

COMUNE DI SANT'ELPIDIO A MARE

PROVINCIA DI FERMO

PROGETTO OPERATIVO DEGLI INTERVENTI DI MESSA IN SICUREZZA PERMANENTE DELLA EX DISCARICA "BRACALENTE" IN LOCALITA' BRANCADORO

D.LGS. 3 APRILE 2006 N. 152 - PARTE IV - TITOLO V (BONIFICA DI SITI CONTAMINATI)

| | | |
|--|--|--|
| allegato A | oggetto RELAZIONE IDROLOGICA-IDRAULICA | scala |
| soggetto proponente: AMMINISTRAZIONE COMUNALE DI SANT'ELPIDIO A MARE | | data REV. 1 SETTEMBRE 2013 |

Tecnico Incaricato
Geol. Vincenzo OTERA

Tecnico Istruttore
Servizio Ambiente
Geom. Antonio BEVILACQUA

Responsabile Area 5
Vigilanza, Sicurezza, Tutela del
Territorio e Sviluppo Economico
Magg. Dott. Stefano TOFONI

STUDIO TECNICO DOTT. VINCENZO OTERA

GEOLOGIA TECNICA ED AMBIENTALE-PROGETTAZIONE GEOLOGICA- COORDINAMENTO SICUREZZA CANTIERI
via Angeli 602 63811 Sant'Elpidio a Mare (FM) Tel. 0734 810486 - 329 6342001 e-mail: v.otera@tiscali.it P.IVA: 01322290444 www.progettogeologia.it

COMUNE DI SANT'ELPIDIO A MARE
PROVINCIA DI FERMO

**PROGETTO OPERATIVO DI MESSA IN SICUREZZA
PERMANENTE DELLA EX DISCARICA "BRACALENTE"
IN LOCALITA' BRANCADORO**

D.LGS. 3 APRILE 2006 N. 152 – PARTE IV – TITOLO V (BONIFICA DEI SITI CONTAMINATI)

LOCALITA':

BRANCADORO

COMMITTENTE:

COMUNE DI SANT'ELPIDIO A MARE

ELABORATO:

UNICO

OGGETTO:

RELAZIONE IDROLOGICA IDRAULICA

SCALA:

RIFER.:

412/13

DATA:

AGOSTO 2013



Studio Tecnico Associato Geologi Specialisti
Enrico Gennari
Donato Mengarelli
Federico Biagiotti

Via Montello 4 - 61100 Pesaro
tel. 0721 32068 - fax 0721 375384 - P.I.: 0148106 041 4
www.consulenzaeprogetto.it - info@consulenzaeprogetto.it

PROGETTO OPERATIVO DI MESSA IN SICUREZZA PERMANENTE DELLA EX DISCARICA “BRACALENTE” IN LOCALITA’ BRANCADORO

D.LGS. 3 APRILE 2006 N. 152 – PARTE IV – TITOLO V (BONIFICA DEI SITI CONTAMINATI)

RELAZIONE IDROLOGICA IDRAULICA

SOMMARIO

| | | |
|------|---|----|
| I. | Premessa | 2 |
| II. | Caratteristiche generali del bacino del F. Chienti..... | 4 |
| I. | Definizione del modello idraulico..... | 8 |
| II. | Ricostruzione della Geometria del F. Chienti nel tratto considerato. | 10 |
| III. | Parametri idraulici | 12 |
| IV. | Costruzione del DEM per la definizione del limite di esondazione | 13 |
| V. | Ricostruzione dello scenario di rischio associato allo stato attuale..... | 15 |
| VI. | Conclusioni | 17 |

ALLEGATI AL TESTO

All. 1 – Modello idraulico elaborato con HEC-RAS

All. 2 – Modello digitale del terreno (DTM) e linee di deflusso principali **1: 2.000**

All. 3 – Livelli idrici associati allo scenario di rischio per $T_r=200$ anni **1: 1.000**

I. PREMESSA

La presente relazione idrologica idraulica è stata redatta dagli scriventi su incarico dell'Amministrazione comunale di Sant'Elpidio a Mare, per valutare le condizioni di pericolosità e rischio di un tratto omogeneo del F. Chienti, in località Bracalente, a valle del ponte sulla strada provinciale n° 8.

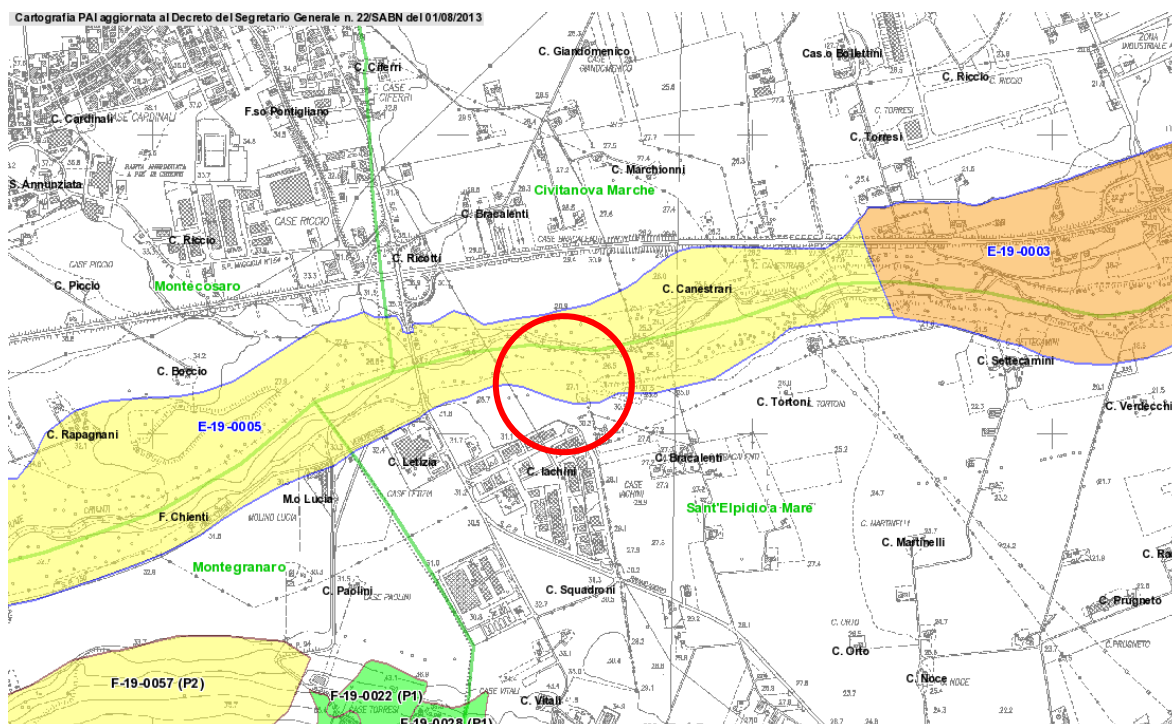


FIGURA 1: ESTRATTO DA CARTOGRAFIA PAI, NEL CERCHIO ROSSO L'AREA DI DISCARICA

La finalità dell'analisi è rivolta a ricostruire lo scenario di rischio associato ad un evento di piena con tempo di ritorno pari a 200 anni, come previsto dalla normativa del Piano di Assetto Idrogeologico dei bacini della Regione Marche (PAI) e per verificarne le interferenze con gli interventi di messa in sicurezza permanente della ex discarica di RSU posta in destra idrografica al F. Chienti. L'area risulta parzialmente compresa all'interno dell'area PAI (codice E-19-0005) assoggettata ad un livello di rischio di esondazione "medio" R2.

Dati e informazioni sui quali si è fatto riferimento nell'elaborazione della presente sono costituiti da:

- rilievi topografici strumentali eseguiti dal Geometra Danilo Torresi di Sant'Elpidio a Mare nell'ultima decade di luglio 2013;
- Cartografia Tecnica Regionale (CTR) in scala 1:10.000 sezioni n° 303120 e 304090;

- Sezioni fluviali e profilo del Fiume Chienti derivanti dal progetto “Rilievo topografico di dettaglio dei corsi d'acqua appartenenti ai bacini idrografici regionali delle Marche” condotto nel 2004 dalla Regione Marche – Servizio LL.PP. – Ufficio Difesa del Suolo;
- corografie e immagini satellitari;
- raccolta dati di pluviometria e livello idrometrico presenti negli annali e messi a disposizione dal sito web del Dipartimento della Protezione Civile regionale;
- “Studio idrologico-idraulico di un tratto del F. Chienti fra la confluenza con il T. Fiastra ed il ponte sulla SP34” realizzato dagli scriventi per il Piano di Lottizzazione D3 – Zona di espansione industriale nord a prevalenza terziaria (commerciale) in Comune di Corridonia;
- Relazione idrologica idraulica redatta per il progetto esecutivo dei “Lavori di miglioramento funzionale del ponte dell’Annunziata in località Montecosasro scalo accesso alla piattaforma logistica” dallo Studio Integra (Ingg. Papa, Petrangeli e Priante) messa a disposizione dal Committente.

Le indagini e gli studi eseguiti sono stati condotti sulla base delle seguenti normative:

- Legge regionale 25 maggio 1999, n. 13. “Disciplina regionale della difesa del suolo.”
- N.T.A. del Piano di Assetto Idrogeologico (PAI) dei bacini della Regione Marche approvato con Deliberazione di Consiglio Regionale n. 116 del 21/01/2004;
- Circ. n°1/1997 della Regione Marche del 23/01/1997 Criteri ed indirizzi per l'attuazione di interventi in ambito fluviale nel territorio della Regione Marche

II. CARATTERISTICHE GENERALI DEL BACINO DEL F. CHIANTI

Il bacino idrografico considerato nell'analisi idrologico idraulica è quello sotteso alla sezione di chiusura in corrispondenza del ponte sulla la S.P. n. 8 che collega Casette d'Ete a Montecosaro Scalo.

Si tratta di una superficie territoriale pari a circa 950 km² che, considerati i 1310 km² del bacino idrografico del fiume Chienti, rappresenta circa i $\frac{3}{4}$ della superficie complessiva.

A scala regionale il bacino del Chienti occupa gran parte della provincia di Macerata e limitatamente la parte nord di quella di Fermo (destra idrografica del bacino dell'Ete Morto).

Tutto il bacino mostra una conformazione allungata che si estende per circa 1310 km² con un asta principale di oltre 90 Km; alla sezione di chiusura considerata, in corrispondenza di Montecosaro scalo, la lunghezza dell'alveo principale è di 82 km ca.

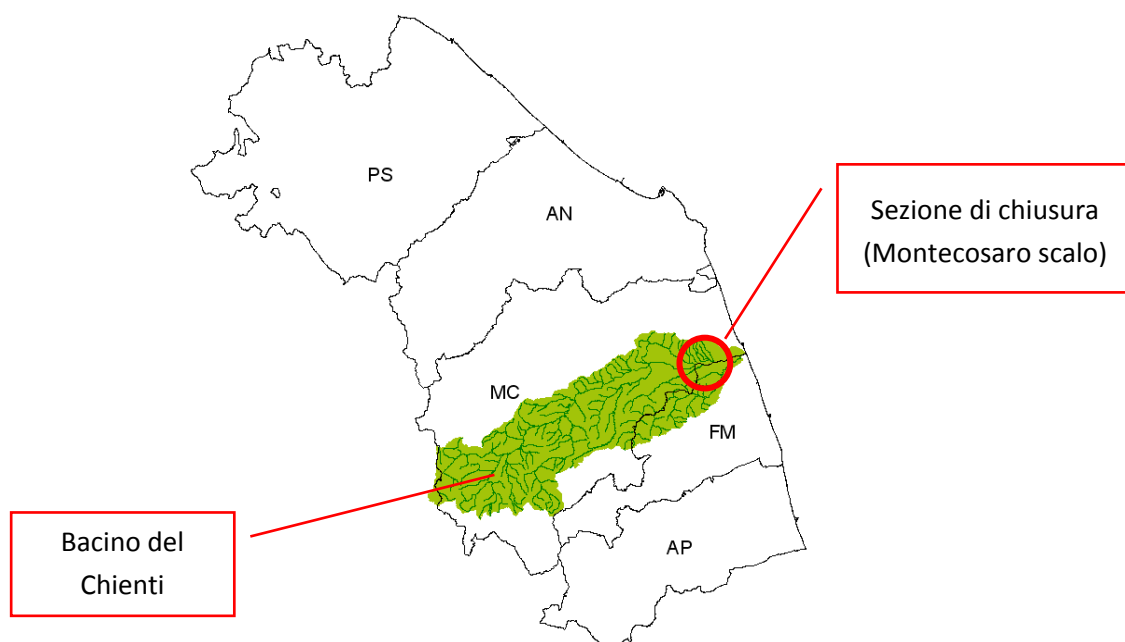


FIGURA II-1 AREA DEL BACINO IDROGRAFICO DEL F. CHIANTI

Nelle valutazioni delle portate di piena riportate in premessa, non viene considerata la presenza degli invasi. Questo per far sì che la portata nei tratti a valle, dovuta agli effetti di laminazione delle piene indotti dalle numerose dighe presenti sul bacino, non venga ridotta a favore di sicurezza.



II-2 PRINCIPALI DIGHE PRESENTI SUL BACINO DEL CHIEN TI.

Per quel che riguarda la copertura del suolo si osserva che gran parte del territorio del bacino imbrifero è naturale o semi-naturale percentualmente bassa è la superficie urbanizzata ed industriale, equamente ripartita la superficie agricola eterogenea (dati "Progetto CORINE III" – Aggiornamento anno 2006 – ISPRA).

La principale differenza che si osserva e che si ripercuote sulle capacità di infiltrazione e deflusso, riguarda le zone di testata del bacino del Chienti e il sottobacino del Fiastrone da un lato e quelle del bacino del Fiastra e della porzione del medio Chienti dall'altro. Le due coppie di sottobacini mostrano un rapporto inverso fra boschi e aree arbustive rispetto ai seminativi con una conseguente riduzione del coefficiente di deflusso. Tale configurazione dell'uso del suolo permane da molti anni e si evolve in maniera lenta, rendendo lo scenario di riferimento idrologico-idraulico del bacino assolutamente stabile nel tempo.

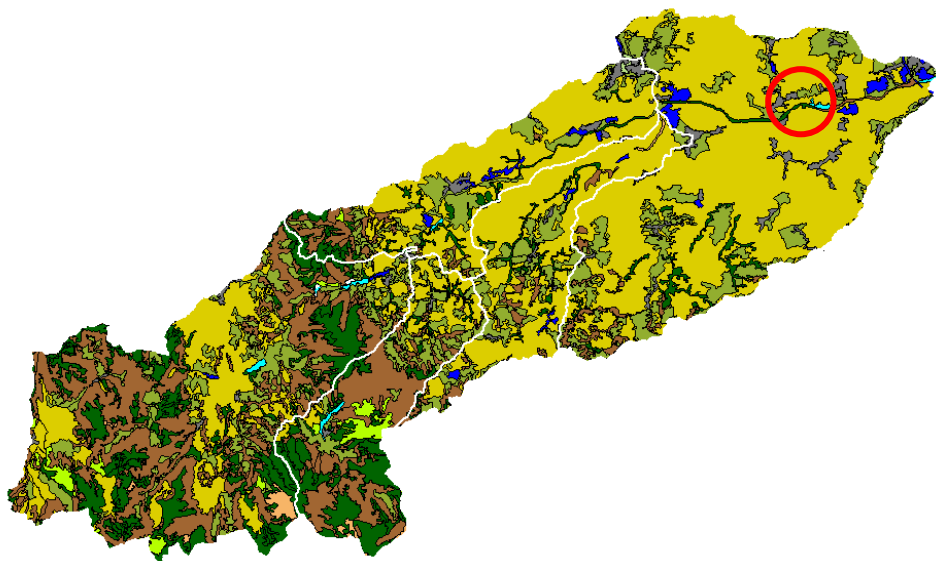


FIGURA II-3 USO DEL SUOLO (PROGETTO CORINE 2006 - LIVELLO 2)

La permeabilità dei terreni, che interviene nella stima del coefficiente di deflusso, è ricavata dalla rielaborazione della carta geologica de “L’ambiente fisico delle Marche” che raggiunge un dettaglio sufficiente alle elaborazioni richieste. E’ possibile schematizzare i litotipi affioranti sulla base della loro propensione a generare deflusso ad esempio secondo la classificazione dell’SCS-CN.

| Suolo | Descrizione |
|----------|---|
| A | Scarsa potenzialità di deflusso Comprende sabbie profonde con scarsissimo limo e argilla; anche ghiaie profonde, molto permeabili. |
| 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. |
| C | 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 scarse capacità di infiltrazione a saturazione. |
| D | Potenzialità di deflusso molto alta. Comprende la maggior parte delle argille con alte capacità di rigonfiamento, ma anche suoli sottili con orizzonti pressoché impermeabili in vicinanza della superficie. |

Assumendo tale convenzione si può osservare che appartengono al tipo A tutti i depositi alluvionali del F. Chienti e dei suoi principali affluenti, al tipo B quelli dei depositi pelagici carbonatici (scaglia bianca – rossa, maiolica), al C quelli del complesso dei depositi marnosi e marnoso calcarei (Schlier, Bisciaro Scaglia cinerea) mentre il resto del bacino è caratterizzato da suoli con permeabilità bassa appartenenti al complesso delle argille plio-pleistoceniche.

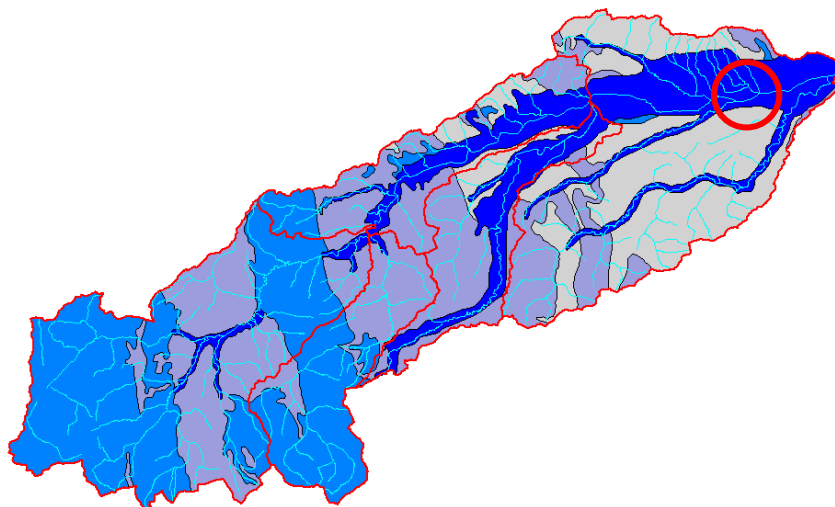


FIGURA II-4 CLASSI DI PERMEABILITÀ DEL BACINO DEL F. CHIEN TI RAGGRUPPATE SECONDO I “TIPI DI SUOLO” DELLA CLASSIFICAZIONE SCS_CN.

I tipi di suolo mostrano una netta prevalenza dei tipi B e C ed il subordine del tipo D che per altro è localizzato nelle parti di bacino a valle della sezione di chiusura considerata, che confermano un buon potenziale di infiltrazione superficiale e dunque bassi valori del coefficiente di deflusso, su gran parte del bacino del F. Chienti.

L'analisi di bacino e le informazioni da bibliografia riportate in premessa consentono di attribuire al bacino del Chienti un valore del coefficiente di deflusso di

$$\phi = 0.45$$

Infine, sono riportate di seguito le stazioni meteo che hanno registrato le serie pluviometriche storiche utilizzate per la ricostruzione delle curve di possibilità pluviometrica.

La scelta è ricaduta su quelle che dispongono del maggior numero di anni di osservazione (40-50 anni) e su queste sono stati ricavati i poligoni di Thiessen rappresentati nella figura seguente:

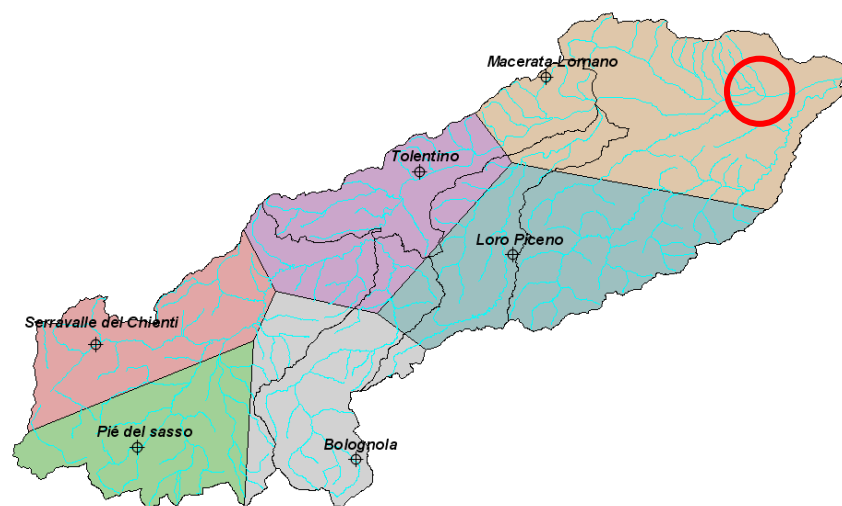


FIGURA II-5 STAZIONI METEOROLOGICHE E POLIGONI DI THIESSEN PER IL BACINO DEL CHIEN TI.

| Stazione | Sottobacino | Anni di osservazione (dal 1955 ad oggi) |
|------------------------|---------------|--|
| Serravalle del Chienti | Alto Chienti | 40 anni |
| Pié del sasso | Alto Chienti | 45 anni |
| Bolognola | Fiastrone | 57 anni |
| Loro Piceno | Fiastra | 36 anni |
| Tolentino | Medio Chienti | 56 anni |
| Lornano-Macerata | Medio Chienti | 57 anni |

TABELLA 1 SERIE STORICHE PRECIPITAZIONI REGISTRATE DALLE PRINCIPALI STAZIONI SUL BACINO

I. DEFINIZIONE DEL MODELLO IDRAULICO

Il Fiume Chienti nel tratto studiato, che si sviluppa per circa 3.000 m, mostra un alveo di piena formativa ampio fra i 100 ed i 150 metri, prevalentemente ghiaioso e dotato di bassa pendenza; è caratterizzato da sponde ben definite, presidiate da vegetazione ripariale a caratteri arbustivo ed arboreo, e da aree golenali destinate – prevalentemente - a seminativo.

In accordo con i principi e le finalità che regolano la moderna valutazione idrologico-idraulica di bacino, si è provveduto a raccogliere dati ed informazioni e ad elaborare statistiche e modelli necessari ad una più dettagliata ricostruzione dei fenomeni di piena, così da giungere ad una migliore comprensione delle condizioni dello stato di fatto.

Schematizzando, le principali attività svolte dagli scriventi riguardano:

1. definizione dell'area di studio e del bacino sotteso: inquadramento, caratteristiche topografiche, geomorfologiche, idrologiche ed idrogeologiche, di copertura del suolo,...
2. Una campagna di rilievo geomorfologico dell'area per esaminare le condizioni d'alveo, dei fianchi di sponda e delle opere d'arte sul tratto;
3. raccolta ed elaborazione dei dati topografici di bibliografia (CTR Marche in scala 1:10.000) integrati con i rilievi topografici originali delle sezioni fluviali e dell'area di intervento, per la ricostruzione del modello digitale del terreno del tratto di corso d'acqua ;
4. campagna di rilievo topografico di dettaglio per la ricostruzione delle sezioni fluviali e confronto con le sezioni fluviali del Servizio LL.PP. della Regione Marche, Servizio Difesa del Suolo (rilievi anno 2004);
5. implementazione del tratto di fiume studiato all'interno di un modello idraulico realizzato con il software Hec-Ras vers. 4.1.0, sistema d'analisi dei fiumi dell'Hydrologic Center (HEC), del Corpo degli Ingegneri dell'Esercito degli Stati Uniti d'America;
6. ricostruzioni su modello idraulico (Hec-Ras) con valutazione dello scenario di rischio associato al $Tr=200$ anni nello stato di fatto.

Gli scarsissimi dati di precipitazioni pluviometriche disponibili sul bacino e le pressochè assenti indicazioni circa le portate in alveo transitanti sul F. Chienti sono stati superati attingendo a stime e valutazioni riportate negli studi e progetti citati in premessa, già accettate dagli Enti preposti alla tutela e alla pianificazione del territorio; su tali basi si è convenuto di prendere come riferimento per

la piena con $Tr=200$ anni il valore di 1.400 mc/s

pensato come **valore compatibile e cautelativo** in rapporto all'estensione del bacino idrografico alla sezione di chiusura considerata (950 km² ca.) ed al coefficiente di deflusso stimato ($c=0.45$).

Il dato utilizzato nel tratto d'asta in esame è peraltro ampiamente confrontabile con i dati di portata critica riferibili ad una $Tr=200$ anni per gli altri fiumi marchigiani e quindi sulla base delle nostre conoscenze ed esperienze, certamente adeguato e rappresentativo per lo sviluppo delle valutazioni e delle verifiche di seguito effettuate.

L'area di ex discarica in oggetto si trova ad interferire in maniera parziale con l'area a rischio R2 perimetrata dal PAI (Piano per l'Assetto Idrogeologico della Regione Marche approvato con Delibera C.R. n. 116/2004) con codice dissesto n. E-19-0005.

La ricostruzione di dettaglio degli scenari così come emerge dai dati, dagli studi e dalle ricerche condotte, permette di comprendere dettagliatamente le relazioni fra le dinamiche fluviali e l'area di ex discarica dismessa di RSU in oggetto, all'interno del panorama vincolistico dello specifico contesto territoriale-ambientale.

II. RICOSTRUZIONE DELLA GEOMETRIA DEL F. CHIANTI NEL TRATTO CONSIDERATO.

Per implementare il modello idraulico attraverso il software HEC-RAS è necessario ricorrere a informazioni topografiche di dettaglio sulle principali sezioni fluviali.

A tale scopo si sono utilizzate le sezioni fluviali disponibili nel progetto di rilievi delle aste fluviali dei principali bacini marchigiani condotti nel 2004 dalla Regione Marche; in particolare si sono usate le sezioni comprese fra la n.21 e la n.32 dopo aver valutato e confrontato la loro congruità con i rilievi topografici strumentali condotti sull'area della ex discarica e su due sezioni fluviali estese dall'area in studio perpendicolarmente al corso d'acqua.



FIGURA II.1: TRACCE DELLE SEZIONI TOPOGRAFICHE: IN ROSSO PUNTI DA CTR, IN VERDE RILIEVO ANNO 2013, IN BLU RILIEVO REGIONE MARCHE ANNO 2004.

Dall'analisi delle informazioni topografiche è emersa la sostanziale coerenza delle principali caratteristiche dell'alveo fluviale, quali il profilo di fondo e l'ampiezza dell'alveo. Lo scostamento fra le quote misurate nel 2004 e quelle ottenute oggi è pari mediamente a +/- 25 cm, dunque affidabile e perfettamente compatibile considerando le diverse tracce di sezione dei due rilievi e le modifiche morfologiche avvenute nel frattempo in alveo.

Per ciò che riguarda le opere d'arte presenti, il ponte sulla strada provinciale n.8 e la briglia posta a circa un km a valle, si è optato per inserire la sola briglia in quan-

to, considerato il regime in corrente lenta che domina il tratto in studio, l'inserimento del ponte – oggetto per'altro di un progetto in via di realizzazione per un raddoppio della struttura – produce un effetto di innalzamento dei livelli a monte e riduzione a valle in corrispondenza dell'area della ex discarica, e dunque il mancato computo dell'effetto del ponte nel modello produce un risultato a favore della sicurezza.

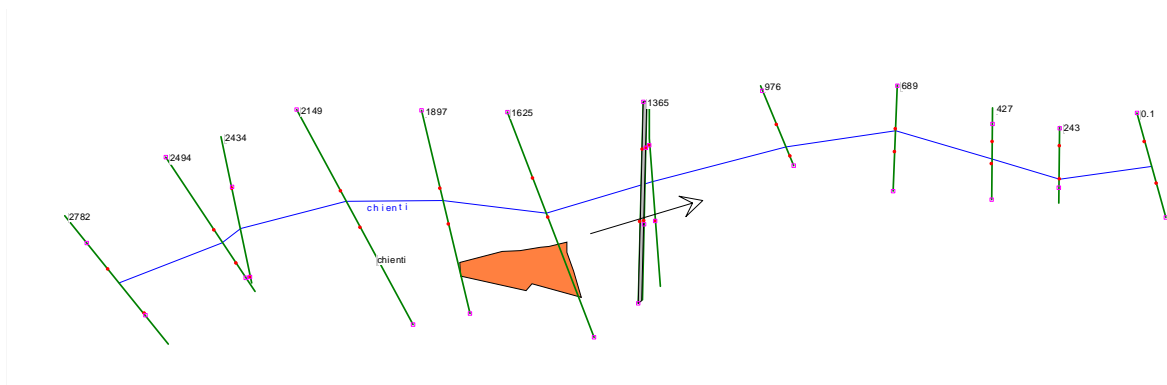


FIGURA 2: SCHEMATIZZAZIONE DELLA GEOMETRIA FLUVIALE, IN ARANCIO L'AREA DI EX DISCARICA

Anticipando quanto dettagliatamente espresso nel seguito e negli allegati in chiusura alla presente relazione, il confronto fra i dati bibliografici citati in premessa e le ricostruzioni del modello idraulico mostra una buona coerenza dei livelli idrici calcolati.

Ad esempio, il livello di piena per $T_r=200$ anni ($Q=1.400$ mc/s) nel modello prodotto per il progetto dei lavori del ponte dell'Annunziata, si attesta ad una quota di 30.16 m s.l.m., perfettamente coerente con quanto ricostruito nel presente modello:

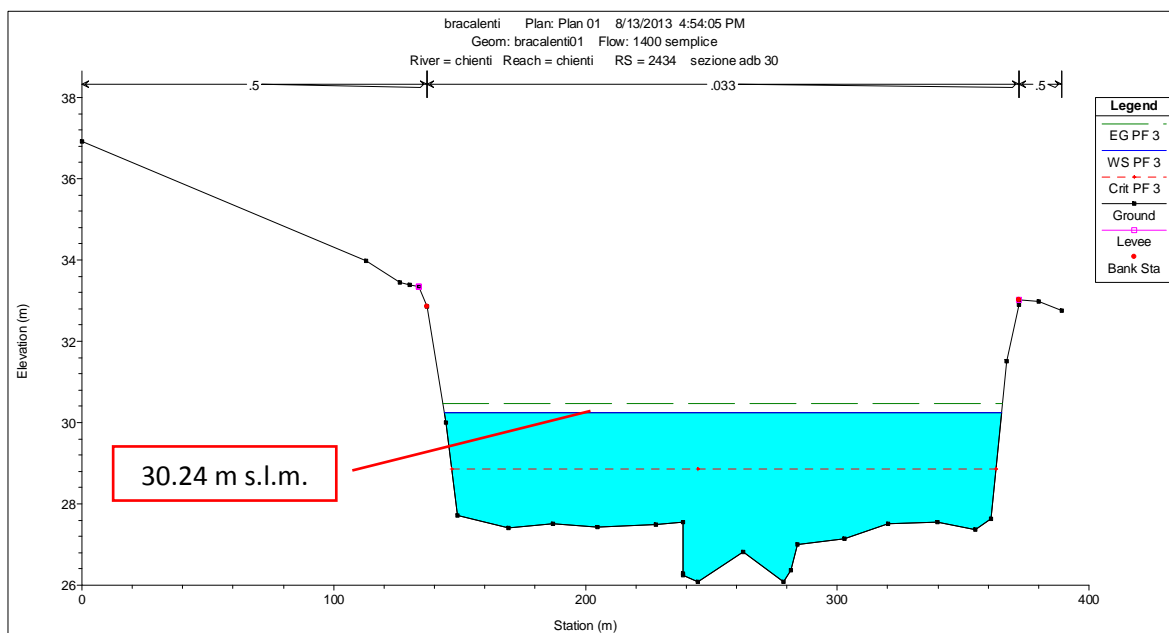


FIGURA 3 LIVELLO IDRICO IN CORRISPONDENZA DELLA SEZIONE DEL PONTE SULLA S.P.8

III. PARAMETRI IDRAULICI

Una volta ricostruita la geometria del corso d'acqua come illustrato al paragrafo precedente, e tenendo conto della portata di 1.400 mc/s associata all'evento con tempo di ritorno pari a $Tr=200$ anni, si è provveduto a definire le ulteriori variabili idrauliche necessarie al modello. In particolare si è fissato un valore del coefficiente di Manning per sponde ed alveo pari rispettivamente a 0.05 e 0.033, considerati congruenti con lo specifico stato dei luoghi com'è possibile verificare dalla documentazione fotografica; dati ritenuti cautelativi, se riferiti a condizioni analoghe anche di altri corsi d'acqua marchigiani, dagli stessi funzionari dell'Autorità di Bacino.



FIGURA III.1: F. CHIEN TI RIPRESO DAL PONTE DELLA S.P. 8 IN DIREZIONE VALLE.

Il calcolo è stato condotto in regime di moto uniforme, considerato il più opportuno in quanto l'obiettivo principale delle verifiche è quello di definire i tiranti idraulici associati al tempo di ritorno di 200 anni, in sostanza i livelli massimi attesi associabili al transito di tale portata.

Lasciando agli elaborati numerici, riportati in allegato alla presente relazione, i risultati del modello idraulico, si riportano schematicamente i principali dati di input utilizzati:

| | |
|---------------------------------------|-----------------|
| • Lunghezza del tratto esaminato | 3.000 metri ca. |
| • Ampiezza delle sezioni idrauliche | 400 – 700 metri |
| • Pendenza media del profilo di fondo | 0.3 % |
| • Manning golene/alveo | 0.05/0.033 |
| • Portata | 1.400 mc/s |
| • Regime di analisi | Moto uniforme |

IV. COSTRUZIONE DEL DEM PER LA DEFINIZIONE DEL LIMITE DI ESONDAZIONE

Per comprendere e mappare le aree interessate dal transito della portata pari a 1.400 mc/s sul tratto di fiume in oggetto è possibile utilizzare il modulo Hec-Ras Mapper che rappresenta un interfaccia interna al software introdotta per provvedere alla visualizzazione planimetrica e georeferenziata dei risultati delle modellazioni.

In particolare Ras Mapper restituisce i limiti delle planimetrie di allagamento oltre alla distribuzione delle velocità, degli sforzi di taglio e dei tiranti idraulici, per ciascuno scenario calcolato dal programma.

E' necessario però disporre di un DEM in formato "binary raster".

E' comunque ormai noto che le migliori pratiche ed i più aggiornati standard di modellazione idraulica non possono rinunciare ad un approccio di analisi poggato su di un sistema GIS.

Questo è necessario nelle fasi di inquadramento e raccolta dei dati geoambientali, è utile nell'impostazione del modello e nelle successive calibrazioni ed infine è estremamente efficace nelle fasi di restituzione dei risultati delle simulazioni anche in contesti non tecnici, grazie alla immediatezza della comunicazione grafica.

Vista l'estensione dell'area di studio, l'accuratezza delle informazioni disponibili e considerando in prospettiva il dettaglio ottimale per la restituzione dei risultati, si è stabilito di ricostruire un DEM in maglia quadrata di 1x1 metro, in modo tale da supportare valutazioni territoriali che potranno avere ricadute sugli aspetti esecutivi sugli interventi di messa in sicurezza della ex discarica.

Il primo passo è stato quello di realizzare un TIN (Triangulated Irregular Network) attraverso le informazioni altimetriche contenute rispettivamente:

- nel rilievo delle sezioni fluviali riportate nella planimetria e sezioni;
- nel rilievo topografico strumentale dell'area d'intervento;
- nelle sezioni della carta CRT della Regione Marche in scala 1:10.000 utilizzando le sole linee in 3D al di fuori dell'area già definita dai rilievi di cui ai punti 1 e 2 per estendere adeguatamente l'area di possibile interferenza dei tiranti idrici.

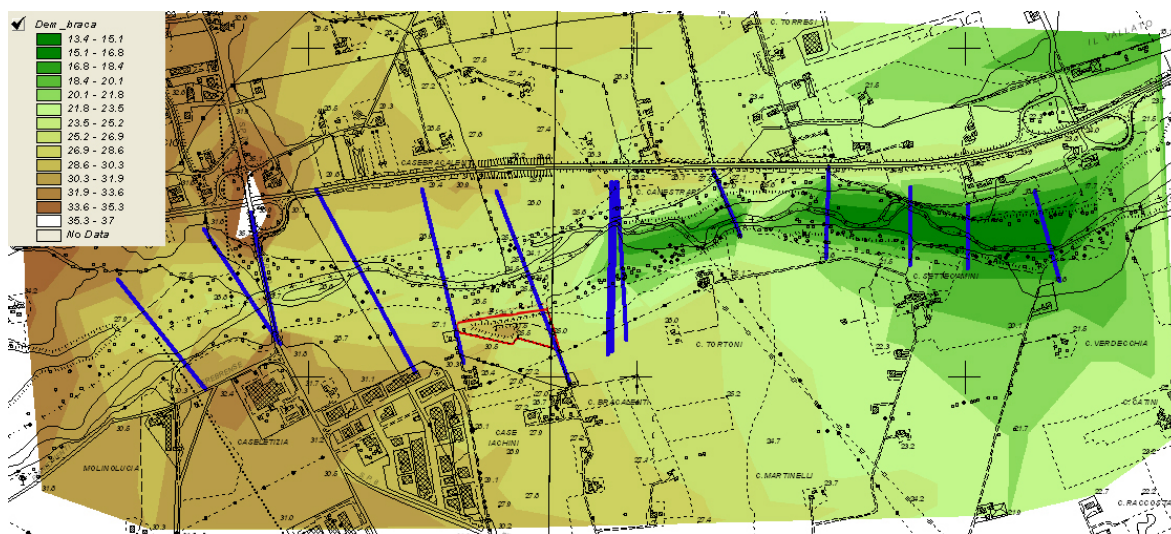


FIGURA 2: MODELLO DIGITALE DI DETTAGLIO IN MAGLIA 1x1 METRI PER LA RICOSTRUZIONE DELLO SCENARIO DI EVENTO TR=200 ANNI SULL'AREA DI STUDIO

Il TIN così costruito, che copre un'area di 5 km² ca., è stato successivamente convertito in grid in maglia quadrata di 1x1 metri e poi esportato in formato binary raster per poter essere utilizzato in Hec-Ras Mapper, in modo tale da delimitare le aree di allagamento associate ai diversi scenari di rischio.

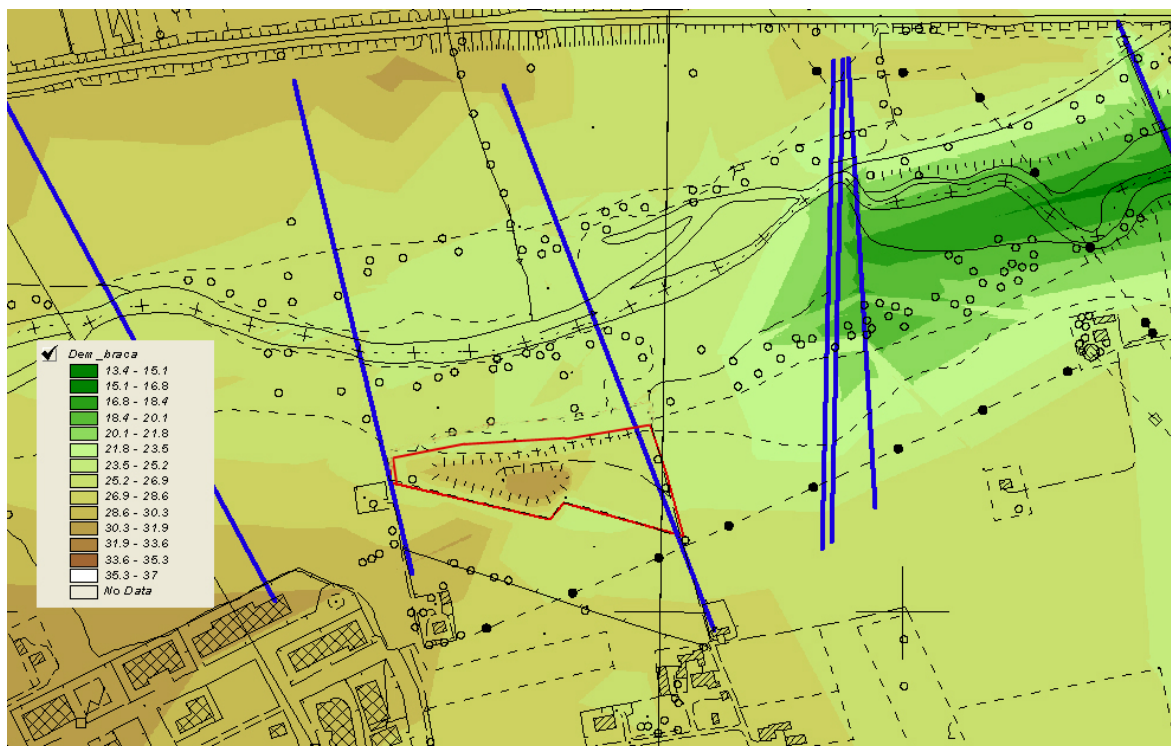


FIGURA 3 - DETTAGLIO DEL DEM NELL'AREA DI EX DISCARICA (LIMITE ROSSO)

V. RICOSTRUZIONE DELLO SCENARIO DI RISCHIO ASSOCIATO ALLO STATO ATTUALE

Il rischio (R) di esondazione,

$$R = P * E * V$$

è il prodotto di singole componenti così definite:

- **la pericolosità (P):** che viene determinata individuando le fasce fluviali a cui viene assegnata idrologicamente una portata relativa a diversi tempi di ritorno e che rappresenta la probabilità di accadimento del fenomeno fisico;
- **l'esposizione (E):** definita come elementi presenti nelle fasce soggette a pericolosità, ovvero come aree omogenee per densità di infrastrutture o per stessa tipologia di uso del suolo, esposte al fenomeno;
- **la vulnerabilità degli elementi a rischio (V):** intesa come capacità intrinseca degli elementi a resistere all'evento calamitoso; rappresenta inoltre un parametro direttamente proporzionale al danno atteso.

Nel caso particolare, per la stima della pericolosità dell'area, si è fatto necessariamente riferimento alla definizione ed alla conseguente perimetrazione delle zone a rischio stabilita all'art. 7 del PAI come: "la fascia di territorio con probabilità di inondazione corrispondente a piene con tempi di ritorno fino a 200 anni...".

Vista la difficoltà di individuare uno specifico valore di portata associato a tale probabilità di evento per la mancanza di dati pluviometrici ed idrometrografici si è deciso, come riportato ai paragrafi precedenti, di adottare come valore di riferimento ritenuto ampiamente cautelativo per il tratto in oggetto $Q=1.400 \text{ mc/s}$.

Considerando che i limiti individuati nel PAI vigente sono basati su un criterio prevalentemente morfologico, **i risultati derivanti dai modelli idraulici determinano un indubbio approfondimento conoscitivo del fenomeno** in quanto permettono di dettagliare in modo preciso il limite di esondazione basandosi sull'effettiva dinamica dell'evento e sulla reale conformazione dei luoghi, tenendo conto della reale propagazione dell'onda di piena e delle interrelazioni che intercorrono fra sponda destra e sinistra e fra zone a monte e a valle di ciascun punto in esame.

In tal modo si migliora indubbiamente la geometria del perimetro di esondazione associabile all'evento con $Tr=200$, limite che viene riportato graficamente della figura seguente:

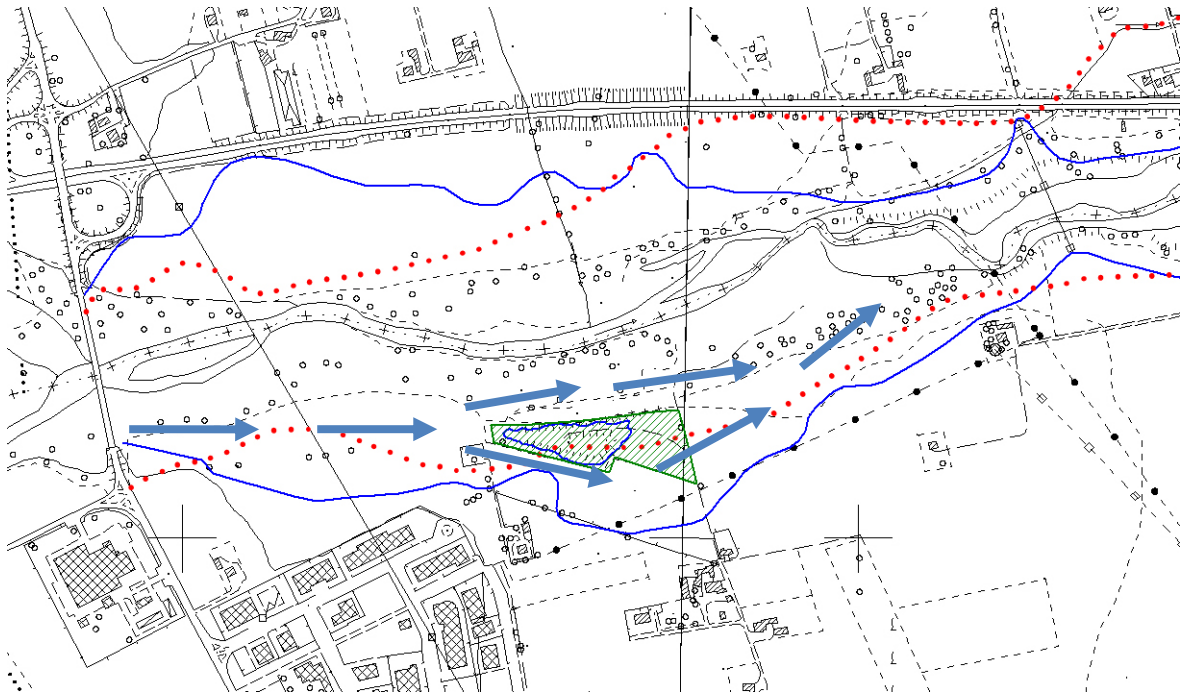


FIGURA 4 LIMITE DI ESONDAZIONE ASSOCIATO ALL'EVENTO CON $Tr=200$ ANNI (IN VERDE L'AREA DI DISCARICA DISMESSA – A PALLINI ROSSI IL LIMITE PAI)

Confrontando il limite di esondazione che risulta dalle modellazioni idrauliche si osserva:

- la sostanziale congruenza fra il perimetro ricostruito e quanto delimitato nelle tavole a corredo del PAI;
- l'innescò di un canale di esondazione in destra idrografica che partendo dal ponte sulla s.p. 8 borda a monte l'area di discarica e quindi rientra in alveo in corrispondenza della briglia (freccie azzurre in figura 13);
- l'esistenza di un battente idraulico, caratterizzato da basse velocità di scorrimento (0.2 m/s ca.) su almeno il 50% della superficie totale della ex discarica, in particolare quelle poste a quota inferiore ai 26.5-26.0 m s.l.m.;

Quanto emerge porta a considerare necessario prevedere, sulle aree di intervento per la messa in sicurezza permanente della ex discarica, opportune opere di presidio rispetto all'evento di piena con $Tr=200$ anni atte a:

1. evitare e/o limitare i fenomeni erosivi e i conseguenti scalzamenti al piede sui volumi di rifiuti abbancati che possono originarsi in corrispondenza del canale di esondazione secondario (che peraltro interessa anche il manufatto del depuratore comunale);
2. evitare l'infiltrazione delle acque di esondazione che rivelano un battente decimetrico su parte del deposito rifiuti e la conseguente percolazione in falda.

VI. CONCLUSIONI

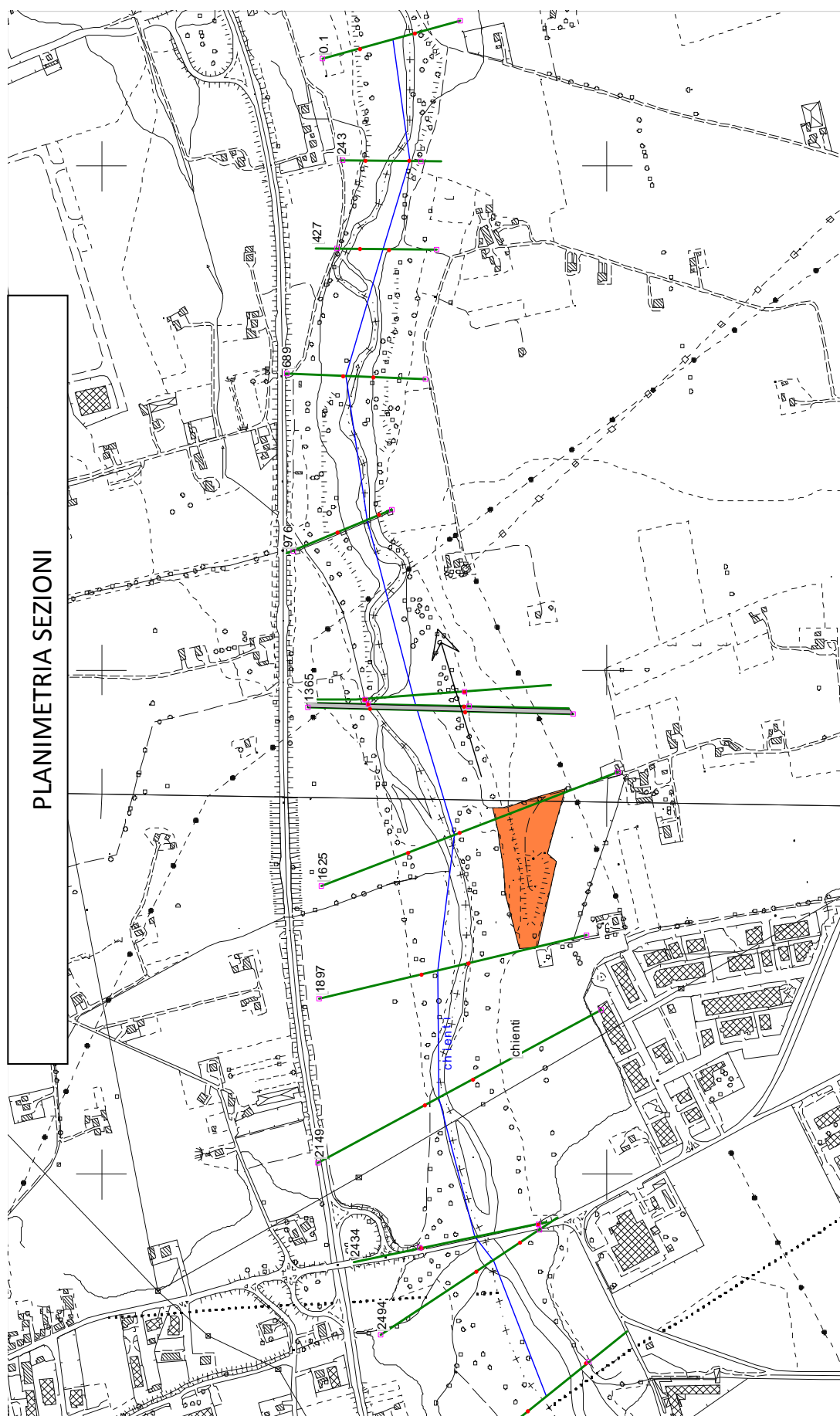
Per quanto fin qui ricostruito **il presente studio idraulico dimostra:**

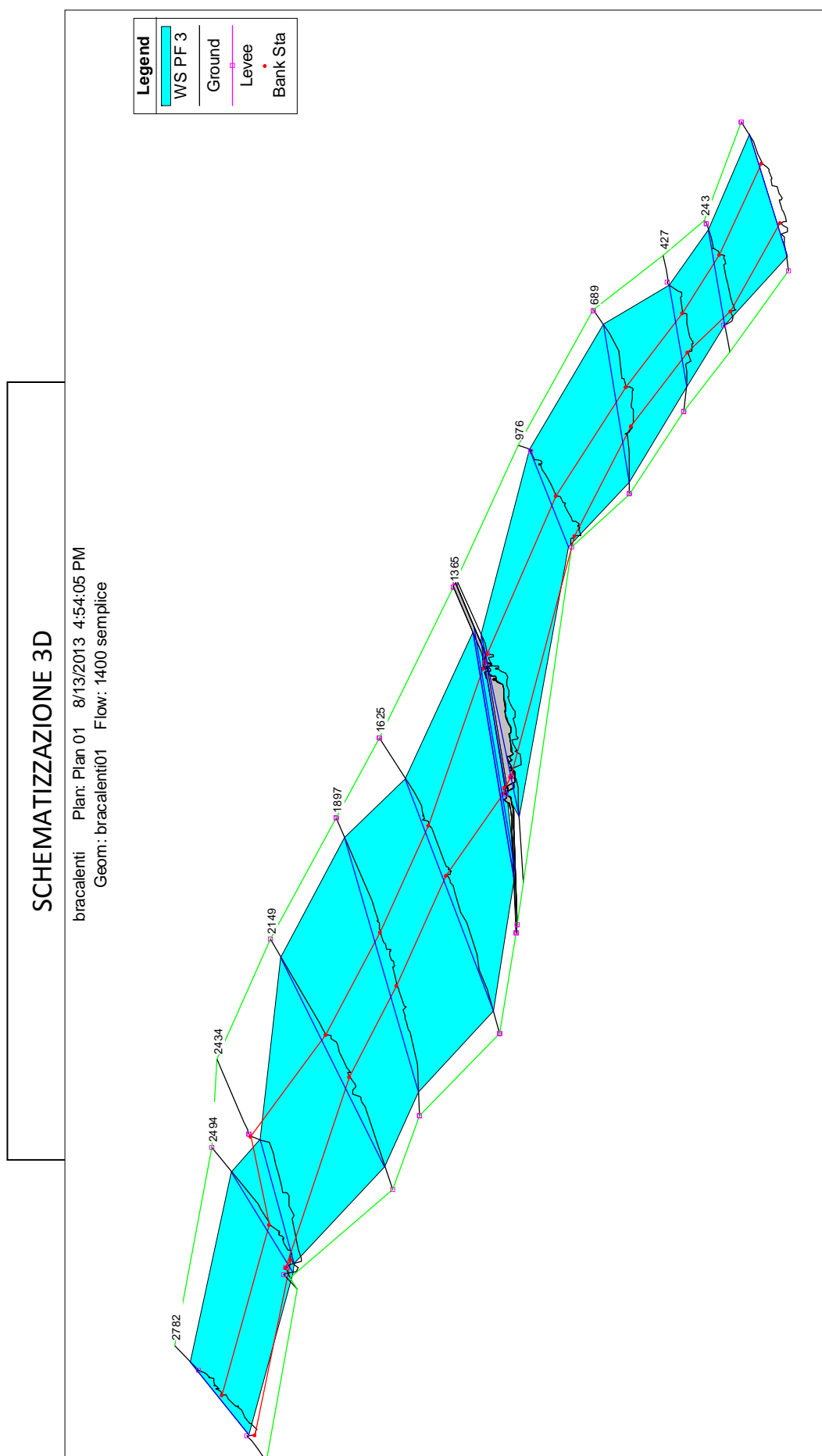
- Una più corretta ed esatta delimitazione dell'area a rischio idrogeologico – idraulico delle aree a rischio individuate dal PAI con codice E-19-0005, superando il criterio geomorfologico e basandosi invece su valutazioni decisamente più avanzate, oramai indispensabili in contesti prossimi ad interventi di trasformazione territoriale come quello in esame;
- che il limite individuato dal modello idraulico ha interferenza con le aree di ex discarica, evidenzia un battente idraulico decimetrico e l'innescò di un canale di esondazione;
- la necessità di prevedere opportune ed indispensabili opere di presidio atte ad evitare il contatto fra le acque di esondazione ed il deposito di rifiuti, oltre a limitare la possibilità di mobilitazione e trasporto dei rifiuti durante l'evento di piena;
- che gli interventi di messa in sicurezza permanente, che si configurano nella copertura definitiva della ex discarica finalizzata ad inibire le infiltrazioni idriche nel corpo rifiuti evitando ulteriore produzione di percolato, consentano il presidio delle aree di ex discarica garantendo l'invarianza delle condizioni di rischio e pericolosità nelle aree a monte e a valle negli scenari di stato di fatto e di progetto precedenti e successivi alla realizzazione degli interventi connessi al piano di messa in sicurezza permanente;
- nessun sostanziale cambiamento nei moti di naturale deflusso delle acque negli scenari di ante e post operam.

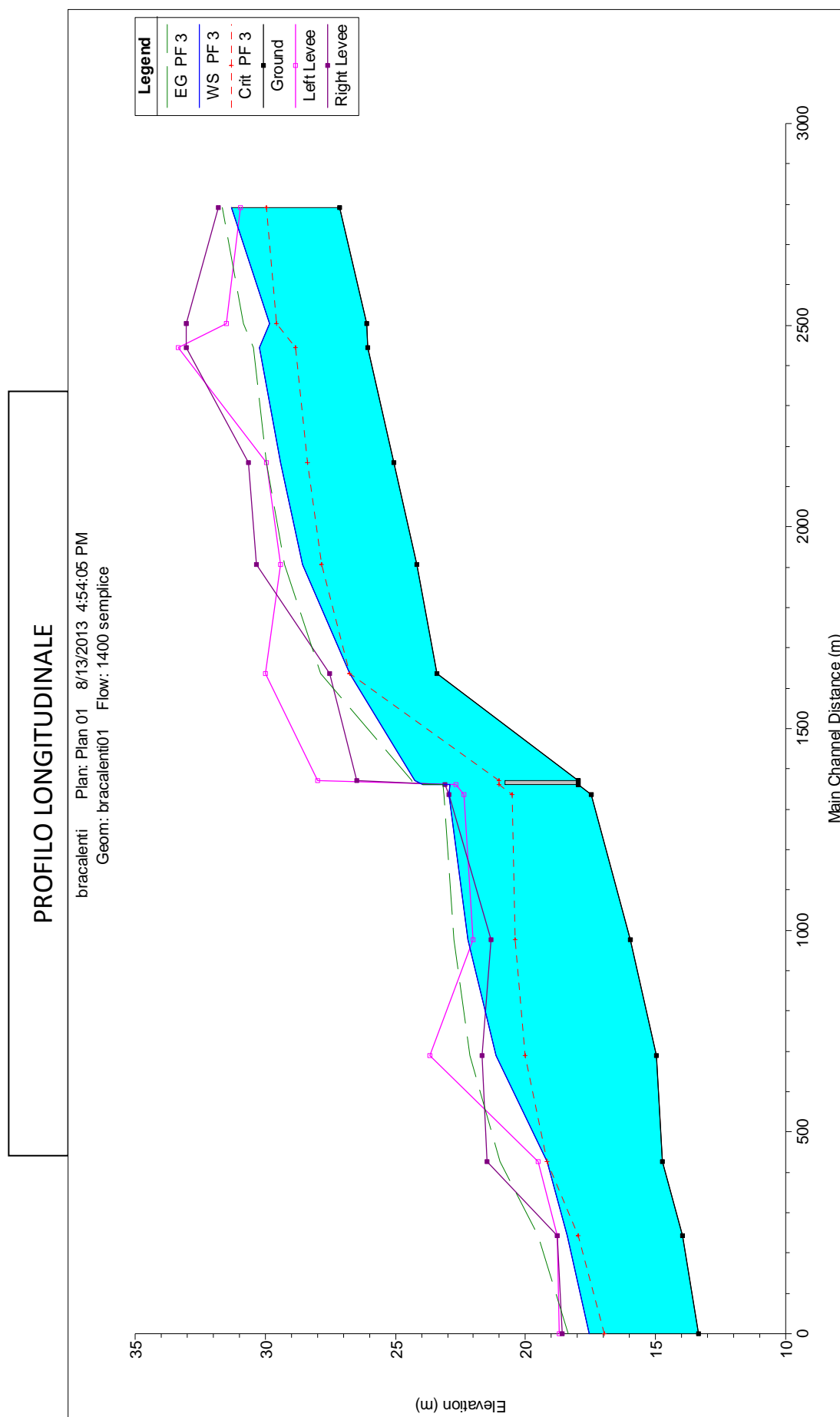
* * *

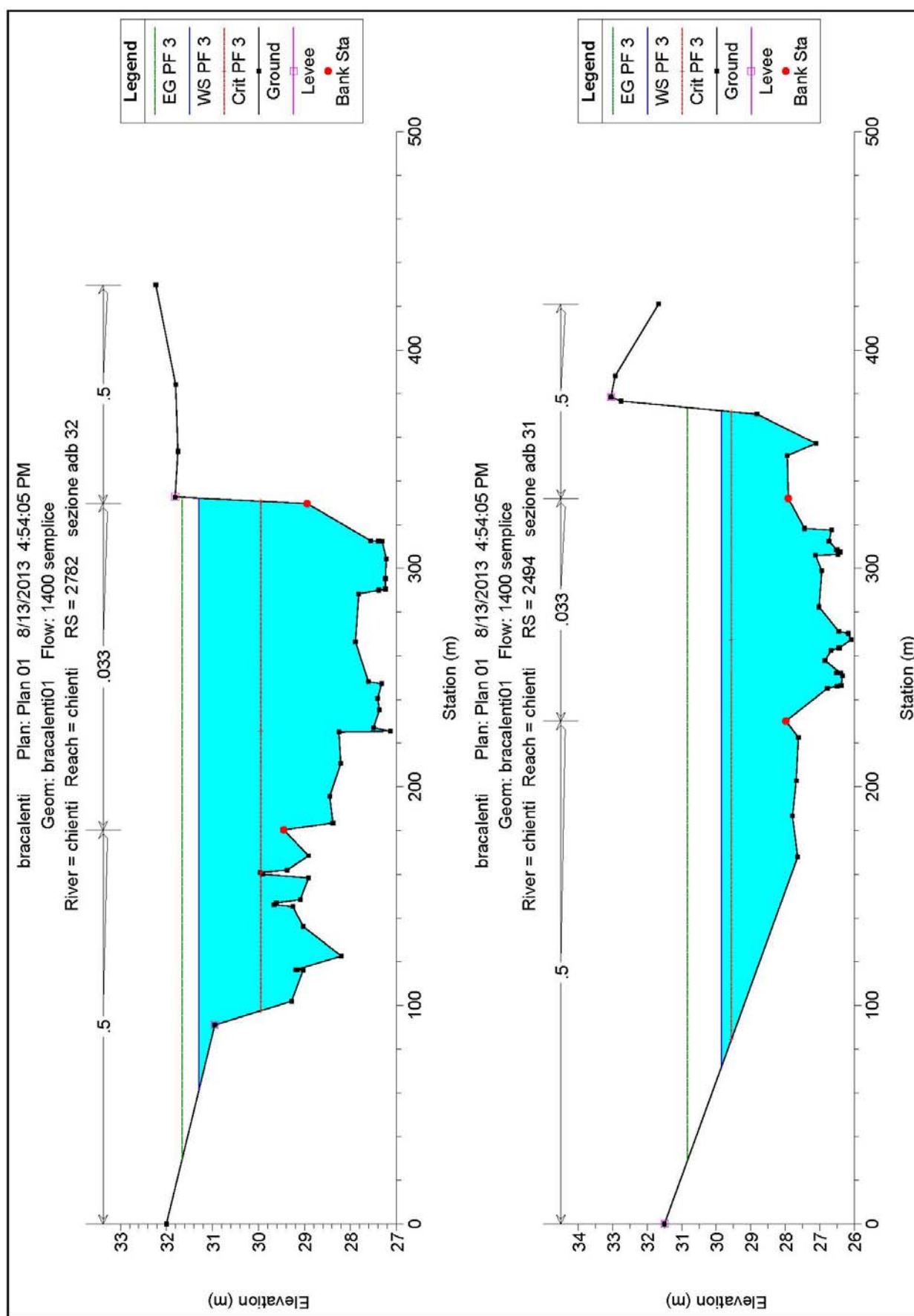
Questo Studio rimane a disposizione per eventuali chiarimenti ed approfondimenti che si rendessero necessari nelle successive fasi di istruzione della pratica e realizzazione delle opere.

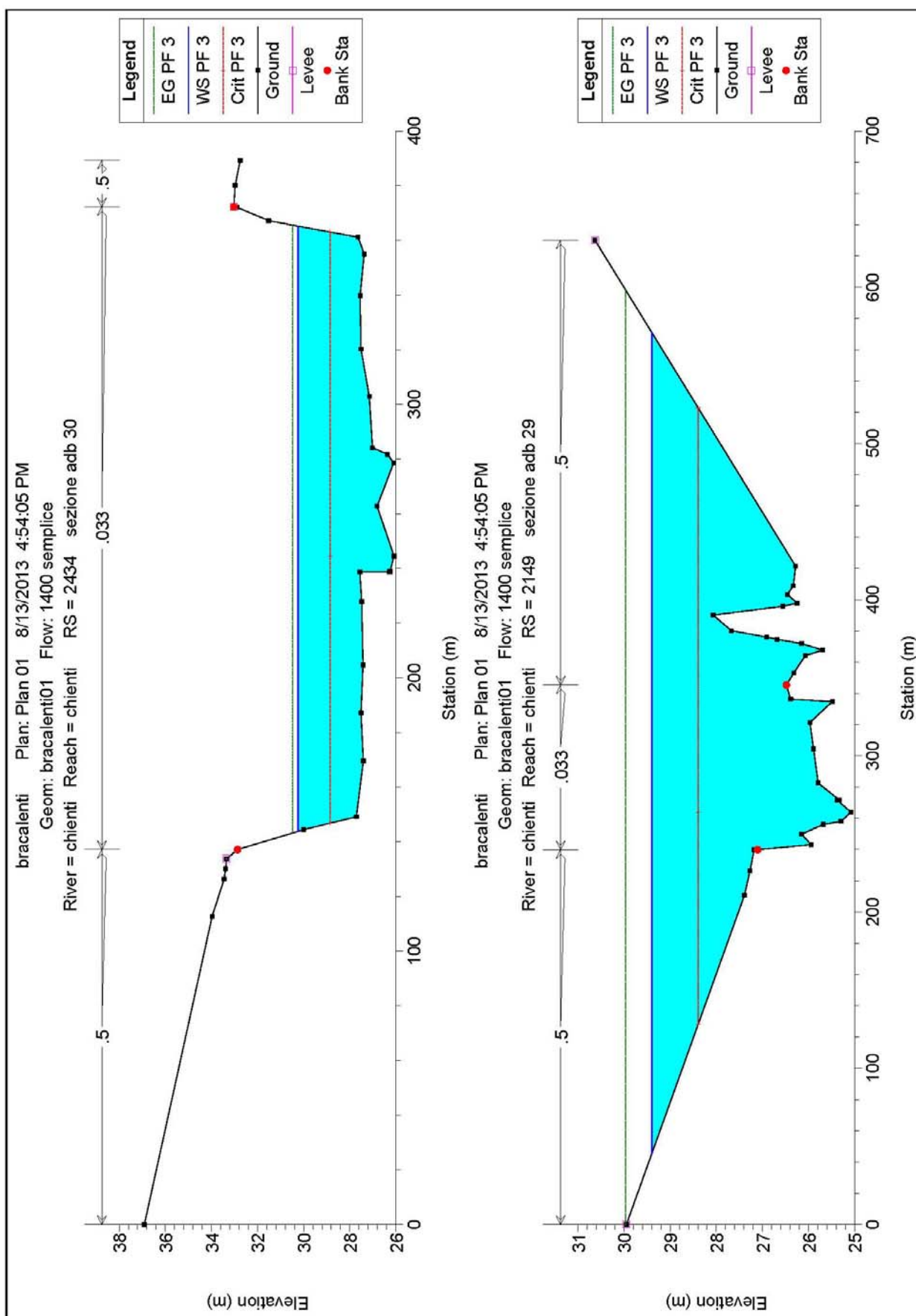
AII.1 - MODELLO IDRAULICO

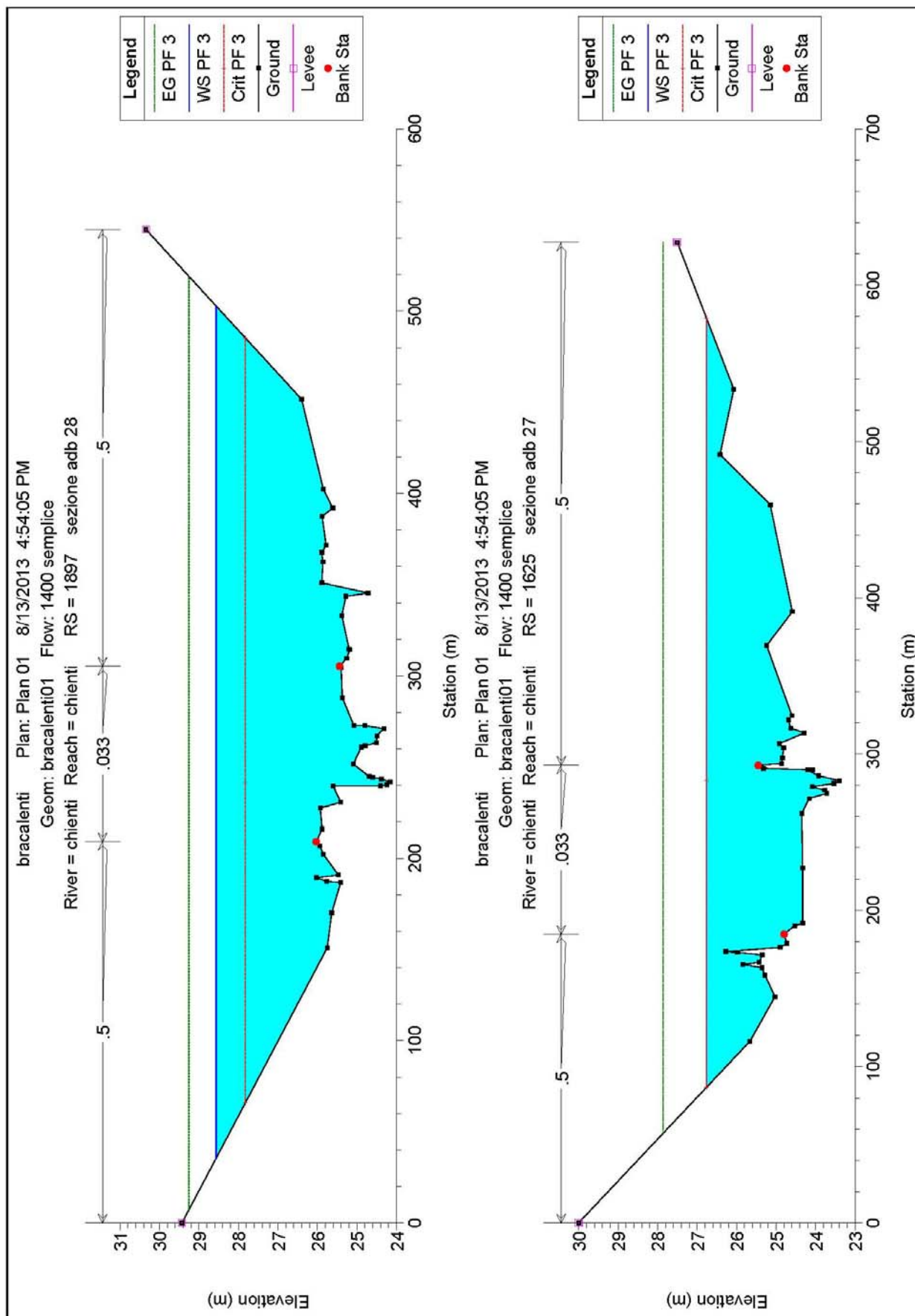


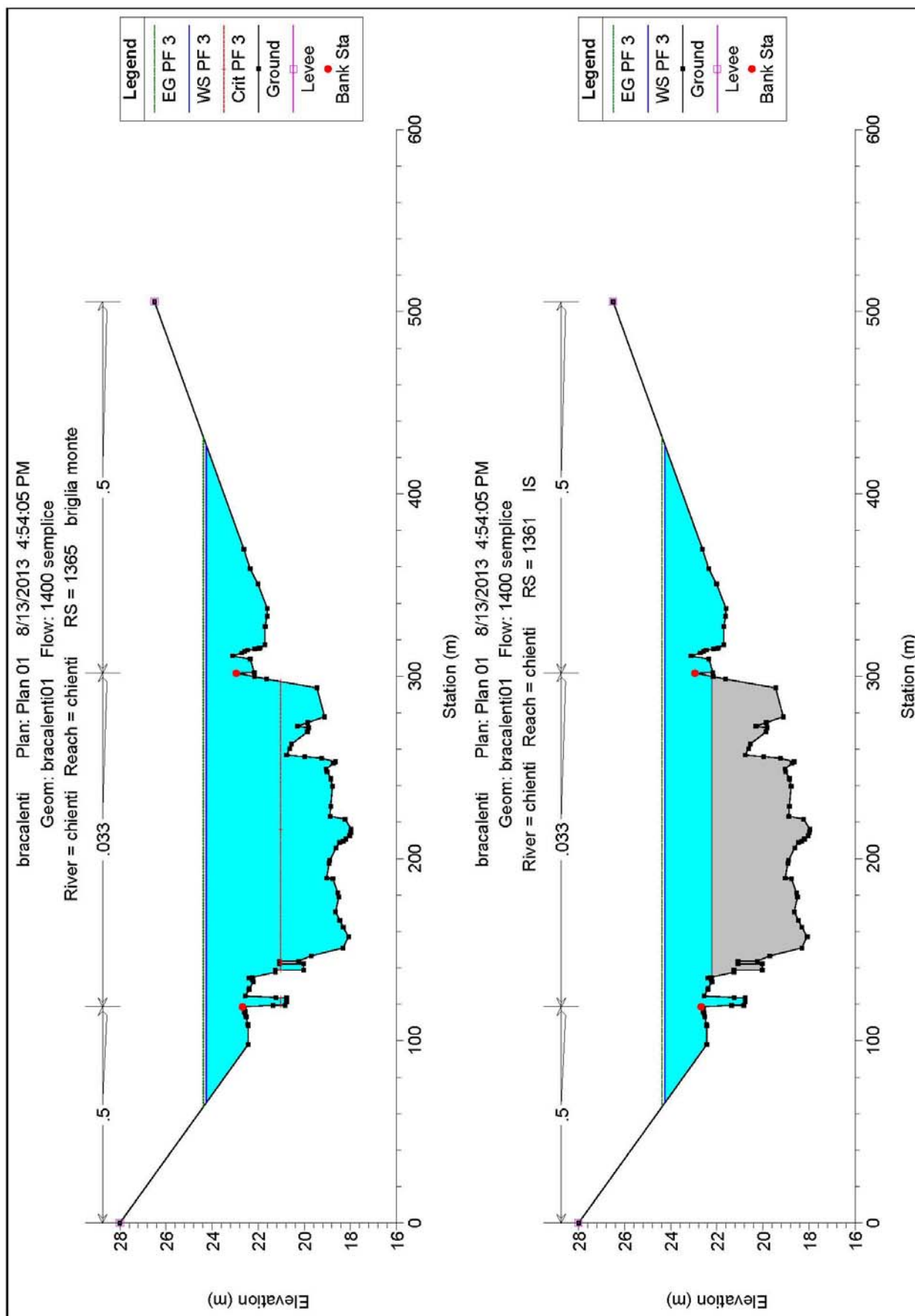


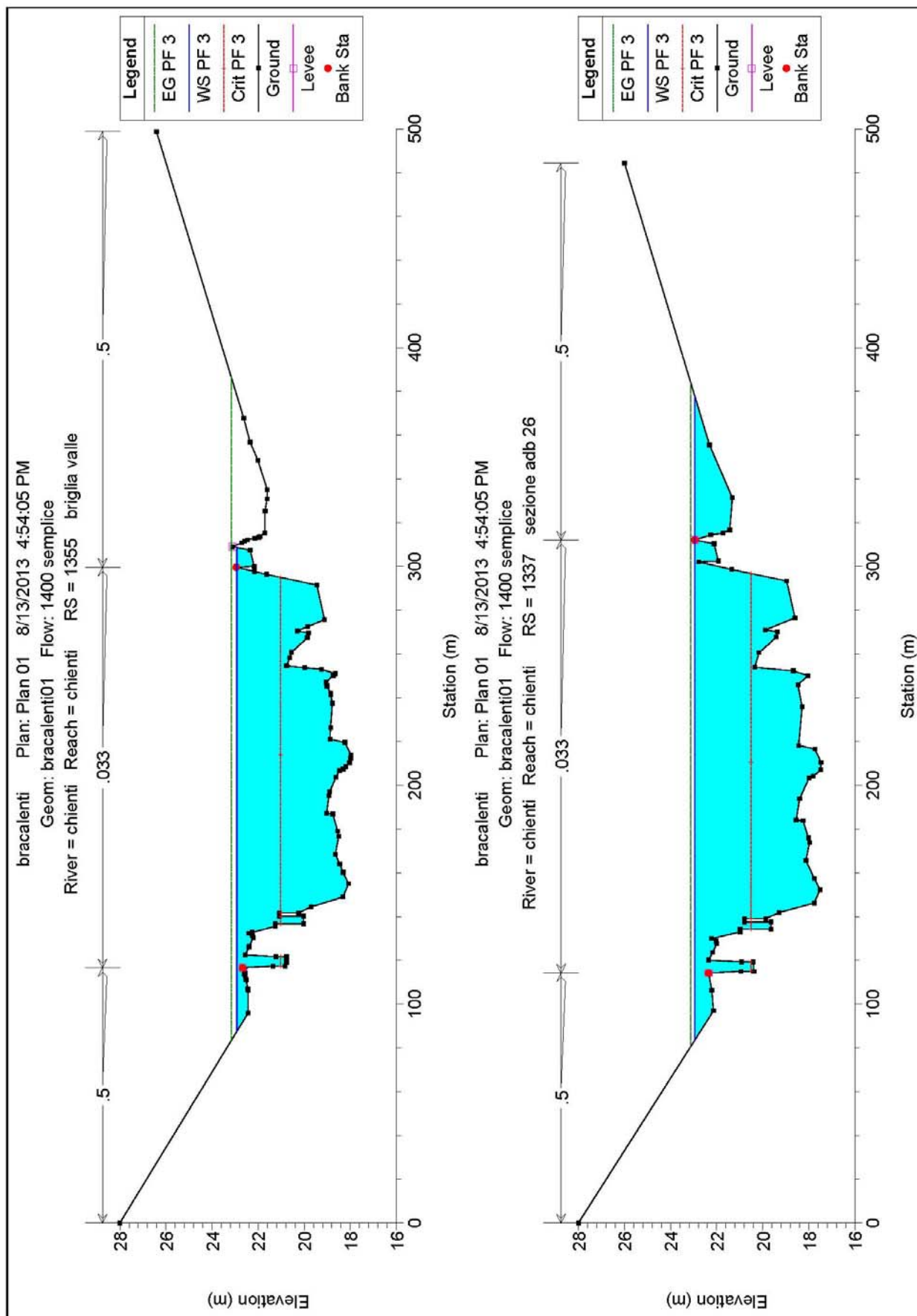


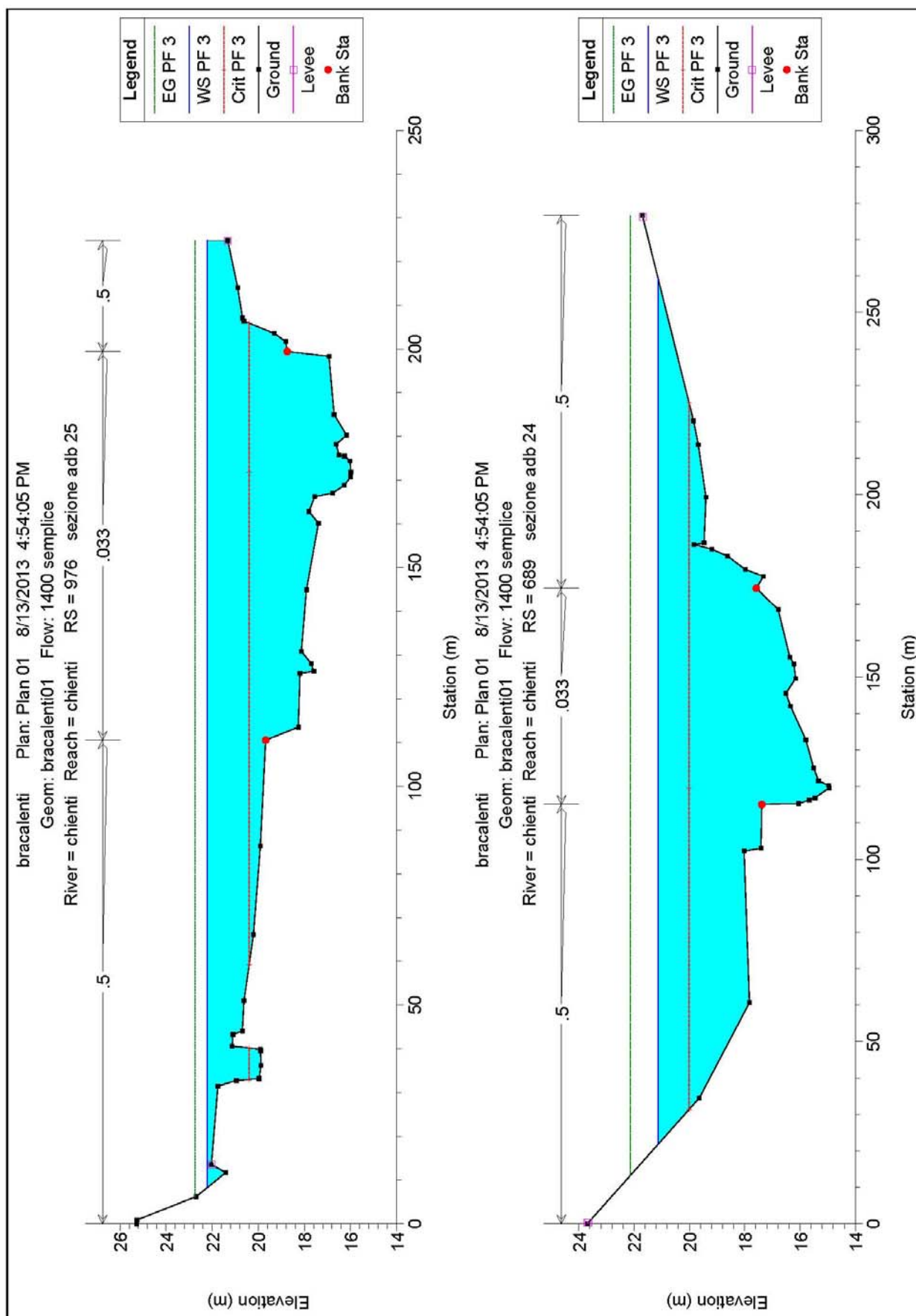


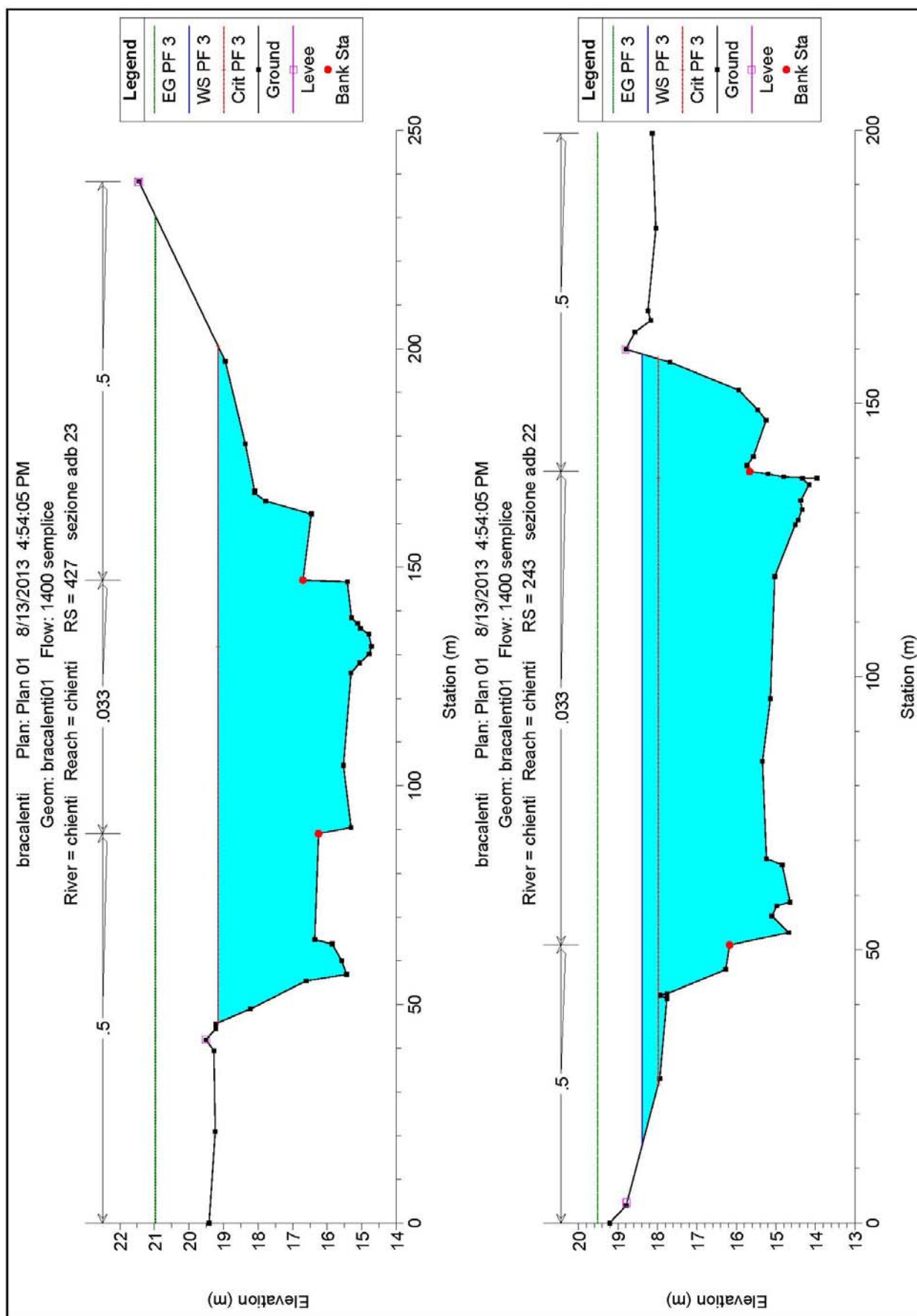


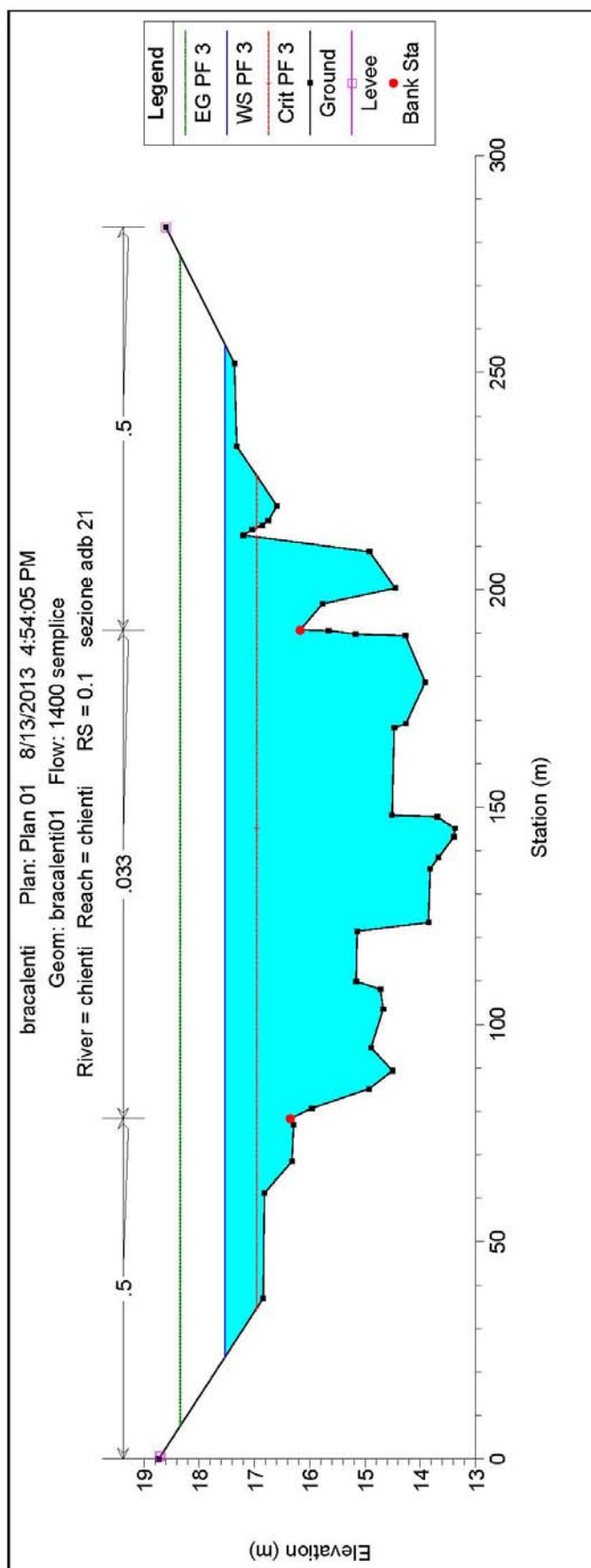








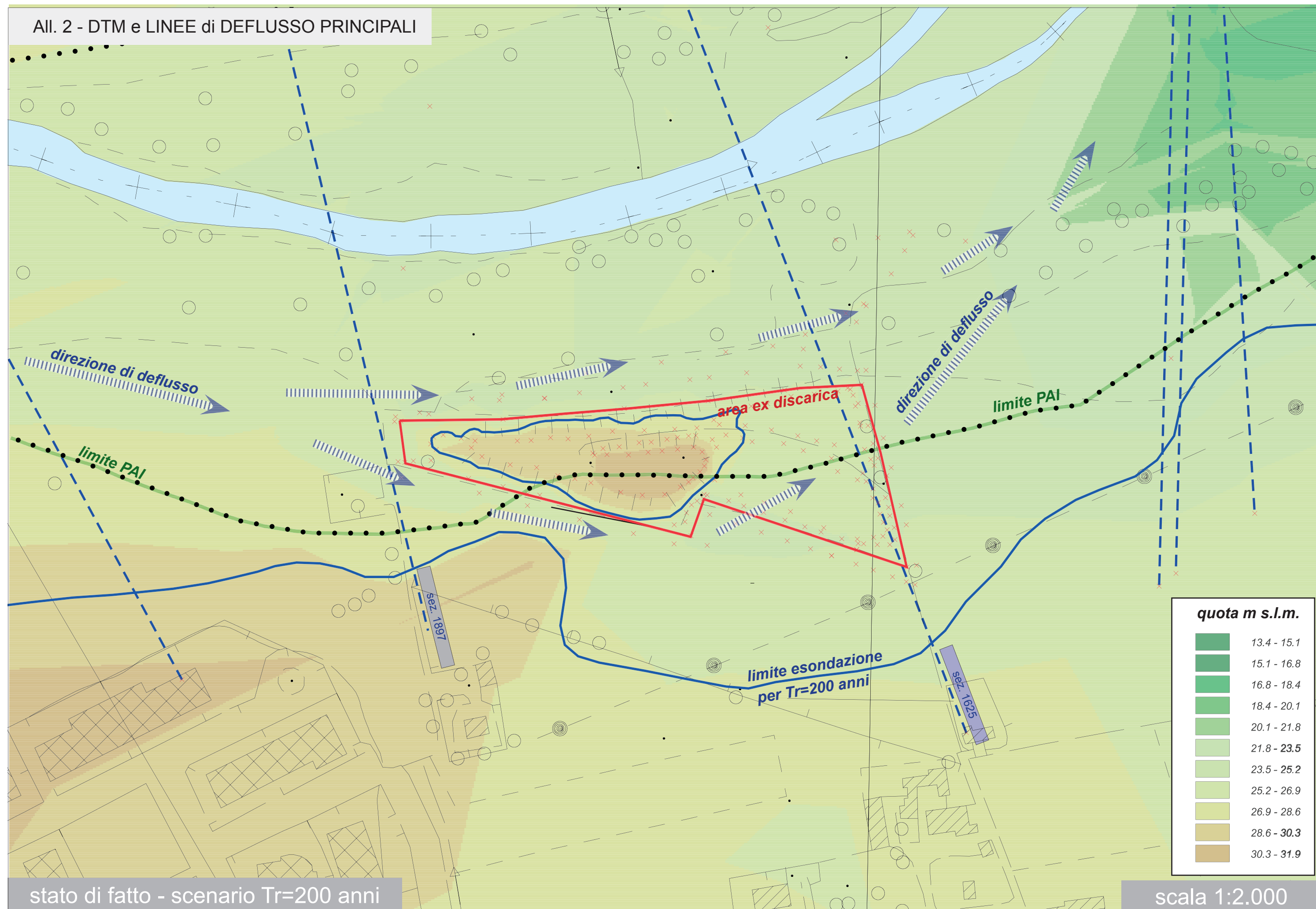




HEC-RAS Plan: Plan 01 River: chienti Reach: chienti Profile: PF 3

| Reach | River Sta | 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 Total (m/s) | Vel Right (m/s) | Flow Area (m2) | Top Width (m) | Froude # Chl |
|---------|-----------|-------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|---------------------|--------------------|--------------------|-------------------|------------------|--------------|
| chienti | 2782 | 1400.00 | 27.13 | 31.29 | 29.95 | 31.66 | 0.001556 | 1.98 | 0.07 | 708.86 | 271.09 | 0.47 |
| chienti | 2494 | 1400.00 | 26.09 | 29.85 | 29.56 | 30.84 | 0.005415 | 2.29 | 0.22 | 611.74 | 300.25 | 0.84 |
| chienti | 2434 | 1400.00 | 26.08 | 30.24 | 28.85 | 30.47 | 0.001196 | 2.14 | | 654.16 | 221.40 | 0.40 |
| chienti | 2149 | 1400.00 | 25.08 | 29.40 | 28.39 | 29.97 | 0.002390 | 1.33 | 0.15 | 1050.44 | 525.51 | 0.58 |
| chienti | 1897 | 1400.00 | 24.16 | 28.57 | 27.82 | 29.25 | 0.003402 | 1.25 | 0.21 | 1116.87 | 467.41 | 0.68 |
| chienti | 1625 | 1400.00 | 23.40 | 26.76 | 26.76 | 27.86 | 0.007709 | 1.82 | 0.21 | 769.81 | 491.81 | 0.98 |
| chienti | 1365 | 1400.00 | 17.96 | 24.25 | 21.03 | 24.38 | 0.000345 | 1.22 | 0.05 | 1148.94 | 360.86 | 0.23 |
| chienti | 1361 | Inl Struct | | | | | | | | | | |
| chienti | 1355 | 1400.00 | 17.96 | 22.92 | 21.02 | 23.16 | 0.001022 | 2.12 | 0.04 | 659.90 | 221.04 | 0.37 |
| chienti | 1337 | 1400.00 | 17.47 | 22.95 | 20.51 | 23.12 | 0.000652 | 1.67 | 0.05 | 839.30 | 294.41 | 0.30 |
| chienti | 976 | 1400.00 | 15.98 | 22.22 | 20.40 | 22.75 | 0.001478 | 2.19 | 0.11 | 638.89 | 216.54 | 0.47 |
| chienti | 689 | 1400.00 | 14.95 | 21.14 | 20.01 | 22.13 | 0.002729 | 2.11 | 0.13 | 662.39 | 237.75 | 0.65 |
| chienti | 427 | 1400.00 | 14.72 | 19.16 | 19.16 | 20.97 | 0.006907 | 3.47 | 0.19 | 403.88 | 154.74 | 0.99 |
| chienti | 243 | 1400.00 | 13.96 | 18.39 | 17.98 | 19.51 | 0.004940 | 3.77 | 0.25 | 371.15 | 144.86 | 0.82 |
| chienti | 0.1 | 1400.00 | 13.37 | 17.53 | 16.96 | 18.34 | 0.004004 | 3.10 | 0.12 | 451.65 | 233.03 | 0.73 |

Al. 2 - DTM e LINEE di DEFLUSSO PRINCIPALI



stato di fatto - scenario Tr=200 anni

scala 1:2.000

AII. 3 - LIVELLI IDRICI SULL'AREA DELL'EX DISCARICA

