazioni di uso del suolo.

Ogni intervento che provoca impermeabilizzazione dei suoli ed aumento delle velocità di corrivazione deve invece prevedere azioni correttive volte a mitigarne gli effetti, e tali azioni sono da rilevare essenzialmente nella realizzazione di volumi di invaso finalizzati alla laminazione; se la laminazione è attuata in modo da mantenere i colmi di piena prima e dopo la trasformazione inalterati, si parla di "invarianza idraulica" delle trasformazioni di uso del suolo.

La L.R. n. 22 del 23 novembre 2011 introduce all'art. 10, il principio di invarianza idraulica delle trasformazioni del territorio, definito nel seguente modo:

*"Per trasformazione del territorio ad invarianza idraulica si intende la trasformazione di un'area che non provochi un aggravio della portata di piena del corpo idrico ricevente i deflussi superficiali originati dall'area stessa."*

Si evidenzia che la predisposizione dei volumi di invaso di laminazione-raccolta, di cui all'art. 13 della suddetta L.R. n. 22 del 2011, a compensazione delle impermeabilizzazioni non è finalizzata a trattenere le acque di piena nel lotto, ma a mantenere inalterate le prestazioni complessive del bacino.

Tali prestazioni, come sopra descritto, sono riconducibili a due meccanismi di controllo "naturale" dei deflussi:

- a) l'infiltrazione e l'immagazzinamento delle piogge nel suolo (fenomeni rappresentati in via semplificativa dal coefficiente di deflusso);
- b) la laminazione, che consiste nel fatto che i deflussi devono riempire i volumi disponibili nel bacino prima di poter raggiungere la sezione di chiusura.

Il criterio dell'invarianza idraulica delle trasformazioni delle superfici che si propone prevede la compensazione delle riduzioni sul meccanismo sopra individuato con la lettera a) attraverso il potenziamento del meccanismo individuato con la lettera b).

A tal fine, predisporre nelle aree in trasformazione volumi che devono essere riempiti prima che si verifichi deflusso dalle aree stesse fornisce un dispositivo che ha rilevanza a livello di bacino per la formazione delle piene del corpo idrico recettore, garantendone (nei limiti di incertezza del modello adottato per i calcoli dei volumi) l'effettiva invarianza del picco di piena; la predisposizione di tali volumi non garantisce, invece, automaticamente sul fatto che la portata uscente dall'area trasformata sia in ogni condizione di pioggia la medesima che si osservava prima della trasformazione.

Ad esclusione di tali circostanze particolari, è importante evidenziare che l'obiettivo dell'invarianza idraulica richiede a chi propone una trasformazione di uso del suolo di accollarsi, attraverso opportune azioni compensative, gli oneri del consumo della risorsa territoriale costituita dalla capacità di un bacino di regolare le piene e quindi di mantenere le condizioni di sicurezza territoriale nel tempo.

Per questo, il criterio contenuto nella L.R. n. 22 del 2011 si applica, per equità, a tutto il territorio regionale, senza distinzione fra pianura e collina-montagna, salvo disposizioni più restrittive approvate dalle norme di attuazione dei piani di bacino/distretto o da altri strumenti di settore ricadenti all'interno dello stesso territorio regionale; inoltre, esso tiene conto dell'effettivo grado di consumo della risorsa associato ad ogni singolo intervento, e richiede azioni compensative proporzionate di conseguenza; infine, il criterio consente di tenere in considerazione i benefici derivanti dalla realizzazione di reti di drenaggio (fognature) nelle quali avviene in certa misura una laminazione delle piene.

E' inoltre importante ricordare che l'invarianza idraulica non deve solo essere riferita alla portata scaricata, infatti per garantirla concorrono anche altri elementi tra i quali si evidenziano:

- a) **L'invarianza del punto di recapito.** Oltre a mantenere invariata la portata generata dal lotto oggetto di trasformazione è infatti opportuno convogliare le acque nel medesimo ricettore dello stato di fatto, ciò consente di non aggravare altre reti;
- b) **Le quote altimetriche.** Nel passato, spesso, la realizzazione di nuove lottizzazioni comportava l'innalzamento del piano campagna con conseguenti forti disagi per le aree limitrofe, fortemente percepibili in assenza di opportuni studi di carattere idraulico. A tutela delle aree limitrofe è dunque buona norma mantenere inalterata la quota del piano campagna oggetto di trasformazione;
- c) **La capacità di scolo delle aree limitrofe.** Altro importante aspetto da valutare è la capacità di deflusso delle aree limitrofe all'area di intervento. Per la realizzazione delle nuove lottizzazioni spesso appare necessario tombare piccole affossature, scoline o fossi di campagna. L'eliminazione di tali sistemi, oltre a ridurre notevolmente il volume di invaso distribuito sul territorio (volume che, in aggiunta a quello necessario a garantire l'invarianza della portata

scaricata, va realizzato e collegato ai sistemi di scolo preesistenti) può comportare l'impossibilità di scarico delle aree afferenti a tali fossi/scoline. E' opportuno dunque, qualora sia strettamente necessario, procedere con la chiusura di tali sistemi, realizzarne di nuovi capaci (in termini di dimensioni e quote) di raccogliere le acque provenienti dalle aree di monte, se necessario trattenerle, e convogliarle verso valle. Di norma è dunque consigliato realizzare al confine delle aree di intervento dei fossi o delle condotte di "gronda" che mantengono idraulicamente isolata la nuova lottizzazione dal resto del territorio e al contempo consentano il deflusso delle aree limitrofe.

Particolari condizioni al contorno potrebbero rendere impossibile la coesistenza di tutti i punti sopra elencati necessari a garantire l'invarianza idraulica. In questi casi è necessario che il professionista contatti gli enti gestori competenti per definire eventuali ulteriori accorgimenti o compensazioni.

### 5.1. MODALITA' DI CALCOLO DEI VOLUMI E DEGLI INVASI DI COMPENSAZIONE

La misura del volume minimo d'invaso da prescrivere in aree sottoposte a una quota di trasformazione I (% dell'area che viene trasformata) e in cui viene lasciata inalterata una quota P (tale che I+P=100%) è data dal valore convenzionale:

$$w = w^0 (\phi / \phi^0)^{(1/(1-n))} - 15I - w^0 P$$

Dove:

$w^0 = 50$  mc/ha

$\phi$  = coefficiente di deflusso dopo la trasformazione

$\phi^0$  = coefficiente di deflusso prima della trasformazione

I e P sono espressi come frazione dell'area trasformata

$n=0.48$  (esponente delle curve di possibilità climatica di durata inferiore all'ora, stimato nell'ipotesi che le percentuali della pioggia oraria cadute nei 5', 15' e 30' siano rispettivamente il 30%, 60% e 75%, come risulta - orientativamente - da vari studi sperimentali; si veda ad es. CSDU, 1997). Per le classi denominate come "Significativa" e "Marcata" impermeabilizzazione come di seguito definite, è ammesso l'utilizzo di un valore diverso del parametro n qualora opportunamente motivato da un'analisi idrologica specifica contestualizzata al sito oggetto di trasformazione.

Il volume così ricavato è espresso in mc/ha e deve essere moltiplicato per l'area totale dell'intervento (superficie territoriale, St), a prescindere dalla quota P che viene lasciata inalterata.

Per la stima dei coefficienti di deflusso  $\phi$  e  $\phi^0$  si fa riferimento alla relazione convenzionale:

$$\phi^0 = 0.9Imp^0 + 0.2Per^0$$

$$\phi = 0.9Imp + 0.2Per$$

In cui Imp e Per sono rispettivamente le frazioni dell'area totale da ritenersi impermeabile e permeabile, prima della trasformazione (se connotati dall'apice<sup>0</sup>) o dopo (se non c'è l'apice<sup>0</sup>).

Il calcolo del volume di invaso richiede quindi la definizione delle seguenti grandezze:



- a) quota dell'area di progetto che viene interessata dalla trasformazione (I); è da notare che anche le aree che non vengono pavimentate con la trasformazione, ma vengono sistemate e regolarizzate, devono essere incluse a computare la quota I;
- b) quota dell'area di progetto non interessata dalla trasformazione (P): essa è costituita solo da quelle parti che non vengono significativamente modificate, mediante regolarizzazione del terreno o altri Interventi anche non impermeabilizzanti;
- c) quota dell'area da ritenersi permeabile (Per): tale grandezza viene valutata prima e dopo la trasformazione;
- d) quota dell'area da ritenersi impermeabile (Imp) z tale grandezza viene valutata prima e dopo la trasformazione.

Oltre che alla superficie territoriale  $St$ , il calcolo dei valori  $I$ ,  $P$ ,  $Imp$  e  $Per$  può essere riferito anche alla superficie dell'intero bacino scolante,  $Sb$ , di cui l'area dell'intervento fa parte. In questo caso, il volume  $w$  ottenuto con la formula, deve essere moltiplicato per la superficie  $Sb$  [ha]. Nei due casi si ottiene un valore sostanzialmente equivalente e la scelta della superficie di riferimento è essenzialmente legata a motivi di praticità. In caso di significative discrepanze nei due valori calcolati, si consiglia di adottare il valore più cautelativo.

Si noti che gli indici  $Imp$  ed  $I$ ,  $Per$  e  $P$  sono concettualmente diversi:  $Imp$  e  $Per$  servono a valutare il coefficiente di deflusso convenzionale (che esprime la capacità del lotto di accettare le piogge prima di generare deflussi superficiali), mentre  $I$  e  $P$  rappresentano le porzioni rispettivamente urbanizzata e inalterata (agricola) del lotto oggetto di intervento.

Per meglio illustrare la differenza, si consideri il caso ideale di un lotto che viene trasformato da area agricola/incolto a verde urbano senza elementi di impermeabilizzazione. In tal caso, i coefficienti di deflusso rimangono uguali nelle condizioni ante operam e post operam [ $(\phi/\phi^0) = 1$ ].

Se metà del lotto viene mantenuto in condizioni agricole  $w = 18.5$  mc/ha mentre se tutto il lotto viene sistemato a verde,  $w = 35$  mc/ha.

L'esempio serve ad illustrare il concetto per cui ad ogni regolarizzazione delle superfici (riduzione delle scabrezze e delle depressioni superficiali, miglioramento delle condizioni di drenaggio, ecc.) si associa una perdita di capacità di invaso. In letteratura (CSDU, 1997) si trovano indicazioni riguardo al fatto che l'invaso specifico di superfici urbanizzate, anche se permeabili, può essere valutato cautelativamente in 15 mc/ha, mentre di regola si suppone che superfici non urbanizzate abbiano una capacità di invaso di 50 mc/ha. Quindi anche in assenza di impermeabilizzazioni il principio dell'invarianza idraulica richiede di tenere conto del volume di invaso perso.

## 5.2. INDICAZIONE PER LE AREE DI TRASFORMAZIONE URBANA

Nel seguito vengono fornite indicazioni di tipo tecnico riguardo alle modalità idraulico realizzative consigliabili per i volumi di compensazione, e indicazioni di tipo metodologico relativamente alle modalità di stesura degli studi idrologici richiesti nei casi di maggiore impegno.

La classificazione che segue (v. Tabella 5.1) consente di definire soglie dimensionali in base alle quali si applicano considerazioni differenziate in relazione all'effetto atteso dell'intervento.

**Tabella 5.1** – Classificazione interventi con relative soglie dimensionali

Classe di intervento	Definizione
Trascurabile impermeabilizzazione potenziale	Intervento su superfici di estensione inferiore a 0.1 ha
Modesta impermeabilizzazione potenziale	Intervento su superfici di estensione comprese fra 0.1 e 1 ha
Significativa impermeabilizzazione potenziale	Intervento su superfici di estensione comprese fra 1 e 10 ha Intervento su superfici di estensione oltre 10 ha con $Imp < 0.3$
marcata impermeabilizzazione potenziale	Intervento su superfici di estensione oltre 10 ha con $Imp > 0.3$

Dal punto di vista idraulico, l'efficacia della laminazione operata attraverso dispositivi di invaso è condizionata da due parametri fondamentali:

- la dimensione delle luci di scarico dell'invaso (condotti o stramazzi);
- il tirante idrico massimo di cui si consente la formazione all'interno dell'invaso.

I due aspetti sono fra loro collegati: se si realizza un invaso profondo con la formazione di un tirante idrico alto è necessario predisporre luci di piccole dimensioni per mantenere la portata in uscita a valori accettabili, a parità di portata in ingresso e di volume totale dell'invaso.

E' poi da considerare che, a parità di luce di efflusso e di tirante idrico massimo consentito, l'effetto di laminazione dipende significativamente dal volume e dalla durata totale della pioggia.

Fissare regole generali per i criteri di dimensionamento delle luci di scarico è difficile in quanto è necessario riferirsi a condizioni operative sempre connotate da un margine di convenzionalità.

Del resto, nel caso di piccoli interventi, corrispondenti ai casi di trascurabile o modesta impermeabilizzazione potenziale, gli oneri connessi allo sviluppo di dimensionamenti di dettaglio eccedono i benefici in termini di protezione idraulica del territorio che si possono effettivamente conseguire.

Viceversa, nei casi di significativa marcata impermeabilizzazione potenziale é assai opportuno eseguire una verifica di maggior dettaglio dell'effettivo comportamento laminativo dei dispositivi di invaso previsti dai progetti. In tal modo, con accorgimenti relativamente semplici, è possibile mantenere sotto controllo l'efficacia della laminazione e perseguire una politica attiva di invarianza idraulica.

Alla luce di queste considerazioni, sono stati stabiliti i seguenti criteri da applicare se non diversamente previsto nella parte dispositiva del documento tecnico di riferimento:

- nel caso di trascurabile impermeabilizzazione potenziale, è sufficiente che i volumi disponibili per la laminazione soddisfino i requisiti dimensionali della formula di calcolo del volume minimo di invaso  $w$ , ad esclusione degli interventi comportanti la realizzazione di impermeabilizzazione per una superficie pari o inferiore a 100 mq;
- nel caso di modesta impermeabilizzazione, oltre al soddisfacimento dei requisiti della suddetta formula è opportuno che le luci di scarico non eccedano le dimensioni di un tubo di diametro 200 mm e che i tiranti idrici ammessi nell'invaso non eccedano il metro;
- nel caso di significativa impermeabilizzazione, si consiglia di dimensionare le luci di scarico e i tiranti idrici ammessi nell'invaso in modo da garantire la conservazione della portata massima defluente dall'area in trasformazione ai valori precedenti l'impermeabilizzazione, almeno per una durata di pioggia di 2 ore e un tempo di ritorno di 30 anni;

- d) nel caso di marcata impermeabilizzazione, si richiede la presentazione di uno studio di maggiore dettaglio i cui contenuti sono individuati nei passaggi successivi al presente capitolo.

Per le previsioni degli strumenti di pianificazione territoriale, generale e attuativa vigenti alla data di entrata in vigore della D.G.R. 53/2014, solamente per i casi a) e b) sopra riportati, in alternativa all'utilizzo della formula per il calcolo del volume minimo di invaso, può essere adottato il dimensionamento per una capacità di invaso pari ad almeno 350 metri cubi per ogni ettaro di superficie impermeabilizzata.

Nei casi di significativa impermeabilità in alternativa all'utilizzo della formula, per il dimensionamento del volume di invaso è facoltà del soggetto proponente di avvalersi di uno studio di maggiore dettaglio come nei casi previsti per la marcata impermeabilizzazione.

Considerata la particolare criticità in cui si trova il territorio, nel caso lo stato di fatto dell'area oggetto di studio risulti già urbanizzata; per i casi di significativa e marcata impermeabilizzazione oltre al rispetto dei criteri sopra indicati, la portata massima imposta in uscita (allo scarico) nella configurazione di progetto non può essere superiore a quella desumibile da un coefficiente idrometrico di 20 litri al secondo per ettaro in riferimento ad elaborazioni di pioggia per  $T_r=30$  anni.

Il valore deve essere inteso in via preliminare come predimensionamento delle opere. In situazioni di difficile raggiungimento del limite pari 20 litri al secondo per ettaro, ad esempio in aree ristrette e fortemente impermeabilizzate, lo stesso può essere oggetto di modifica da parte dell'Autorità Idraulica o del Gestore del Servizio Idrico Integrato (SII) che esprimono parere sul progetto e rilasciano l'autorizzazione allo scarico o all'allaccio.

Il manufatto di recapito nel corpo idrico recettore, deve essere realizzato in modo che lo scarico avvenga nella medesima direzione del flusso e prevedere accorgimenti tecnici (quali opere di dissipazione dell'energia) per evitare l'insorgere di fenomeni erosivi nel corso d'acqua.

Ai fini del dimensionamento dei tiranti ammessi e delle luci di scarico, ferma restando la possibilità di effettuare studi idrologici e idraulici di maggiore approfondimento, si consiglia di ricorrere alla equazione di continuità del volume di invaso considerando come portata in ingresso l'idrogramma calcolato per il lotto con il metodo cinematico per assegnata durata di pioggia e tempo di ritorno, e come portata in uscita quella stimabile con una scala di deflusso della luce di scarico.

Per quanto concerne gli interventi di marcata impermeabilizzazione potenziale (quelli su aree superiori ai 10 ha con superficie impermeabile maggiore del 30%) devono essere sottoposti a verifiche idrologiche di maggior dettaglio. Tali verifiche devono di regola comprendere i seguenti passi:

- a) individuazione del bacino idrografico del corpo idrico recettore degli scarichi di acque meteoriche provenienti dal lotto in trasformazione;
- b) valutazione di un idrogramma di piena del corpo idrico recettore corrispondente al colmo di portata attesa;
- c) valutazione dell'idrogramma di piena proveniente dal solo lotto in trasformazione, rispettivamente prima e dopo la trasformazione; tale idrogramma viene valutato di regola con il metodo cinematico per una pioggia di tempo di ritorno di 30 anni di durata pari al tempo di corruzione del bacino del corpo idrico recettore;

- d) valutazione, mediante un opportuno modello idrologico ed idraulico, dell'effettivo comportamento di laminazione dei dispositivi di invaso previsti, e dimensionamento dei dispositivi di scarico del lotto, in relazione al tirante idrico che si verifica nel volume di invaso, in modo da garantire l'invarianza del colmo di portata;
- e) sovrapposizione degli idrogrammi di piena del corpo idrico recettore e del lotto dopo la trasformazione, e verifica del mantenimento del colmo di piena alle condizioni precedenti la trasformazione.

In assenza di informazioni specifiche sul corpo idrico recettore, tali da consentirne una valutazione più accurata dell'idrogramma di piena da assumere a base della progettazione, si considera un idrogramma di piena convenzionale di forma triangolare, definito in modo univoco dai tre parametri della portata al colmo, del tempo a cui si verifica il colmo di portata dall'inizio dell'evento di piena e dal tempo dal colmo all'esaurimento della piena. Il colmo viene di regola valutato con i metodi esposti in precedenza, e in particolare, di preferenza, con il metodo razionale, e per un tempo di ritorno di 30 anni.

La durata dell'idrogramma di piena del corpo idrico recettore viene assunta pari a 3 volte il tempo di corrivazione del bacino del corpo idrico recettore, valutato con i criteri espressi in precedenza. Il colmo di piena si verifica dopo un tempo pari al tempo di corrivazione e la piena si esaurisce dopo un tempo ulteriore pari a 2 volte il tempo di corrivazione.

In particolari e motivate condizioni, può essere adottata una diversa valutazione ricorrendo a modelli afflussi-deflussi di maggiore dettaglio.

I volumi calcolati con i metodi sopra descritti indicano i volumi minimi da realizzare al fine di garantire l'invarianza idraulica in termini di portata scaricata al recapito finale e devono essere realizzati in modo tale da essere pienamente efficienti. I volumi calcolati nel caso di trascurabile impermeabilizzazione, non necessitano di manufatto di regolazione delle portate, è sufficiente che siano protetti in sezione di chiusura da valvole di non ritorno di tipo a clapet. Diversamente i volumi calcolati nel caso di modesta e significativa impermeabilizzazione devono essere afferenti ad un manufatto di regolazione delle portate per esempio un manufatto con bocca tarata o una stazione di sollevamento. Per quanto concerne il caso di marcata impermeabilizzazione, i manufatti di protezione devono essere stabiliti e dimensionati in relazione agli esiti degli studi di maggiore dettaglio.

Fatto salvo quanto previsto dal Titolo IV della DGR n. 53 del 27/01/2014 (pubblicata sul BURM n. 19 del 17/02/2014), il valore determinato dal dimensionamento dell'invarianza idraulica rappresenta un elemento prestazionale da conseguire attraverso la realizzazione di interventi derivanti da un'opportuna combinazione di una o più soluzioni tipologiche.

In sede di redazione/variazione degli strumenti di pianificazione territoriale, vanno considerate le misure relative all'invarianza idraulica, ancorché la loro definizione ed attuazione possa essere rimandata a fasi successive.

In sede di approvazione di Strumenti Urbanistici Attuativi deve essere redatto uno schema di valutazione dell'invarianza idraulica valutando gli interventi utili a garantire la stessa. La progettazione esecutiva di detti interventi può avvenire all'interno delle opere di urbanizzazione, per gli interventi su aree pubbliche e in sede di permesso di costruire per quelli su aree private.

L'applicazione delle misure per l'invarianza idraulica, qualora richieste, costituisce ulteriore elemento da soddisfare per il rilascio del titolo abilitativo alla realizzazione degli interventi edilizi.



### **5.3. INDICAZIONI OPERATIVE E MISURE PER LA PERMEABILITA' DELLE AREE**

La D.G.R. 53/2014 prevede in via prioritaria che l'effetto dell'impermeabilizzazione sia compensato con volumi di invaso la cui dimensione venga calcolata in ragione del tasso di impermeabilizzazione indotto. Concettualmente, questo equivale a potenziare la capacità di laminazione del bacino per compensare la perdita di capacità di infiltrazione. E' chiaro che si tratta di una estrema schematizzazione di fenomeni in realtà molto complessi e fra loro interconnessi, e l'unico scopo della schematizzazione è quello di produrre una metodica razionale di calcolo degli oneri da corrispondere per rendere sostenibile il consumo della risorsa territoriale.

A livello realizzativo, i volumi di invaso possono essere ricondotti agli schemi di Figura 5.1, Figura 5.2, Figura 5.3 e Figura 5.4. Nei diversi casi, si evidenzia un ruolo della rete fognaria che deve essere valutato.

In linea di massima, si può considerare che il volume totale delle condotte di fognatura sia efficace all'80% ai fini dell'invarianza idraulica; questo significa che l'80% del volume totale della rete fognaria interna al lotto può essere considerato in diminuzione del valore di volume minimo d'invaso calcolato attraverso l'apposita equazione.

I volumi di invaso vanno di regola realizzati come aree di espansione poste a monte del punto di scarico. E' da evitare il caso di volumi depressi rispetto al punto di scarico, nel qual caso si verificherebbe un riempimento e la successiva necessità di scolo meccanico.

In linea generale non deve essere previsto lo scarico diretto con sollevamento meccanico nel corpo idrico recettore. Nel caso sia dimostrata l'impossibilità di una soluzione alternativa è necessario prevedere luci di efflusso adeguatamente dimensionate a valle del sollevamento, sulla base delle indicazioni dell'autorità idraulica competente o del gestore del SII, in modo da consentire la limitazione alle portate uscenti richiesta.

I volumi di invaso sono invece da vedere come zone periodicamente allagabili, che però vengono mantenute drenate in condizioni di tempo asciutto. Ciò previene fra l'altro problemi di tipo igienico-sanitario connessi al trattenimento e allo stoccaggio delle acque.

Nella grande varietà di soluzioni progettuali, che sconsigliano di definire in modo rigido soluzioni "tecnicamente conformi", si possono comunque individuare le tipologie di soluzione seguenti:

- a) vasca in c.a. o altro materiale "rigido" posta a monte del punto di scarico, sia aperta e sia coperta (sia in serie, sia in parallelo; in quest'ultimo caso, è richiesto uno studio idraulico);
- b) invaso in terra posto a monte del punto di scarico (sia in serie, sia in parallelo; in quest'ultimo caso, è richiesto uno studio idraulico);
- c) depressione in area verde o in piazzale posta a monte del punto di scarico;
- d) dimensionamento con "strozzatura" delle caditoie in modo da consentire un invaso su strade e piazzali (richiesto un calcolo di dimensionamento idraulico degli scarichi);
- e) dimensionamento con "strozzatura" delle grondaie e tetti piatti con opportuno bordo di invaso in modo da consentire un invaso sulle coperture (richiesto un calcolo di dimensionamento idraulico degli scarichi; i volumi così realizzati servono solo per la quota di impermeabilizzazione imputabile alle coperture, mentre quelli che servono per strade, piazzali ecc. devono essere realizzati a parte);

- f) sovradimensionamento delle fognature interne al lotto (1 mc di tubo o canale = 0,8 mc di invaso);
- g) mantenimento di aree allagabili (es. verde, piazzali) con "strozzatura" adeguata degli scarichi (richiesto un calcolo di dimensionamento idraulico degli scarichi);
- h) scarico in acque costiere o comunque che non subiscono effetti idraulici dagli apporti meteorici;
- i) scarico in vasche adibite ad altri scopi (sedimentazione, depurazione ecc.) purché il volume di invaso si aggiunga al volume previsto per altri scopi, e purché siano comunque rispettati i vincoli e i limiti allo scarico per motivi di qualità delle acque;
- j) scarico a dispersione in terreni agricoli senza afflusso diretto alle reti di drenaggio sia superficiale, sia tubolare sotterraneo.

In ogni caso laddove sussistano condizioni idrogeologicamente compatibili vanno favoriti prioritariamente i processi di infiltrazione delle acque nel sottosuolo oggetto di trasformazione o comunque in un suo intorno significativo.

Di regola è preferibile che si realizzino volumi allagabili in aree verdi con superfici in terreno naturale, associate a un uso ricreativo e a una sistemazione paesaggistica compatibili con il periodico allagamento; caso per caso il progettista può scegliere di realizzare i volumi richiesti in forma di vasche impermeabili, ad es. in calcestruzzo armato, sia a cielo aperto sia con copertura.

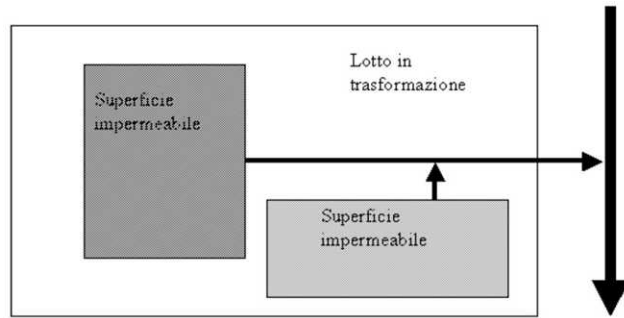
E' possibile ricorrere all'invaso sulle superfici dei tetti degli edifici; in questo caso, il volume minimo da predisporre sui tetti deve essere proporzionato sulla sola quota di impermeabilizzazione dovuta agli edifici, mentre a compensazione delle altre superfici impermeabilizzate sulla superficie territoriale dell'intervento, poste al di fuori della sagoma dei tetti, dovrà essere predisposto a terra un volume minimo d'invaso commisurato alla quota di impermeabilizzazione ad esse corrispondente.

Nel caso di invaso sui tetti, e comunque necessario dimensionare i pluviali come dispositivi di sfioro in grado di smaltire la portata corrispondente alla superficie in condizioni di deflusso precedenti l'impermeabilizzazione, e verificare che nelle condizioni di esercizio non si verifichino condizioni di troppo pieno dell'invaso posto sul tetto tali da provocarne la tracimazione.

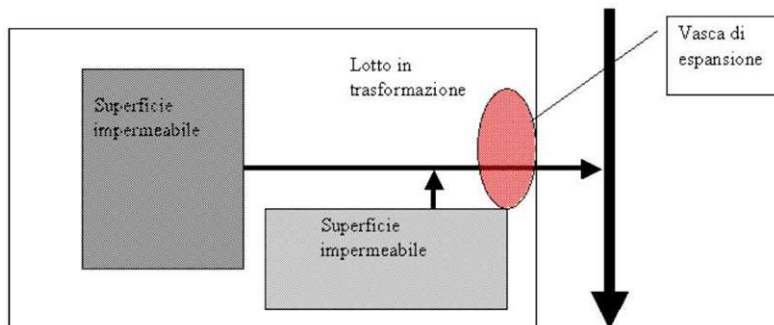
In assenza di una valutazione idraulica sulle luci di efflusso, i volumi di laminazione vanno messi "in serie" rispetto al sistema di drenaggio.

La scelta di soluzioni "in parallelo", di per sé preferibili in molti casi dal punto di vista tecnico, richiede la presenza a valle della vasca di un dispositivo di limitazione delle immissioni nel corpo ricevente, e può essere accettata solo dietro presentazione di apposita relazione idraulica che ne descriva il funzionamento.

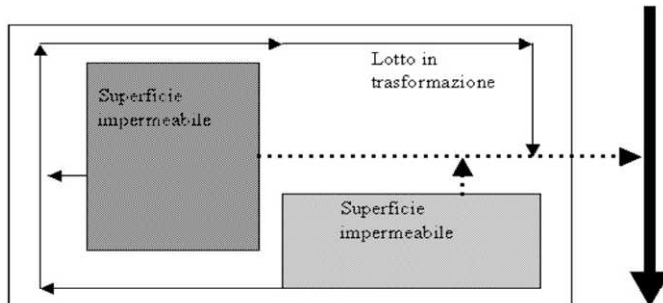
La differenza fra dispositivi in serie e dispositivi in parallelo è infatti che i primi operano una laminazione delle piene in presenza di qualsiasi condizione di deflusso, mentre i secondi entrano in funzione solo quando la portata supera valori prefissati in corrispondenza dei quali il deflusso viene deviato al volume di invaso (Figura 5.5), per cui è necessario che siano fissate e condivise in sede di autorizzazione, in relazione alle condizioni del ricevente, le condizioni alle quali le vasche di laminazione entrano in funzione.



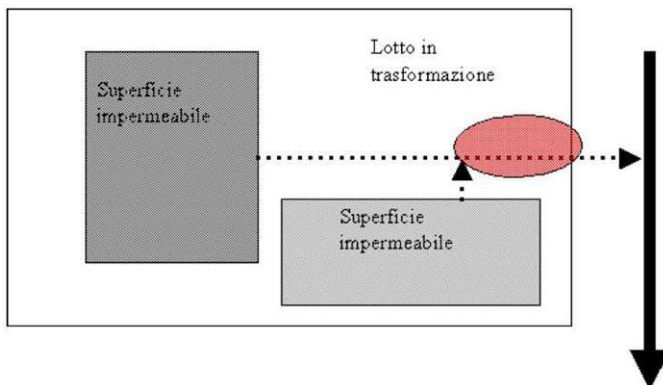
**Figura 5.1** - A) schema di drenaggio "tradizionale": le superfici impermeabili vengono drenate con sistemi di fognatura che recapitano al corpo idrico ricevente



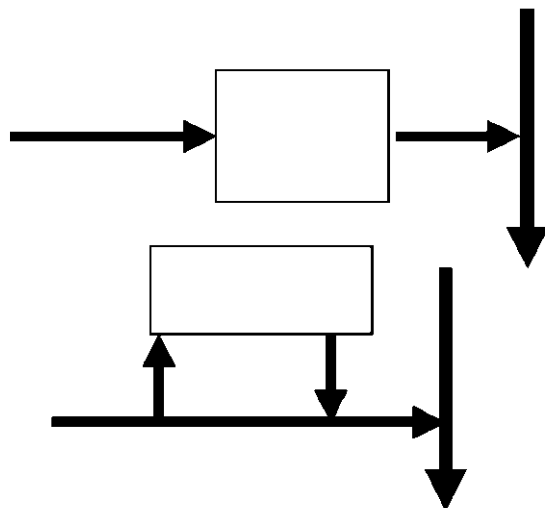
**Figura 5.2** - B) schema di drenaggio con dispositivo di invarianza costituito da una vasca di espansione posta a monte del punto di recapito; il volume di invaso viene calcolato in relazione al tasso di impermeabilizzazione indotto



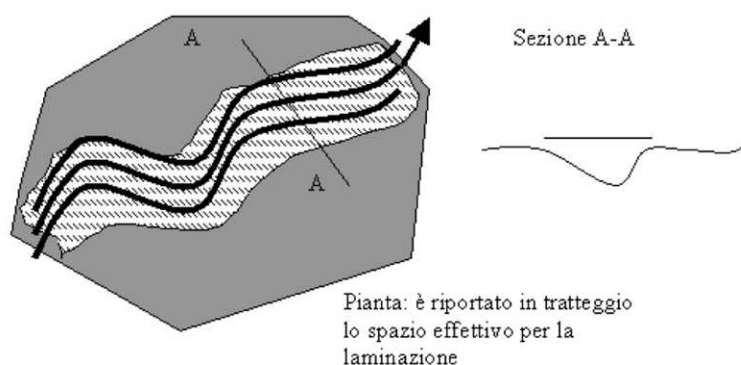
**Figura 5.3** - C) schema di drenaggio con dispositivo di invarianza costituito da un sovradimensionamento della rete di fognatura; al posto del percorso minimo (tratteggiato) si realizza un percorso più lungo nel quale le piene vengono laminate



**Figura 5.4** - D) schema di drenaggio con dispositivo di invarianza ibrido (sovradimensionamento della rete di fognatura + vasca di laminazione)



**Figura 5.5** – Vasche in serie (sopra) e in parallelo (sotto)



**Figura 5.6** - Situazione di formazione di una cunetta di deflusso preferenziale

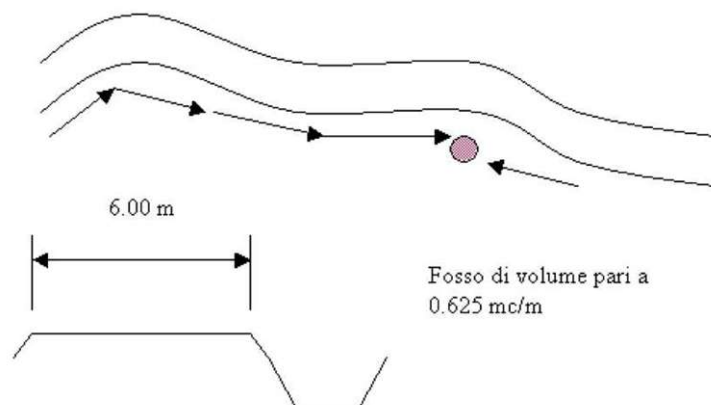
A livello costruttivo il fondo delle vasche di espansione deve essere realizzato in modo da consentire lo scolo naturale (senza sollevamenti meccanici) di tutta l'area invasata.

Nel caso in cui a valle sia previsto un sollevamento meccanico, è necessario che tutte le parti della vasca possano essere drenate a gravità verso l'impianto di sollevamento. I volumi di invaso posti in serie rispetto al sistema di drenaggio non devono presentare "cunette di magra" in cui l'acqua trovi vie preferenziali di scolo, in assenza di valutazioni idrauliche specifiche sul funzionamento di tali cunette. Questo infatti riduce lo spazio effettivo per la laminazione (Figura 5.6).

Nel caso di impermeabilizzazioni dovute a strade, l'invarianza idraulica si può realizzare con un opportuno dimensionamento dei fossi laterali e delle canalette di drenaggio; in particolare, la totale impermeabilizzazione della superficie stradale porta a dimensionare, tramite la relazione di calcolo, un volume di invaso di circa 0.09 mc/mq di superficie stradale, ovvero poco più di 0.5 mc per ogni metro di lunghezza di una strada di larghezza pari a 6 m. Quindi la realizzazione di un fosso di volume pari a  $(0.5 / 0.8) = 0.625$  mc/m soddisfa i requisiti di volume di compensazione richiesti.

Ovunque sia presente lo spazio necessario, è opportuno accoppiare tale volume a spazi di laminazione concentrati (aree di espansione), in corrispondenza delle immissioni nei corpi recettori. Questo consente

fra l'altro di operare una blanda autodepurazione del deflusso, aumentandone i tempi di residenza nella rete scolante e la possibilità di sedimentazione dei solidi sospesi. In generale, è opportuno sviluppare comunque tutte le considerazioni idrauliche e geotecniche suggerite dal caso specifico, anche in relazione ai possibili effetti del sistema di drenaggio sulla stabilità della sede stradale. La Figura 5. seguente mostra uno schema di realizzazione dell'invarianza idraulica per un tracciato stradale.



**Figura 5.7** - schema di drenaggio con fossi e zone di espansione per la decantazione prima del recapito (sopra) e sezione esemplificativa (sotto)

E' richiesto di valutare i coefficienti di deflusso prima e dopo la trasformazione delle condizioni del suolo, in modo convenzionale e al solo scopo di calcolare il volume di invaso per l'invarianza idraulica, utilizzando le specifiche formule sopra riportate.

E' innanzitutto da precisare che il coefficiente di deflusso così calcolato può non essere adeguato per dimensionare le fognature e altre opere idrauliche, e non sostituisce le valutazioni specifiche del caso da parte del progettista.

In generale, ogni tipo di copertura che consenta la percolazione nel suolo almeno ai tassi di infiltrazione propri del suolo "naturale" in posto é da considerare permeabile.

Sono quindi certamente permeabili tutte le superfici mantenute a verde, a meno dell'ovvio controesempio di verde al di sopra di elementi interrati quali scantinati e similari, e di giardini pensili.

Le coperture del suolo che possono essere considerate permeabili comprendono il caso delle griglie plastiche portanti e di dispositivi similari. Si tratta di strutture di pavimentazione costituite da elementi a griglia con percentuale di vuoti molto alta, e con caratteristiche tali da non indurre una compattazione spinta del terreno.

Nel caso invece di elementi di pavimentazione tipo "Betonella" e similari, occorre valutare caso per caso il grado di impermeabilizzazione indotto, anche tenendo conto che, essendovi una percentuale di vuoti molto minore e una forte possibilità di compattazione del terreno al di sotto e negli interstizi degli elementi di pavimentazione, si può configurare una situazione di impermeabilità di fatto.

Con le stesse cautele devono essere trattate le superfici in misto granulare stabilizzato e altri materiali analoghi.

In linea di massima, si può valutare le superfici di queste ultime due tipologie come permeabili al 30-50%.



Sono invece da considerare impermeabili le superfici asfaltate e cementificate, oltre alle coperture degli edifici anche qualora presentino elementi a verde, giardini pensili ecc..

Ai fini della stima delle percentuali permeabili e impermeabili, nel caso in cui si presentino elementi da valutare caso per caso, è compito del progettista dell'intervento di trasformazione delle superfici certificare, attraverso gli elaborati progettuali, il tasso di permeabilità delle soluzioni adottate.

Qualora ci si trovi poi in situazioni particolari, come ad es. terreno di per sé impermeabile a causa della natura litopedologica o del grado di compattazione precedente alla trasformazione della superficie, tali per cui gli interventi di trasformazione della superficie non comportano effetti di incremento delle portate di piena defluente, è compito del progettista dell'intervento di trasformazione delle superfici dimostrare il non peggioramento delle condizioni di deflusso dalla superficie trasformata. La dimostrazione potrà avvenire, nei casi di trascurabile o modesta impermeabilizzazione, semplicemente attraverso la descrizione della natura dei terreni anche in riferimento alle indagini tecniche disponibili nella documentazione dei piani comunali, provinciali e del piano di bacino e ad eventuali indagini locali, mentre nei casi di significativa o marcata impermeabilizzazione è necessario realizzare prove di permeabilità superficiale con modalità commisurate alle caratteristiche dell'intervento e da valutarsi nell'ambito del procedimento autorizzativo.

Si rimarca l'importanza di riferire le valutazioni ad una permeabilità superficiale "idrologica", da valutarsi con prove idonee in situ sui primi centimetri di suolo, e non ad una permeabilità da prove di laboratorio riferita agli strati del primo sottosuolo come è uso ad es. per i problemi di subirrigazione e similari.

E' da osservare a tal proposito che gli strati superficiali del suolo sono sempre dotati di permeabilità molto più elevata di quella considerata dalle valutazioni di tipo geologico, e mostrano quasi sempre, se non particolarmente compattati, una notevole capacità di trattenimento dei millimetri di pioggia corrispondenti agli eventi di precipitazione critici.

In generale, e da attendersi che suoli a bassa capacità di accettazione delle piogge abbiano coefficienti di deflusso maggiori del valore convenzionale di 0.2, ma comunque minori di quelli assunti per le superfici artificiali (asfalto, cemento, laterizi...) convenzionalmente pari a 0.9.

In definitiva si può dire che nella generalità dei casi le prove di permeabilità e le valutazioni sulla permeabilità dei suoli possono al più portare a ridurre le esigenze di volume di invaso ma non ad annullarle completamente.

Nella Tabella 5.2 sono riportati, in via del tutto qualitativa, alcuni valori dei coefficienti attribuiti ai diversi tipi di uso del suolo:

**Tabella 5.2** – Valori indicativi del coefficiente di deflusso per alcuni tipi di suolo

TIPO DI SUPERFICIE	C
<b>Superfici permeabili</b> (aree agricole, aree verdi, boschi e/o assimilabili)	0.1-0.4
<b>Superfici semipermeabili</b> (grigliati drenanti con sottostante materasso ghiaioso, strade in terra battuta o stabilizzato, ecc.)	0.5-0.7
<b>Superfici impermeabili</b> (tetti, strade, piazzali, ecc.)	0.8-1

I range di valori per ogni tipologia di superficie, sono espressi in funzione delle condizioni pedologiche, morfologiche, colturali, antropiche, ecc. del contesto indagato che possono variare significativamente

all'interno di ciascuna classe. L'attribuzione dei valori viene rimandata alle valutazioni del progettista in rapporto all'assetto territoriale specifico.

#### **5.4. INDICAZIONI PER LE AREE DI VERSANTE E DI COLLINA**

Nel caso di interventi in territorio collinare e montano, fermo restando l'obbligo di prevedere idonei dispositivi di invarianza idraulica, è consigliabile realizzare, ovunque possibile, i volumi di invaso mediante opere di regimazione idrica (quali scoline, viminate, gradonate, terrazzamenti) distribuite su tutte le superfici non pavimentate della superficie territoriale dell'intervento. Queste opere di regimazione devono essere pensate per aumentare il tempo di persistenza del deflusso sulle superfici e il volume dinamico immagazzinato sulle stesse.

In questi casi, il volume di invaso utile è da computarsi come l'80 % del volume fisico realizzato a tergo dei rilevati prodotti dalle opere di regimazione.

In caso di terreni ad elevata capacità di accettazione delle piogge, in presenza di falda freatica sufficientemente profonda e di regola in caso di piccole superfici impermeabilizzate, è possibile realizzare sistemi di infiltrazione facilitata in cui convogliare i deflussi in eccesso prodotti dall'impermeabilizzazione. Questi sistemi, che fungono da dispositivi di rimessaggio in falda, possono essere realizzati, a titolo esemplificativo, sotto forma di pozzetti o vasche o condotte disperdenti in cui sia consentito l'accumulo di un battente idraulico che favorisca l'infiltrazione e la dispersione nel terreno. Il progettista deve documentare in tal caso, attraverso appositi elaborati progettuali e calcoli idraulici, la funzionalità del sistema a smaltire gli eccessi di portata prodotti dalle superfici impermeabilizzate rispetto alle condizioni antecedenti la trasformazione, almeno per un tempo di ritorno di 30 anni nei territori di collina e montagna.

Nelle trasformazioni che comportino un' impermeabilizzazione dei suoli, per le quali non siano previste canalizzazioni verso corpi idrici ricettori, e pertanto non è possibile convogliare le acque meteoriche all'interno di reticoli del tipo naturali o collettori fognari, l'adozione di nuovi sistemi di drenaggio necessari per il rispetto dell'invarianza idraulica, è subordinata alla presentazione di studi specifici, in rapporto all'entità dell'impermeabilizzazione, con i quali siano dimostrate le condizioni di conservazione dell'equilibrio geomorfologico, idrogeologico ed idraulico dell'ambito territoriale in esame. La documentazione in cui sia dimostrato il rispetto di quanto sopra previsto sarà valutata dall'Autorità/Ente competente in sede di rilascio dei pareri previsti ai sensi delle specifiche norme di settore.

Occorre tenere presente che la mancanza di sistemi di scolo delle acque, in terreni di acclività non trascurabile, può portare ad altre controindicazioni in termini di stabilità del versante.

#### **5.5. CRITERI DI SCELTA PROGETTUALI DEI DISPOSITIVI IDRAULICI**

Esistono molti dispositivi differenti che possono essere impiegati su un sito specifico per garantire un drenaggio sostenibile. Ciascun sito avrà caratteristiche uniche e diverse che condizioneranno la scelta dei dispositivi. Non tutte le tecniche possono sempre essere impiegate e perciò è importante che la scelta venga fatta sin dallo stadio iniziale della progettazione di un'area urbana.

Per determinare la soluzione più idonea il criterio di selezione deve principalmente tenere conto di:

- a) Caratteristiche d'uso del suolo;
- b) Caratteristiche del terreno;

- c) Caratteristiche qualitative e quantitative richieste;
- d) Caratteristiche estetiche ed ecologiche richieste.

Queste caratteristiche sono descritte nei paragrafi seguenti ai quali segue una "tabella di sintesi" nella quale si può prendere visione delle principali caratteristiche idrauliche e tecniche dei dispositivi per il drenaggio urbano sostenibile in modo da avere una immediata valutazione del loro comportamento. Questo permetterà di poter selezionare già nelle prime fasi progettuali i componenti che meglio si adatteranno, di volta in volta, come elementi di prevenzione, di trasporto, e di eventuale pre-trattamento in conformità anche con quanto previsto dalla specifica normativa di settore regionale di cui alle N.T.A. del P.T.A. approvato con D.C.R. n. 145 del 26 gennaio 2010 (pubblicato sul Supplemento n. 1 al BURM n. 20 del 26 febbraio 2010).

### **Caratteristiche di uso del suolo**

La destinazione d'uso del suolo in una determinata zona urbana risulta tra i fattori determinanti nella scelta dei dispositivi. Infatti in funzione dell'uso del suolo può essere o meno necessario un trattamento delle acque raccolte prima di rilasciarle nell'ambiente. Per le aree residenziali a bassa densità non è quindi necessario che vengano applicati trattamenti. Per le aree residenziali a media ed ad alta densità può essere necessario il trattamento delle acque di prima pioggia in relazione alla sensibilità del recapito finale.

Per le strade il criterio di progettazione di sistemi di drenaggio dipenderà in particolare dalla sensibilità e dalla vulnerabilità del recapito dell'acqua. Ai sensi dell'art. 42 delle N.T.A. del P.T.A. regionale, le acque meteoriche di dilavamento delle strade pubbliche e private non sono assoggettate alla disciplina delle acque reflue industriali e pertanto non devono essere convogliate in dispositivi di accumulo con relativo trattamento, ad eccezione dei casi previsti nel medesimo articolato.

### **Caratteristiche del terreno**

Le caratteristiche del terreno possono restringere o precludere l'uso di particolari dispositivi di drenaggio.

In caso di terreni ad elevata capacità di accettazione delle piogge (coefficiente di filtrazione maggiore di  $10^{-3}$  m/s e frazione limosa inferiore al 5%), in presenza di falda freatica sufficientemente profonda e di regola in caso di piccole superfici impermeabilizzate, è possibile realizzare sistemi di infiltrazione ricorrendo all'invarianza idraulica per il solo 50% dell'aumento di portata.

I parametri assunti alla base del dimensionamento dovranno essere desunti da prove sperimentali.

Qualora si voglia aumentare la percentuale di portata attribuita all'infiltrazione, fino ad una incidenza massima del 75%, il progettista dovrà documentare, attraverso appositi elaborati progettuali e calcoli idraulici, la funzionalità del sistema a smaltire gli eccessi di portata prodotti dalle superfici impermeabilizzate rispetto alle condizioni antecedenti la trasformazione, almeno per un tempo di ritorno di 30 anni.

### **Caratteristiche qualitative e quantitative richieste**

E' importante individuare se il dispositivo da realizzare debba soddisfare solo a esigenze di tipo quantitativo ovvero debba svolgere anche una funzione di trattamento delle acque raccolte. In

quest'ultimo caso occorre necessariamente fare riferimento agli artt. 41 e 42 delle N.T.A. del P.T.A. regionale.

Relativamente all'aspetto del trattamento delle acque raccolte, risulta l'obbligo infatti, prima di rilasciarle nell'ambiente, di trattare tutte le acque di pioggia che possono essere state contaminate da inquinanti; in particolare si fa riferimento ad acque di dilavamento di piazzali o strade caratterizzati da presenza di olii o altre sostanze derivate da lavorazioni o da traffico.

Si dovrà pertanto ricorrere o a disoleatori appositamente predisposti o allo stoccaggio separato della prima parte inquinata della pioggia per poi inviarne il volume accumulato a depurazione mediante il sistema fognario nero. Sarà quindi indispensabile provvedere ad un nulla osta idraulico ed a uno per lo scarico in fognatura.

Nelle situazioni in cui, oltre ai fini del conseguimento degli obiettivi di qualità dei corpi idrici superficiali, si renda necessario adottare sia interventi di gestione delle acque di prima pioggia, sia azioni nei confronti dell'invarianza idraulica attraverso la realizzazione di vasche volano o laminazione, le stesse possono essere realizzate per soddisfare entrambe le esigenze qualitative e quantitative, nel rispetto dei parametri progettuali previsti per queste tipologie di manufatti.

Concorrono al calcolo dei volumi di laminazione oltre alle suddette opere tutti i manufatti scatolari di ripartizione/sollevamento, ripartitori d'ingresso, ecc.) strutturalmente idonei a garantire uno stoccaggio anche temporaneo delle acque meteoriche di deflusso superficiale ricomprese all'interno della trasformazione che determina impermeabilizzazione.

Per quanto attiene agli aspetti quantitativi relativi all'invarianza, i dispositivi illustrati sono di diversa efficacia. I grandi volumi d'acqua infatti sono gestibili soprattutto con stagni ed invasi di grandi dimensioni, i dispositivi più semplici trovano applicazione per gli interventi meno importanti da un punto di vista dimensionale.

In linea generale per la realizzazione di misure compensative i volumi necessari possono essere ricavati secondo le seguenti principali modalità:

- a) realizzazione di parte o di tutte le superfici impermeabilizzate utilizzando materiali in grado di far infiltrare parte della precipitazione (e.g. grigliati erbosi);
- b) sovradimensionamento del collettori di raccolta delle acque bianche;
- c) disposizione di vasche interrate per la laminazione delle portate;
- d) predisponendo o ampliando fossati di scolo;
- e) maggiorando scoline e drenaggi nel caso di superfici stradali impermeabili;
- f) individuando aree verdi temporaneamente esondabili, da adibirsi a superfici di invaso;
- g) creando volumi riempiti con materiale granulare poroso nelle parti concave delle aree a verde.

Misure complementari sono quelle volte ad aumentare l'infiltrazione nel terreno e possono essere realizzate per mezzo di:

- a) bacini di infiltrazione. Raccolgono i deflussi dalle zone circostanti e ne consentono l'infiltrazione in tempi successivi;
- b) canali filtranti. Sono costituiti da trincee in grado di far filtrare nel terreno parte della portata;
- c) pavimentazioni filtranti. Costituite da superfici alveolari di materiale lapideo o sintetico.

## Caratteristiche estetiche ed ecologiche

L'adozione dei dispositivi deve tener conto anche della necessita di accrescere i valori estetici ed ecologici di un'area urbana.

La futura manutenzione e gestione di un sito può influenzare la scelta delle tipologie di dispositivo. Per esempio in un luogo dove sia previsto del personale per la sfalcatura dell'erba o per altre attività paesaggistiche che si prenderanno cura del luogo regolarmente, potrà essere appropriato l'utilizzo dei vassoi. In altri siti, si possono prevedere interventi meno regolari, ma comunque si deve prevedere la manutenzione di bacini e zone umide. La manutenzione a lungo termine del sistema di drenaggio deve essere programmata già nei primi passi nel processo di progettazione.

		PROCESSO				GESTIONE			DESTINAZIONE D'USO						SPAZIO DISPONIBILE		TIPO DI TERRENO		RISCHIO IDRAULICO		INQUINAMENTO								
Codice	DISPOSITIVO	Infiltrazione	Detenzione/Attenuazione	Trasporto	Riutilizzo	Controllo locale	Controllo plurimodo	Controllo territoriale	Residenziale a bassa densità	Residenziale ad alta densità	Strade	commerciale	Industriale	di Riqualifica	Contaminata	Basso	Alto	Impermeabile	Permeabile	Riduzione picchi di deflusso	Riduzione del volume	Riduzione corpi sospesi	Riduzione nutrienti	Riduzione metalli pesanti	VALORE ESTETICO	VALORE ECOLOGICO	COSTI	MANUTENZIONE	
D1	Tetti verdi	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	MEDIO	MEDIO	ALTO	BASSO	MEDIO	BUONO	BUONO	ALTO	ALTO	
D2	Cisterne di raccolta	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	ALTO	ALTO	ALTO	BASSO	MEDIO	BASSO	ALTO	ALTO	ALTO	
D3	Cisterne domestiche	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	BASSO	BASSO	BASSO	BASSO	BASSO	BASSO	BASSO	BASSO	BASSO	
D4	Superfici permeabili	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	BUONO	BUONO	ALTO	ALTO	ALTO	BASSO	MEDIO	MEDIO	MEDIO	
D5	Sistemi di bioritenzione	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	MEDIO	MEDIO	ALTO	BASSO	ALTO	MEDIO	MEDIO	MEDIO	ALTO	
D6	Fasce di infiltrazione	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	BASSO	BASSO	MEDIO	BASSO	MEDIO	MEDIO	MEDIO	MEDIO	MEDIO	
D7	Gallerie di infiltrazione	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	MEDIO	ALTO	ALTO	MEDIO	ALTO	LACCO	BASSO	BASSO	MEDIO	
D8	Cisterne Sotteranee	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	BUONO	BUONO	MEDIO	BASSO	MEDIO	BASSO	MEDIO	BUONO	BASSO	
D9	Sistemi modulari geocellulari	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	BUONO	BUONO	BASSO	ALTO	BASSO	BASSO	BASSO	BASSO	BASSO	
D10	Bacini di infiltrazione	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	MEDIO	BUONO	ALTO	MEDIO	ALTO	BUONO	BASSO	BASSO	MEDIO	
D11	Vassoi	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	MEDIO	MEDIO	ALTO	BASSO	MEDIO	MEDIO	MEDIO	MEDIO	BASSO	
D12	Bacini di detenzione	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	BUONO	BASSO	MEDIO	BASSO	MEDIO	MEDIO	BASSO	BASSO	BASSO	
D13	Zone umide	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	BUONO	BUONO	ALTO	MEDIO	ALTO	BUONO	ALTO	ALTO	ALTO	
D14	Stagni	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	BUONO	BASSO	ALTO	MEDIO	ALTO	BUONO	MEDIO	MEDIO	MEDIO	

Figura 5.8 – Elenco di dispositivi idraulici

La Tabella 5.8, tratta dalle Linee Guida della Regione Marche ("B" – Sviluppo della verifica per l'invarianza idraulica), contiene indicazioni per un primo orientamento nella scelta dei dispositivi idraulici in base alle caratteristiche specifiche dei siti urbani e a seconda delle prestazioni quantitative e qualitative e dei valori estetici ed ecologici richiesti. Nell'Allegato I9, sono riportate le schede monografiche relative ai dispositivi sopra elencati.

### 5.6. INDICAZIONI SPECIFICHE PER L'AREA DI SANTA MARIA DEL PIANO

La D.G.R. n° 53/2014 stabilisce infine che, **in sede di redazione/variazione degli strumenti di pianificazione territoriale, vanno considerate le misure relative all'invarianza idraulica, ancorché la loro definizione ed attuazione possa essere rimandata a fasi successive.**

In pratica, lo schema di valutazione dell'invarianza idraulica, insieme agli interventi utili a garantire la stessa, dovrà essere definito in sede di Strumenti Urbanistici Attuativi, nei casi in cui questi siano



previsti. La progettazione esecutiva di questi interventi potrà invece avvenire nell'ambito delle opere di urbanizzazione, per gli interventi su aree pubbliche, e in sede di permesso di costruire per quelli su aree private.

Tenendo conto dei contenuti delle Linee Guida B sopra riportati, in questa fase ci si limita pertanto a valutare in via preliminare, e comunque in modo prettamente qualitativo, le soluzioni che meglio si prestano ad essere applicate nelle situazioni specifiche.

Al riguardo, si ritiene che nell'area interessata dalla presente proposta urbanistica, i volumi necessari a garantire il principio di invarianza idraulica possano essere ricavati ricorrendo alle seguenti soluzioni:

- a) realizzazione di parte o di tutte le superfici impermeabilizzate utilizzando materiali in grado di far infiltrare parte della precipitazione;
- b) sovradimensionamento dei collettori di raccolta delle acque bianche;
- c) disposizione di vasche interrato per la laminazione delle portate;
- d) predisponendo o ampliando fossati di scolo;
- e) maggiorando scoline e drenaggi nel caso di superfici stradali impermeabili;
- f) individuando aree verdi temporaneamente esondabili, da adibirsi a superfici di invaso;
- g) creando volumi riempiti con materiale granulare poroso nelle parti concave delle aree a verde.

Nella situazione specifica, le locali condizioni litostratigrafiche, caratterizzate dalla presenza di un materasso alluvionale con forte incidenza dei sedimenti ghiaiosi, soprattutto nella parte medio-basale del deposito, rendono facilmente praticabili tutte le soluzioni che in qualche modo tendono a favorire l'infiltrazione di acqua nel terreno.

L'ubicazione e la configurazione dei dispositivi di invarianza dovrà infine tener conto non solo di parametri di tipo topografico ma anche dall'andamento e dalla posizione altimetrica della falda freatica.

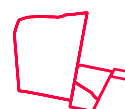
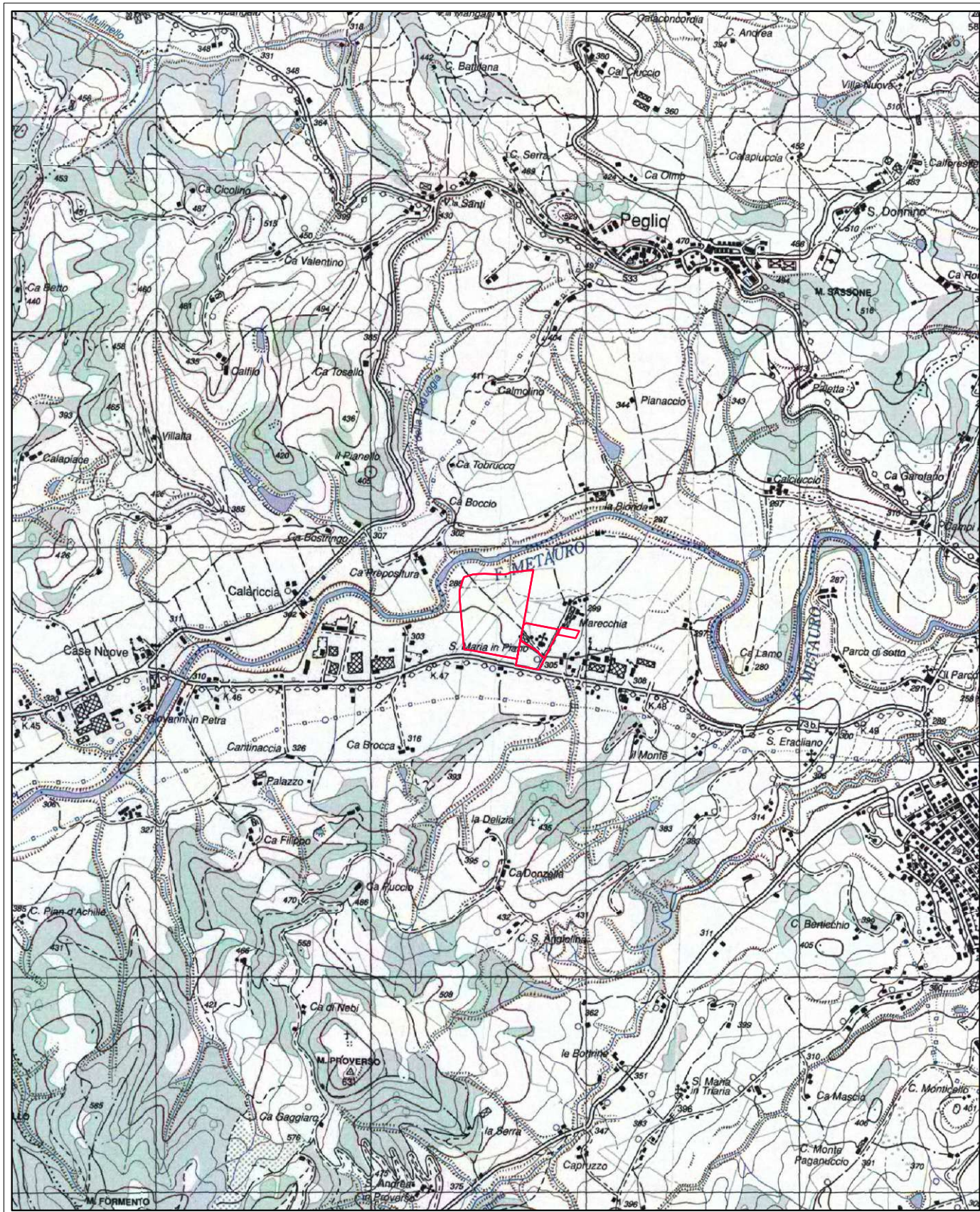


# CARTA TOPOGRAFICA D'ITALIA

scala 1:25000

Foglio 279 - Urbino

Sezione III - Sant'Angelo in Vado



AREA IN STUDIO

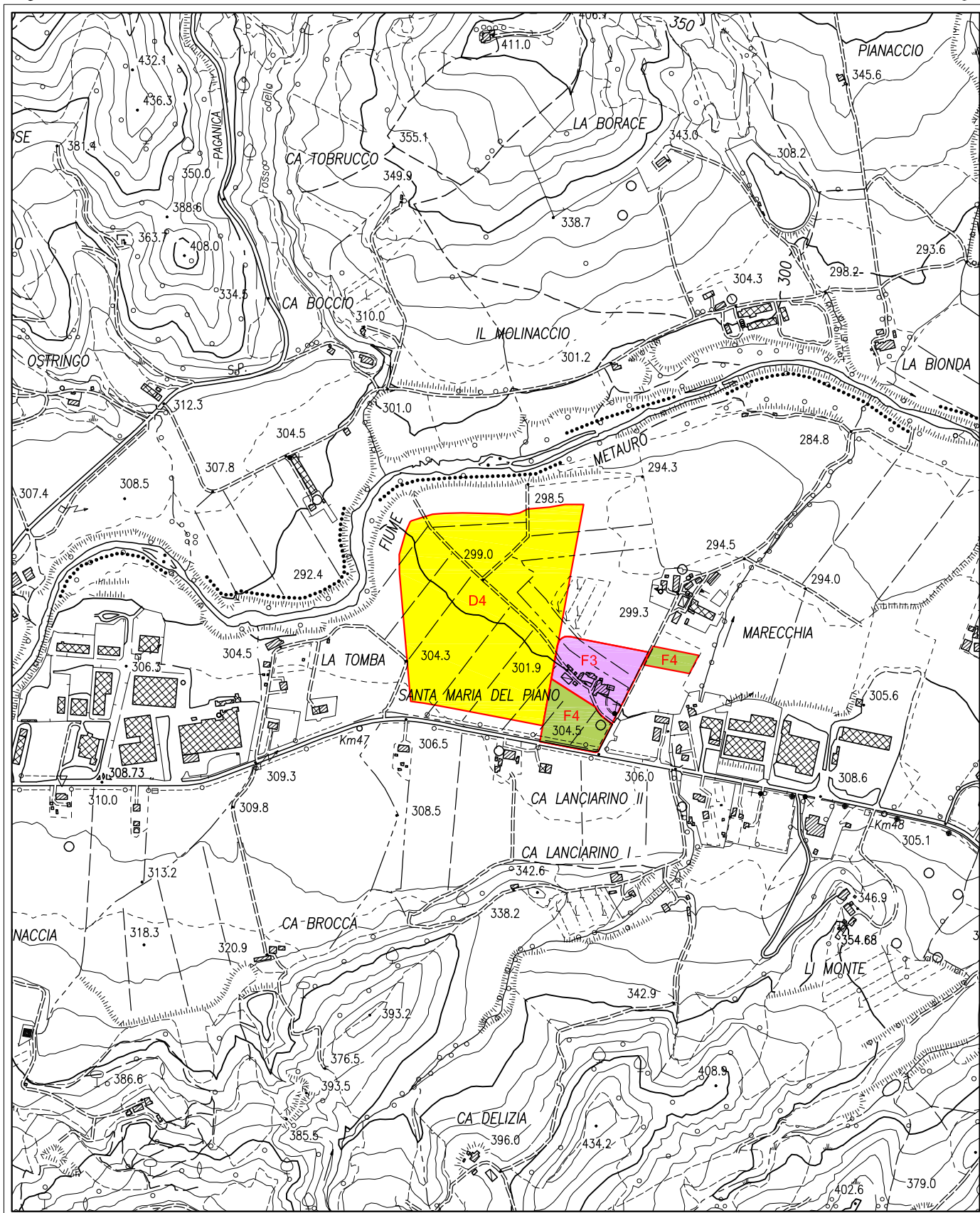


# CARTA TECNICA NUMERICA REGIONE MARCHE

scala 1:10000

Foglio 279 - Urbino

Sezione 279100 - Peglio



ZONA D4



ZONA F3



ZONA F4

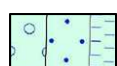
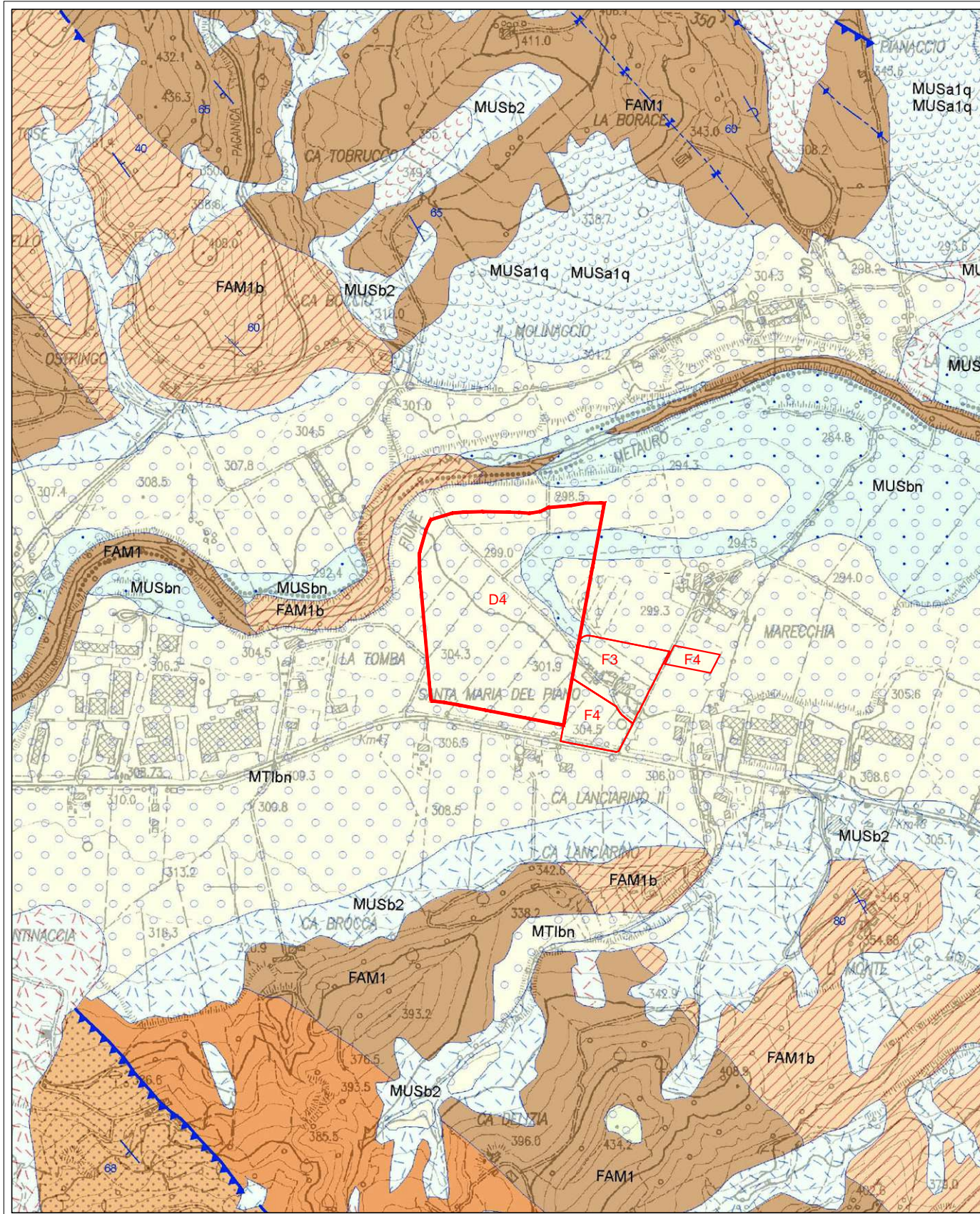


# CARTA GEOLOGICA REGIONE MARCHE

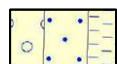
scala 1:10000

Foglio 279 - Urbino

Sezione 279100 - Peglio



MUSbn: DEPOSITI ALLUVIONALI TERRAZZATI



MTIbn: DEPOSITI ALLUVIONALI TERRAZZATI

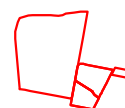
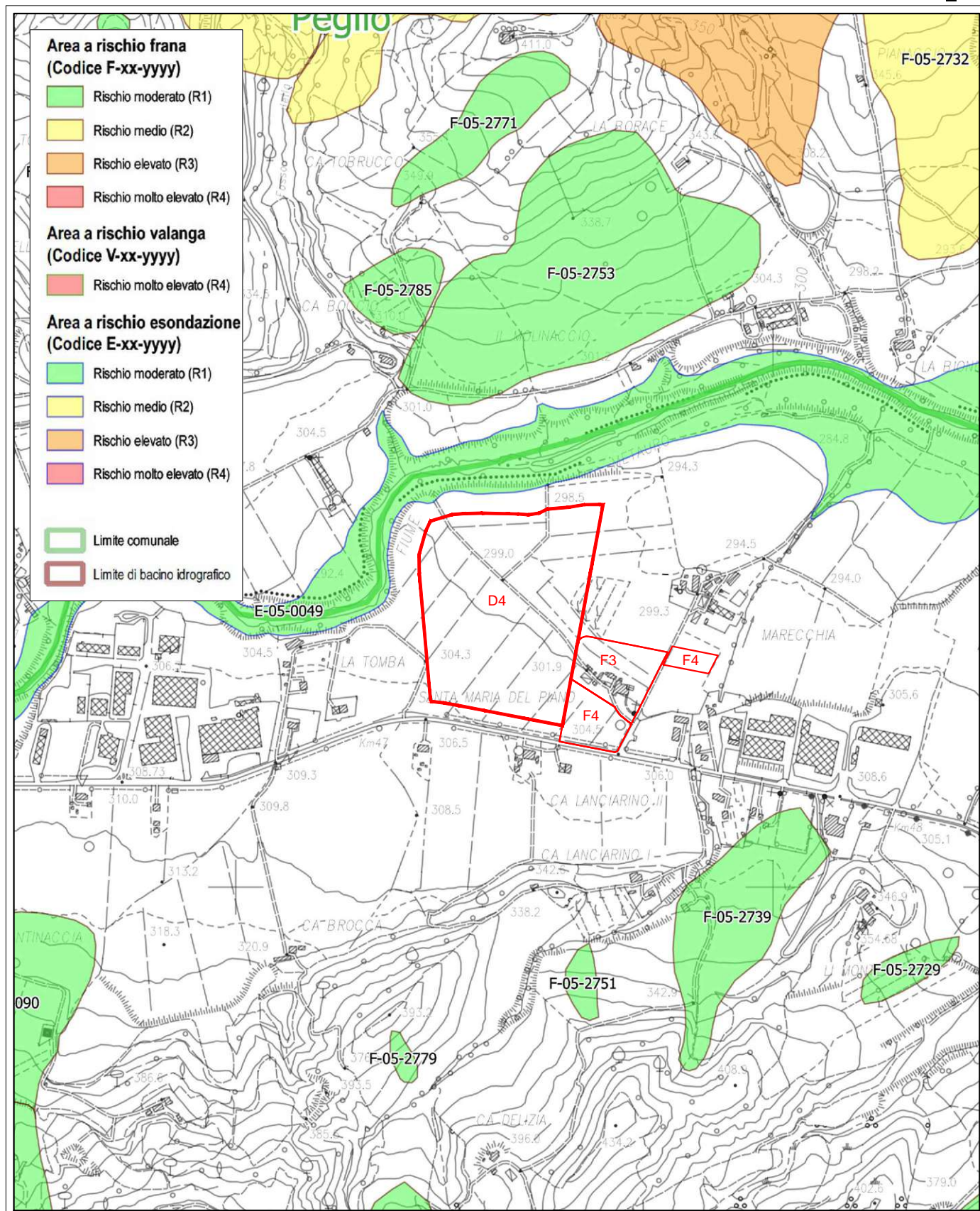


FAM1: FORMAZIONE MARNOSO ARENACEA MARCHIGIANA  
MEMBRO DI SANT'ANGELO IN VADO



FAM1b: FORM. MARNOSO ARENACEA MARCHIGIANA  
LITOFACIES DI URBANIA





## AREA D'INTERVENTO



Allegato I5  
PLANIMETRIA CATASTALE  
scala 1:2500

COMUNE DI PEGLIO

FIUME METAURO

Foglio 6

MARECCHIA

D4

Foglio 5

SANTA MARIA DEL PIANO

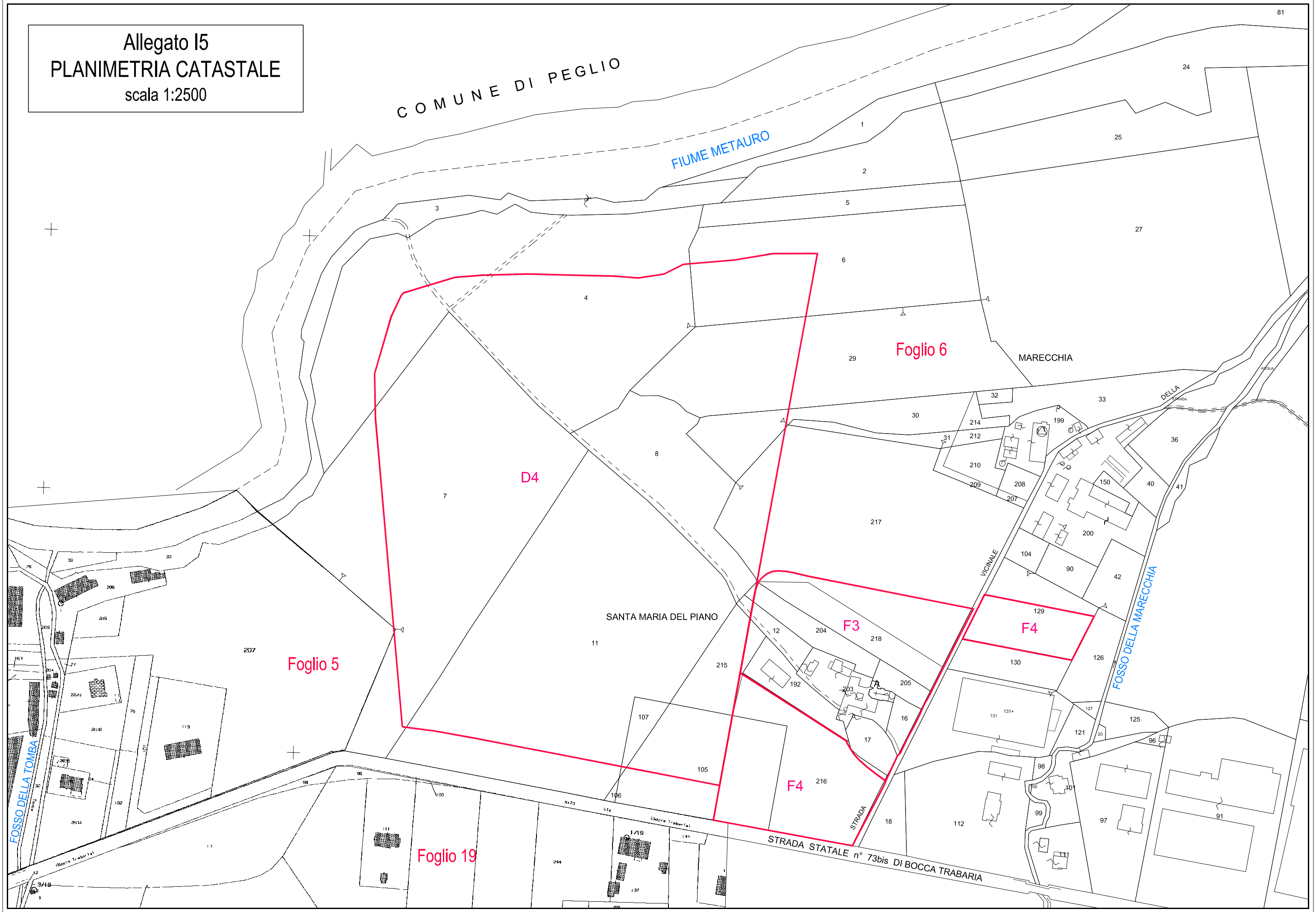
F3

F4

FOSSO DELLA MARECCHIA

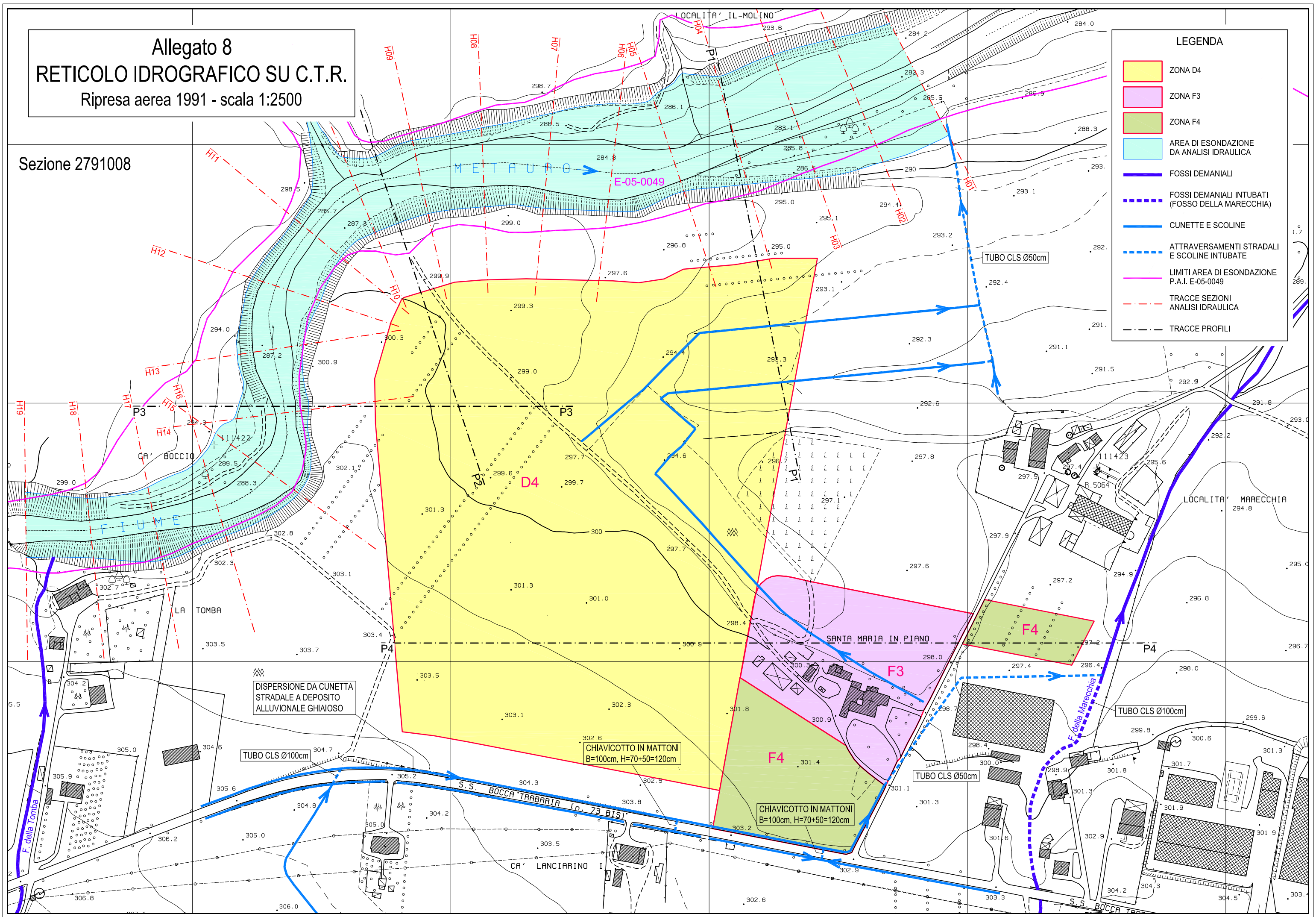
STRADA STATALE n° 73bis DI BOCCA TRABARIA

Foglio 19



Allegato 8  
RETICOLO IDROGRAFICO SU C.T.R.  
Ripresa aerea 1991 - scala 1:2500

Sezione 2791008



LEGENDA

- ZONA D4
- ZONA F3
- ZONA F4
- AREA DI ESONDAZIONE DA ANALISI IDRAULICA
- FOSSI DEMANIALI
- FOSSI DEMANIALI INTUBATI (FOSSO DELLA MARENCHIA)
- CUNETTE E SCOLINE
- ATTRAVERSAMENTI STRADALI E SCOLINE INTUBATE
- LIMITI AREA DI ESONDAZIONE P.A.I. E-05-0049
- TRACCE SEZIONI ANALISI IDRAULICA
- TRACCE PROFILI

DISPERSIONE DA CUNETTA STRADALE A DEPOSITO ALLUVIONALE GHIAIOSO

CHIAVICOTTO IN MATTONI  
B=100cm, H=70+50=120cm

CHIAVICOTTO IN MATTONI  
B=100cm, H=70+50=120cm

TUBO CLS Ø100cm

TUBO CLS Ø50cm

TUBO CLS Ø100cm

S.S. BOCCA TRABARIA (n. 73 BIS)

SANTA MARIA IN PIANO

LOCALITA' MARENCHIA

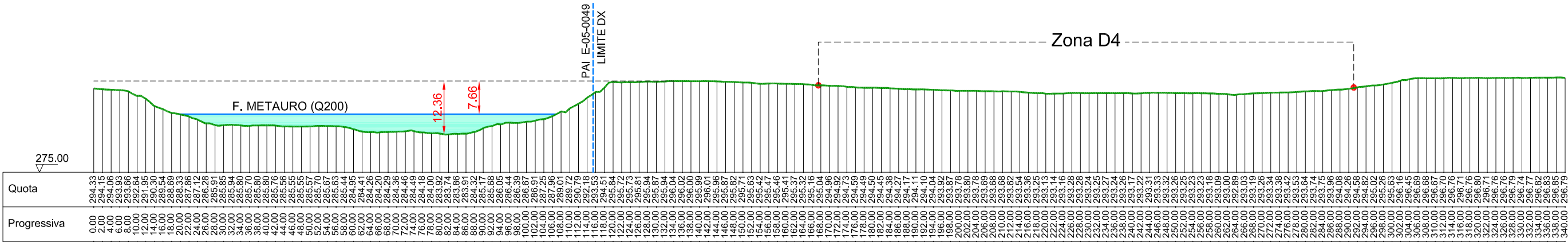
LOCALITA' IL-MOLINO

LA TOMBA

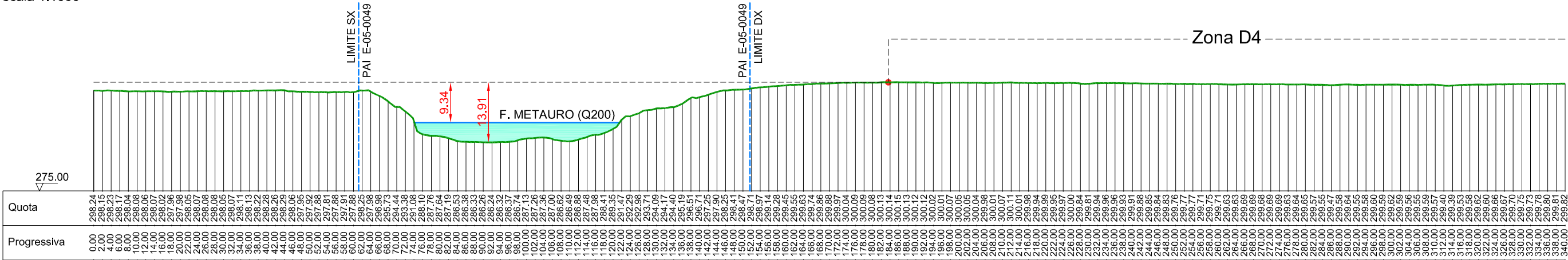
CA' BOCCIO

CA' LANCIARINO I

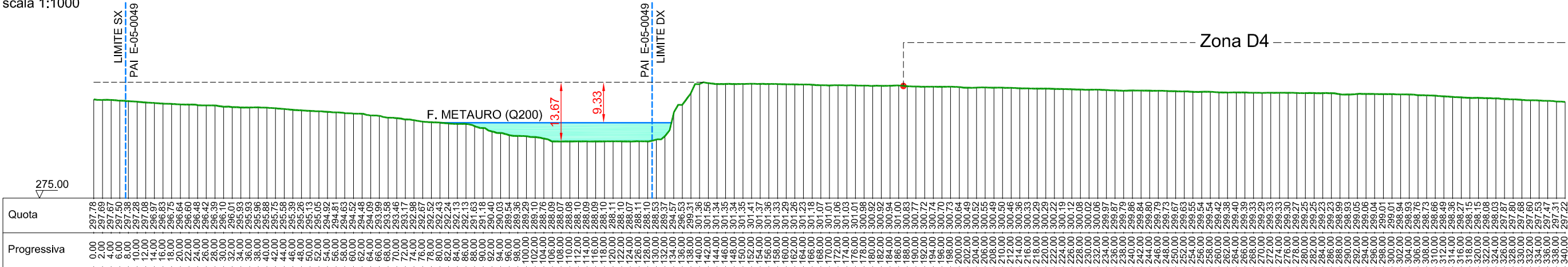
PROFILO P1  
scala 1:1000



PROFILO P2  
scala 1:1000

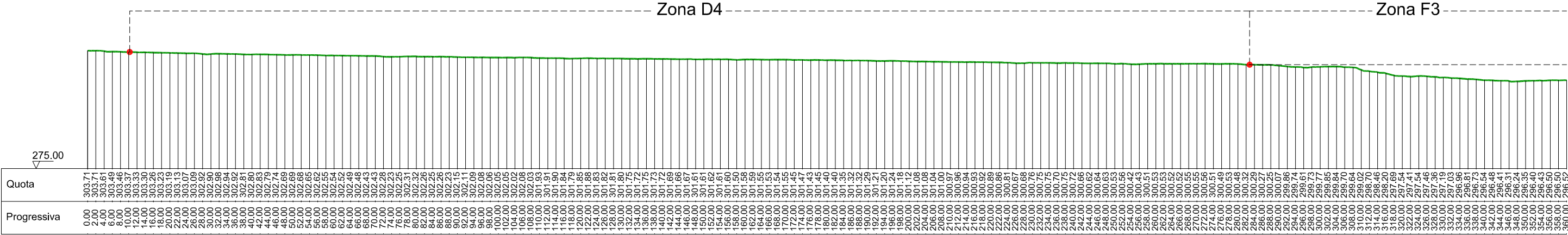


PROFILO P3  
scala 1:1000

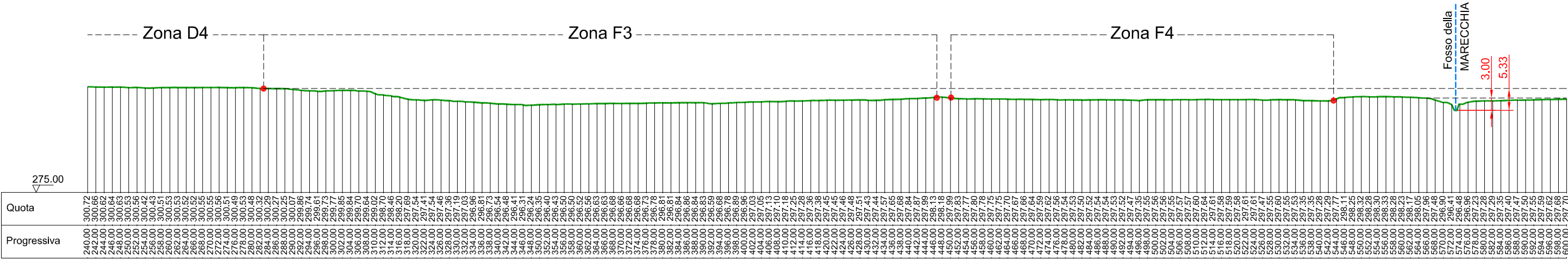




PROFILO P4 (da 0 a 360 m)  
scala 1:1000



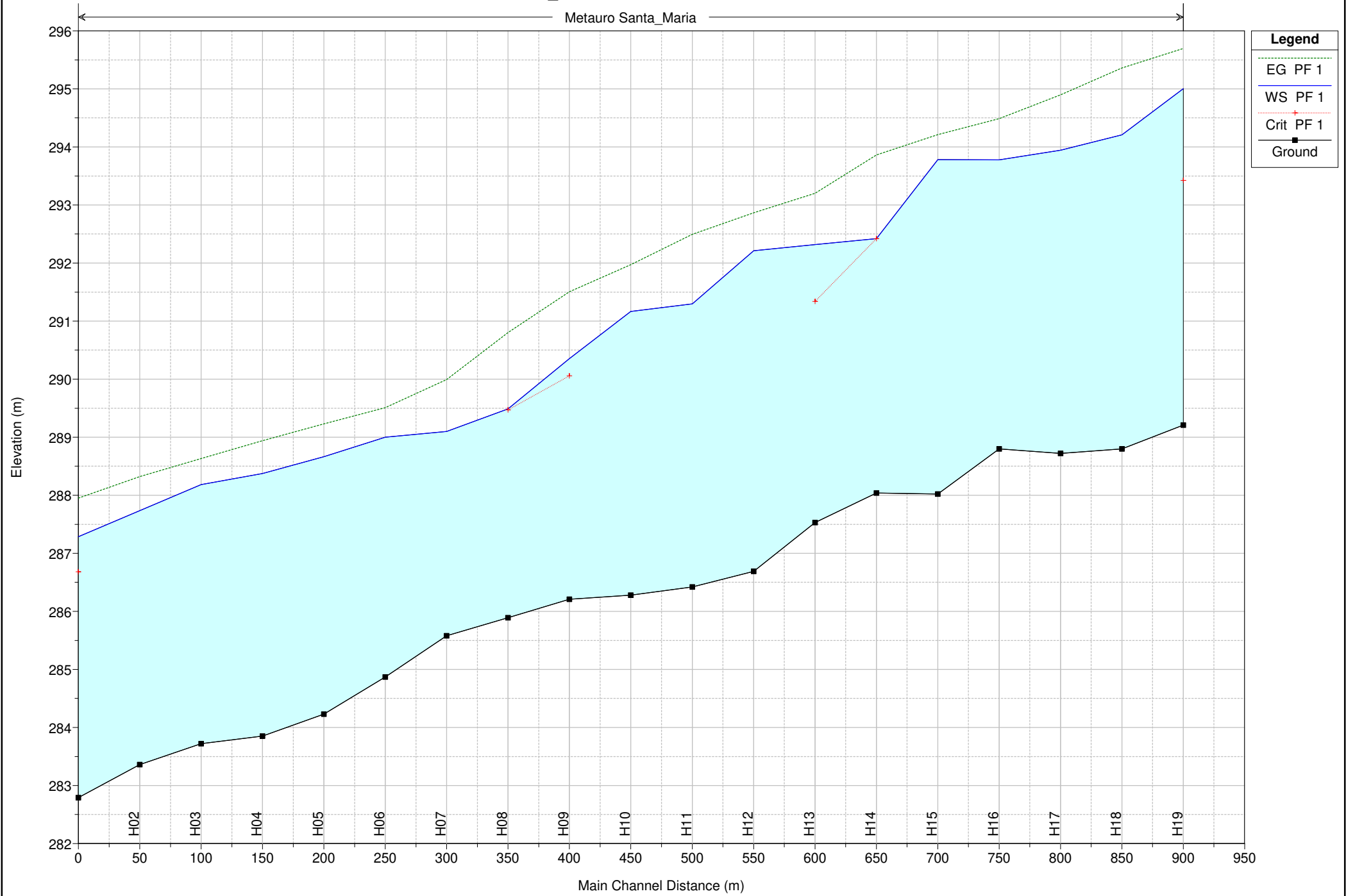
PROFILO P4 (da 240 a 600 m)  
scala 1:1000



**Allegato I8**

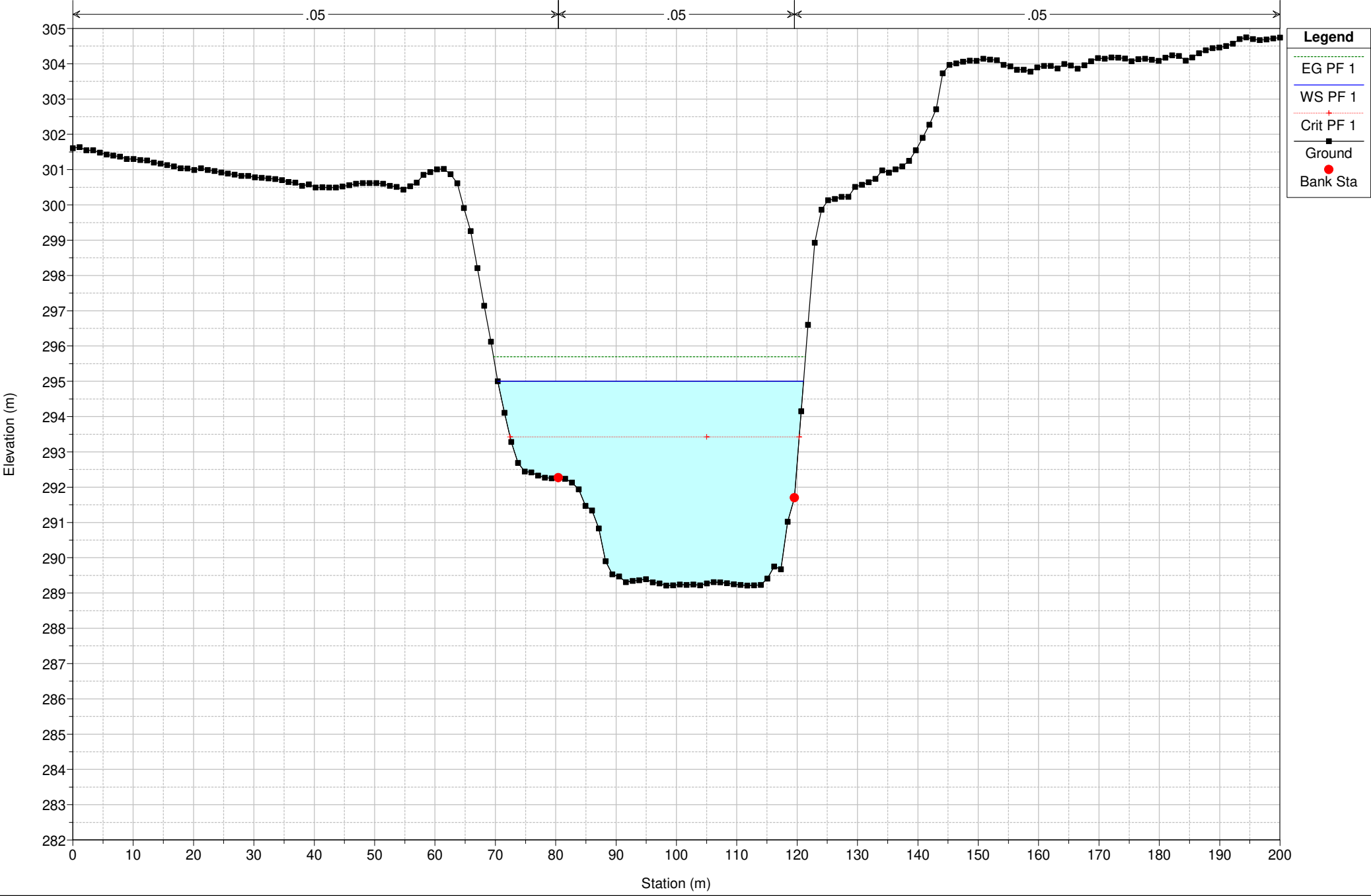
**FIUME METAURO - ANALISI IDRAULICA A MOTO PERMANENTE**





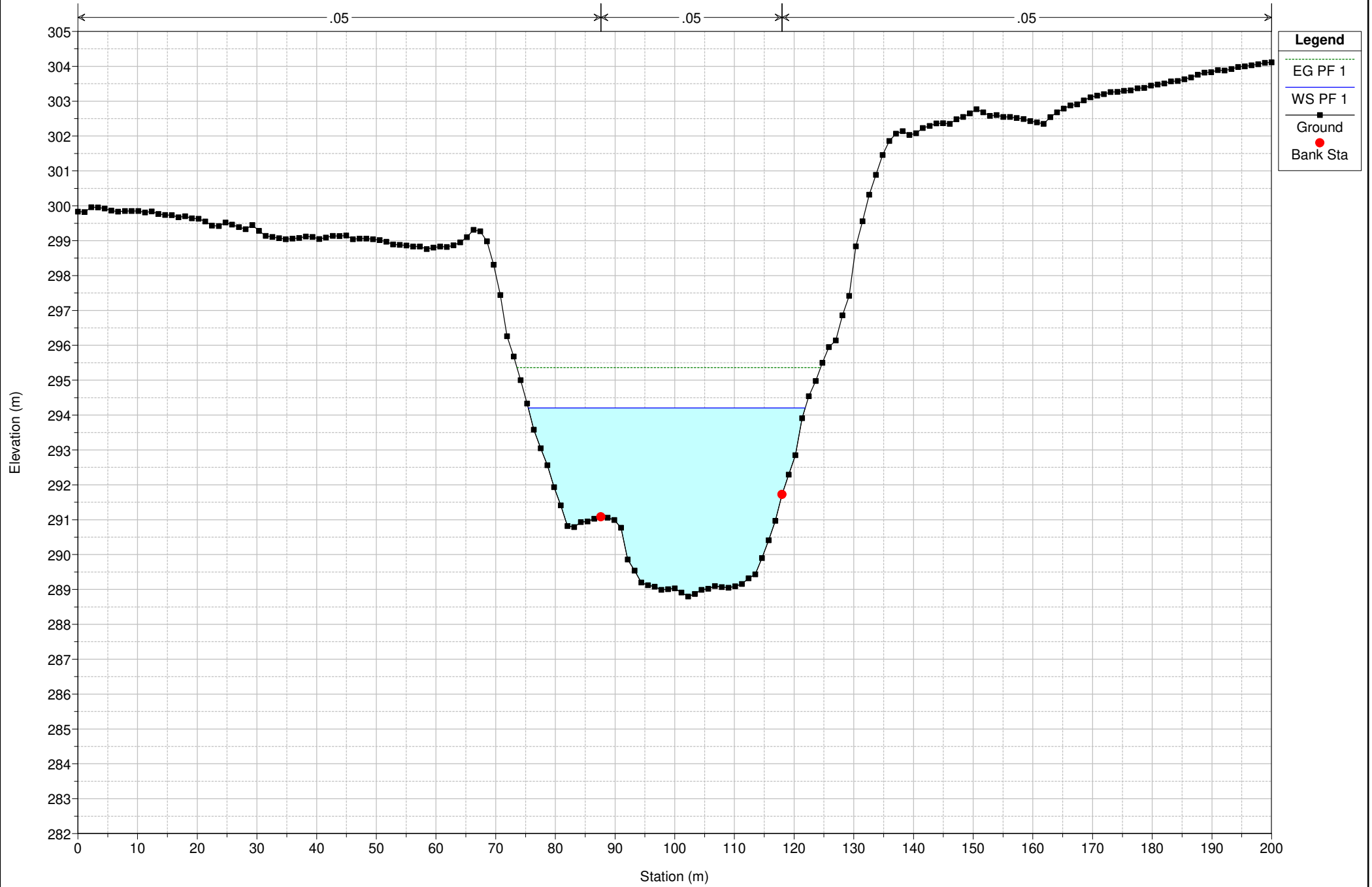
HEC-RAS Plan: Plan 01 River: Metauro Reach: Santa\_Maria Profile: PF 1

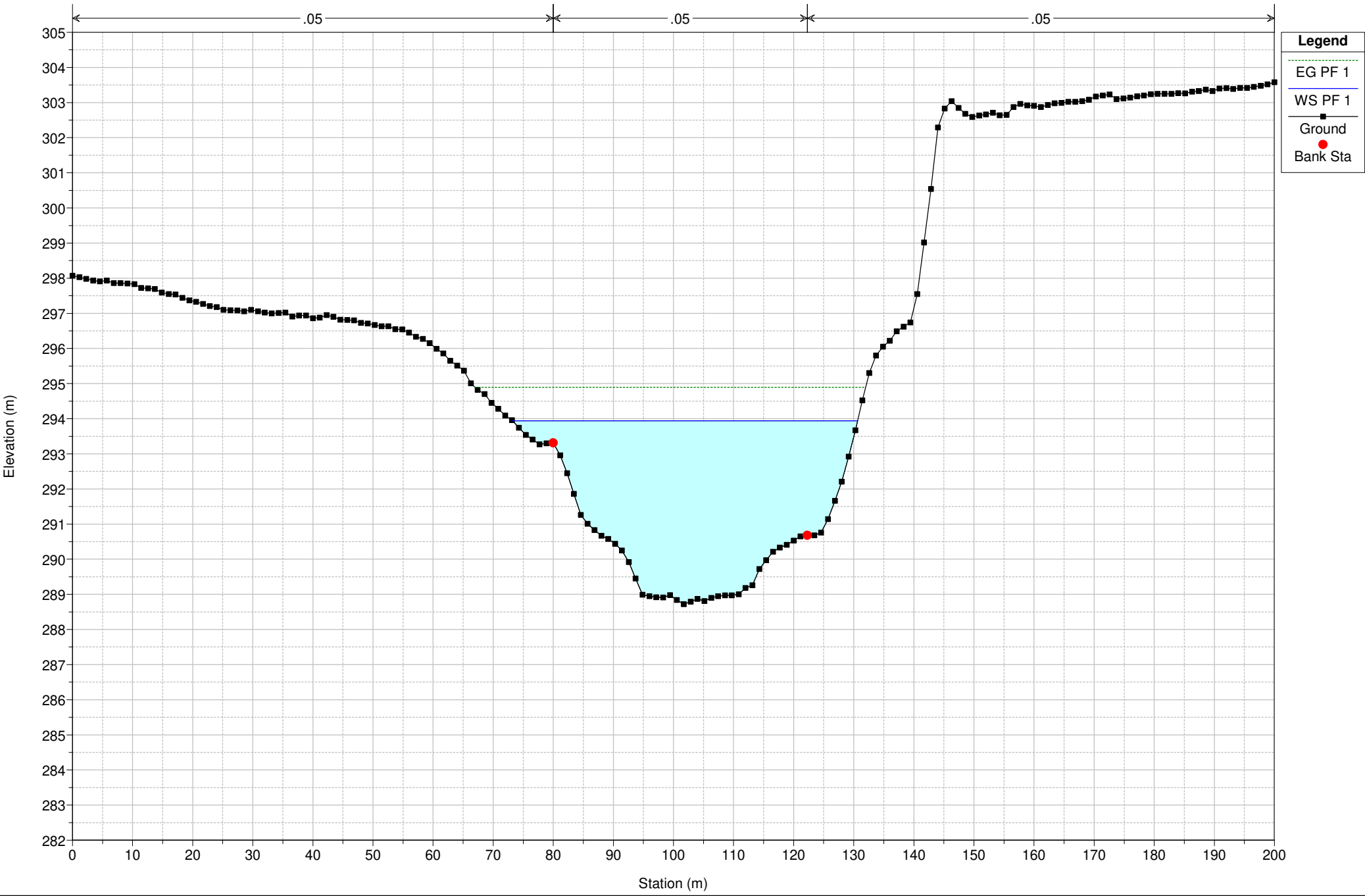
Reach	River Sta	Profile	Q Total (m3/s)	Min Ch El (m)	W.S. Elev (m)	Crit W.S. (m)	E.G. Elev (m)	E.G. Slope (m/m)	Vel Chnl (m/s)	Flow Area (m2)	Top Width (m)	Froude # Chl
Santa_Maria	19	PF 1	804.45	289.21	295.00	293.42	295.69	0.004215	3.77	225.23	50.67	0.53
Santa_Maria	18	PF 1	804.45	288.80	294.21		295.36	0.008310	4.96	176.09	46.41	0.74
Santa_Maria	17	PF 1	804.45	288.72	293.94		294.90	0.007892	4.42	191.14	57.43	0.70
Santa_Maria	16	PF 1	804.45	288.80	293.78		294.49	0.005803	3.74	219.42	64.52	0.60
Santa_Maria	15	PF 1	804.45	288.02	293.78		294.21	0.002702	3.10	296.43	79.20	0.43
Santa_Maria	14	PF 1	804.45	288.04	292.42	292.42	293.86	0.012259	5.58	163.95	58.94	0.88
Santa_Maria	13	PF 1	804.45	287.53	292.32	291.34	293.20	0.006606	4.25	198.51	51.14	0.66
Santa_Maria	12	PF 1	804.45	286.69	292.21		292.87	0.004406	3.67	231.04	55.56	0.54
Santa_Maria	11	PF 1	804.45	286.42	291.30		292.50	0.009872	4.91	169.55	46.16	0.79
Santa_Maria	10	PF 1	804.45	286.28	291.17		291.97	0.006827	4.20	210.83	62.72	0.66
Santa_Maria	9	PF 1	804.45	286.21	290.35	290.06	291.50	0.011194	4.95	175.64	58.00	0.83
Santa_Maria	8	PF 1	804.45	285.89	289.49	289.47	290.80	0.017162	5.13	160.14	61.19	0.98
Santa_Maria	7	PF 1	804.45	285.58	289.10		289.99	0.011112	4.29	195.79	73.93	0.80
Santa_Maria	6	PF 1	804.45	284.87	289.00		289.51	0.005258	3.28	258.93	83.42	0.56
Santa_Maria	5	PF 1	804.45	284.23	288.66		289.23	0.005651	3.56	245.77	76.73	0.58
Santa_Maria	4	PF 1	804.45	283.85	288.37		288.94	0.005968	3.50	249.78	86.80	0.60
Santa_Maria	3	PF 1	804.45	283.72	288.18		288.63	0.004971	3.19	280.56	101.04	0.55
Santa_Maria	2	PF 1	804.45	283.36	287.73		288.32	0.007386	3.60	249.28	102.43	0.65
Santa_Maria	1	PF 1	804.45	282.79	287.29	286.68	287.95	0.007129	3.73	237.07	97.71	0.65



Santa\_Maria Plan: Plan 01 18/03/2024

RS = 18 H18

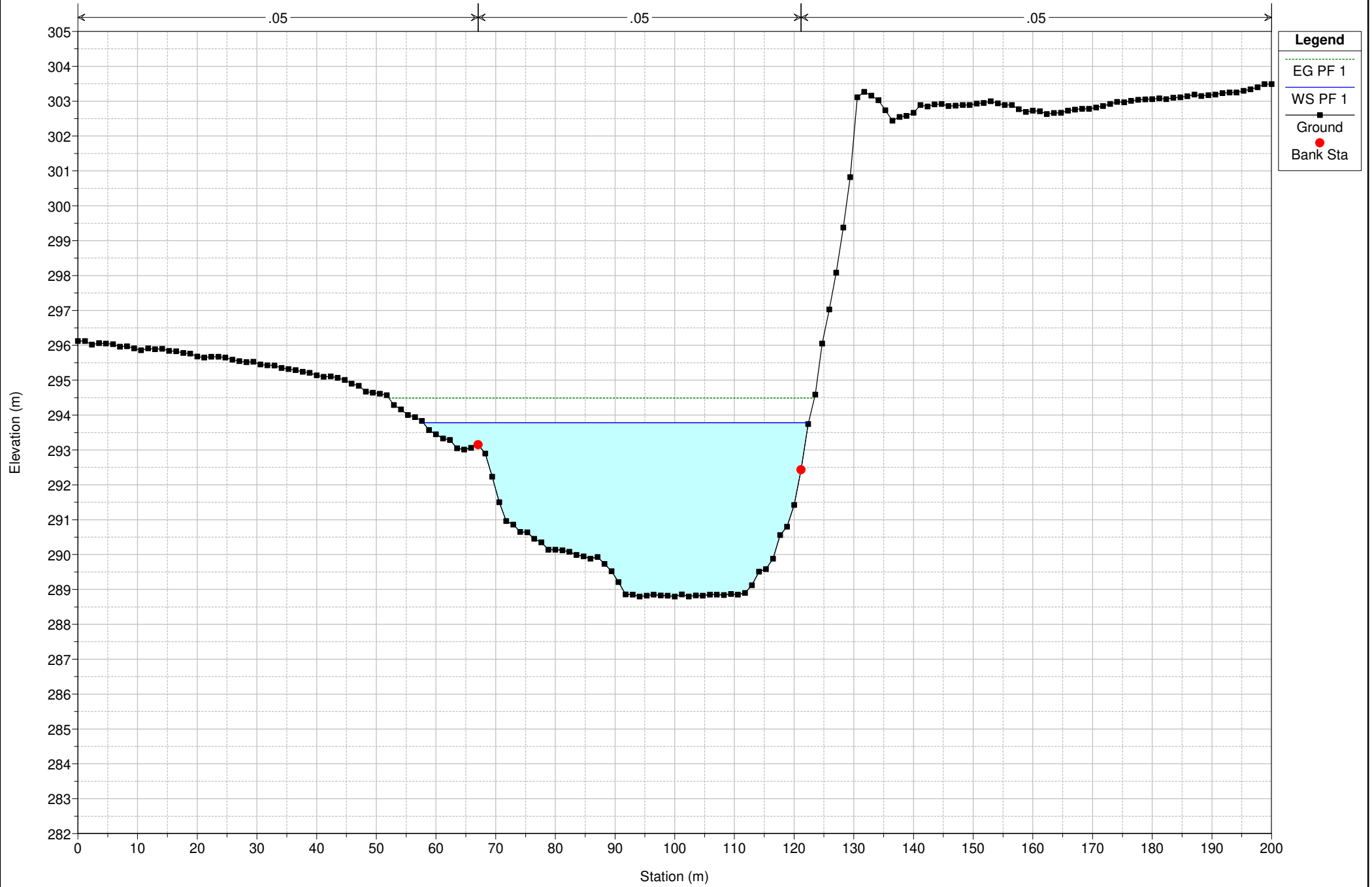






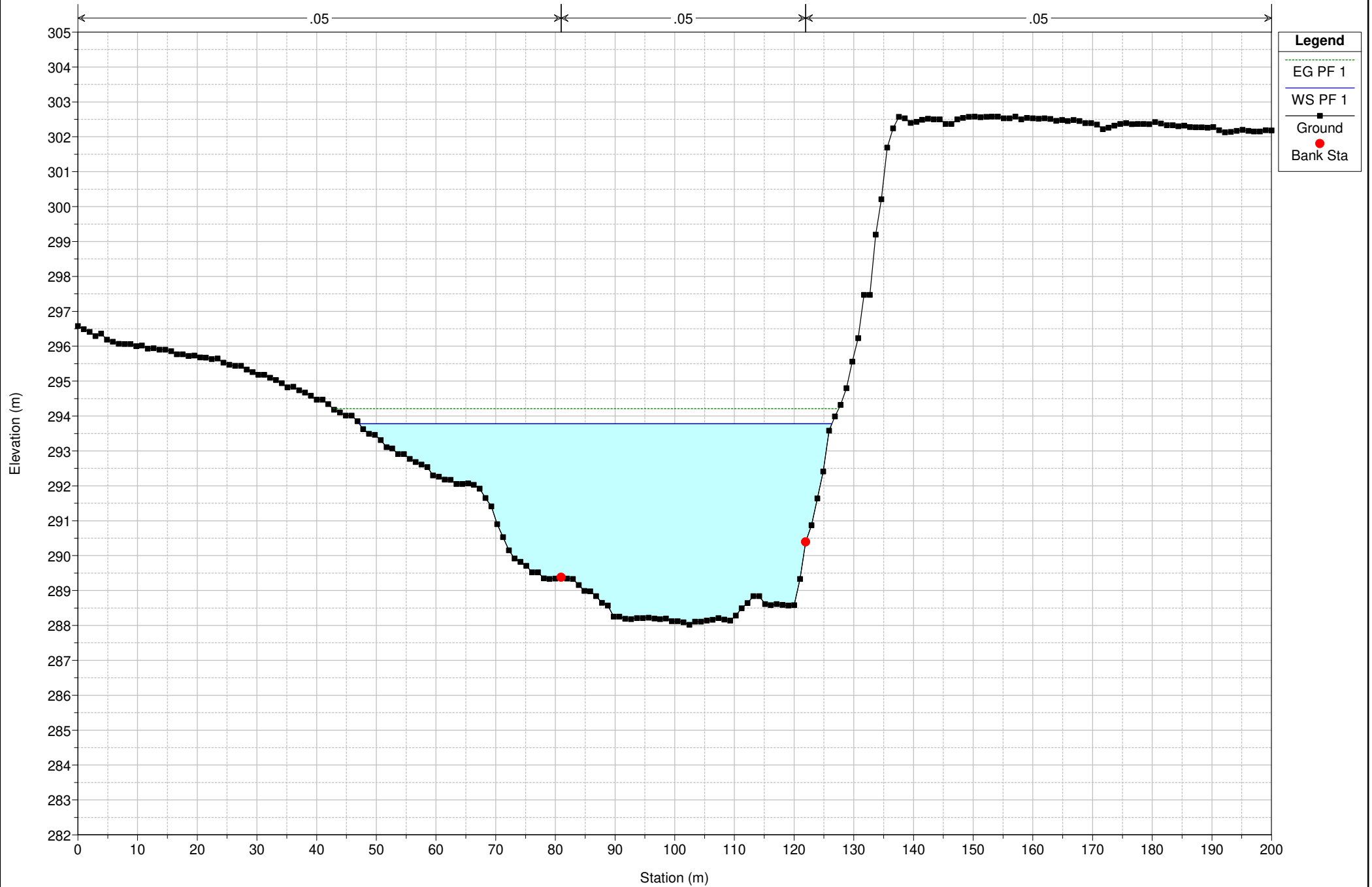
Santa\_Maria Plan: Plan 01 18/03/2024

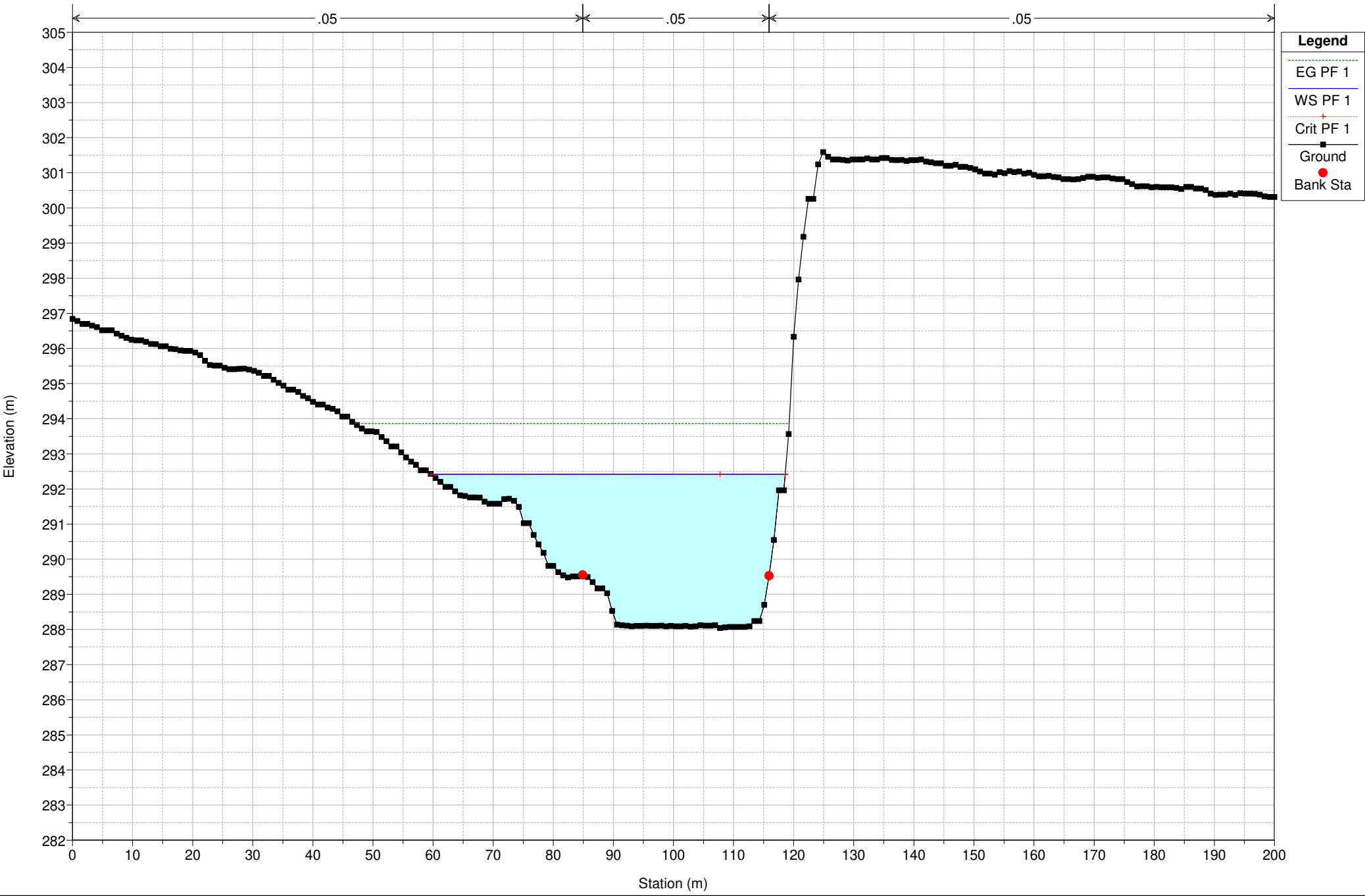
RS = 16 H16



Santa\_Maria Plan: Plan 01 18/03/2024

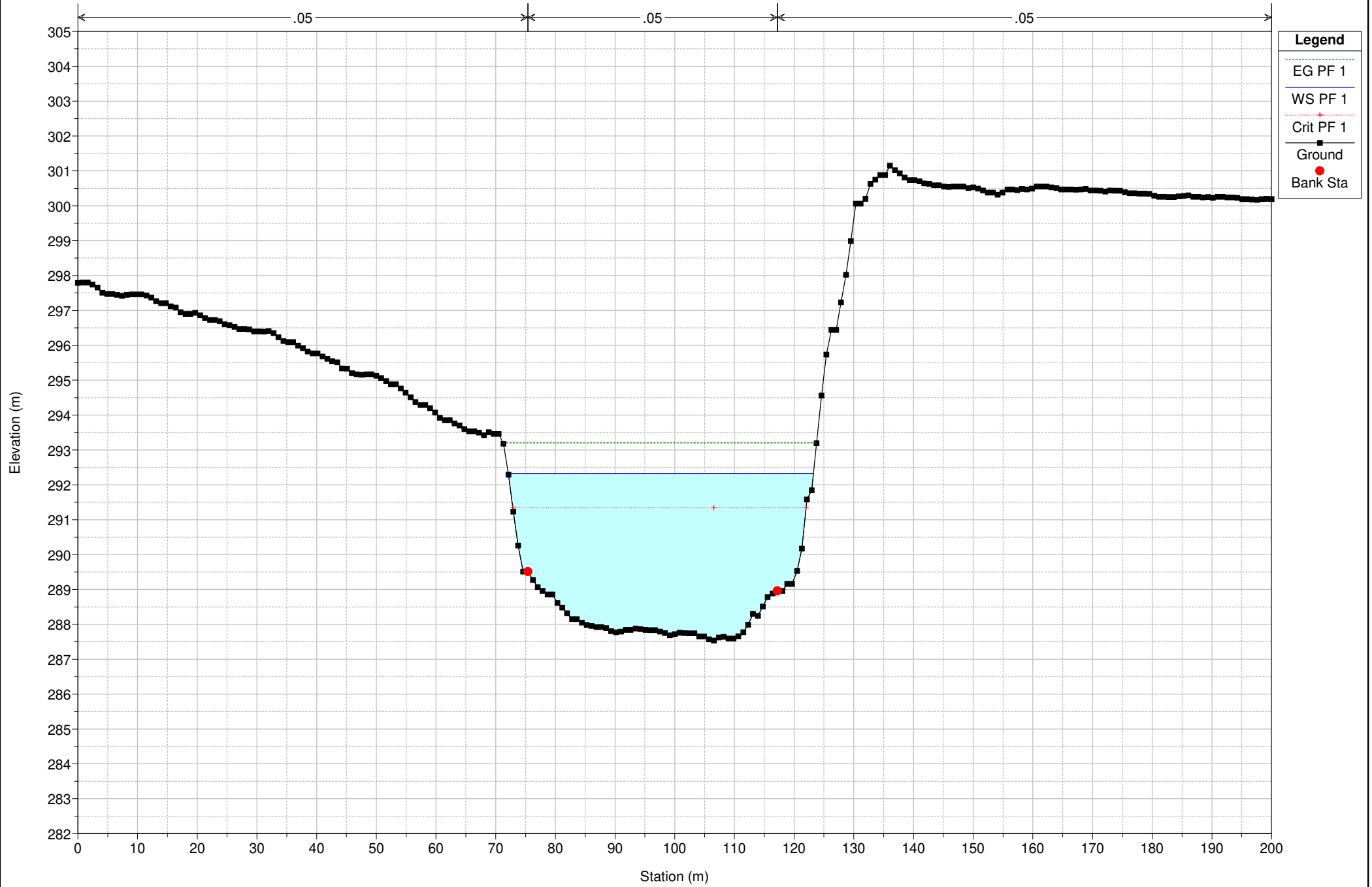
RS = 15 H15





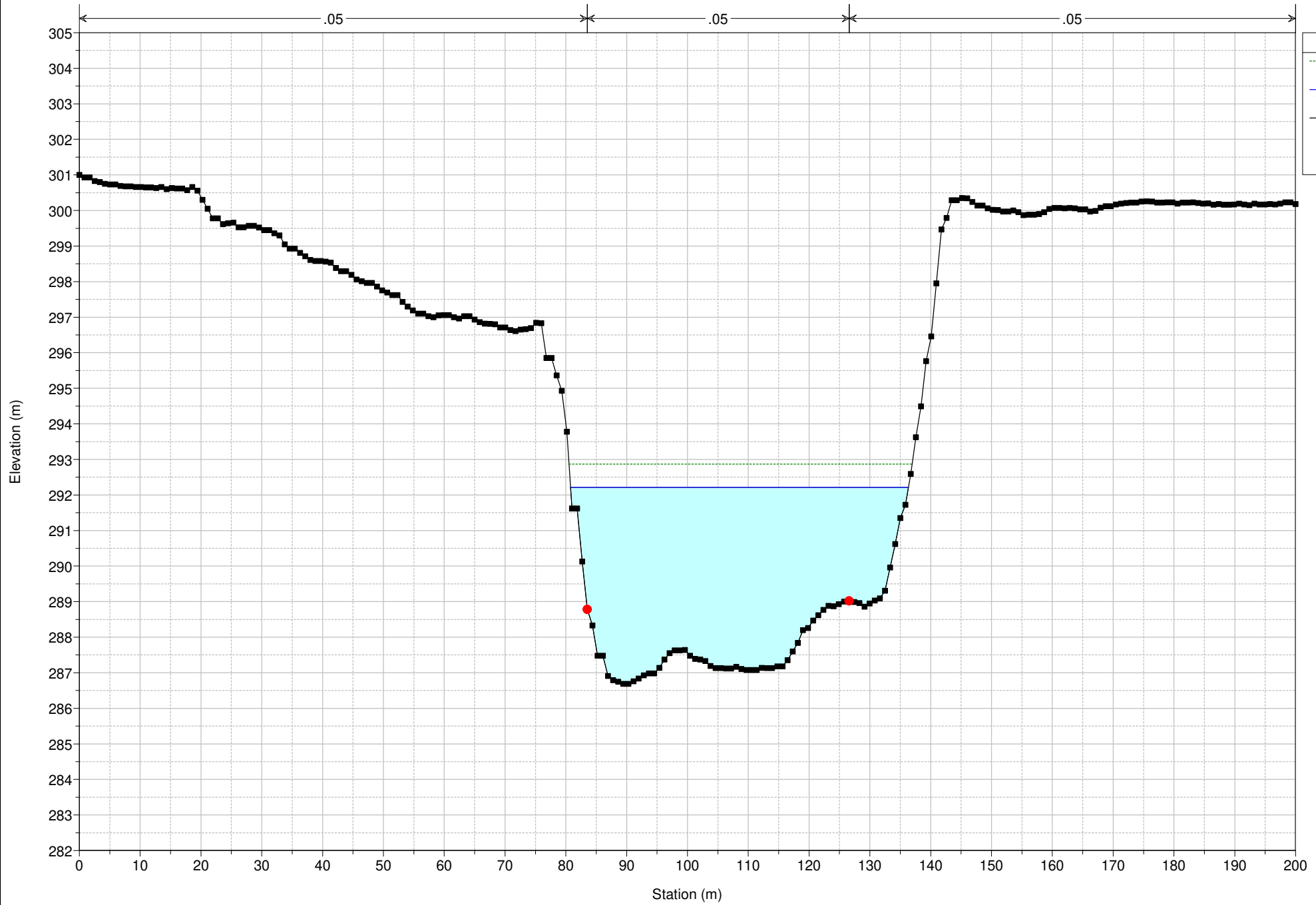
Santa\_Maria Plan: Plan 01 18/03/2024

RS = 13 H13



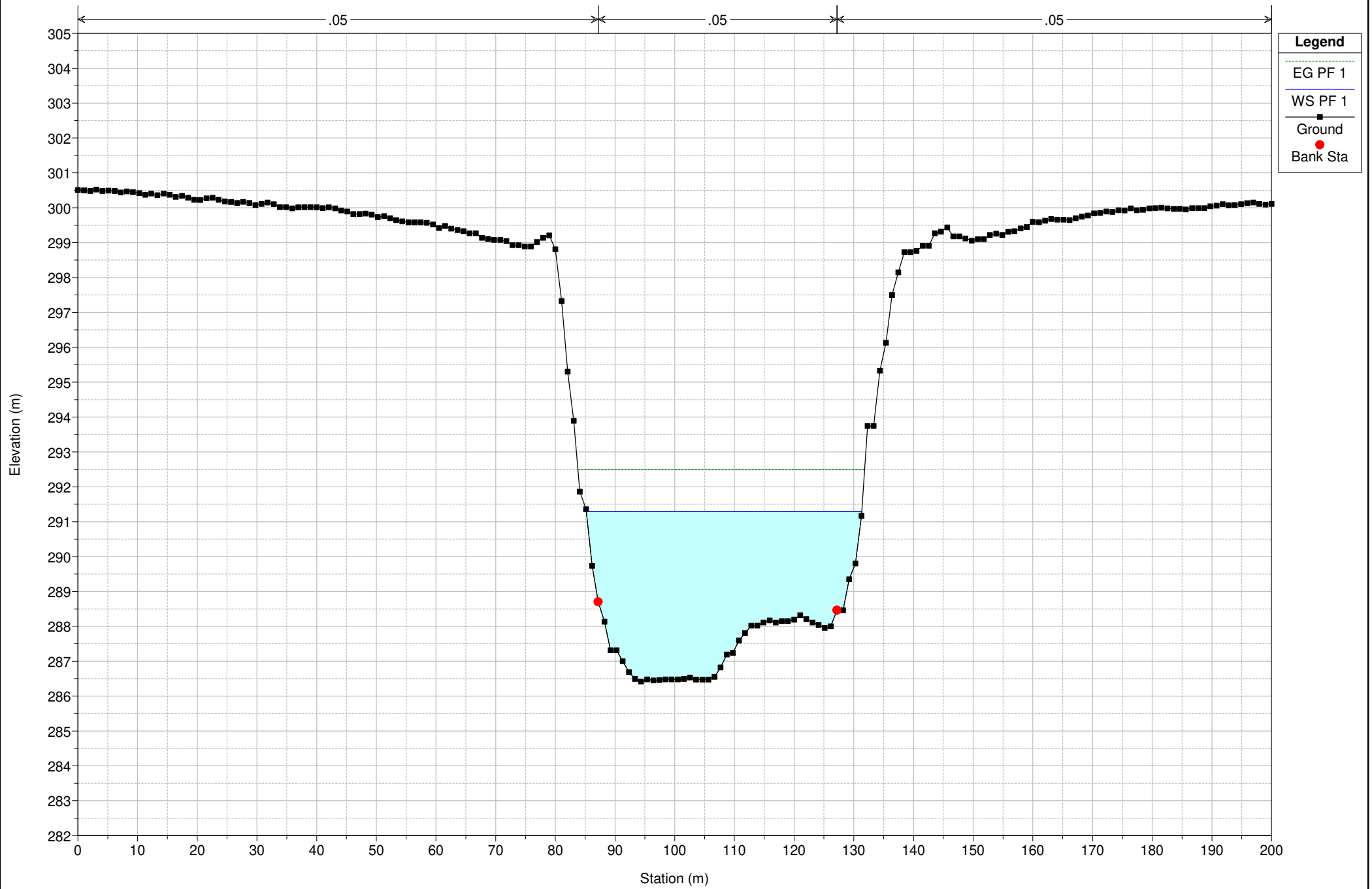
Santa\_Maria Plan: Plan 01 18/03/2024

RS = 12 H12



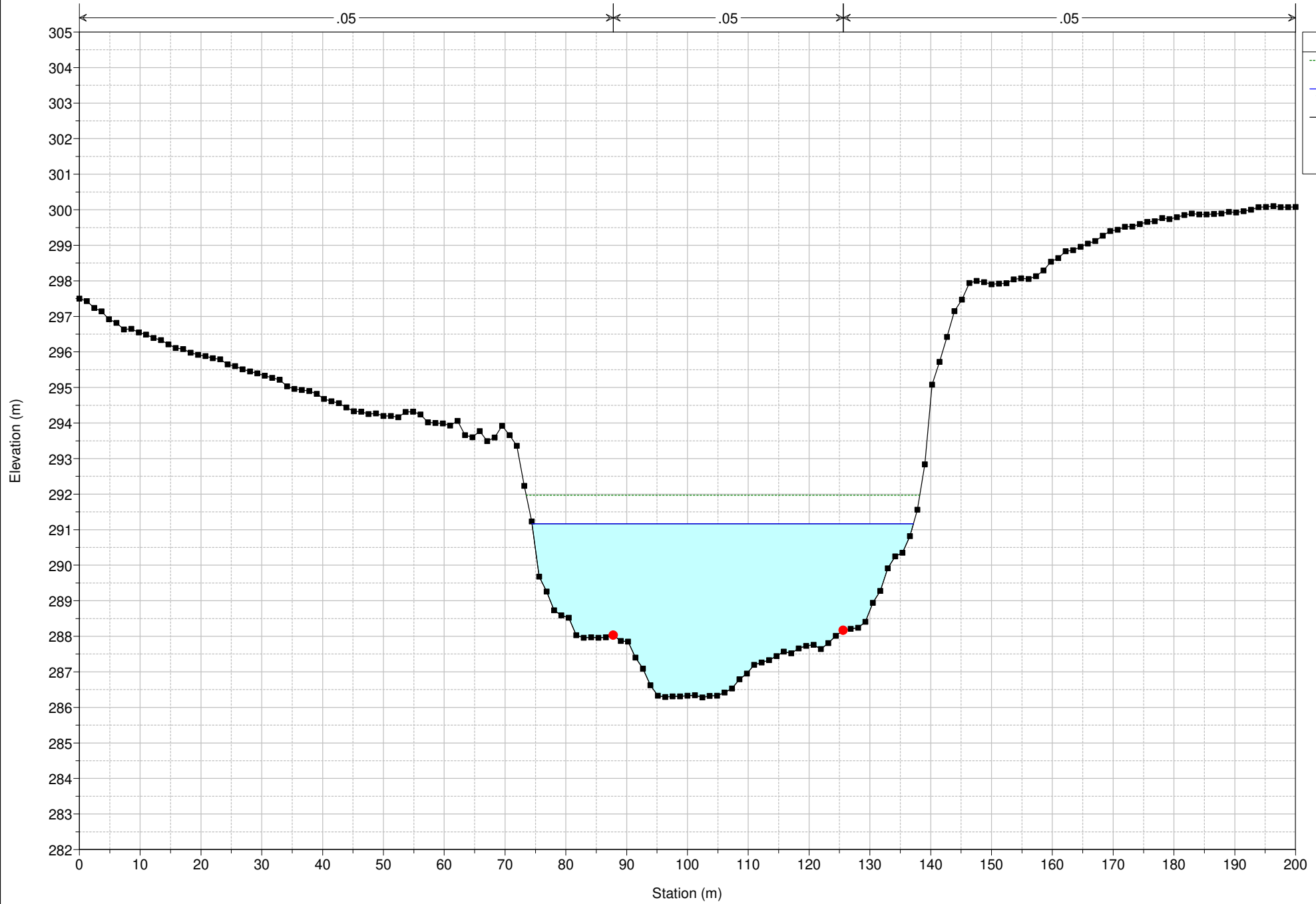


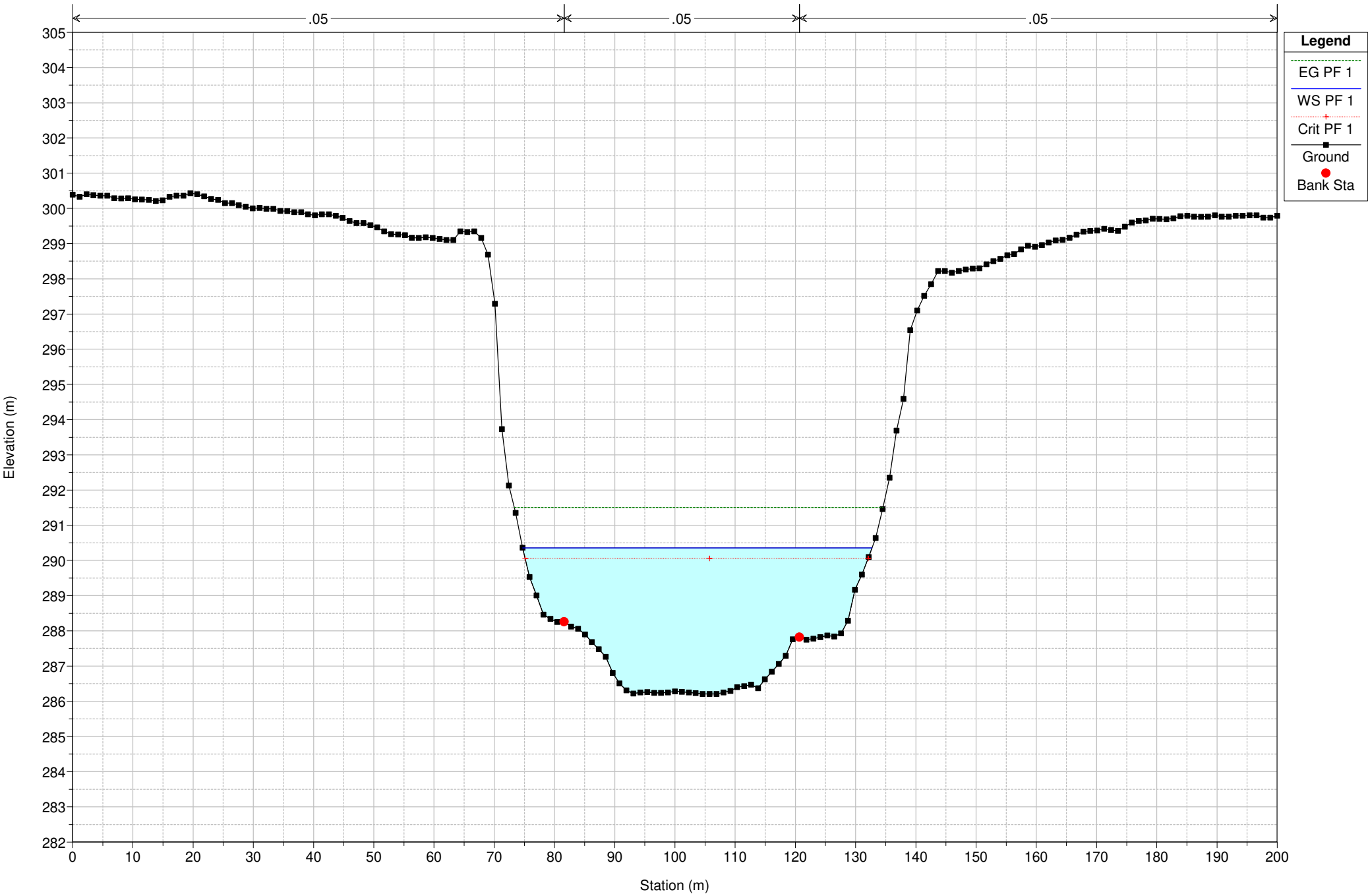
RS = 11 H11

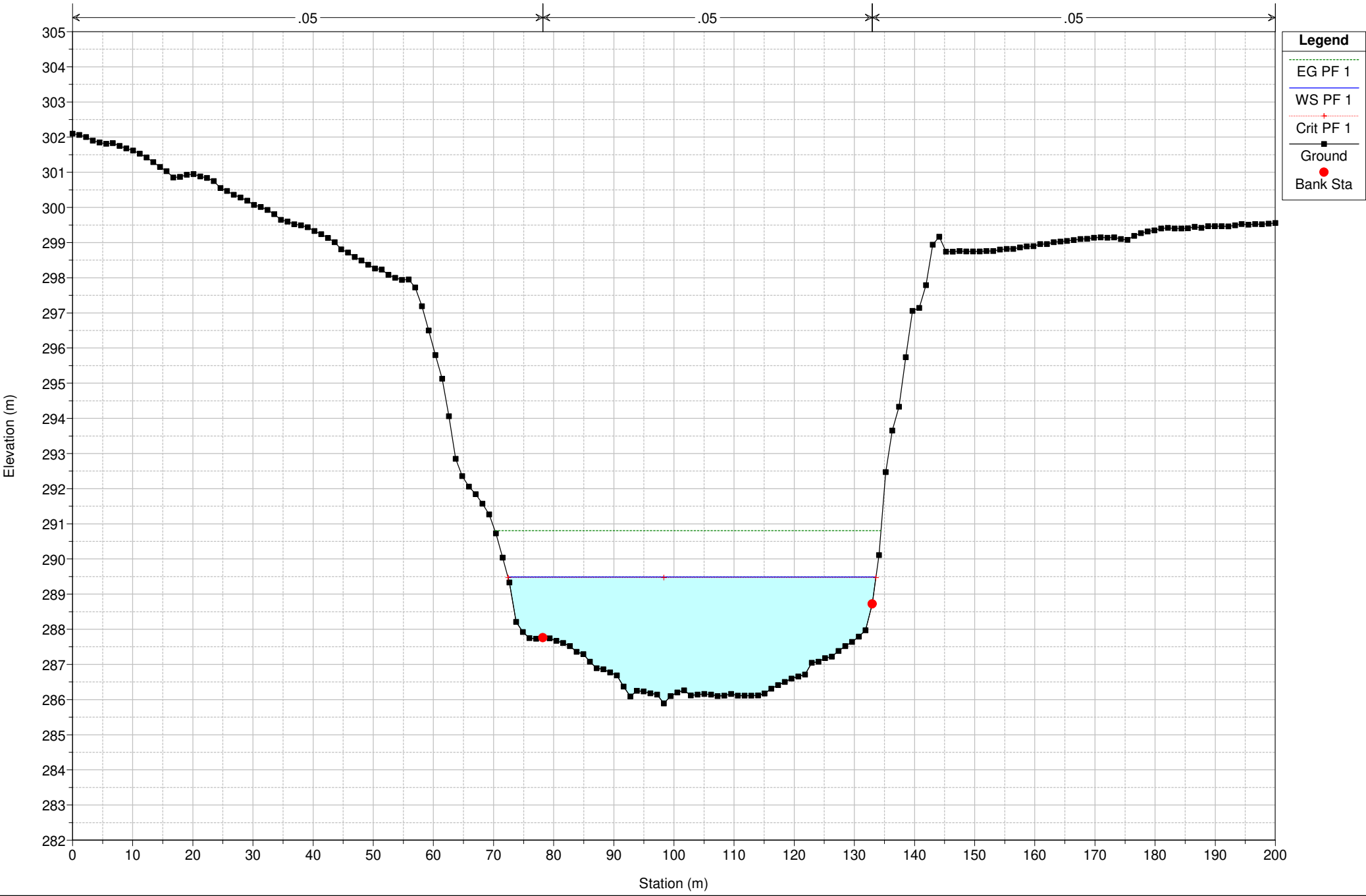


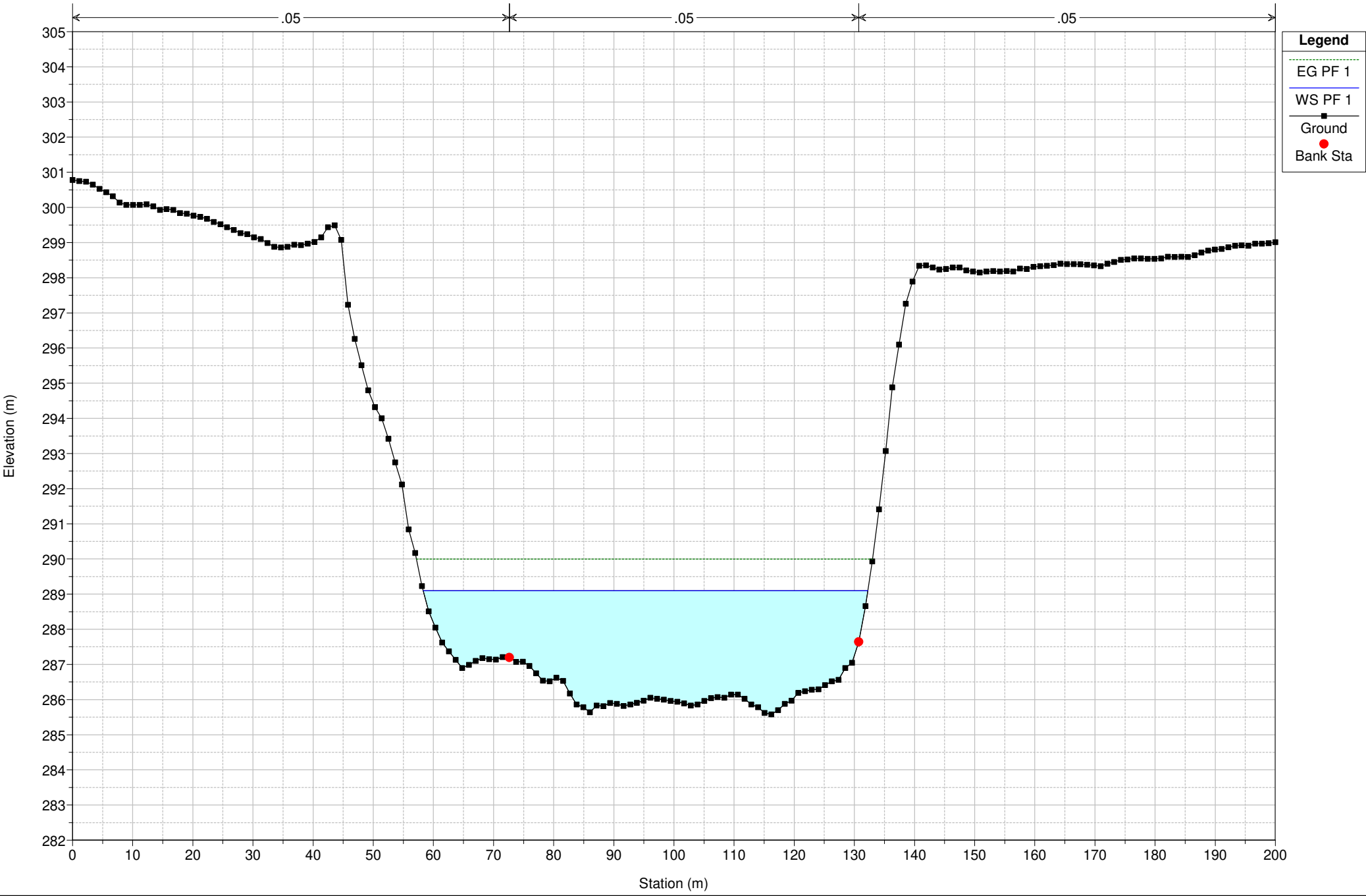
Santa\_Maria Plan: Plan 01 18/03/2024

RS = 10 H10

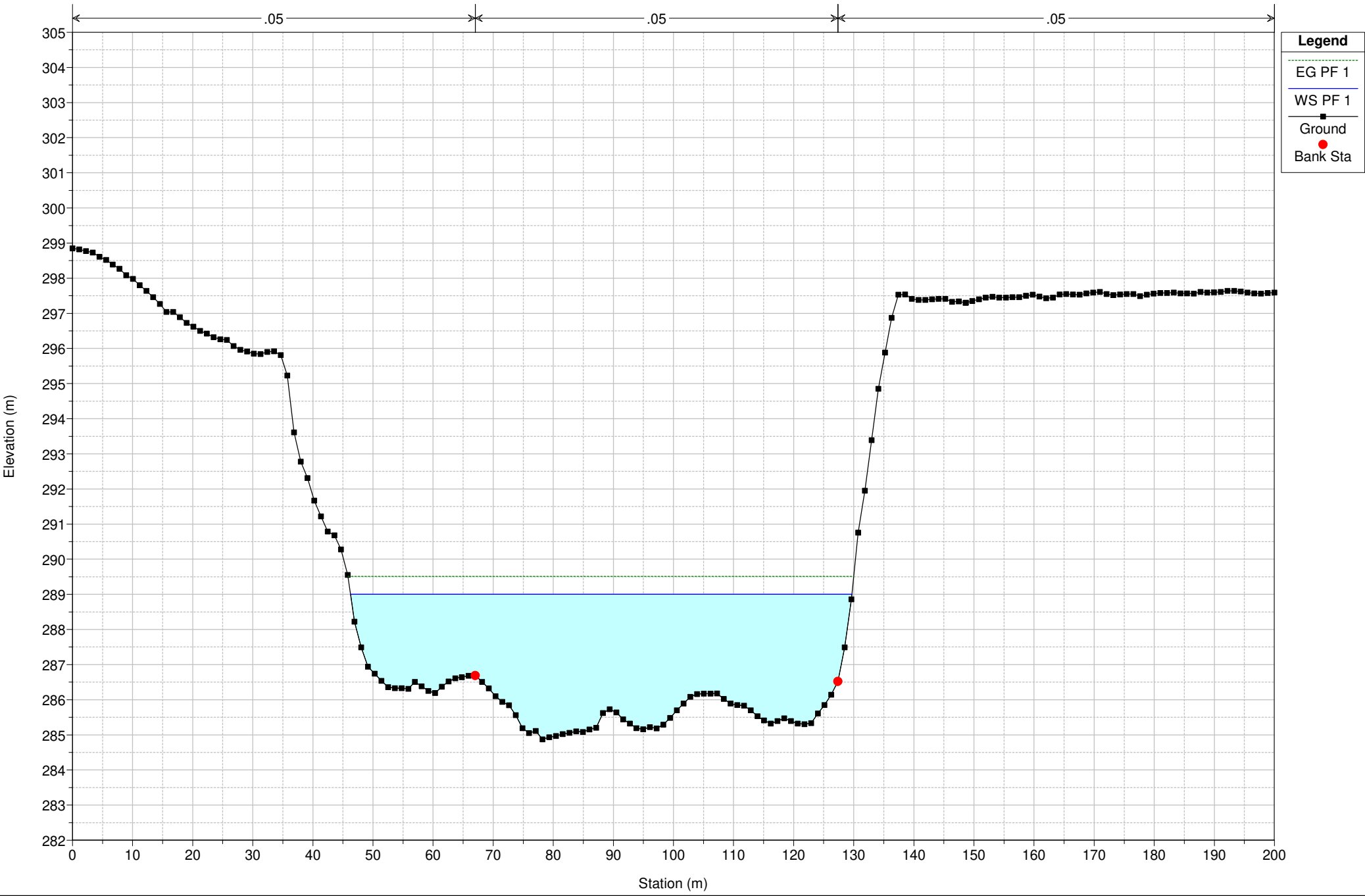




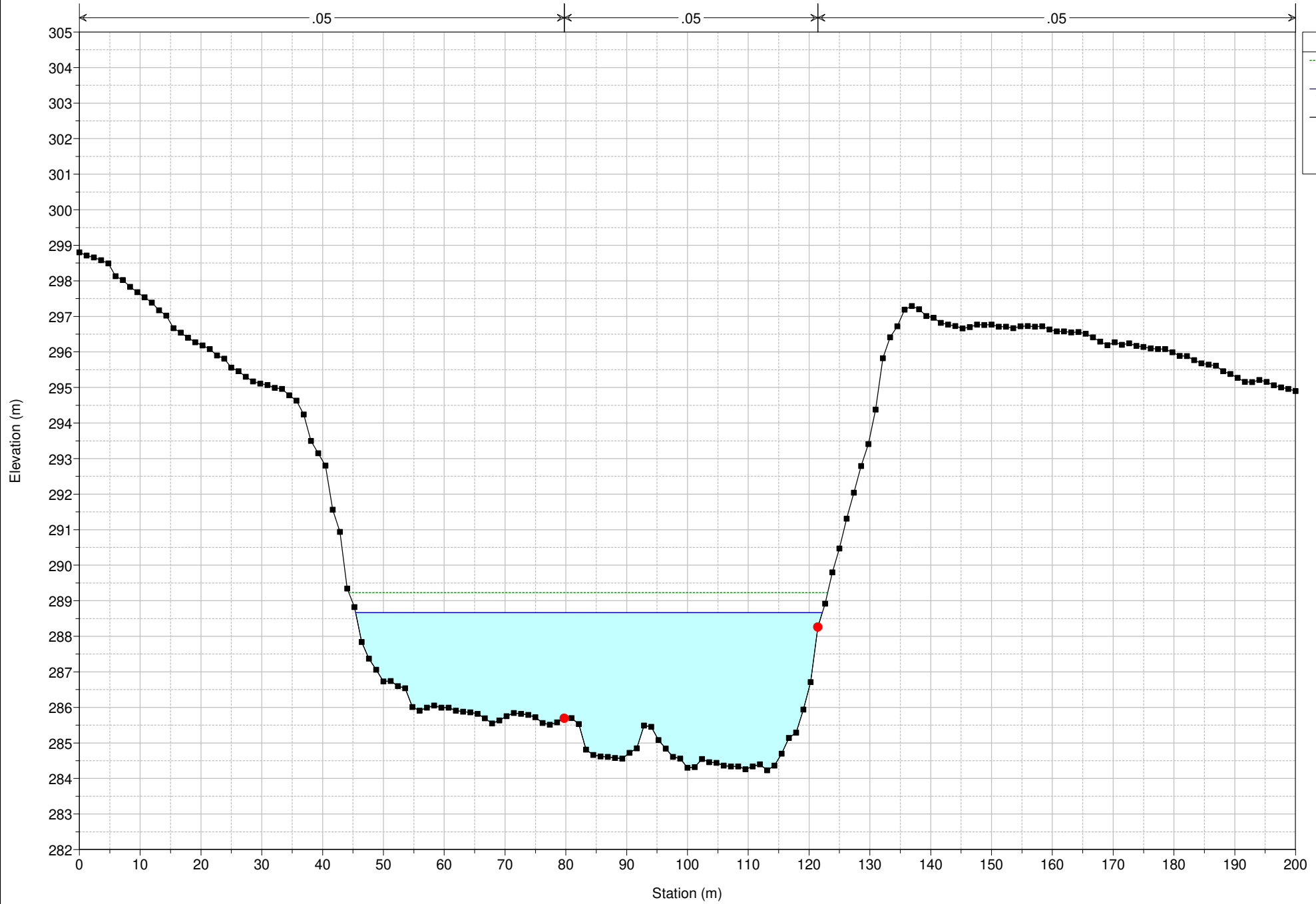


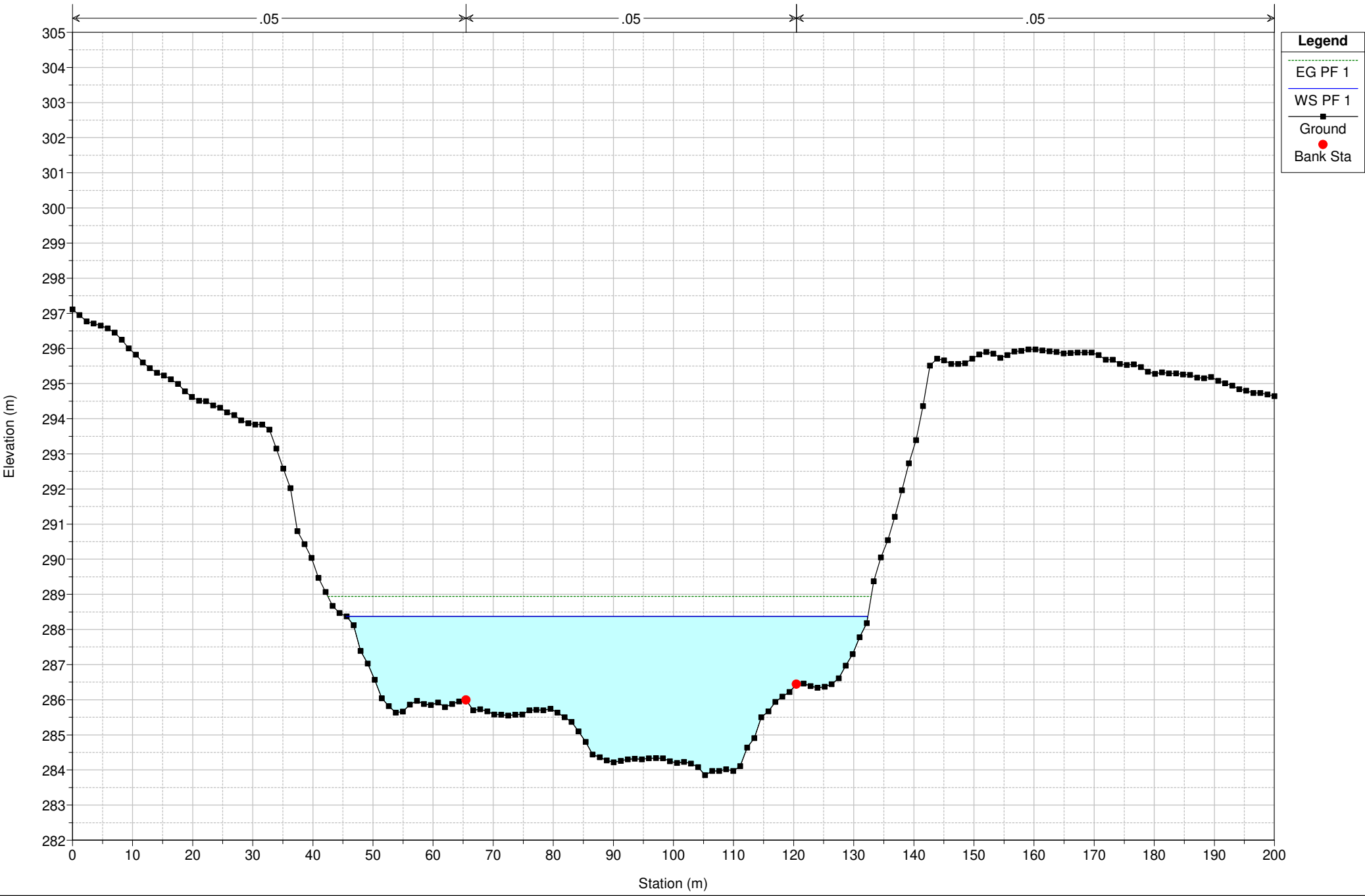


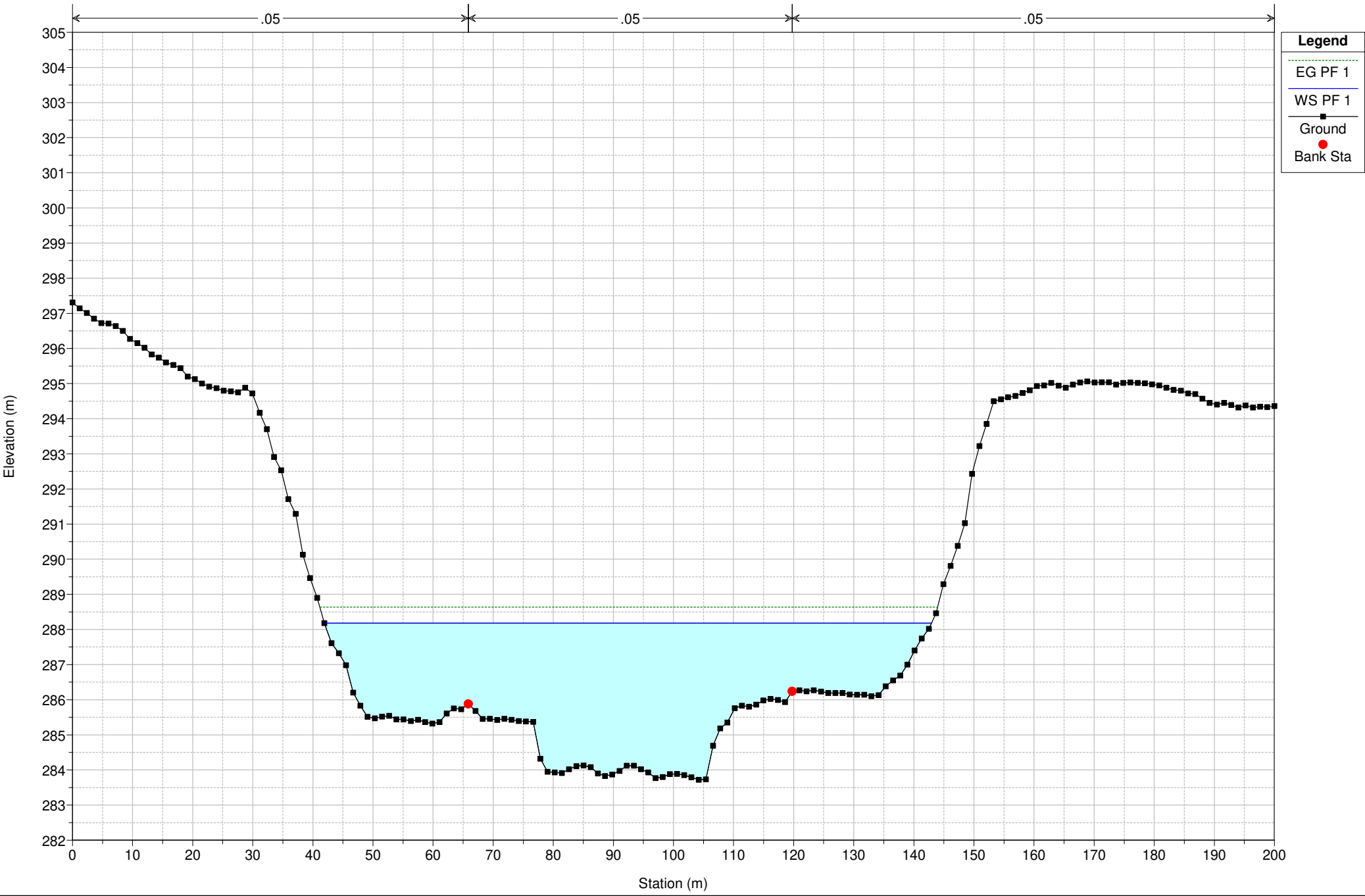


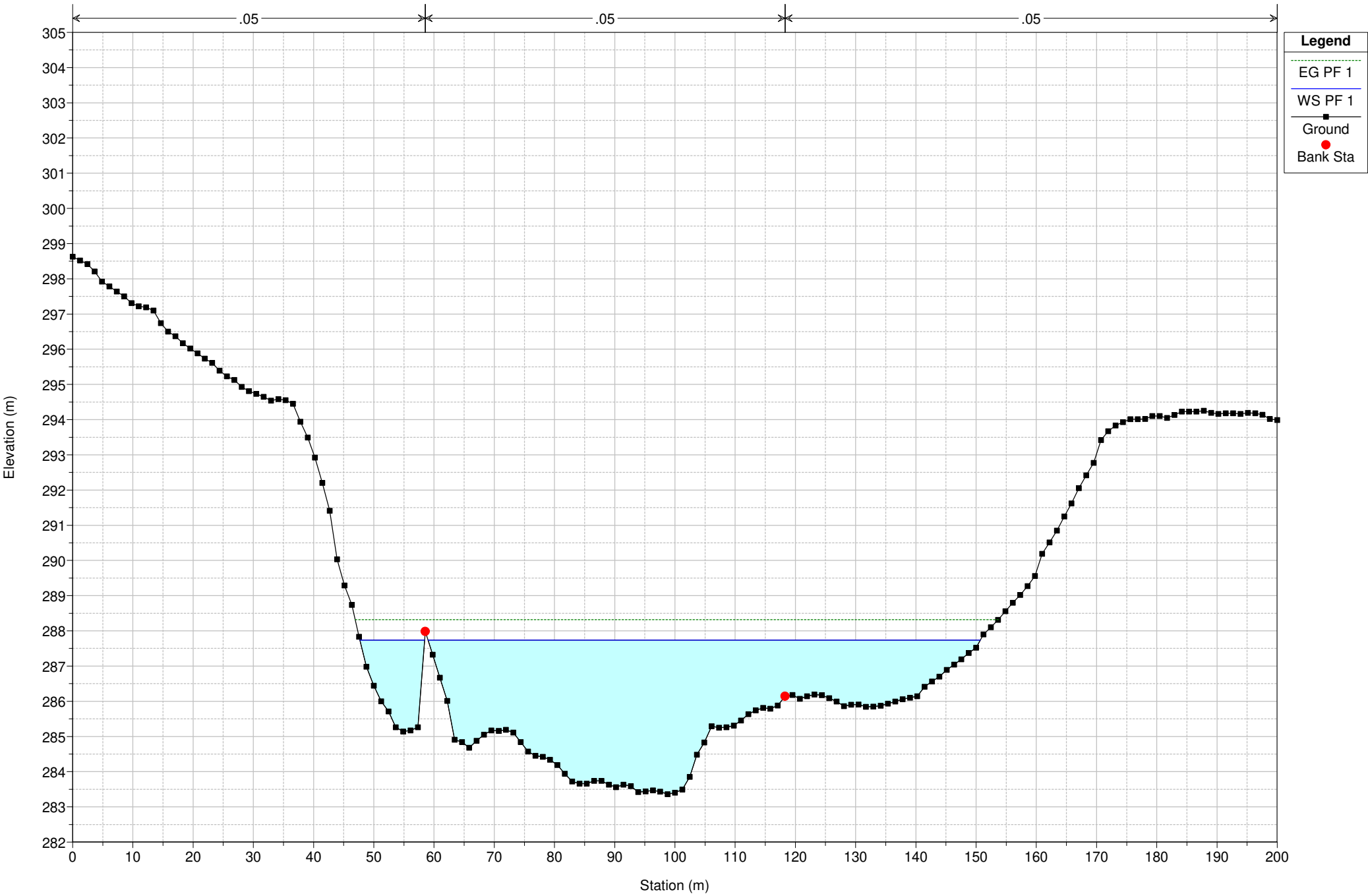


Santa\_Maria    Plan: Plan 01    18/03/2024  
RS = 5    H05

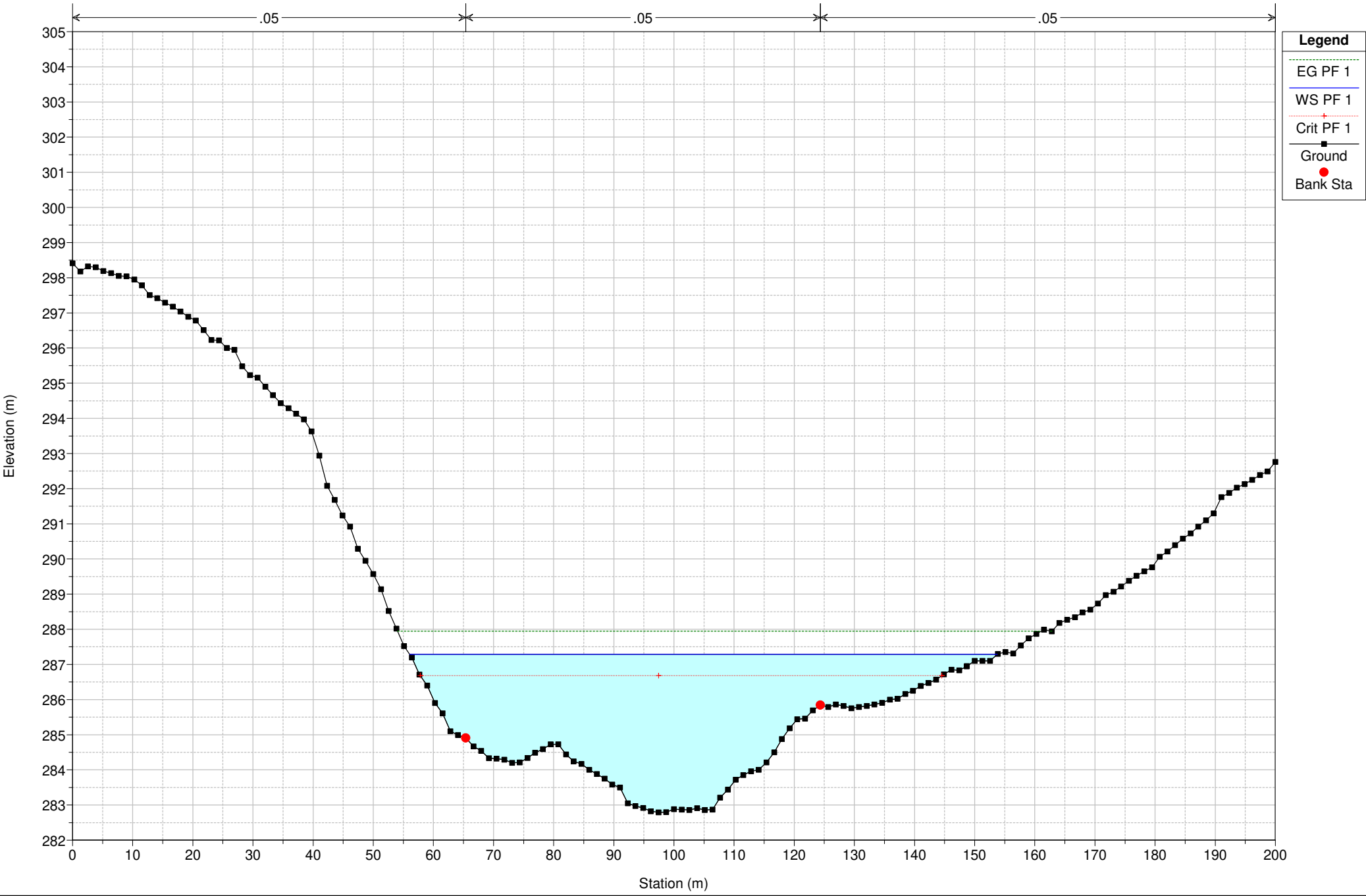












Plan: Plan 01 Metauro Santa\_Maria RS: 19 Profile: PF 1

E.G. Elev (m)	295.69	Element	Left OB	Channel	Right OB
Vel Head (m)	0.69	Wt. n-Val.	0.050	0.050	0.050
W.S. Elev (m)	295.00	Reach Len. (m)	50.00	50.00	50.00
Crit W.S. (m)	293.42	Flow Area (m2)	21.90	200.83	2.49
E.G. Slope (m/m)	0.004215	Area (m2)	21.90	200.83	2.49
Q Total (m3/s)	804.45	Flow (m3/s)	45.48	756.45	2.52
Top Width (m)	50.67	Top Width (m)	10.06	39.10	1.51
Vel Total (m/s)	3.57	Avg. Vel. (m/s)	2.08	3.77	1.01
Max Chl Dpth (m)	5.79	Hydr. Depth (m)	2.18	5.14	1.65
Conv. Total (m3/s)	12391.5	Conv. (m3/s)	700.5	11652.2	38.8
Length Wtd. (m)	50.00	Wetted Per. (m)	10.83	40.65	3.63
Min Ch El (m)	289.21	Shear (N/m2)	83.59	204.21	28.37
Alpha	1.07	Stream Power (N/m s)	173.57	769.17	28.67
Frctn Loss (m)	0.29	Cum Volume (1000 m3)	25.18	157.47	12.55
C & E Loss (m)	0.05	Cum SA (1000 m2)	12.76	41.63	7.61

Plan: Plan 01 Metauro Santa\_Maria RS: 18 Profile: PF 1

E.G. Elev (m)	295.36	Element	Left OB	Channel	Right OB
Vel Head (m)	1.15	Wt. n-Val.	0.050	0.050	0.050
W.S. Elev (m)	294.21	Reach Len. (m)	50.00	50.00	50.00
Crit W.S. (m)		Flow Area (m2)	29.81	140.97	5.31
E.G. Slope (m/m)	0.008310	Area (m2)	29.81	140.97	5.31
Q Total (m3/s)	804.45	Flow (m3/s)	94.40	699.49	10.56
Top Width (m)	46.41	Top Width (m)	12.18	30.34	3.90
Vel Total (m/s)	4.57	Avg. Vel. (m/s)	3.17	4.96	1.99
Max Chl Dpth (m)	5.41	Hydr. Depth (m)	2.45	4.65	1.36
Conv. Total (m3/s)	8824.6	Conv. (m3/s)	1035.5	7673.2	115.9
Length Wtd. (m)	50.00	Wetted Per. (m)	13.03	31.40	4.66
Min Ch El (m)	288.80	Shear (N/m2)	186.52	365.90	92.83
Alpha	1.08	Stream Power (N/m s)	590.59	1815.61	184.59
Frctn Loss (m)	0.40	Cum Volume (1000 m3)	23.89	148.92	12.36
C & E Loss (m)	0.06	Cum SA (1000 m2)	12.20	39.89	7.47

Plan: Plan 01 Metauro Santa\_Maria RS: 17 Profile: PF 1

E.G. Elev (m)	294.90	Element	Left OB	Channel	Right OB
Vel Head (m)	0.95	Wt. n-Val.	0.050	0.050	0.050
W.S. Elev (m)	293.94	Reach Len. (m)	50.00	50.00	50.00
Crit W.S. (m)		Flow Area (m2)	3.16	169.60	18.39
E.G. Slope (m/m)	0.007892	Area (m2)	3.16	169.60	18.39
Q Total (m3/s)	804.45	Flow (m3/s)	3.36	749.21	51.88
Top Width (m)	57.43	Top Width (m)	6.77	42.29	8.37
Vel Total (m/s)	4.21	Avg. Vel. (m/s)	1.06	4.42	2.82
Max Chl Dpth (m)	5.22	Hydr. Depth (m)	0.47	4.01	2.20
Conv. Total (m3/s)	9055.4	Conv. (m3/s)	37.8	8433.6	584.0
Length Wtd. (m)	50.00	Wetted Per. (m)	6.82	43.26	9.19
Min Ch El (m)	288.72	Shear (N/m2)	35.82	303.41	154.91
Alpha	1.06	Stream Power (N/m s)	38.08	1340.30	437.16
Frctn Loss (m)	0.34	Cum Volume (1000 m3)	23.06	141.16	11.76
C & E Loss (m)	0.07	Cum SA (1000 m2)	11.73	38.07	7.17

Plan: Plan 01 Metauro Santa\_Maria RS: 16 Profile: PF 1

E.G. Elev (m)	294.49	Element	Left OB	Channel	Right OB
Vel Head (m)	0.71	Wt. n-Val.	0.050	0.050	0.050
W.S. Elev (m)	293.78	Reach Len. (m)	50.00	50.00	50.00
Crit W.S. (m)		Flow Area (m2)	4.69	213.92	0.81
E.G. Slope (m/m)	0.005803	Area (m2)	4.69	213.92	0.81

Plan: Plan 01 Metauro Santa\_Maria RS: 16 Profile: PF 1 (Continued)

Q Total (m3/s)	804.45	Flow (m3/s)	4.54	799.18	0.72
Top Width (m)	64.52	Top Width (m)	9.18	54.12	1.22
Vel Total (m/s)	3.67	Avg. Vel. (m/s)	0.97	3.74	0.89
Max Chl Dpth (m)	4.98	Hydr. Depth (m)	0.51	3.95	0.66
Conv. Total (m3/s)	10560.3	Conv. (m3/s)	59.6	10491.2	9.5
Length Wtd. (m)	50.00	Wetted Per. (m)	9.24	55.71	1.82
Min Ch El (m)	288.80	Shear (N/m2)	28.86	218.51	25.37
Alpha	1.03	Stream Power (N/m s)	27.96	816.35	22.56
Frctn Loss (m)	0.19	Cum Volume (1000 m3)	22.87	131.57	11.28
C & E Loss (m)	0.08	Cum SA (1000 m2)	11.33	35.66	6.93

Plan: Plan 01 Metauro Santa\_Maria RS: 15 Profile: PF 1

E.G. Elev (m)	294.21	Element	Left OB	Channel	Right OB
Vel Head (m)	0.43	Wt. n-Val.	0.050	0.050	0.050
W.S. Elev (m)	293.78	Reach Len. (m)	50.00	50.00	50.00
Crit W.S. (m)		Flow Area (m2)	72.24	216.13	8.06
E.G. Slope (m/m)	0.002702	Area (m2)	72.24	216.13	8.06
Q Total (m3/s)	804.45	Flow (m3/s)	123.15	670.63	10.67
Top Width (m)	79.20	Top Width (m)	33.85	40.97	4.38
Vel Total (m/s)	2.71	Avg. Vel. (m/s)	1.70	3.10	1.32
Max Chl Dpth (m)	5.76	Hydr. Depth (m)	2.13	5.28	1.84
Conv. Total (m3/s)	15477.0	Conv. (m3/s)	2369.3	12902.4	205.4
Length Wtd. (m)	50.00	Wetted Per. (m)	34.40	41.91	5.61
Min Ch El (m)	288.02	Shear (N/m2)	55.64	136.62	38.06
Alpha	1.15	Stream Power (N/m s)	94.85	423.90	50.38
Frctn Loss (m)	0.25	Cum Volume (1000 m3)	20.94	120.82	11.06
C & E Loss (m)	0.10	Cum SA (1000 m2)	10.25	33.29	6.79

Plan: Plan 01 Metauro Santa\_Maria RS: 14 Profile: PF 1

E.G. Elev (m)	293.86	Element	Left OB	Channel	Right OB
Vel Head (m)	1.44	Wt. n-Val.	0.050	0.050	0.050
W.S. Elev (m)	292.42	Reach Len. (m)	50.00	50.00	50.00
Crit W.S. (m)	292.42	Flow Area (m2)	33.44	127.20	3.31
E.G. Slope (m/m)	0.012259	Area (m2)	33.44	127.20	3.31
Q Total (m3/s)	804.45	Flow (m3/s)	88.26	709.99	6.19
Top Width (m)	58.94	Top Width (m)	25.24	31.02	2.68
Vel Total (m/s)	4.91	Avg. Vel. (m/s)	2.64	5.58	1.87
Max Chl Dpth (m)	4.38	Hydr. Depth (m)	1.33	4.10	1.23
Conv. Total (m3/s)	7265.6	Conv. (m3/s)	797.2	6412.5	55.9
Length Wtd. (m)	50.00	Wetted Per. (m)	25.70	31.78	4.27
Min Ch El (m)	288.04	Shear (N/m2)	156.43	481.10	93.27
Alpha	1.18	Stream Power (N/m s)	412.88	2685.42	174.40
Frctn Loss (m)	0.44	Cum Volume (1000 m3)	18.30	112.24	10.78
C & E Loss (m)	0.17	Cum SA (1000 m2)	8.77	31.49	6.61

Plan: Plan 01 Metauro Santa\_Maria RS: 13 Profile: PF 1

E.G. Elev (m)	293.20	Element	Left OB	Channel	Right OB
Vel Head (m)	0.88	Wt. n-Val.	0.050	0.050	0.050
W.S. Elev (m)	292.32	Reach Len. (m)	50.00	50.00	50.00
Crit W.S. (m)	291.34	Flow Area (m2)	6.05	178.22	14.24
E.G. Slope (m/m)	0.006606	Area (m2)	6.05	178.22	14.24
Q Total (m3/s)	804.45	Flow (m3/s)	11.84	757.05	35.56
Top Width (m)	51.14	Top Width (m)	3.31	41.80	6.03
Vel Total (m/s)	4.05	Avg. Vel. (m/s)	1.96	4.25	2.50
Max Chl Dpth (m)	4.79	Hydr. Depth (m)	1.83	4.26	2.36
Conv. Total (m3/s)	9897.4	Conv. (m3/s)	145.7	9314.2	437.5

Plan: Plan 01 Metauro Santa\_Maria RS: 13 Profile: PF 1 (Continued)

Length Wtd. (m)	50.00	Wetted Per. (m)	4.58	42.19	7.48
Min Ch El (m)	287.53	Shear (N/m2)	85.55	273.66	123.37
Alpha	1.05	Stream Power (N/m s)	167.40	1162.46	308.12
Frctn Loss (m)	0.27	Cum Volume (1000 m3)	17.31	104.60	10.34
C & E Loss (m)	0.07	Cum SA (1000 m2)	8.06	29.67	6.39

Plan: Plan 01 Metauro Santa\_Maria RS: 12 Profile: PF 1

E.G. Elev (m)	292.87	Element	Left OB	Channel	Right OB
Vel Head (m)	0.65	Wt. n-Val.	0.050	0.050	0.050
W.S. Elev (m)	292.21	Reach Len. (m)	50.00	50.00	50.00
Crit W.S. (m)		Flow Area (m2)	4.01	202.57	24.46
E.G. Slope (m/m)	0.004406	Area (m2)	4.01	202.57	24.46
Q Total (m3/s)	804.45	Flow (m3/s)	4.73	743.74	55.98
Top Width (m)	55.56	Top Width (m)	2.76	43.04	9.76
Vel Total (m/s)	3.48	Avg. Vel. (m/s)	1.18	3.67	2.29
Max Chl Dpth (m)	5.52	Hydr. Depth (m)	1.45	4.71	2.51
Conv. Total (m3/s)	12118.7	Conv. (m3/s)	71.3	11204.2	843.2
Length Wtd. (m)	50.00	Wetted Per. (m)	4.79	44.04	10.81
Min Ch El (m)	286.69	Shear (N/m2)	36.22	198.73	97.76
Alpha	1.06	Stream Power (N/m s)	42.74	729.67	223.68
Frctn Loss (m)	0.32	Cum Volume (1000 m3)	17.06	95.08	9.37
C & E Loss (m)	0.05	Cum SA (1000 m2)	7.91	27.55	6.00

Plan: Plan 01 Metauro Santa\_Maria RS: 11 Profile: PF 1

E.G. Elev (m)	292.50	Element	Left OB	Channel	Right OB
Vel Head (m)	1.20	Wt. n-Val.	0.050	0.050	0.050
W.S. Elev (m)	291.30	Reach Len. (m)	50.00	50.00	50.00
Crit W.S. (m)		Flow Area (m2)	2.92	158.66	7.97
E.G. Slope (m/m)	0.009872	Area (m2)	2.92	158.66	7.97
Q Total (m3/s)	804.45	Flow (m3/s)	5.33	778.46	20.66
Top Width (m)	46.16	Top Width (m)	2.01	40.00	4.15
Vel Total (m/s)	4.74	Avg. Vel. (m/s)	1.83	4.91	2.59
Max Chl Dpth (m)	4.88	Hydr. Depth (m)	1.45	3.97	1.92
Conv. Total (m3/s)	8096.3	Conv. (m3/s)	53.6	7834.8	207.9
Length Wtd. (m)	50.00	Wetted Per. (m)	3.31	40.89	5.35
Min Ch El (m)	286.42	Shear (N/m2)	85.36	375.61	144.16
Alpha	1.04	Stream Power (N/m s)	155.97	1842.95	373.56
Frctn Loss (m)	0.41	Cum Volume (1000 m3)	16.89	86.05	8.56
C & E Loss (m)	0.12	Cum SA (1000 m2)	7.79	25.47	5.65

Plan: Plan 01 Metauro Santa\_Maria RS: 10 Profile: PF 1

E.G. Elev (m)	291.97	Element	Left OB	Channel	Right OB
Vel Head (m)	0.80	Wt. n-Val.	0.050	0.050	0.050
W.S. Elev (m)	291.17	Reach Len. (m)	50.00	50.00	50.00
Crit W.S. (m)		Flow Area (m2)	34.80	154.67	21.36
E.G. Slope (m/m)	0.006827	Area (m2)	34.80	154.67	21.36
Q Total (m3/s)	804.45	Flow (m3/s)	103.68	649.24	51.53
Top Width (m)	62.72	Top Width (m)	13.36	37.81	11.55
Vel Total (m/s)	3.82	Avg. Vel. (m/s)	2.98	4.20	2.41
Max Chl Dpth (m)	4.89	Hydr. Depth (m)	2.60	4.09	1.85
Conv. Total (m3/s)	9736.0	Conv. (m3/s)	1254.8	7857.5	623.6
Length Wtd. (m)	50.00	Wetted Per. (m)	14.37	38.21	12.11
Min Ch El (m)	286.28	Shear (N/m2)	162.09	271.03	118.11
Alpha	1.08	Stream Power (N/m s)	482.96	1137.67	284.95
Frctn Loss (m)	0.43	Cum Volume (1000 m3)	15.95	78.22	7.83
C & E Loss (m)	0.03	Cum SA (1000 m2)	7.41	23.52	5.26

Plan: Plan 01 Metauro Santa\_Maria RS: 9 Profile: PF 1

E.G. Elev (m)	291.50	Element	Left OB	Channel	Right OB
Vel Head (m)	1.15	Wt. n-Val.	0.050	0.050	0.050
W.S. Elev (m)	290.35	Reach Len. (m)	50.00	50.00	50.00
Crit W.S. (m)	290.06	Flow Area (m2)	10.61	141.36	23.67
E.G. Slope (m/m)	0.011194	Area (m2)	10.61	141.36	23.67
Q Total (m3/s)	804.45	Flow (m3/s)	28.54	699.76	76.15
Top Width (m)	58.00	Top Width (m)	6.89	39.08	12.03
Vel Total (m/s)	4.58	Avg. Vel. (m/s)	2.69	4.95	3.22
Max Chl Dpth (m)	4.14	Hydr. Depth (m)	1.54	3.62	1.97
Conv. Total (m3/s)	7603.4	Conv. (m3/s)	269.7	6613.9	719.7
Length Wtd. (m)	50.00	Wetted Per. (m)	7.41	39.50	12.63
Min Ch El (m)	286.21	Shear (N/m2)	157.29	392.80	205.73
Alpha	1.08	Stream Power (N/m s)	423.03	1944.48	661.72
Frctn Loss (m)	0.69	Cum Volume (1000 m3)	14.81	70.82	6.70
C & E Loss (m)	0.02	Cum SA (1000 m2)	6.90	21.60	4.67

Plan: Plan 01 Metauro Santa\_Maria RS: 8 Profile: PF 1

E.G. Elev (m)	290.80	Element	Left OB	Channel	Right OB
Vel Head (m)	1.32	Wt. n-Val.	0.050	0.050	0.050
W.S. Elev (m)	289.49	Reach Len. (m)	50.00	50.00	50.00
Crit W.S. (m)	289.47	Flow Area (m2)	8.14	151.76	0.24
E.G. Slope (m/m)	0.017162	Area (m2)	8.14	151.76	0.24
Q Total (m3/s)	804.45	Flow (m3/s)	25.08	779.12	0.24
Top Width (m)	61.19	Top Width (m)	5.83	54.75	0.62
Vel Total (m/s)	5.02	Avg. Vel. (m/s)	3.08	5.13	1.01
Max Chl Dpth (m)	3.60	Hydr. Depth (m)	1.40	2.77	0.38
Conv. Total (m3/s)	6140.6	Conv. (m3/s)	191.5	5947.3	1.8
Length Wtd. (m)	50.00	Wetted Per. (m)	6.39	55.33	0.98
Min Ch El (m)	285.89	Shear (N/m2)	214.53	461.61	40.46
Alpha	1.02	Stream Power (N/m s)	660.78	2369.80	40.99
Frctn Loss (m)	0.68	Cum Volume (1000 m3)	14.34	63.49	6.10
C & E Loss (m)	0.13	Cum SA (1000 m2)	6.58	19.26	4.35

Plan: Plan 01 Metauro Santa\_Maria RS: 7 Profile: PF 1

E.G. Elev (m)	289.99	Element	Left OB	Channel	Right OB
Vel Head (m)	0.89	Wt. n-Val.	0.050	0.050	0.050
W.S. Elev (m)	289.10	Reach Len. (m)	50.00	50.00	50.00
Crit W.S. (m)		Flow Area (m2)	24.30	170.36	1.14
E.G. Slope (m/m)	0.011112	Area (m2)	24.30	170.36	1.14
Q Total (m3/s)	804.45	Flow (m3/s)	71.42	731.43	1.60
Top Width (m)	73.93	Top Width (m)	14.33	58.10	1.50
Vel Total (m/s)	4.11	Avg. Vel. (m/s)	2.94	4.29	1.41
Max Chl Dpth (m)	3.52	Hydr. Depth (m)	1.70	2.93	0.76
Conv. Total (m3/s)	7631.5	Conv. (m3/s)	677.5	6938.8	15.2
Length Wtd. (m)	50.00	Wetted Per. (m)	14.76	58.62	2.09
Min Ch El (m)	285.58	Shear (N/m2)	179.36	316.69	59.31
Alpha	1.04	Stream Power (N/m s)	527.15	1359.73	83.35
Frctn Loss (m)	0.37	Cum Volume (1000 m3)	13.53	55.44	6.07
C & E Loss (m)	0.12	Cum SA (1000 m2)	6.08	16.43	4.30

Plan: Plan 01 Metauro Santa\_Maria RS: 6 Profile: PF 1

E.G. Elev (m)	289.51	Element	Left OB	Channel	Right OB
Vel Head (m)	0.51	Wt. n-Val.	0.050	0.050	0.050
W.S. Elev (m)	289.00	Reach Len. (m)	50.00	50.00	50.00
Crit W.S. (m)		Flow Area (m2)	48.67	207.09	3.16
E.G. Slope (m/m)	0.005258	Area (m2)	48.67	207.09	3.16



Plan: Plan 01 Metauro Santa\_Maria RS: 6 Profile: PF 1 (Continued)

Q Total (m3/s)	804.45	Flow (m3/s)	121.37	678.72	4.36
Top Width (m)	83.42	Top Width (m)	20.77	60.33	2.32
Vel Total (m/s)	3.11	Avg. Vel. (m/s)	2.49	3.28	1.38
Max Chl Dpth (m)	4.13	Hydr. Depth (m)	2.34	3.43	1.36
Conv. Total (m3/s)	11094.3	Conv. (m3/s)	1673.8	9360.4	60.1
Length Wtd. (m)	50.00	Wetted Per. (m)	21.59	60.95	3.41
Min Ch El (m)	284.87	Shear (N/m2)	116.25	175.17	47.76
Alpha	1.04	Stream Power (N/m s)	289.86	574.11	65.82
Frctn Loss (m)	0.27	Cum Volume (1000 m3)	11.71	46.00	5.96
C & E Loss (m)	0.01	Cum SA (1000 m2)	5.20	13.47	4.20

Plan: Plan 01 Metauro Santa\_Maria RS: 5 Profile: PF 1

E.G. Elev (m)	289.23	Element	Left OB	Channel	Right OB
Vel Head (m)	0.57	Wt. n-Val.	0.050	0.050	0.050
W.S. Elev (m)	288.66	Reach Len. (m)	50.00	50.00	50.00
Crit W.S. (m)		Flow Area (m2)	87.19	158.43	0.15
E.G. Slope (m/m)	0.005651	Area (m2)	87.19	158.43	0.15
Q Total (m3/s)	804.45	Flow (m3/s)	240.96	563.42	0.07
Top Width (m)	76.73	Top Width (m)	34.33	41.67	0.73
Vel Total (m/s)	3.27	Avg. Vel. (m/s)	2.76	3.56	0.47
Max Chl Dpth (m)	4.43	Hydr. Depth (m)	2.54	3.80	0.20
Conv. Total (m3/s)	10701.3	Conv. (m3/s)	3205.4	7494.9	0.9
Length Wtd. (m)	50.00	Wetted Per. (m)	34.98	43.55	0.83
Min Ch El (m)	284.23	Shear (N/m2)	138.11	201.59	9.76
Alpha	1.04	Stream Power (N/m s)	381.70	716.90	4.61
Frctn Loss (m)	0.29	Cum Volume (1000 m3)	8.31	36.86	5.88
C & E Loss (m)	0.00	Cum SA (1000 m2)	3.82	10.92	4.13

Plan: Plan 01 Metauro Santa\_Maria RS: 4 Profile: PF 1

E.G. Elev (m)	288.94	Element	Left OB	Channel	Right OB
Vel Head (m)	0.56	Wt. n-Val.	0.050	0.050	0.050
W.S. Elev (m)	288.37	Reach Len. (m)	50.00	50.00	50.00
Crit W.S. (m)		Flow Area (m2)	41.92	189.39	18.46
E.G. Slope (m/m)	0.005968	Area (m2)	41.92	189.39	18.46
Q Total (m3/s)	804.45	Flow (m3/s)	104.31	662.62	37.52
Top Width (m)	86.80	Top Width (m)	19.95	54.97	11.88
Vel Total (m/s)	3.22	Avg. Vel. (m/s)	2.49	3.50	2.03
Max Chl Dpth (m)	4.52	Hydr. Depth (m)	2.10	3.45	1.55
Conv. Total (m3/s)	10412.9	Conv. (m3/s)	1350.2	8577.0	485.6
Length Wtd. (m)	50.00	Wetted Per. (m)	20.52	55.58	12.24
Min Ch El (m)	283.85	Shear (N/m2)	119.61	199.42	88.27
Alpha	1.07	Stream Power (N/m s)	297.60	697.71	179.36
Frctn Loss (m)	0.27	Cum Volume (1000 m3)	5.08	28.17	5.41
C & E Loss (m)	0.03	Cum SA (1000 m2)	2.47	8.51	3.81

Plan: Plan 01 Metauro Santa\_Maria RS: 3 Profile: PF 1

E.G. Elev (m)	288.63	Element	Left OB	Channel	Right OB
Vel Head (m)	0.45	Wt. n-Val.	0.050	0.050	0.050
W.S. Elev (m)	288.18	Reach Len. (m)	50.00	50.00	50.00
Crit W.S. (m)		Flow Area (m2)	54.87	186.93	38.76
E.G. Slope (m/m)	0.004971	Area (m2)	54.87	186.93	38.76
Q Total (m3/s)	804.45	Flow (m3/s)	132.28	595.76	76.41
Top Width (m)	101.04	Top Width (m)	23.95	53.89	23.19
Vel Total (m/s)	2.87	Avg. Vel. (m/s)	2.41	3.19	1.97
Max Chl Dpth (m)	4.46	Hydr. Depth (m)	2.29	3.47	1.67
Conv. Total (m3/s)	11409.3	Conv. (m3/s)	1876.1	8449.5	1083.7

Plan: Plan 01 Metauro Santa\_Maria RS: 3 Profile: PF 1 (Continued)

Length Wtd. (m)	50.00	Wetted Per. (m)	24.55	55.01	23.46
Min Ch El (m)	283.72	Shear (N/m2)	108.96	165.65	80.57
Alpha	1.08	Stream Power (N/m s)	262.67	527.94	158.81
Frctn Loss (m)	0.30	Cum Volume (1000 m3)	2.66	18.76	3.98
C & E Loss (m)	0.01	Cum SA (1000 m2)	1.37	5.79	2.94

Plan: Plan 01 Metauro Santa\_Maria RS: 2 Profile: PF 1

E.G. Elev (m)	288.32	Element	Left OB	Channel	Right OB
Vel Head (m)	0.59	Wt. n-Val.	0.050	0.050	0.050
W.S. Elev (m)	287.73	Reach Len. (m)	50.00	50.00	50.00
Crit W.S. (m)		Flow Area (m2)	19.23	183.83	46.22
E.G. Slope (m/m)	0.007386	Area (m2)	19.23	183.83	46.22
Q Total (m3/s)	804.45	Flow (m3/s)	43.17	660.95	100.33
Top Width (m)	102.43	Top Width (m)	10.73	59.30	32.40
Vel Total (m/s)	3.23	Avg. Vel. (m/s)	2.24	3.60	2.17
Max Chl Dpth (m)	4.37	Hydr. Depth (m)	1.79	3.10	1.43
Conv. Total (m3/s)	9360.5	Conv. (m3/s)	502.4	7690.7	1167.4
Length Wtd. (m)	50.00	Wetted Per. (m)	12.89	60.76	32.57
Min Ch El (m)	283.36	Shear (N/m2)	108.09	219.13	102.79
Alpha	1.10	Stream Power (N/m s)	242.63	787.88	223.13
Frctn Loss (m)	0.36	Cum Volume (1000 m3)	0.81	9.49	1.86
C & E Loss (m)	0.01	Cum SA (1000 m2)	0.50	2.96	1.55

Plan: Plan 01 Metauro Santa\_Maria RS: 1 Profile: PF 1

E.G. Elev (m)	287.95	Element	Left OB	Channel	Right OB
Vel Head (m)	0.66	Wt. n-Val.	0.050	0.050	0.050
W.S. Elev (m)	287.29	Reach Len. (m)			
Crit W.S. (m)	286.68	Flow Area (m2)	13.14	195.80	28.12
E.G. Slope (m/m)	0.007129	Area (m2)	13.14	195.80	28.12
Q Total (m3/s)	804.45	Flow (m3/s)	27.20	731.24	46.01
Top Width (m)	97.71	Top Width (m)	9.32	58.98	29.41
Vel Total (m/s)	3.39	Avg. Vel. (m/s)	2.07	3.73	1.64
Max Chl Dpth (m)	4.50	Hydr. Depth (m)	1.41	3.32	0.96
Conv. Total (m3/s)	9527.8	Conv. (m3/s)	322.1	8660.7	544.9
Length Wtd. (m)		Wetted Per. (m)	9.69	59.53	29.49
Min Ch El (m)	282.79	Shear (N/m2)	94.83	229.92	66.66
Alpha	1.13	Stream Power (N/m s)	196.22	858.65	109.06
Frctn Loss (m)		Cum Volume (1000 m3)			
C & E Loss (m)		Cum SA (1000 m2)			

**Allegato I9**

**SCHEDE MONOGRAFICHE DISPOSITIVI DI INVARIANZA**  
(Regione MARCHE – L.R. 22/2011 e D.G.R. 53/2014)

		PROCESSO				GESTIONE			DESTINAZIONE D'USO						SPAZIO DISPONIBILE		TIPO DI TERRENO		RISCHIO IDRAULICO		INQUINAMENTO							
Codice	DISPOSITIVO	Infiltrazione	Detenzione/Atenuazione	Trasporto	Riutilizzo	Controllo locale	Controllo nell'intorno	Controllo territoriale	Residenziale a bassa densità	Residenziale ad alta densità	Strade	commerciale	Industriale	di Riqualifica	Contaminata	Basso	Alto	Impermeabile	Permeabile	Riduzione picchi di deflusso	Riduzione del volume	Riduzione corpi sospesi	Riduzione nutrienti	Riduzione metalli pesanti	VALORE ESTETICO	VALORE ECOLOGICO	COSTI	MANUTENZIONE
D1	Tetti verdi	●	●		●	●			●	●		●	●	●	●	●	●	●	●	MEDIO	MEDIO	ALTO	BASSO	MEDIO	BUONO	BUONO	ALTO	ALTO
D2	Cisterne di raccolta		●		●	●			●	●		●		●	●			●	●	ALTO	ALTO	ALTO	BASSO	MEDIO	BASSO	ALTO	ALTO	ALTO
D3	Cisterne domestiche		●		●	●			●	●		●		●	●			●	●	BASSO	BASSO	BASSO	BASSO	BASSO	BASSO	BASSO	BASSO	BASSO
D4	Superfici permeabili	●			●	●			●	●		●	●	●	●	●	●	●	●	BUONO	BUONO	ALTO	ALTO	ALTO	BASSO	MEDIO	MEDIO	MEDIO
D5	Sistemi di bioritenzione	●	●			●	●		●	●	●	●	●		●		●	●	●	MEDIO	MEDIO	ALTO	BASSO	ALTO	MEDIO	MEDIO	MEDIO	ALTO
D6	Fasce di infiltrazione	●				●	●		●	●	●	●	●		●		●	●	●	BASSO	BASSO	MEDIO	BASSO	MEDIO	MEDIO	MEDIO	MEDIO	MEDIO
D7	Gallerie di infiltrazione	●	●			●	●		●	●	●	●	●		●	●	●	●	●	MEDIO	ALTO	ALTO	MEDIO	ALTO	BASSO	BASSO	BASSO	MEDIO
D8	Cisterne Sotteranee	●	●		●	●	●		●	●	●	●			●	●	●	●	●	BUONO	BUONO	MEDIO	BASSO	MEDIO	BASSO	MEDIO	MEDIO	BASSO
D9	Sistemi modulari geocellulari	●	●			●	●		●	●		●			●		●	●	●	BUONO	BUONO	BASSO	n/a	BASSO	BASSO	BASSO	BASSO	BASSO
D10	Bacini di infiltrazione	●	●				●		●	●	●	●			●		●	●	●	MEDIO	BUONO	ALTO	MEDIO	ALTO	BUONO	BASSO	BASSO	MEDIO
D11	Vassoi	●	●	●		●	●		●	●	●	●	●		●		●	●	●	MEDIO	MEDIO	ALTO	BASSO	MEDIO	MEDIO	MEDIO	MEDIO	BASSO
D12	Bacini di detenzione	●	●				●	●	●	●	●	●	●		●		●	●	●	BUONO	BASSO	MEDIO	BASSO	MEDIO	MEDIO	BASSO	BASSO	BASSO
D13	Zone umide		●		●		●	●	●		●	●	●		●		●	●	●	BUONO	BUONO	ALTO	MEDIO	ALTO	BUONO	ALTO	ALTO	ALTO
D14	Stagni		●		●		●	●	●		●	●	●		●		●	●	●	BUONO	BASSO	ALTO	MEDIO	ALTO	BUONO	MEDIO	MEDIO	MEDIO

## Tetti verdi

D1

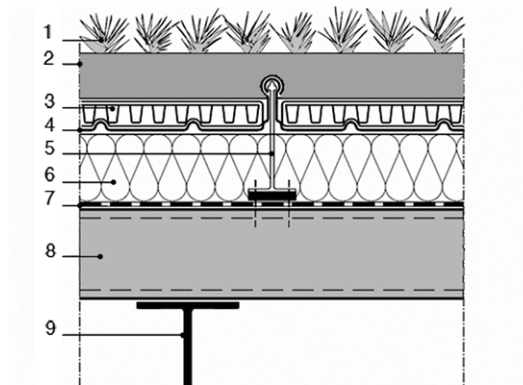


I tetti verdi sono sistemi multistrato permeabili sopra uno strato drenante che possono ricoprire con vegetazione i tetti degli edifici, piattaforme, parcheggi. Sono progettati per intercettare e trattenere l'acqua piovana, attenuando il picchi massimi di deflusso.

PROCESSO		GESTIONE		DESTINAZIONE D'USO	
Infiltrazione	SI	Controllo locale	SI	Residenziale a bassa densità	SI
Detenzione/ attenuazione	SI	Controllo nell'intorno	NO	Residenziale ad alta densità	SI
Trasporto	NO	Controllo territoriale	NO	Strade	NO
Riutilizzo	SI			Commerciale	SI
				Industriale	SI
				di Riqualifica	SI
				Contaminata	SI
SPAZIO DISPONIBILE			TIPO DI TERRENO		
Basso	SI		Impermeabile	SI	
Alto	SI		Permeabile	SI	
RIDUZIONE DEL RISCHIO					
Idraulico	Riduzione dei Picchi di deflusso				MEDIO
	Riduzione del Volume di deflusso				MEDIO
Inquinamento	Corpi sospesi				ALTO
	Nutrienti				BASSO
	Metalli pesanti				MEDIO
VALORE ECOLOGICO			VALORE ESTETICO		
BUONO			BUONO		



## SEZIONE



1. Pianta con crescita a raso, autorigeneranti e resistono sia all'afa sia al gelo.
2. Sottostrato per la vegetazione - Consiste in un terriccio naturale di qualità controllata.
3. Stuoia drenante integrata con strato di tessuto filtrante.
4. Il pannello di alluminio è totalmente resistente all'umidità e alla penetrazione da parte delle radici.
5. Giunti tra copertura e struttura.
6. Isolamento termico - Questo può essere adattato perfettamente ai requisiti specifici di ciascun edificio e clima.
7. Barriera al vapore - La barriera al vapore fornisce protezione dalla condensa.
8. Pannelli profilati in alluminio. Forniscono una sovrastruttura calpestabile resistente e non fragile per tetti con struttura a orditura metallica di travi e arcarecci.
9. Sottostruttura metallica a travi e arcarecci - Sistema costruttivo dell'edificio da coprire.

## VANTAGGI

- Buona capacità di rimozione delle sostanze inquinanti dovute a fattori atmosferici.
- Riduce le sollecitazioni di espansione e contrazione delle strutture della copertura.
- Miglioramento dell'aria.
- Isola gli edifici.
- Assorbimento delle vibrazioni sonore.

## SVANTAGGI

- Elevati costi manutenzione rispetto alle coperture convenzionali.
- Qualsiasi danno alla membrana impermeabilizzante può causare problemi quando l'acqua è trattenuta sul tetto.

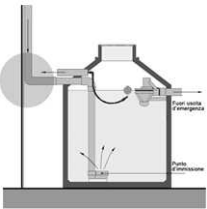
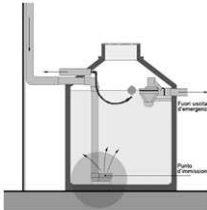
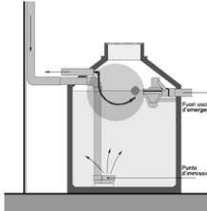


## Cisterne di raccolta



L'acqua piovana dai tetti o da superfici impermeabili può essere raccolta in grandi cisterne che consentano il suo riutilizzo per usi non potabili. Se propriamente progettate, le cisterne di raccolta possono contribuire ad aiutare a ridurre i rischi idraulici.

PROCESSO		GESTIONE		DESTINAZIONE D'USO	
Infiltrazione	NO	Controllo locale	SI	Residenziale a bassa densità	SI
Detenzione/ attenuazione	SI	Controllo nell'intorno	NO	Residenziale ad alta densità	SI
Trasporto	NO	Controllo territoriale	NO	Strade	NO
Riutilizzo	SI			Commerciale	SI
				Industriale	NO
				di Riqualifica	SI
				Contaminata	SI
SPAZIO DISPONIBILE			TIPO DI TERRENO		
Basso	n/c	Impermeabile	SI		
Alto	n/c	Permeabile	SI		
RIDUZIONE DEL RISCHIO					
Idraulico	Riduzione dei Picchi di deflusso				ALTO
	Riduzione del Volume di deflusso				ALTO
Inquinamento	Corpi sospesi				ALTO
	Nutrienti				BASSO
	Metalli pesanti				MEDIO
VALORE ECOLOGICO			VALORE ESTETICO		
BASSO			BASSO		

PRIMA FASE	SEZIONE
La prima fase rimuove il grosso dei detriti consentendo il passaggio dell'acqua piovana all'interno del contenitore;	
SECONDA FASE	SEZIONE
L'acqua viene immessa alla base della cisterna in modo da facilitare il deposito dei corpi solidi;	
TERZA FASE	SEZIONE
La pompa di immissione è progettata per galleggiare dove la pulizia dell'acqua è migliore.	

VANTAGGI	SVANTAGGI
<ul style="list-style-type: none"> <li>o Facili da introdurre in spazi aperti.</li> <li>o Riduce i consumi d'acqua.</li> <li>o Costi non eccessivi nel tempo.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>o Inizialmente il sistema può essere complesso e costoso.</li> <li>o Non consigliabile in aree il cui margine è usato a parcheggio.</li> <li>o Non sempre il suo inserimento risulta gradevole.</li> </ul>



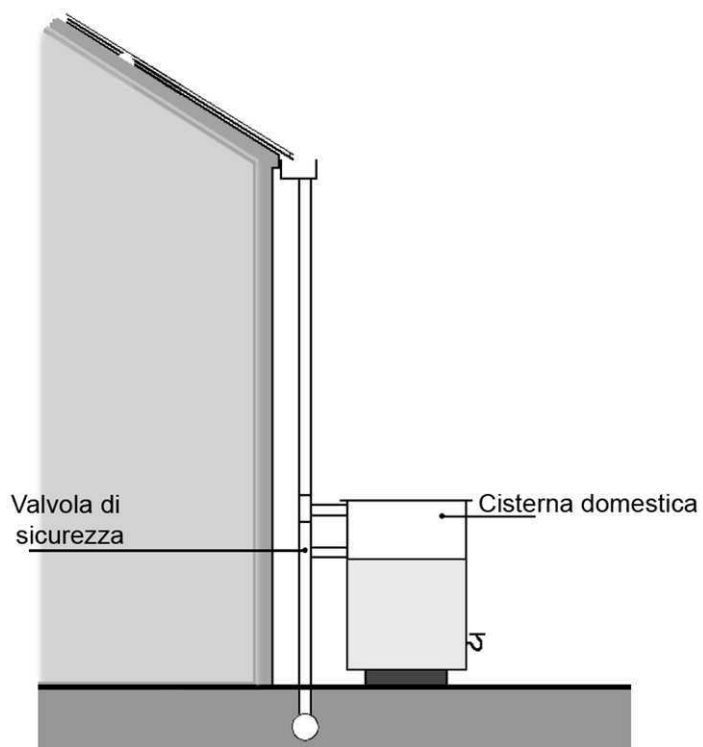
## Cisterne domestiche



Sono i più comuni ed economici sistemi per la raccolta dell'acqua piovana, normalmente di caduta delle grondaie dei tetti. Sono di piccole dimensioni e sono pensati per raccogliere e conservare l'acqua piovana un uso non potabile limitato.

PROCESSO		GESTIONE		DESTINAZIONE D'USO	
Infiltrazione	NO	Controllo locale	SI	Residenziale a bassa densità	SI
Detenzione/ attenuazione	SI	Controllo nell'intorno	NO	Residenziale ad alta densità	SI
Trasporto	NO	Controllo territoriale	NO	Strade	NO
Riutilizzo	SI			Commerciale	SI
				Industriale	NO
				di Riqualifica	SI
		Contaminata	SI		
SPAZIO DISPONIBILE			TIPO DI TERRENO		
Basso	n/c	Impermeabile	SI		
Alto	n/c	Permeabile	SI		
RIDUZIONE DEL RISCHIO					
Idraulico	Riduzione dei Picchi di deflusso				BASSO
	Riduzione del Volume di deflusso				BASSO
Inquinamento	Corpi sospesi				BASSO
	Nutrienti				BASSO
	Metalli pesanti				BASSO
VALORE ECOLOGICO			VALORE ESTETICO		
BASSO			BASSO		

## SEZIONE



### VANTAGGI

- Facili da installare.
- Facili da inserire nella ricostruzione.
- Risparmio sul consumo dell'acqua.
- Bassi costi di installazione e manutenzione.

### SVANTAGGI

- Poca capacità.
- Rischi di bloccaggio dei sistemi di connessione.
- Necessitano di continue ispezioni per assicurare un effettivo funzionamento.



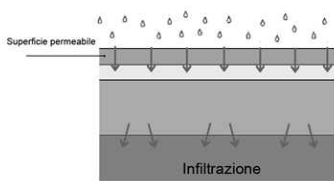
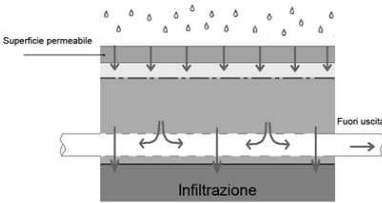
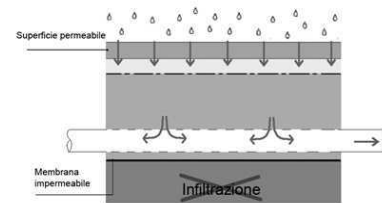


## Superfici permeabili



Sono marciapiedi o parcheggi che permettono alla pioggia di infiltrarsi attraverso la superficie pavimentata in uno strato di raccolta inferiore, dove l'acqua è contenuta prima di essere infiltrata nel terreno, riutilizzata, o rilasciata ad altri dispositivi drenanti.

PROCESSO		GESTIONE		DESTINAZIONE D'USO	
Infiltrazione	SI	Controllo locale	SI	Residenziale a bassa densità	SI
Detenzione/ attenuazione	SI	Controllo nell'intorno	NO	Residenziale ad alta densità	SI
Trasporto	NO	Controllo territoriale	NO	Strade	NO
Riutilizzo	SI			Commerciale	SI
				Industriale	SI
				di Riqualifica	SI
		Contaminata	SI		
SPAZIO DISPONIBILE			TIPO DI TERRENO		
Basso	SI	Impermeabile		SI	
Alto	SI	Permeabile		SI	
RIDUZIONE DEL RISCHIO					
Idraulico	Riduzione dei Picchi di deflusso				BUONO
	Riduzione del Volume di deflusso				BUONO
Inquinamento	Corpi sospesi				ALTO
	Nutrienti				ALTO
	Metalli pesanti				ALTO
VALORE ECOLOGICO			VALORE ESTETICO		
BASSE			MEDIO		

<p><b>tipologia A</b></p> <p>L'acqua passa attraverso la superficie permeabile (dove può essere detenuta temporaneamente) per poi essere rilasciata e filtrata negli strati inferiori del terreno. Per evitare che il dispositivo si saturi, e diventi meno efficiente, un sistema di troppo pieno deve provvedere a trattare e trasferire l'acqua in eccesso durante eventi particolarmente critici;</p>	<p><b>SEZIONE</b></p> 
<p><b>tipologia B</b></p> <p>Concettualmente simile alla tipologia A, vede l'inserimento di una serie di tubi forati che aiutano a trasferire ad altri sistemi di drenaggio parte dell'acqua piovana che il dispositivo non è in grado di infiltrare nel terreno;</p>	<p><b>SEZIONE</b></p> 
<p><b>tipologia C</b></p> <p>Non permette l'infiltrazione. Viene posta una membrana impermeabile alla base del dispositivo che impedisce all'acqua filtrata attraverso i vari strati superiori della struttura di infiltrarsi nel terreno. Viene e trasferita attraverso un sistema di tubazioni forate simile a quella della tipologia B. Viene spesso usata dove il terreno ha una bassa permeabilità, quando l'acqua deve essere conservata e riutilizzata o quando ci sono seri rischi di inquinamento delle falde acquifere.</p>	<p><b>SEZIONE</b></p> 

VANTAGGI	SVANTAGGI
<ul style="list-style-type: none"> <li>○ Rimozione dell'inquinamento urbano.</li> <li>○ Significativa riduzione dei deflussi di scorrimento dell'acqua piovana.</li> <li>○ Ottimi per aree ad alta densità.</li> <li>○ Buon utilizzo nella ristrutturazione.</li> <li>○ Bassi costi di manutenzione.</li> <li>○ Rimozione dei canali di scolo e tombini.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ Non consigliato per aree con abbondanti formazioni di sedimenti.</li> <li>○ Accumulo di detriti e sporcizia se la pulizia non viene garantita.</li> </ul>

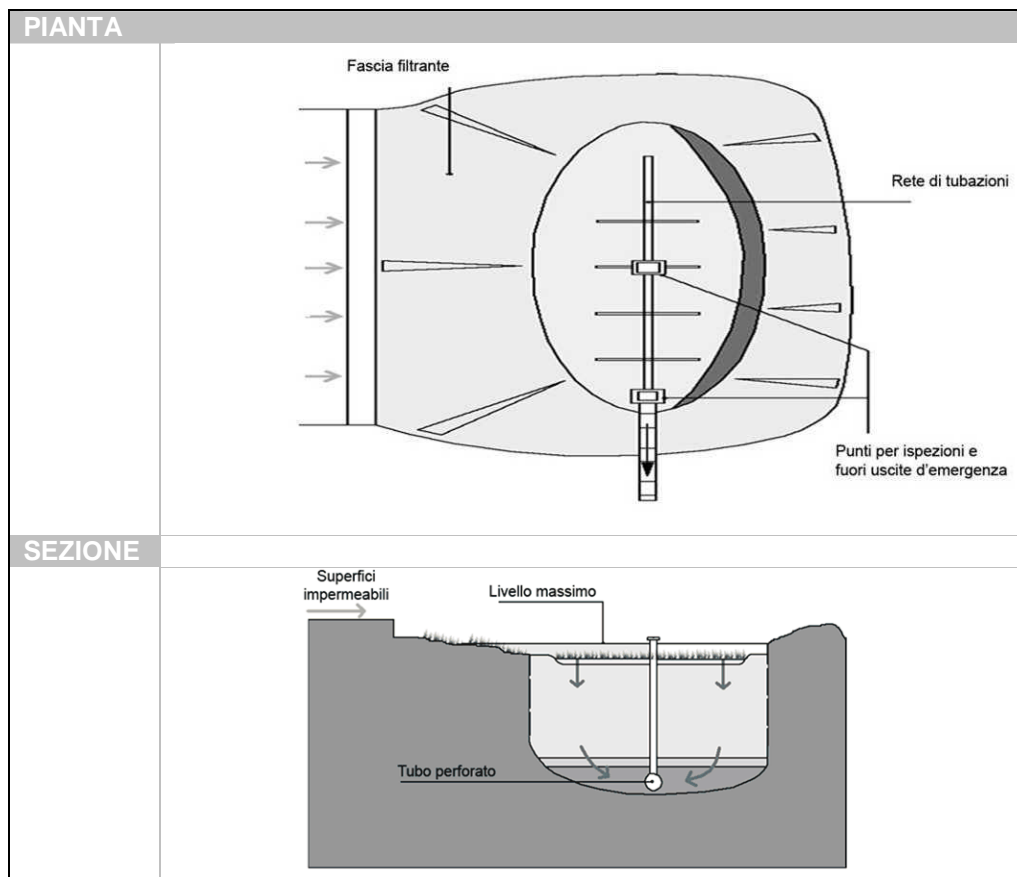


## Sistemi di bioritenzione



Le aree di bioritenzione sono zone depresse poco profonde costituite da substrati di terreno drenante ricoperti da fitta vegetazione. Svolgono un trattamento dell'acqua piovana che permette di rimuovere parte dell'inquinamento e riduce il volume dei deflussi d'acqua.

PROCESSO		GESTIONE		DESTINAZIONE D'USO	
Infiltrazione	SI	Controllo locale	SI	Residenziale a bassa densità	SI
Detenzione/ attenuazione	SI	Controllo nell'intorno	SI	Residenziale ad alta densità	SI
Trasporto	NO	Controllo territoriale	NO	Strade	SI
Riutilizzo	NO			Commerciale	SI
				Industriale	SI
				di Riqualifica	SI
		Contaminata	SI		
SPAZIO DISPONIBILE			TIPO DI TERRENO		
Basso	NO	Impermeabile		SI	
Alto	SI	Permeabile		SI	
RIDUZIONE DEL RISCHIO					
Idraulico	Riduzione dei Picchi di deflusso				MEDIO
	Riduzione del Volume di deflusso				MEDIO
Inquinamento	Corpi sospesi				ALTO
	Nutrienti				BASSO
	Metalli pesanti				ALTO
VALORE ECOLOGICO			VALORE ESTETICO		
MEDIO			BUONO		



### VANTAGGI

- Facilmente inseribile entro spazi aperti.
- Promuove l'infiltrazione.
- Facile da costruire.
- Può essere usato come pre-trattamento.
- Bassi costi di realizzazione e manutenzione.

### SVANTAGGI

- Non consigliato per aree scoscese.
- Grandi spazi richiesti.
- Non consigliabili in aree il cui esiste il rischio di inquinamento delle falde freatiche.
- Non significativi per ridurre il deflusso delle acque per eventi particolarmente critici.



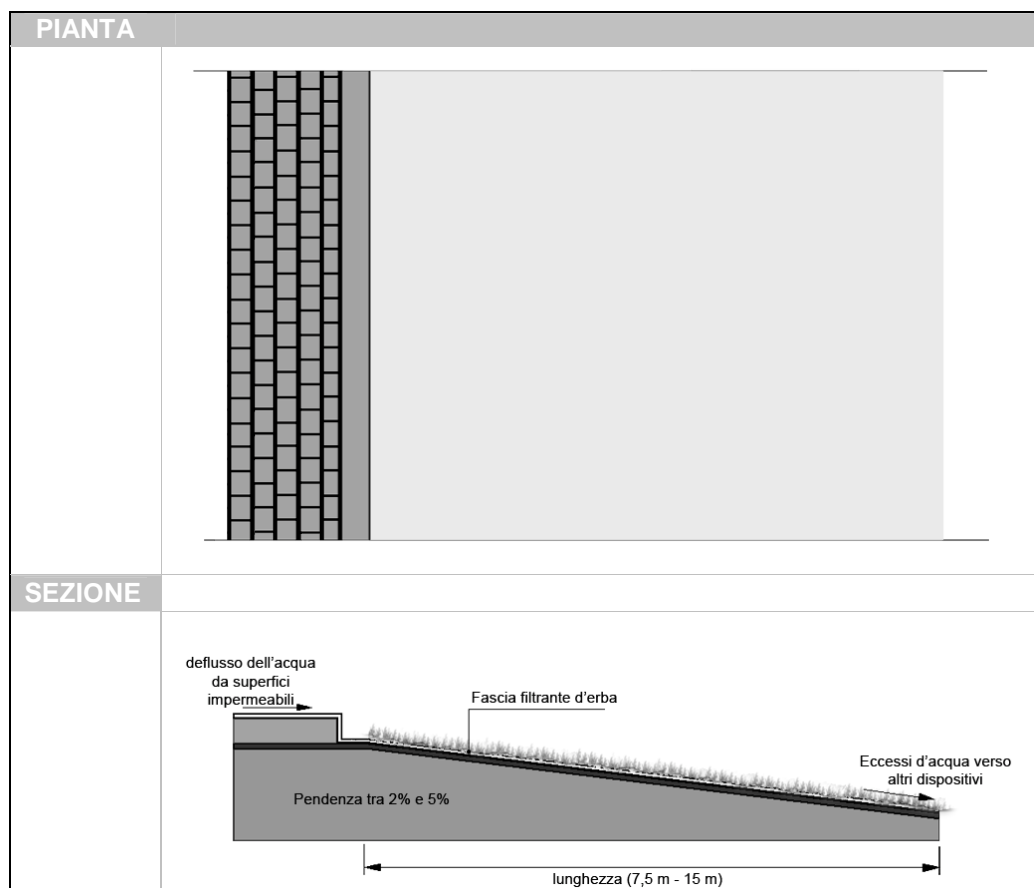
## Fasce di infiltrazione



Sono vaste fasce di verde, lievemente inclinate che trattano l'acqua in eccesso proveniente da vicine zone impermeabili.

PROCESSO		GESTIONE		DESTINAZIONE D'USO	
Infiltrazione	SI	Controllo locale	SI	Residenziale a bassa densità	SI
Detenzione/ attenuazione	NO	Controllo nell'intorno	SI	Residenziale ad alta densità	SI
Trasporto	NO	Controllo territoriale	NO	Strade	SI
Riutilizzo	NO			Commerciale	SI
				Industriale	SI
				di Riqualifica	SI
		Contaminata	SI		
SPAZIO DISPONIBILE			TIPO DI TERRENO		
Basso	NO	Impermeabile		NO	
Alto	SI	Permeabile		SI	
RIDUZIONE DEL RISCHIO					
Idraulico	Riduzione dei Picchi di deflusso				BASSO
	Riduzione del Volume di deflusso				BASSO
Inquinamento	Corpi sospesi				MEDIO
	Nutrienti				BASSO
	Metalli pesanti				MEDIO
VALORE ECOLOGICO			VALORE ESTETICO		
MEDIO			MEDIO		





#### VANTAGGI

- Buona riduzione volumi dei deflussi d'acqua.
- Buona rimozione dell'inquinamento.
- Buona flessibilità di inserimento in spazi chiusi.
- Ottimi in zone con alte concentrazioni di inquinamento.
- Possibilità di inserimento in progetti di ricostruzione.

#### SVANTAGGI

- Non consigliabili in aree con forte pendenza.
- Rischi di blocco nei sistemi di connessione.

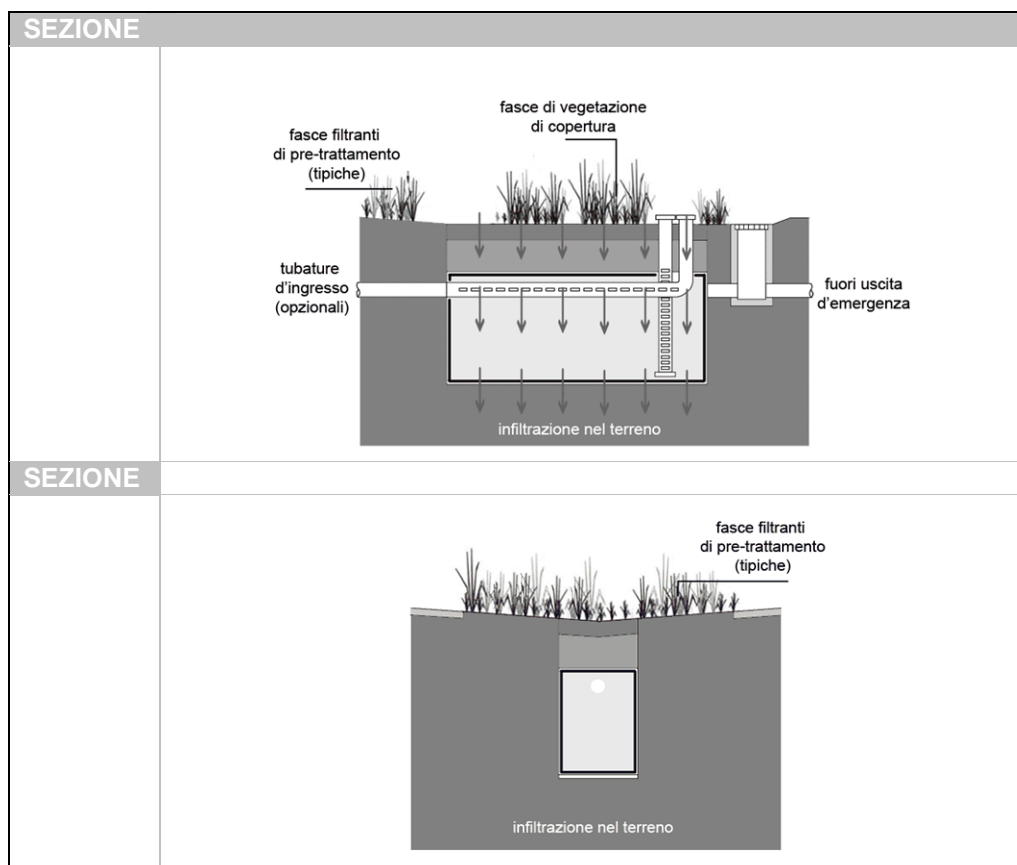


## Gallerie di infiltrazione



Riempite con detriti o pietre le trincee infiltranti e filtranti sono scavate in profondità nel terreno e creano superfici per stazionamenti temporanei dell'acqua piovana. Sono dispositivi con la possibilità di ricaricare le falde acquifere preservandone il loro livello.

PROCESSO		GESTIONE		DESTINAZIONE D'USO	
Infiltrazione	SI	Controllo locale	SI	Residenziale a bassa densità	SI
Detenzione/ attenuazione	SI	Controllo nell'intorno	SI	Residenziale ad alta densità	SI
Trasporto	NO	Controllo territoriale	NO	Strade	SI
Riutilizzo	NO			Commerciale	SI
				Industriale	SI
				di Riqualifica	SI
		Contaminata	SI		
SPAZIO DISPONIBILE			TIPO DI TERRENO		
Basso	SI	Impermeabile	NO		
Alto	SI	Permeabile	SI		
RIDUZIONE DEL RISCHIO					
Idraulico	Riduzione dei Picchi di deflusso				MEDIO
	Riduzione del Volume di deflusso				ALTO
Inquinamento	Corpi sospesi				ALTO
	Nutrienti				MEDIO
	Metalli pesanti				ALTO
VALORE ECOLOGICO			VALORE ESTETICO		
BASSO			BASSO		



## VANTAGGI

- Buona riduzione di volume dei deflussi d'acqua.
- Ottimi per rimozione dell'inquinamento in zone con alte concentrazioni d'inquinamento.
- Buona flessibilità di inserimento in spazi chiusi.
- Possibilità di inserimento in progetti di ricostruzione.

## SVANTAGGI

- Non consigliabili in aree scoscese.
- Rischi di blocco nei sistemi di connessione.

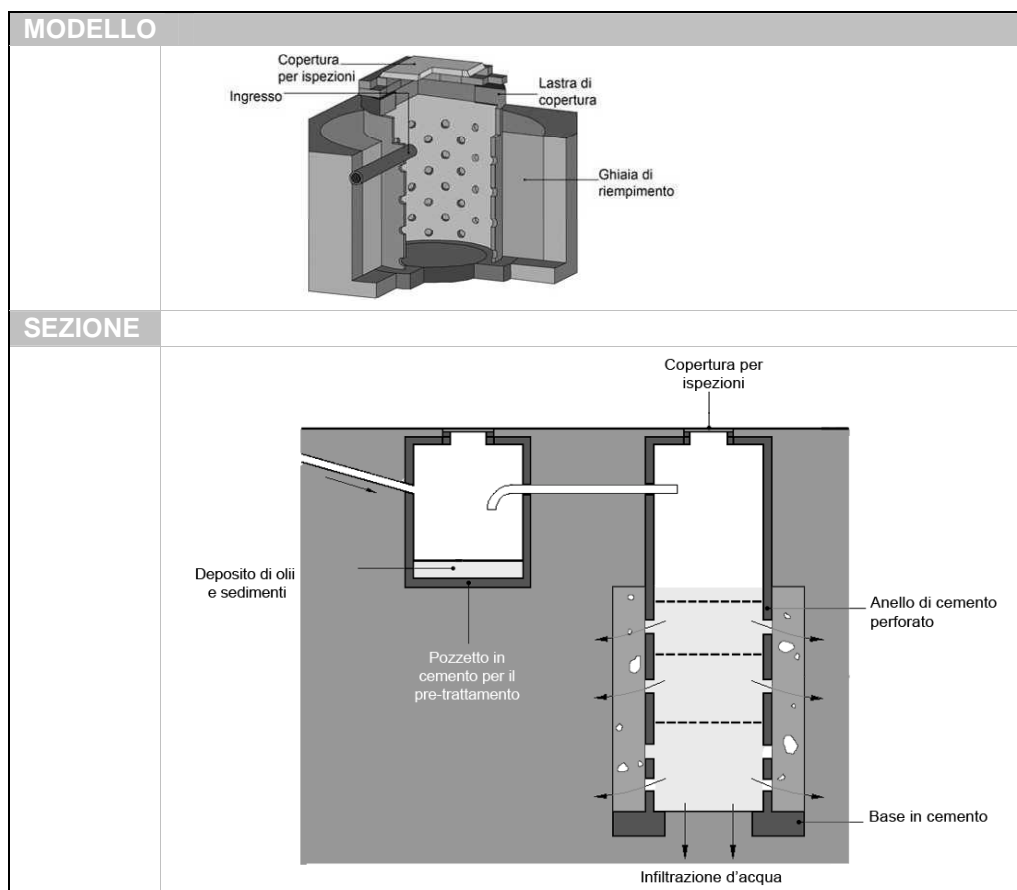


## Cisterne sotterranee



Sono cisterne sotterranee di forma quadrata o circolare che vengono alloggiate in contenitori di materiale plastico precedentemente inseriti nel terreno oppure ricoperte in terra battuta o in ghiaio. Possono essere collegate tra loro per il drenaggio di vaste aree aumentando la loro efficacia nella riduzione del rischio idraulico.

PROCESSO		GESTIONE		DESTINAZIONE D'USO	
Infiltrazione	SI	Controllo locale	SI	Residenziale a bassa densità	SI
Detenzione/ attenuazione	SI	Controllo nell'intorno	SI	Residenziale ad alta densità	SI
Trasporto	NO	Controllo territoriale	NO	Strade	SI
Riutilizzo	SI			Commerciale	SI
				Industriale	NO
				di Riqualifica	SI
		Contaminata	SI		
SPAZIO DISPONIBILE			TIPO DI TERRENO		
Basso	SI	Impermeabile		NO	
Alto	SI	Permeabile		SI	
RIDUZIONE DEL RISCHIO					
Idraulico	Riduzione dei Picchi di deflusso				BUONO
	Riduzione del Volume di deflusso				BUONO
Inquinamento	Corpi sospesi				MEDIO
	Nutrienti				BASSO
	Metalli pesanti				MEDIO
VALORE ECOLOGICO			VALORE ESTETICO		
BASSO			BASSO		



### VANTAGGI

- Facili da installare.
- Facilitano la ricarica della falda acquifera.
- Buona riduzione del volume dei flussi d'acqua.
- Buona rimozione dell'inquinamento.

### SVANTAGGI

- Non consigliato per terreni impermeabili.
- Rischi di bloccaggio dei sistemi di connessione.
- Necessitano di continue ispezioni per assicurare un'effettiva infiltrazione.
- Non consigliabile in zone in cui esiste il rischio di inquinamento della falda acquifera.



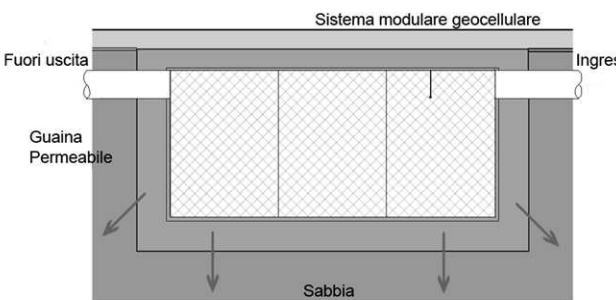
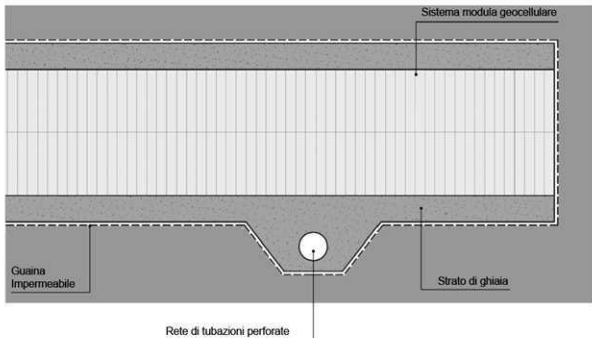


## Sistemi modulari geocellulari

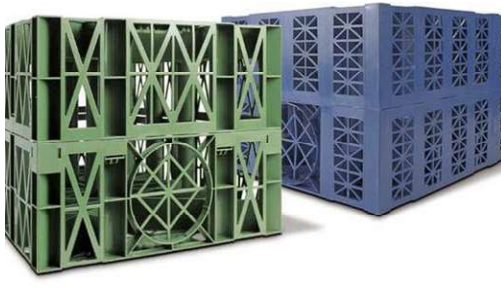


Sono dispositivi con un alta capacità di detenzione che possono essere usati per creare sotto il terreno strutture in grado di contenere grandi quantità d'acqua o di permettere l'infiltrazione nel terreno.

PROCESSO		GESTIONE		DESTINAZIONE D'USO	
Infiltrazione	SI	Controllo locale	SI	Residenziale a bassa densità	SI
Detenzione/ attenuazione	SI	Controllo nell'intorno	SI	Residenziale ad alta densità	NO
Trasporto	NO	Controllo territoriale	NO	Strade	NO
Riutilizzo	NO			Commerciale	SI
				Industriale	NO
				di Riqualifica	SI
		Contaminata	SI		
SPAZIO DISPONIBILE			TIPO DI TERRENO		
Basso	NO	Impermeabile		SI	
Alto	SI	Permeabile		SI	
RIDUZIONE DEL RISCHIO					
Idraulico	Riduzione dei Picchi di deflusso				BUONO
	Riduzione del Volume di deflusso				BUONO
Inquinamento	Corpi sospesi				BASSO
	Nutrienti				n/c
	Metalli pesanti				BASSO
VALORE ECOLOGICO			VALORE ESTETICO		
BASSO			BASSO		

<p><b>struttura modulare A</b></p> <p>Una struttura modulare in cui le tubazioni di ingresso e di troppo pieno sono connesse lateralmente alla struttura. Il dispositivo si comporta come una cisterna sotterranea orizzontale (l'utilizzo di guaine impermeabili può consentire la detenzione)</p>	<p><b>SEZIONE</b></p> 
<p><b>struttura modulare B</b></p> <p>Una struttura modulare (figura D8.3) con la presenza una rete di tubazioni forate di distribuzione disposte sopra o all'interno dei contenitori. In presenza di deflussi critici, l'acqua viene espulsa dalla rete di tubazione, attraverso lo strato di ghiaia sottostante.</p>	<p><b>SEZIONE</b></p> 

VANTAGGI	SVANTAGGI
<ul style="list-style-type: none"> <li>○ Facili da introdurre in spazi aperti.</li> <li>○ Buona riduzione della velocità dei flussi d'acqua.</li> <li>○ Buona rimozione dell'inquinamento.</li> <li>○ Bassi costi.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ Non consigliato in aree scoscese.</li> <li>○ Non consigliabili in aree il cui margine è usato a parcheggio.</li> <li>○ Rischi di blocco dei sistemi di connessione.</li> </ul>

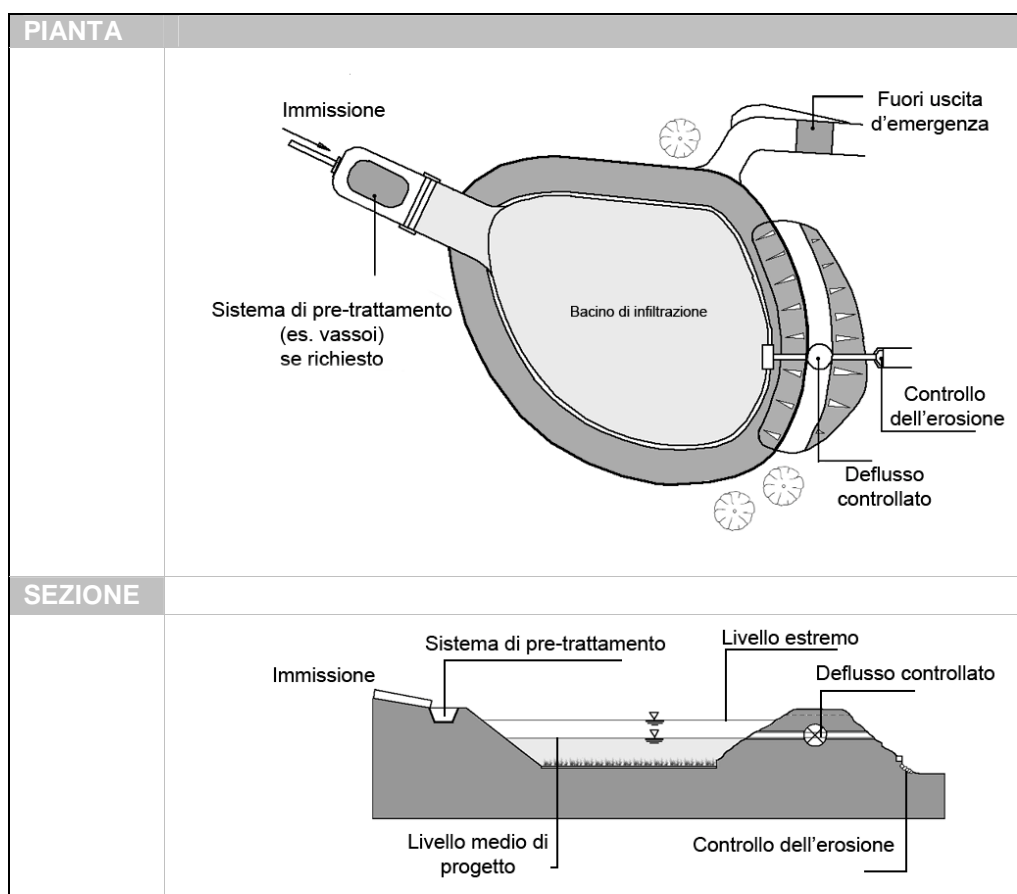


## Bacini di infiltrazione



Sono superfici depresse di vegetazione studiate per trattenere l'acqua piovana in eccesso e farla infiltrare successivamente nel terreno, facilitando un lento deflusso delle acque durante fenomeni di piogge intense.

PROCESSO		GESTIONE		DESTINAZIONE D'USO	
Infiltrazione	SI	Controllo locale	NO	Residenziale a bassa densità	SI
Detenzione/ attenuazione	SI	Controllo nell'intorno	SI	Residenziale ad alta densità	NO
Trasporto	NO	Controllo territoriale	NO	Strade	SI
Riutilizzo	NO			Commerciale	SI
				Industriale	NO
				di Riqualifica	SI
		Contaminata	SI		
SPAZIO DISPONIBILE			TIPO DI TERRENO		
Basso	NO	Impermeabile	NO		
Alto	SI	Permeabile	SI		
RIDUZIONE DEL RISCHIO					
Idraulico	Riduzione dei Picchi di deflusso				MEDIO
	Riduzione del Volume di deflusso				BUONO
Inquinamento	Corpi sospesi				ALTO
	Nutrienti				MEDIO
	Metalli pesanti				ALTO
VALORE ECOLOGICO			VALORE ESTETICO		
BUONO			BUONO		



### VANTAGGI

- Buona riduzione volumi dei deflussi d'acqua.
- Buona riduzione velocità dei flussi d'acqua.
- Buona rimozione dell'inquinamento.
- Contribuiscono alla ricarica della falda freatica.

### SVANTAGGI

- Richiede un a specifica conoscenza geotecnica.
- Richiede ampi spazi.



## Vassoi

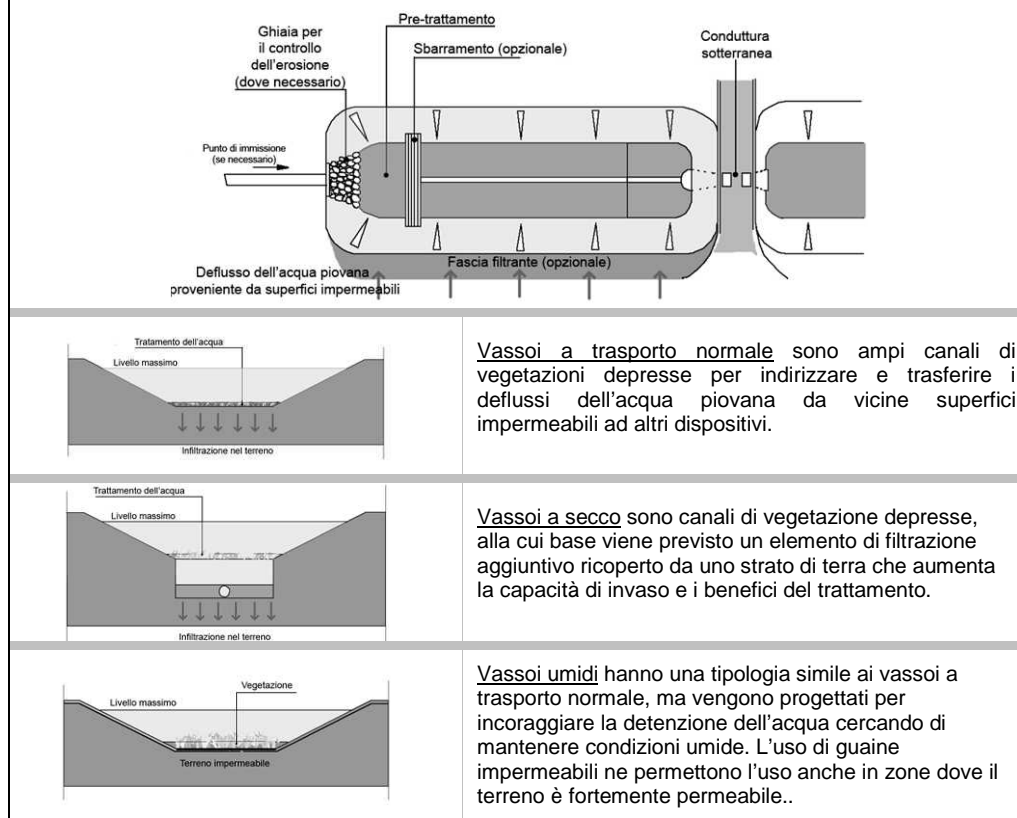


Sono formati da zone depresse lineari di vegetazioni che raccolgono flussi d'acqua da zone impermeabili. Dove possibile, possono essere progettati in modo da consentire infiltrazioni. Possono sostituire i sistemi convenzionali di drenaggio dell'acqua.

PROCESSO		GESTIONE		DESTINAZIONE D'USO	
Infiltrazione	SI	Controllo locale	SI	Residenziale a bassa densità	SI
Detenzione/ attenuazione	SI	Controllo nell'intorno	SI	Residenziale ad alta densità	NO
Trasporto	SI	Controllo territoriale	NO	Strade	SI
Riutilizzo	NO			Commerciale	SI
				Industriale	SI
				di Riqualifica	SI
		Contaminata	SI		
SPAZIO DISPONIBILE			TIPO DI TERRENO		
Basso	NO	Impermeabile		SI	
Alto	SI	Permeabile		SI	
RIDUZIONE DEL RISCHIO					
Idraulico	Riduzione dei Picchi di deflusso				MEDIO
	Riduzione del Volume di deflusso				MEDIO
Inquinamento	Corpi sospesi				ALTO
	Nutrienti				BASSO
	Metalli pesanti				MEDIO
VALORE ECOLOGICO			VALORE ESTETICO		
MEDIO			MEDIO		



## PIANTA



## VANTAGGI

- Facili da introdurre in spazi aperti.
- Buona riduzione velocità del deflusso d'acqua piovana.
- Buona rimozione dell'inquinamento.
- Bassi costi.

## SVANTAGGI

- Non consigliati per aree scoscese.
- Non consigliabili in aree il cui margine è usato a parcheggio.
- Rischi di intasamenti nei sistemi di connessione.

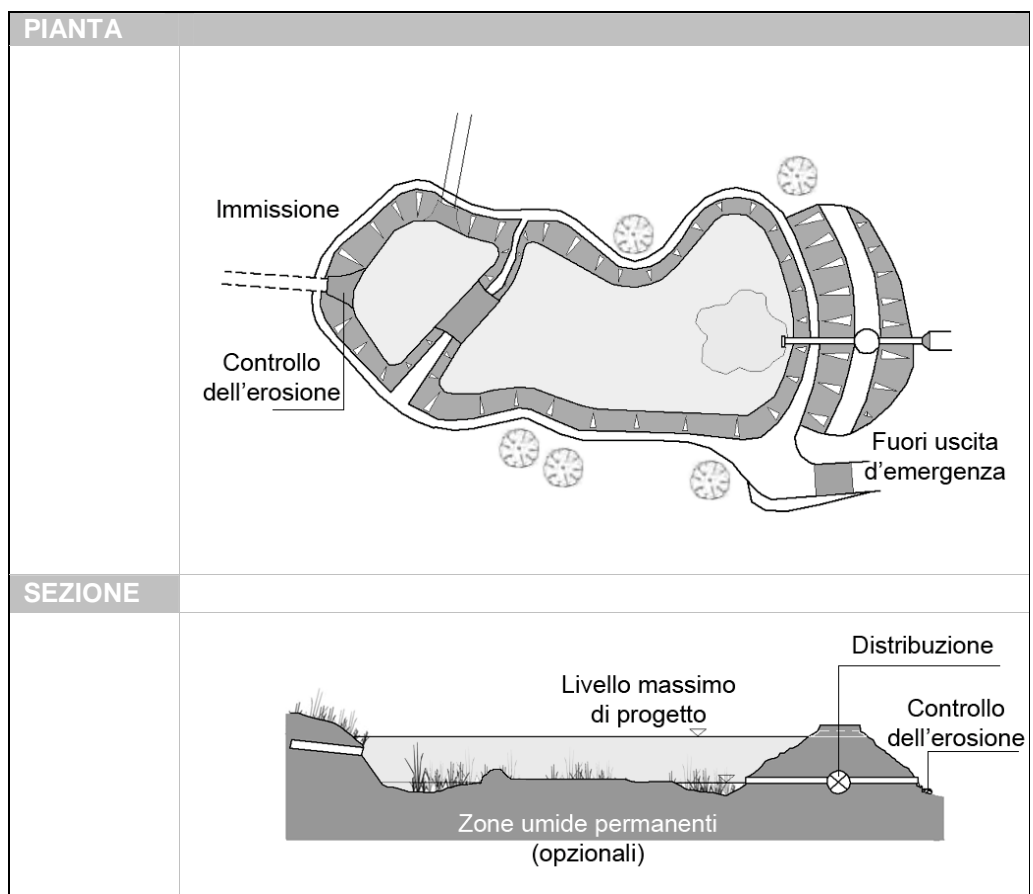


## Bacini di detenzione



I Bacini di detenzione sono superfici progettati per detenere il deflusso delle acque piovane. Normalmente asciutti sebbene possono avere piccole vasche piene tra le insenature e nelle vicinanze dei canali di scolo e possono essere usati per funzioni ricreative.

PROCESSO		GESTIONE		DESTINAZIONE D'USO	
Infiltrazione	SI	Controllo locale	NO	Residenziale a bassa densità	SI
Detenzione/ attenuazione	SI	Controllo nell'intorno	SI	Residenziale ad alta densità	SI
Trasporto	NO	Controllo territoriale	SI	Strade	SI
Riutilizzo	NO			Commerciale	SI
				Industriale	SI
				di Riqualifica	SI
		Contaminata	SI		
SPAZIO DISPONIBILE			TIPO DI TERRENO		
Basso	NO	Impermeabile		SI	
Alto	SI	Permeabile		SI	
RIDUZIONE DEL RISCHIO					
Idraulico	Riduzione dei Picchi di deflusso				BUONO
	Riduzione del Volume di deflusso				BASSO
Inquinamento	Corpi sospesi				MEDIO
	Nutrienti				BASSO
	Metalli pesanti				MEDIO
VALORE ECOLOGICO			VALORE ESTETICO		
BUONO			BUONO		



#### VANTAGGI

- Buona riduzione volumi dei deflussi d'acqua.
- Buona rimozione dell'inquinamento.
- Ottimi in zone con alte concentrazioni di inquinamento.
- Possono contenere grandi volumi d'acqua.
- Doppio uso del suolo.

#### SVANTAGGI

- Non consigliabili in aree scoscese.



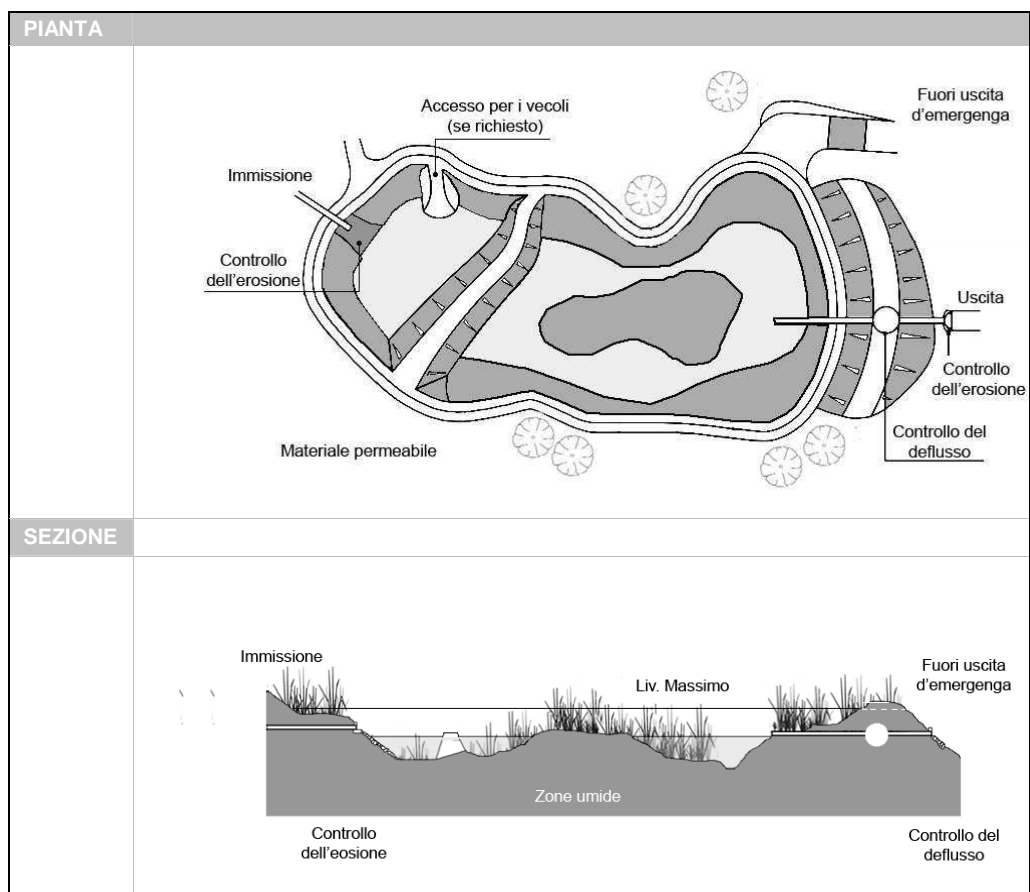
## Zone umide



Sono dispositivi che possono fornire attenuazioni al rischio idraulico e trattamenti per migliorare le qualità delle acque. Alternano stagni poco profondi a zone umide paludose ricoperte quasi interamente da vegetazione acquatica. Catturano e detengono i flussi per lunghi periodi permettendo una accurata sedimentazione, facilitando i processi di fitodepurazione in grado di rimuovere i contaminanti, apportando significativi benefici estetici ed ecologici.

PROCESSO		GESTIONE		DESTINAZIONE D'USO	
Infiltrazione	NO	Controllo locale	NO	Residenziale a bassa densità	SI
Detenzione/ attenuazione	SI	Controllo nell'intorno	SI	Residenziale ad alta densità	SI
Trasporto	NO	Controllo territoriale	SI	Strade	SI
Riutilizzo	SI			Commerciale	SI
				Industriale	SI
				di Riqualifica	SI
		Contaminata	SI		
SPAZIO DISPONIBILE			TIPO DI TERRENO		
Basso	NO	Impermeabile	SI		
Alto	SI	Permeabile	SI		
RIDUZIONE DEL RISCHIO					
Idraulico		Riduzione dei Picchi di deflusso			BUONO
		Riduzione del Volume di deflusso			MEDIO
Inquinamento		Corpi sospesi			ALTO
		Nutrienti			MEDIO
		Metalli pesanti			ALTO
VALORE ECOLOGICO			VALORE ESTETICO		
BUONO			BUONO		





### VANTAGGI

- Possono provvedere a diminuire il rischio idraulico.
- Notevoli benefici estetici ed ecologici.
- Buona capacità di rimozione dell'inquinamento urbano.

### SVANTAGGI

- Necessitano di grandi spazi.
- Limitate attenuazioni dei volumi di deflusso.
- potenziali rischi per la salute pubblica nel caso di scarsa manutenzione.



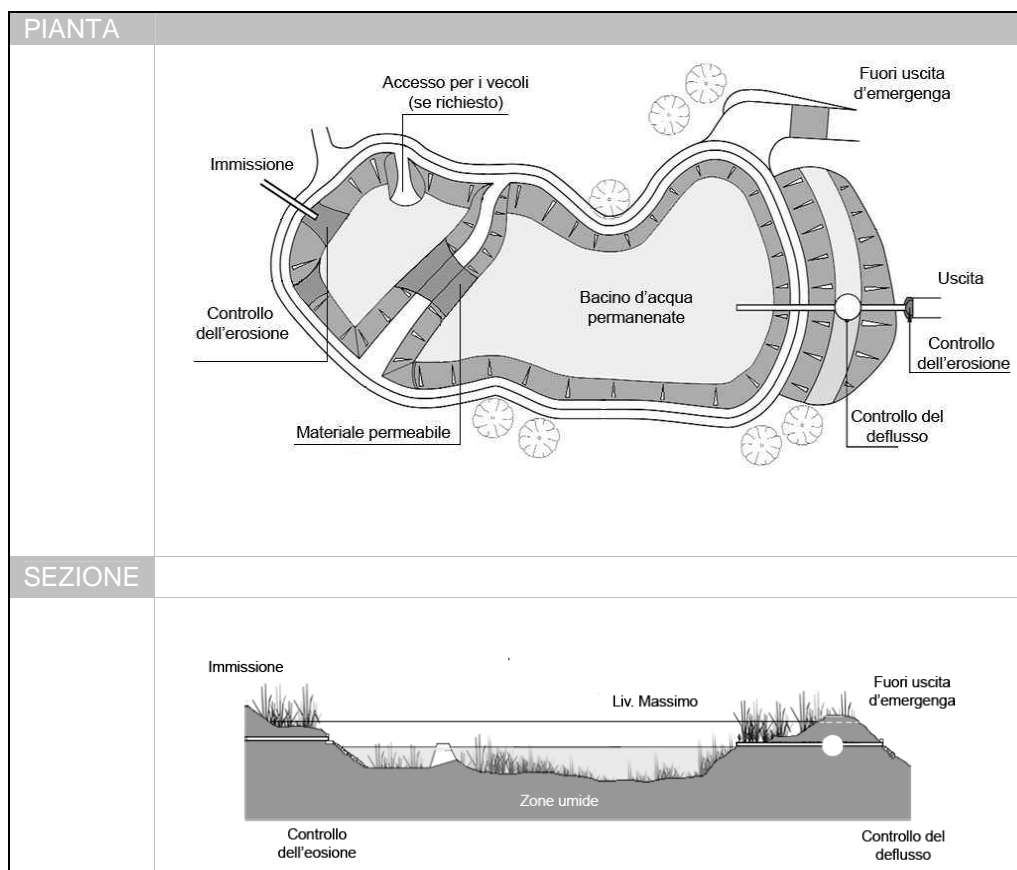


## Stagni



Uno stagno è un sistema per il controllo delle acque piovane costituito principalmente da un bacino d'acqua permanentemente. Pensati come luoghi ricchi di vegetazione acquatica emergente e sommersa apportano notevoli benefici estetici ed ecologici consentendo la detenzione e il trattamento dei deflussi di qualsiasi precipitazione al loro interno. Il tempo di ritenzione promuove la rimozione degli inquinanti attraverso la sedimentazione e i processi di fitodepurazione per ridurre le concentrazioni di nutrienti.

PROCESSO		GESTIONE		DESTINAZIONE D'USO	
Infiltrazione	NO	Controllo locale	NO	Residenziale a bassa densità	SI
Detenzione/attenuazione	SI	Controllo nell'intorno	SI	Residenziale ad alta densità	SI
Trasporto	NO	Controllo territoriale	SI	Strade	SI
Riutilizzo	SI			Commerciale	SI
				Industriale	SI
				di Riqualifica	SI
		Contaminata	SI		
SPAZIO DISPONIBILE			TIPO DI TERRENO		
Basso	NO	Impermeabile		SI	
Alto	SI	Permeabile		SI	
RIDUZIONE DEL RISCHIO					
Idraulico	Riduzione dei Picchi di deflusso				MEDIO
	Riduzione del Volume di deflusso				BASSO
Inquinamento	Corpi sospesi				ALTO
	Nutrienti				BASSO
	Metalli pesanti				MEDIO
VALORE ECOLOGICO			VALORE ESTETICO		
BUONO			BUONO		



### VANTAGGI

- Possono provvedere a diminuire il rischio idraulico.
- Notevoli benefici estetici ed ecologici.
- Buona capacità di rimozione dell'inquinamento urbano.

### SVANTAGGI

- Non riduce il volume del deflusso
- Può essere limitato l'utilizzo in luoghi ad alta densità.
- potenziali rischi per la salute pubblica nel caso di scarsa manutenzione.



**Allegato I10**

**ASSEVERAZIONE SULLA COMPATIBILITA' IDRAULICA  
DELLE TRASFORMAZIONI TERRITORIALI**



REGIONE MARCHE – L.R. 22 DEL 23/11/2011, ART. 10  
**COMPATIBILITA' IDRAULICA DELLE TRASFORMAZIONI TERRITORIALI**

DGR N. 53 DEL 27/01/2014

**ASSEVERAZIONE SULLA  
COMPATIBILITA' IDRAULICA DELLE TRASFORMAZIONI TERRITORIALI  
(Verifica di Compatibilità Idraulica e/o Invarianza Idraulica)**

Il sottoscritto Dott. Geol. Paolo Ceccarini - C.F.: CCCPLA64B22L498B - nato a Urbania (PU) il 22.02.1964 ed ivi residente in Via Sant'Eracliano n° 3

in qualità di: ☐ tecnico dell'Ente ☒ Libero professionista

in possesso di Laurea in Scienze Geologiche, incaricato, nel rispetto delle vigenti disposizioni che disciplinano l'esercizio di attività professionale, dall'Amministrazione Comunale di Urbania (PU), con Determinazione del Responsabile del Settore Gestione del Territorio n° 10 del 02.02.2024 (Reg. Gen. n° 44)

- ☒ **di redigere la Verifica di Compatibilità Idraulica del seguente strumento di pianificazione del territorio, in grado di modificare il regime idraulico:**

VARIANTE AL PIANO REGOLATORE GENERALE (2024)

- ☐ **di definire le misure compensative rivolte al perseguimento dell'invarianza idraulica, per la seguente trasformazione/intervento che può provocare una variazione di permeabilità superficiale:**

**DICHIARA**

- ☒ di aver redatto la Verifica di Compatibilità Idraulica prevista dalla L.R. n. 22/2011 conformemente ai criteri e alle indicazioni tecniche stabilite dalla Giunta Regionale ai sensi dell'art. 10, comma 4 della stessa legge.
- ☒ che la Verifica di Compatibilità Idraulica ha almeno i contenuti minimi stabiliti dalla Giunta Regionale.
- ☒ di aver ricercato, raccolto e consultato le mappe catastali, le segnalazioni/informazioni relativi a eventi di esondazione/allagamento avvenuti in passato e dati su criticità legate a fenomeni di esondazione/allagamento in strumenti di programmazione o in altri studi conosciuti e disponibili.
- ☒ che l'area interessata dallo strumento di pianificazione
- ☒ non ricade / ☐ ricade parzialmente / ☐ ricade integralmente, nelle aree mappate nel Piano stralcio di bacino per l'Assetto Idrogeologico (PAI - ovvero da analoghi strumenti di pianificazione di settore redatti dalle Autorità di Bacino/Autorità di distretto).
- ☒ di aver sviluppato i seguenti livelli/fasi della Verifica di Compatibilità Idraulica:
- Preliminare;
  - Semplificata;
  - Completa (è stata eseguita come semplice approfondimento in quanto non strettamente necessaria).

- ☒ di avere adeguatamente motivato, a seguito della Verifica Preliminare, l'esclusione dai successivi livelli di analisi della Verifica di Compatibilità Idraulica.
- ☒ di avere adeguatamente motivato l'utilizzo della sola Verifica Semplificata, senza necessità della Verifica Completa (quest'ultima è stata comunque eseguita come semplice approfondimento).
- ☒ in caso di sviluppo delle analisi con la Verifica Completa, di aver individuato la pericolosità idraulica che contraddistingue l'area interessata dallo strumento di pianificazione secondo i criteri stabiliti dalla Giunta Regionale.
- ☒ che lo strumento di pianificazione/trasformazione/intervento ricade nella seguente classe (rif. Tab. 1, Titolo III, dei criteri stabiliti dalla Giunta Regionale) – barrare quella maggiore:
- ☐ trascurabile impermeabilizzazione potenziale;
  - ☐ modesta impermeabilizzazione potenziale;
  - ☐ significativa impermeabilizzazione potenziale;
  - ☐ marcata impermeabilizzazione potenziale;
  - ☒ il livello di impermeabilizzazione sarà definito in sede di redazione dei Piani Attuativi.
- ☐ di aver definito le misure volte al perseguimento dell'invarianza idraulica, conformemente ai criteri stabiliti dalla Giunta Regionale ai sensi dell'art. 10, comma 4 della stessa legge.
- ☐ che la valutazione delle misure volte al perseguimento dell'invarianza idraulica ha almeno i contenuti minimi stabiliti dalla Giunta Regionale.
- ☐ che le misure volte al perseguimento dell'invarianza idraulica sono quelle migliori conseguibili in funzione delle condizioni esistenti, ma inferiori a quelli previsti per la classe di appartenenza (rif. Tab. 1, Titolo III), ricorrendo le condizioni di cui al Titolo IV, Paragrafo 4.1.

### **ASSEVERA**

- ☒ la compatibilità tra lo strumento di pianificazione e le pericolosità idrauliche presenti, secondo i criteri stabiliti dalla Giunta Regionale ai sensi dell'art. 10, comma 4 della stessa legge.
- ☐ che per ottenere tale compatibilità sono previsti interventi per la mitigazione della pericolosità e del rischio, dei quali è stata valutata e indicata l'efficacia.
- ☐ la compatibilità tra la trasformazione/intervento previsto e il perseguimento dell'invarianza idraulica, attraverso l'individuazione di adeguate misure compensative, secondo i criteri stabiliti dalla Giunta Regionale ai sensi dell'art. 10, comma 4 della stessa legge.

Data: 04.04.2024

Il dichiarante

