

**STUDIO IDROLOGICO ED IDRAULICO DI  
SUPPORTO AGLI STRUMENTI URBANISTICI  
DEL COMUNE DI CHIESINA UZZANESE**

**E 1**

**RELAZIONE GENERALE**

DATA

Marzo 2012

**AREA TECNICA - SETTORE OPERE**

**I PROGETTISTI**

*Dott. Ing. Lorenzo Galardini*

*Ing. Junior Cristiano Nardini*

**I COLLABORATORI TECNICI**

*Geom. Marco Cortopassi*

*Dott. Ing. Mattia Bonfanti*

*Geom. Massimo Di Piazza*

*Dott. Ing. Caterina Turchi*

*Geom. Edoardo Chiostrì*

*Agrot. Valerio Fontana*

**IL DIRETTORE GENERALE**

Dott. Franco Fambrini

## PREMESSA

Il presente studio idrologico ed idraulico viene redatto per conto del Comune di Chiesina Uzzanese (PT) e verrà utilizzato come base per una variante generale al Piano Strutturale e Regolamento Urbanistico attualmente in vigore.

A seguito delle intese intercorse con il competente ufficio del Genio Civile di Pistoia durante la redazione dello studio ed in accordo con la normativa vigente in materia con particolare riferimento all'Allegato A di cui al D.P.G.R. 25 ottobre 2011 n. 53/R, si elencano i corsi d'acqua inseriti nel P.I.T:

<b>Classifica P.I.T</b>	<b>Corso d'acqua</b>
PT1436	<i>Fosso di Montecarlo e Fosso del Tomolo</i>
PT2753	<i>Torrente Pescia di Collodi</i>
PT741	<i>Fiume Pescia di Pescia</i>
PT2757	<i>Torrente Pescia Nuova</i>
PT1768	<i>Fosso Sibolla</i>

Preme evidenziare come il Fosso Sibolla ritenuto marginale ed interessante il Comune di Chiesina Uzzanese in un'area naturalmente soggetta ad allagamenti, non sarà preso in considerazione.

## IDROLOGIA

Il Consorzio di Bonifica del Padule di Fucecchio ha promosso alcuni incontri con la competente Autorità di Bacino del Fiume Arno al fine di stabilire una modellazione idrologica da utilizzare a livello di bacino limitando al massimo le possibili incongruenze ed eclatanti differenza di risultati tra i diversi studi riguardanti tutti i comuni della Valdinievole; si utilizzeranno così gli idrogrammi elaborati dal programma Piene implementato dalla società Physis di Firenze ed utilizzato anche per la definizione delle carte PAI dell'Autorità di Bacino del Fiume Arno.

## CARTOGRAFIA DI BASE E SEZIONI DEI CORSI D'ACQUA

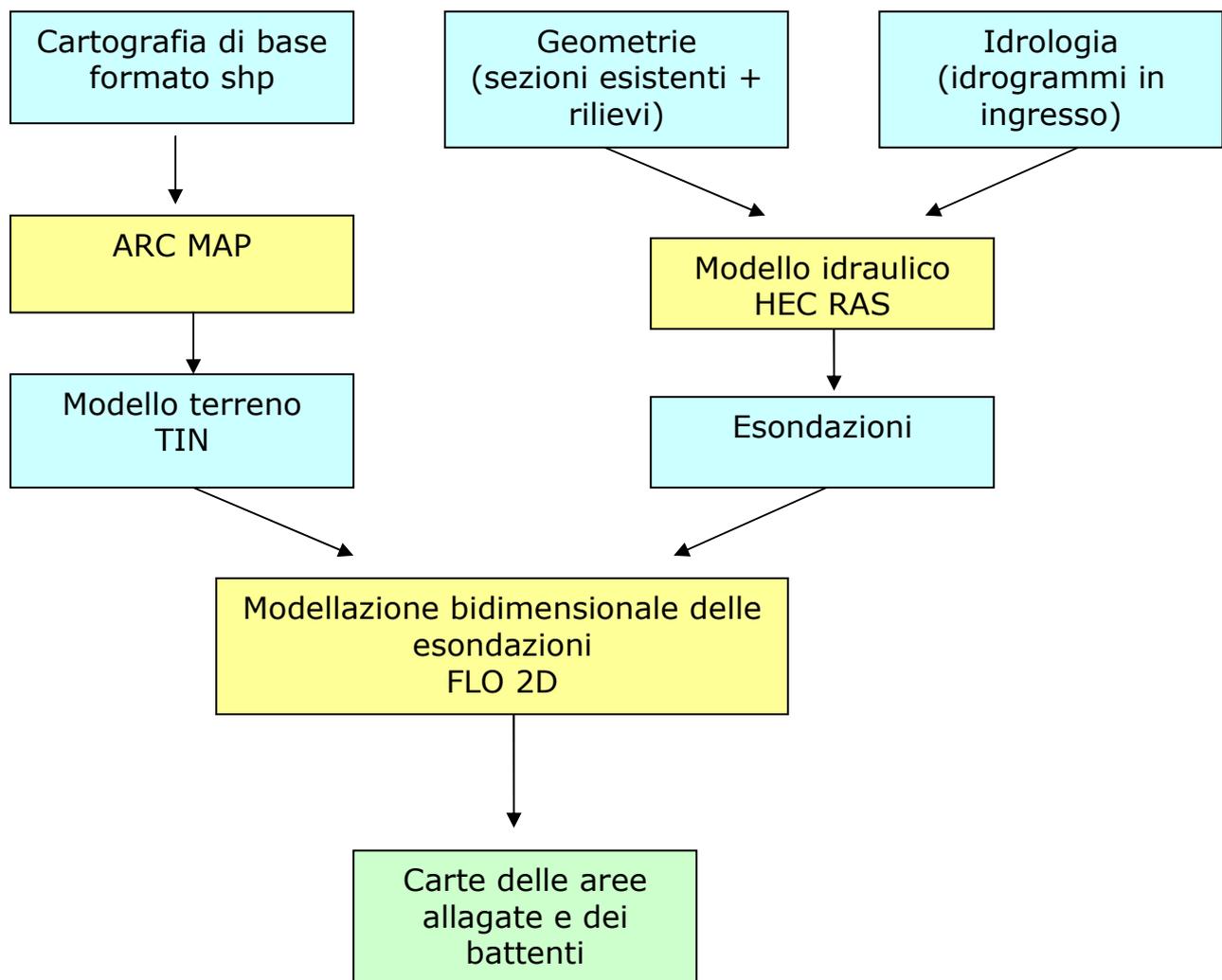
Per le sezioni dello stato attuale, ove esistenti, si sono utilizzate quelle rilevate all'interno dello Studio di Area Vasta, le altre sono state rilevate direttamente in loco utilizzando gli stessi capisaldi di riferimento.

La cartografia di base utilizzata è la Carta Tecnica Regionale scala 1:2.000 (formato vettoriale).

Si è inoltre provveduto al rilievo di diversi punti significativi come ponti, opere trasversali e longitudinali ed infrastrutture presenti all'interno e nell'intorno del corso d'acqua studiato; è stata infine verificata positivamente la corrispondenza tra le quote di cartografia e quelle rilevate direttamente in loco.

### INDIVIDUAZIONE DELLE AREE ALLAGATE

Per l'individuazione delle aree allagate si è utilizzato il software FLO-2D Flood Routing Model ver. 2007.06. Tale programma, mediante lo studio bidimensionale del moto dei fluidi, consente di determinare le dinamiche delle esondazioni, valutando il percorso dell'acqua nel territorio utilizzando come routine di calcolo la conservazione del volume.



## **SPECIFICHE TECNICHE**

### Cartografia di base

Si sono utilizzati esclusivamente i quadri della Carta Tecnica Regionale in scala 1:2.000 (formato vettoriale); su detta cartografia si sono riportati i tracciati dei corsi d'acqua di interesse così come verificato direttamente sul campo a seguito dei dovuti sopralluoghi del caso (vedi oltre).

Per la visualizzazione d'insieme delle cartografie delle aree allagate, si è utilizzata la Cartografia Tecnica Regionale scala 1:10.000.

Rispetto alla cartografia ufficiale così come attualmente disponibile, è stata inserita la seguente modifica geometrica:

- Rotonda e raccordi stradali già realizzati dalla Provincia di Pistoia all'interno del progetto di "*Superamento dell'abitato di Chiesina Uzzanese - 1° Lotto - Variante per l'eliminazione del traffico pesante da Piazza Mazzini*". Le quote così come le geometrie, sono stati trasmesse direttamente dal Settore Viabilità della Provincia di Pistoia. Dette opere essendo state realizzate in rilevato, costituiscono una barriera non trascurabile per l'eventuale scorrimento delle acque di tracimazione e quindi sono state inserite come parte integrante della topografia locale.

### Generazione del modello digitale del terreno

Per la creazione del modello digitale del terreno sono stati utilizzati i dati altimetrici provenienti dalla cartografia di base (curve di livello e punti quota). Elaborando ed interpolando opportunamente tali dati, attraverso l'estensione Spatial - Analyst di ArcMap, è stato possibile creare un modello del terreno a maglia triangolare TIN (Triangulated Irregular Network).

Tale modello è stato successivamente gestito dal software per la modellazione delle esondazioni FLO-2D<sup>®</sup> Flood Routing Model Version 2007.06, con l'applicativo GDS (Grid Developer System), utilizzando i vertici dei triangoli del TIN come punti quota.

Con il modello così ottenuto l'applicativo GDS richiede un dominio di calcolo entro il quale definire una griglia di calcolo. È stato così possibile ottenere il modello digitale del terreno (DTM) a maglia quadrata, basata su celle di dimensioni 25 x 25 mt.

### Sezioni, rilievi e capisaldi

Per i diversi corsi d'acqua si sono utilizzate le seguenti sezioni:

- *Fiume Pescia di Pescia*: le sezioni utilizzate (sezioni fluviali + ponti ed altre opere interferenti) sono quelle rilevate all'interno del progetto di Area Vasta (2005) ed integrate con un successivo rilievo di dettaglio appositamente realizzato per lo studio complessivo del corso d'acqua (2007); tutte le sezioni sono riferite agli stessi capisaldi di riferimento (Area Vasta) ai quali si rimanda per i dettagli del caso;
- *Torrente Pescia di Collodi*: sezioni e manufatti rilevati all'interno del progetto di Area Vasta (2005) integrate con lo stato di progetto dei lavori già effettuati dal Consorzio di Bonifica del Padule di Fucecchio nel tratto Ponte ai Pini - Ponte alla Ralla; tutte le sezioni sono riferite agli stessi capisaldi di riferimento (Area Vasta). Le sezioni del tratto a valle di Ponte alla Ralla sono state fornite dall'Ufficio del Genio Civile di Pistoia così come rilevate per la redazione del progetto definitivo "*Perizia n.517 - Sistemazione arginale del Torrente Pescia di Collodi nel tratto compreso fra Ponte alla Ralla e la Fattoria Settepassi nei comuni di Chiesina Uzzanese e Ponte Buggianese (PT)*";
- *Fosso di Montecarlo*: le sezioni ed i manufatti sono quelli riscontrabili allo stato attuale così come realizzati a seguito dei lavori di "*Miglioramento idraulico del Fosso di Montecarlo*" ultimati dal Consorzio di Bonifica del Padule di Fucecchio nel 2004;
- *Torrente Pescia Nuova*: le sezioni ed i manufatti sono quelli riscontrabili allo stato attuale così come realizzati a seguito dei lavori di "*Miglioramento idraulico di un tratto della Gora del Molinaccio*" ultimati nel 2006 ed integrati con sezioni rilevate nel 2012;

Tutti i rilievi sia in formato cartaceo che informatico, rimangono a disposizione presso l'Ufficio Tecnico del Consorzio di Bonifica del Padule di Fucecchio e non vengono allegati al presente studio per non appesantire troppo gli elaborati progettuali.

Tutte le sezioni così come rilevate sono comunque visibili all'interno degli output grafici del modello idraulico di HEC - RAS.

### Idrologia

Come precedentemente riportato, gli idrogrammi in ingresso sono quelli derivanti dal programma Piene con le seguenti specifiche:

- *Tempo di pioggia*: trattandosi di corsi d'acqua a differente regime, non risulta possibile stabilire una sola durata critica dell'evento alluvionale tale da massimizzare l'esondazione sul territorio; per ogni corso d'acqua si provvederà quindi allo studio dell'evento  $T_p = 2,3,6$  h riportando successivamente l'involuppo della situazione più critica;
- Poiché il Comune di Chiesina Uzzanese risulta interessato dalla parte intermedia dei principali corsi d'acqua, questi ultimi risentono dell'effetto laminazione del tratto di monte ma soprattutto delle esondazioni già avvenute: poiché risulterebbe eccessivamente penalizzante l'utilizzo dell'idrogramma intero relativo alla sezione di chiusura di ingresso al territorio comunale, quest'ultimo sarà preso al netto delle esondazioni già avvenute a monte con le seguenti precisazioni:
  - *Fiume Pescia di Pescia*: la portata in ingresso è quella netta all'interno del canale successivamente alle esondazioni previste dagli studi idraulici di Pescia -
  - *Torrente Pescia di Collodi*: il Consorzio di Bonifica del Padule di Fucecchio ha redatto un studio idrologico idraulico a supporto della progettazione di messa in sicurezza idraulica del Torrente Pescia di Collodi, utilizzando le portate previste dal software "Piene"; detto studio è stato approvato dal competente Ufficio del Genio Civile di Lucca nel 2011. Tale studio ha modellato il Torrente Pescia di Collodi dell'Autostrada A11 fino al Ponte del Settepassi. Le esondazioni che interessano il territorio comunale di Chiesina Uzzanese sono quelle al netto delle fuoriuscite previste più a monte nel medesimo studio;
  - *Fosso di Montecarlo*: la portata in ingresso è quella fornita dal software "Piene", in quanto gli studi idraulici svolti per il Comune di Pescia non prevedono fuoriuscite a monte del tratto modellato;
  - *Torrente Pescia Nuova*: gli studi idraulici eseguiti in passato dal Consorzio di Bonifica del Padule di Fucecchio, per conto del comune

di Uzzano, prevedono alcune fuoriuscite a monte di Chiesina Uzzanese. Tuttavia, vista la morfologia incassata del corso d'acqua, è plausibile ipotizzare che le acque esondate rientrino naturalmente in alveo. Per tale motivo, cautelativamente, la portata in ingresso utilizzata nel presente studio è quella derivante dal programma Piene, senza considerare eventuali fuoriuscite a monte.

Su tutti i corsi d'acqua si è tenuto in considerazione che le esondazioni nei territori comunali adiacenti hanno comunque generato effetto su quello di Chiesina.

### Modellazione idraulica

La modellazione idraulica dei corsi d'acqua è stata effettuata con il software HEC-RAS rel. 4.1.0 messo a punto dall'Hydrologic Engineering Center of U.S. Army Corps of Engineers, alla cui documentazione specifica si rimanda per i dettagli sulla risoluzione dei modelli matematici utilizzati per il calcolo. Tutte le simulazioni sono state svolte con modello in moto vario, analizzando la variazione della portata in funzione del tempo.

Per ognuno dei corsi d'acqua oggetto di studio è stato realizzato il modello, utilizzando la geometria e l'idrologia ricavate come descritto in precedenza. Una volta evidenziati i tratti di arginatura soggetti a tracimazione, sono stati inseriti nel modello degli sfioratori, per simulare la fuoriuscita d'acqua e la relativa diminuzione di portata all'interno dell'alveo. Successivamente, le portate in uscita da ogni sfioratore verranno inserite nel modello delle esondazioni, come meglio specificato in seguito.

Nel dettaglio, le specifiche relative ai modelli di ogni corso d'acqua sono le seguenti:

- *Fiume Pescia di Pescia:*
  - o *Tratto incluso nel modello:* dalla sezione 530 (località Pesciamorta) alla sezione 140 (a valle di Ponte Buggianese);
  - o *Condizioni al contorno di monte:* idrogrammi relativi ai vari tempi di ritorno (30 e 200 anni), per i vari tempi di pioggia (2, 3 e 6 ore), ottenuti come descritto in precedenza;

- *Condizioni al contorno di valle:* pendenza di moto uniforme, pari ad  $i = 0.04 \%$ ;
- *Coefficiente di scabrezza di Manning:*  $n = 0.045$  per tutte le sezioni in terra;
- *Torrente Pescia di Collodi:*
  - *Tratto incluso nel modello:* dalla sezione 800 (a valle dell'Autostrada A11) alla sezione 100 (a valle del Ponte Settepassi);
  - *Condizioni al contorno di monte:* idrogrammi relativi ai vari tempi di ritorno (30 e 200 anni), per i vari tempi di pioggia (2, 3 e 6 ore), ottenuti dal software "Piene";
  - *Condizioni al contorno di valle:* pendenza di moto uniforme, pari ad  $i = 0.07 \%$ ;
  - *Coefficiente di scabrezza di Manning:*  $n = 0.027$  per tutte le sezioni in terra,  $n = 0.015$  per le parti in muratura;
- *Fosso di Montecarlo:*
  - *Tratto incluso nel modello:* dalla sezione 100.4 (a monte del ponte Via dell'Anguillara – Via del Tomolo) alla sezione 58 (a valle del ponte di Via del Cerro Vecchio);
  - *Condizioni al contorno di monte:* idrogrammi relativi ai vari tempi di ritorno (30 e 200 anni), per i vari tempi di pioggia (2, 3 e 6 ore), ottenuti dal software "Piene";
  - *Altri idrogrammi in ingresso:* sono stati inseriti gli idrogrammi in ingresso dei principali tributari del Fosso di Montecarlo (Fosso di Via Ponte in Canneto, Fosso di Landino, Bozzo alla Rena), oltre agli idrogrammi distribuiti che rappresentano le acque di ruscellamento superficiale. Tali idrogrammi, relativi ai vari tempi di ritorno e tempi di pioggia, sono stati ottenuti dal software "Piene";
  - *Condizioni al contorno di valle:* pendenza di moto uniforme, pari ad  $i = 0.04 \%$ ;
  - *Coefficiente di scabrezza di Manning:*  $n = 0.025$  per tutte le sezioni in terra,  $n = 0.018$  per le parti in muratura;

- *Torrente Pescia Nuova:*

- *Tratto incluso nel modello:* dalla sezione 1120 (località Chiodo) alla sezione 1 (a valle del ponte di Via Livornese);
- *Condizioni al contorno di monte:* idrogrammi relativi ai vari tempi di ritorno (30 e 200 anni), per i vari tempi di pioggia (2, 3 e 6 ore), ottenuti dal software "Piene";
- *Altri idrogrammi in ingresso:* sono stati inseriti gli idrogrammi in ingresso del Rio Torto, affluente sinistro del Torrente Pescia Nuova a monte del ponte di Via Livornese. Tali idrogrammi, relativi ai vari tempi di ritorno e tempi di pioggia, sono stati ottenuti dal software "Piene";
- *Condizioni al contorno di valle:* pendenza di moto uniforme, pari ad  $i = 0.19 \%$ ;
- *Coefficiente di scabrezza di Manning:*  $n = 0.04$  per tutte le sezioni in terra.

*Modellazione bidimensionale delle esondazioni*

La modellazione delle esondazioni sul terreno è stata fatta attraverso il software FLO-2D Flood Routing Model ver. 2007.06. Tale codice è un semplice modello di conservazione del volume, che opera trasferendo il volume liquido attraverso una serie di celle; l'avanzamento dell'esondazione viene influenzato dalla topografia e dalla scabrezza. La propagazione dell'esondazione nelle due dimensioni è compiuta attraverso un'integrazione numerica delle equazioni del moto e della conservazione del volume liquido.

Le equazioni generali rappresentative delle esondazioni includono l'equazione di continuità e l'equazione del moto dei fluidi:

$$\frac{\partial h}{\partial t} + \frac{\partial h V_x}{\partial x} = i$$

$$S_{fx} = S_{ox} - \frac{\partial h}{\partial x} - \frac{V_x \partial V_x}{g \partial x} - \frac{V_x \partial V_x}{g \partial x} - \frac{l \partial V_x}{g \partial t}$$

dove  $h$  è il battente e  $V_x$  è la componente di velocità alla profondità media, l'intensità di pioggia in eccesso ( $i$ ) può essere un valore non nullo e la componente di attrito  $S_{fx}$  è basata sull'equazione di Manning. Gli altri termini

includono la pendenza di fondo  $S_{ox}$ , il gradiente di pressione e i termini di accelerazione locale e convettiva.

Le equazioni del moto nel FLO-2D sono da definirsi come "quasi bidimensionale". L'equazione viene risolta calcolando la velocità media del flusso attraverso le celle del modello, una direzione alla volta. Ci sono 8 potenziali direzioni del flusso, le quattro principali (nord, est, sud, ovest) e le quattro diagonali. Ognuno dei calcoli della velocità è essenzialmente monodimensionale, e viene risolto indipendentemente dalle altre 7 direzioni. La stabilità di questo schema numerico esplicito è basata su specifici criteri per controllare la dimensione del passo temporale di calcolo.

Il peso relativo delle componenti di accelerazione, di pendenza e di pressione, è importante. Henderson (1966) ha determinato i pesi relativi dei termini dell'equazione del moto (in piedi/miglio):

- $S_o$  = pendenza del fondo: peso 26;
- $\partial y/\partial x$  = gradiente di pressione: peso 0.5;
- $V\partial V/g\partial x$  = accelerazione convettiva: peso 0.12 – 0.25;
- $\partial V/g\partial t$  = accelerazione locale: peso 0.05.

Questo mostra che, per la maggior parte delle applicazioni, adottare la semplificazione dell'onda cinematica ( $S_o=S_f$ ) è sufficiente per modellare l'avanzamento dell'onda di piena, mentre i contributi del gradiente di pressione ed i termini di accelerazione possono essere trascurati. L'aggiunta del termine del gradiente della pressione, per creare l'equazione dell'onda diffusiva, consente di simulare esondazioni in territori dalla topografia più complessa; tale termine è necessario se il modello a griglia presenta zone dalla topografia depressa. I termini di accelerazione sono importanti per la risoluzione delle equazioni nei canali, specialmente con presenza di tratti a pendenza nulla, in contropendenza o con pendenze molto ripide. Nel software FLO-2D è applicata soltanto l'equazione completa dell'onda dinamica, dal momento che la velocità di elaborazione dei computer moderni consente di evitare le approssimazioni delle altre equazioni.

Per eseguire la modellazione delle esondazioni dei corsi d'acqua, attraverso l'applicativo GDS sono stati inseriti nel software FLO-2D i seguenti dati:

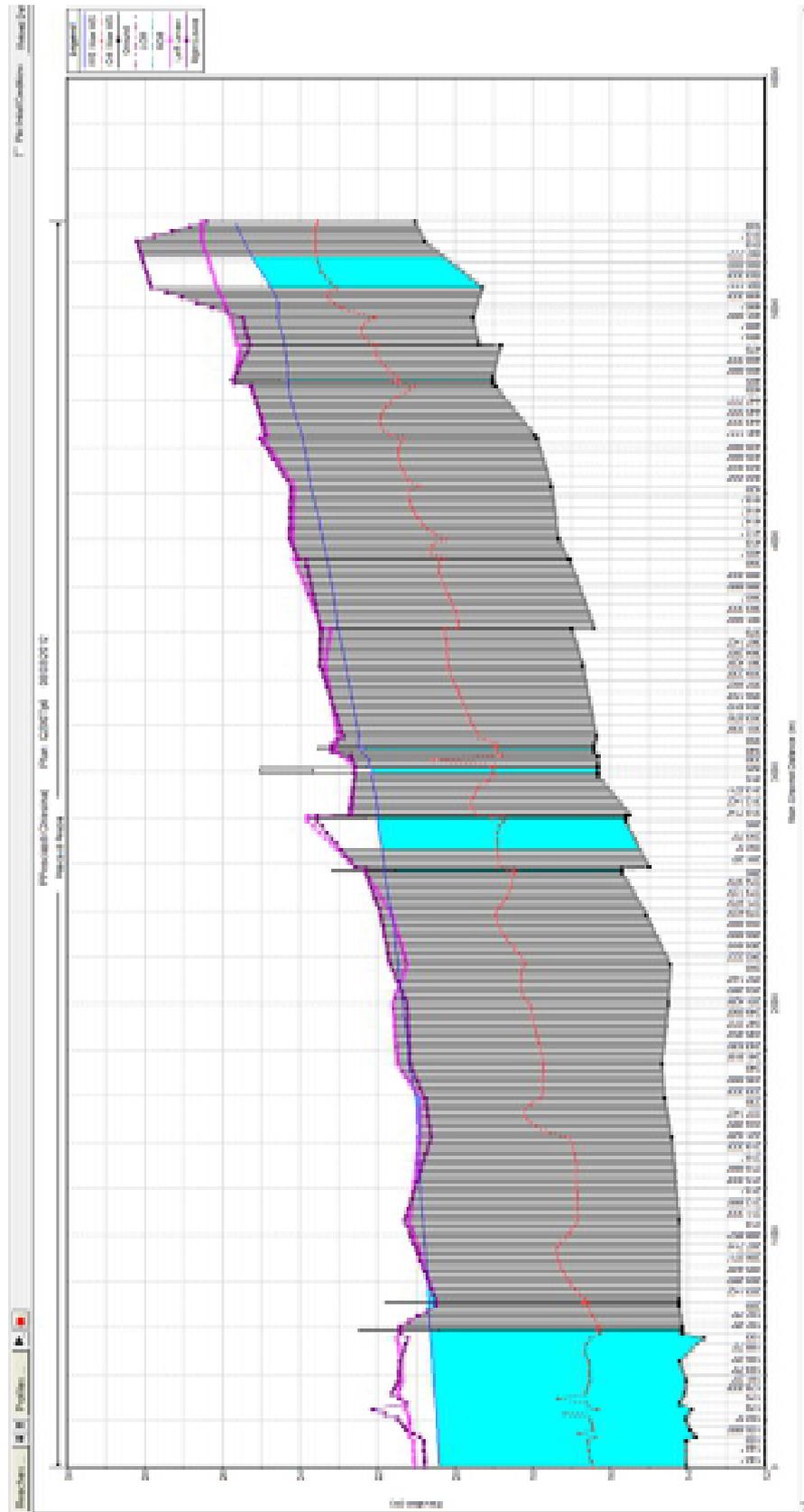
- Modello del terreno: la morfologia del territorio in esame è stata rappresentata attraverso i vertici dei triangoli del modello TIN realizzato come descritto in precedenza. È stato così possibile ottenere il modello del terreno a maglia quadrata con celle di dimensione 25 x 25 m, dove ogni cella contiene un valore di elevazione ottenuto per interpolazione tra i punti;
- Arginature e rilevati: con la presenza di brusche discontinuità altimetriche, si rischia che il modello a maglia 25 x 25 m non rappresenti adeguatamente le strutture che creano sbarramento alle acque, quali, appunto, le arginature dei corsi d'acqua ed i rilevati stradali. Per tale motivo tali opere sono state inserite successivamente nel software, attraverso il "levee editor" dell'applicativo GDS;
- Esondazioni dei corsi d'acqua: le fuoriuscite d'acqua sono state determinate con il software HEC-RAS, come descritto in precedenza. Gli idrogrammi in uscita da ogni sfioratore sono stati inseriti come ingresso nel modello delle esondazioni;
- Esondazioni provenienti da monte: il Fiume Pescia di Pescia presenta numerose esondazioni anche a monte del tratto preso in esame, nella porzione ricadente nel comune di Pescia. Tuttavia tali esondazioni provocano effetti anche nel territorio del comune di Chiesina Uzzanese. Pertanto nel modello sono stati inseriti anche i battenti causati dalle esondazioni del tratto di monte, determinati nell'ambito di un precedente studio eseguito sempre dal Consorzio di Bonifica del Padule di Fucecchio.

Inserendo i dati nel software FLO-2D sono stati creati vari modelli, per i diversi tempi di ritorno e tempi di pioggia. È stato quindi possibile procedere all'elaborazione delle esondazioni, compiuta dal modello matematico del programma.

Le elaborazioni hanno quindi restituito le cartografie delle aree allagate, dove per ogni cella del modello viene visualizzato il massimo battente che si è avuto nel passaggio dell'esondazione.

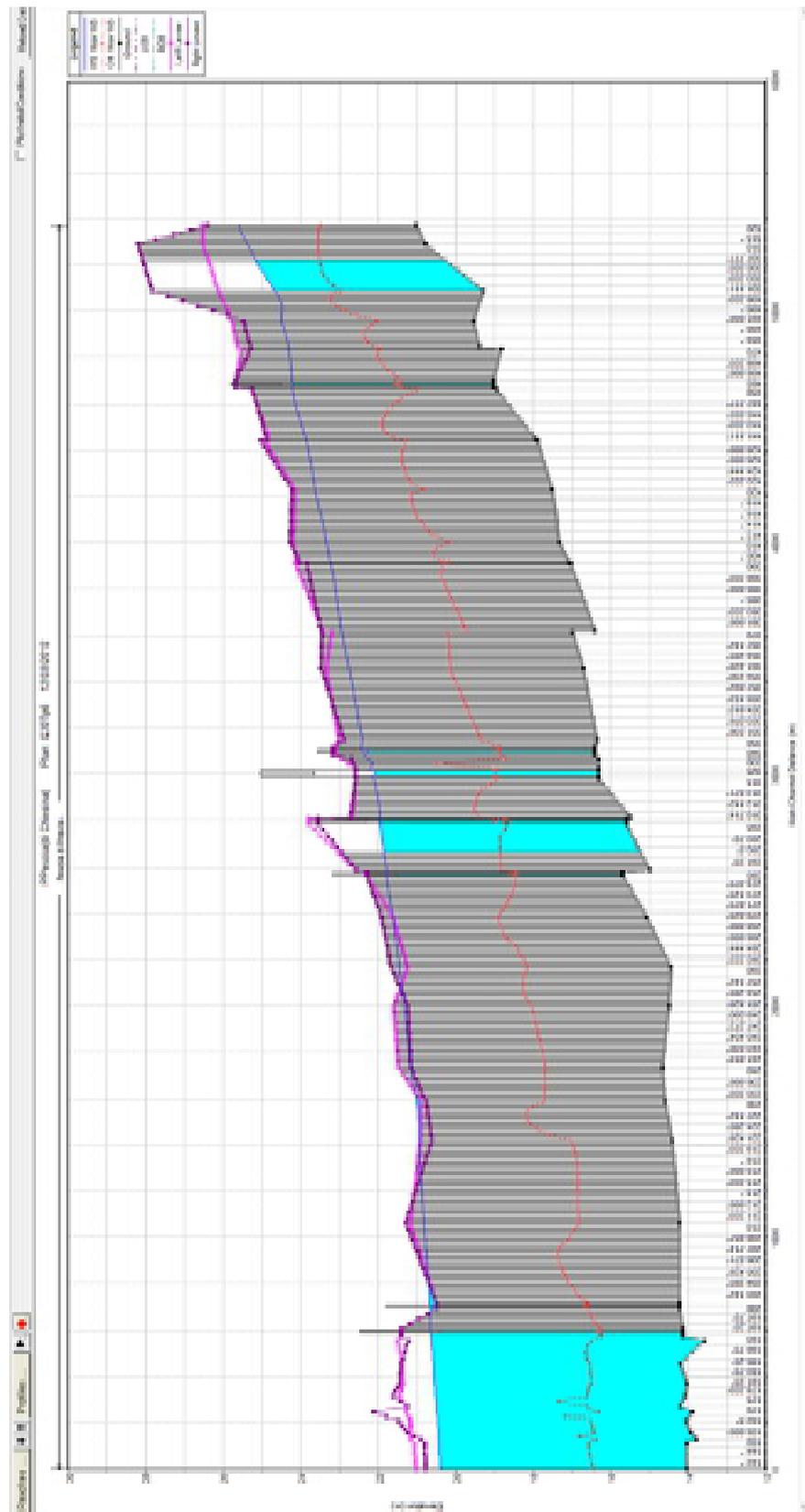
### Elaborazioni successive

Al fine di una migliore gestione delle carte dei battenti e visto lo scopo delle stesse (il supporto agli strumenti urbanistici comunali), le carte relative ai vari tempi di pioggia sono state unificate, determinando l'inviluppo delle aree allagate. Nel dettaglio, per ognuno dei tempi di ritorno considerati (Q30 e Q200) sono stati uniti i risultati relativi ai vari tempi di pioggia (2, 3 e 6 ore), considerando, per ogni cella del modello, il massimo valore del battente idrico. Si sono così ottenute le carte degli inviluppi dei battenti, relative agli eventi con tempo di ritorno di 30 e 200 anni.



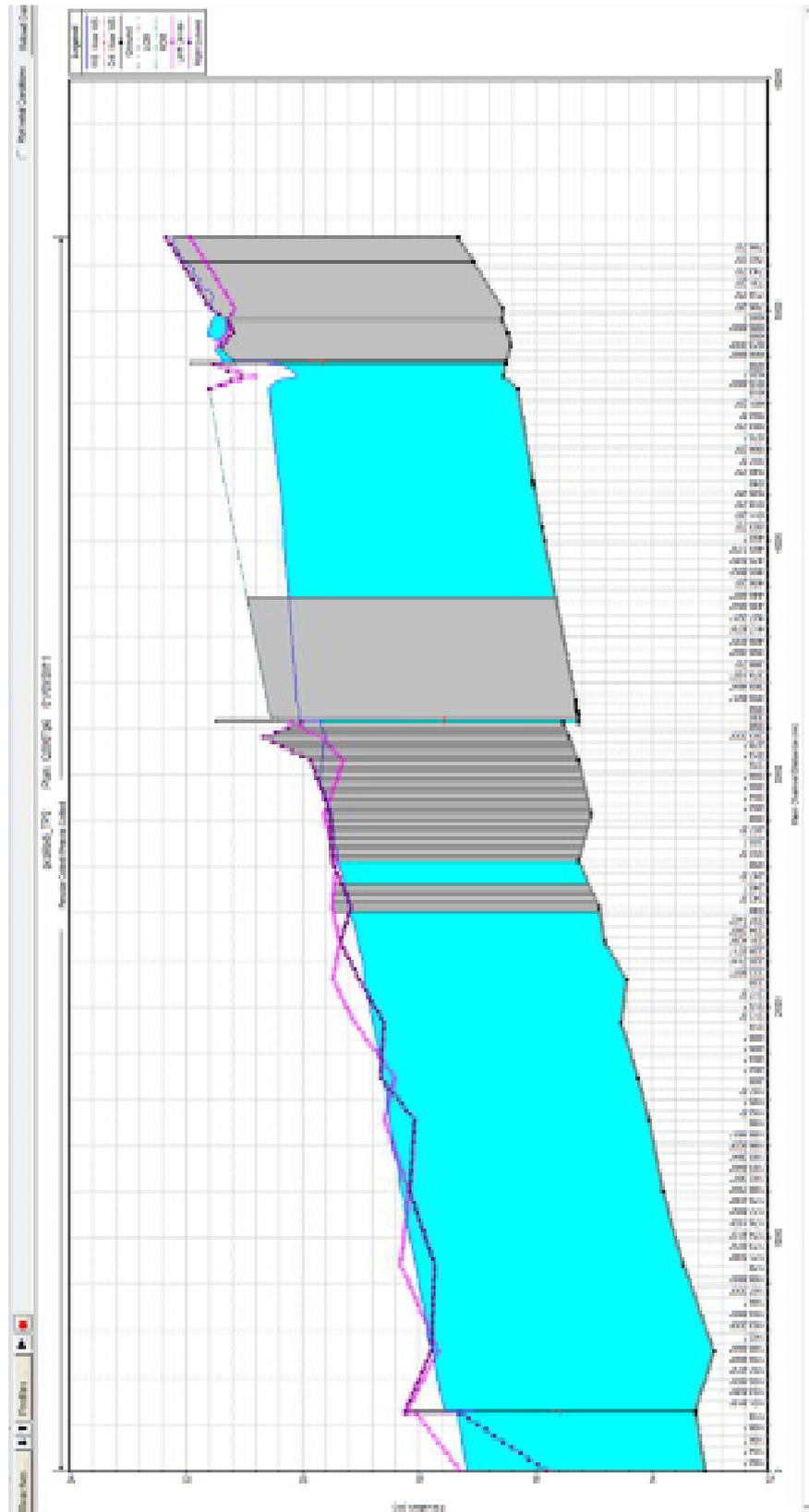
Torrente Pesca di Pesca: profilo longitudinale

Tempo di ritorno: 200 anni – Tempo di pioggia: 6 ore



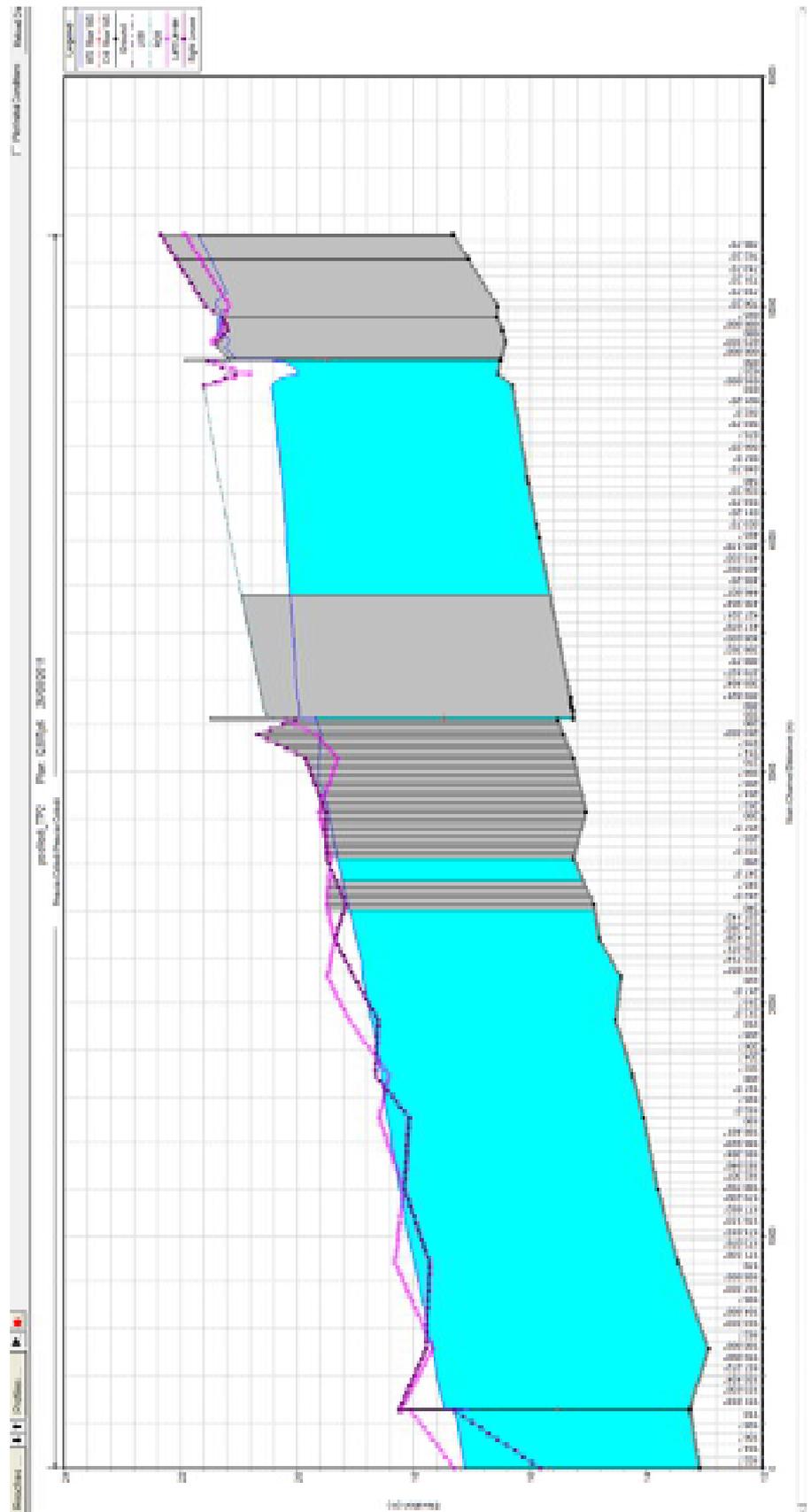
Torrente Pesca di Pesca: profilo longitudinale

Tempo di ritorno: 30 anni – Tempo di pioggia: 6 ore



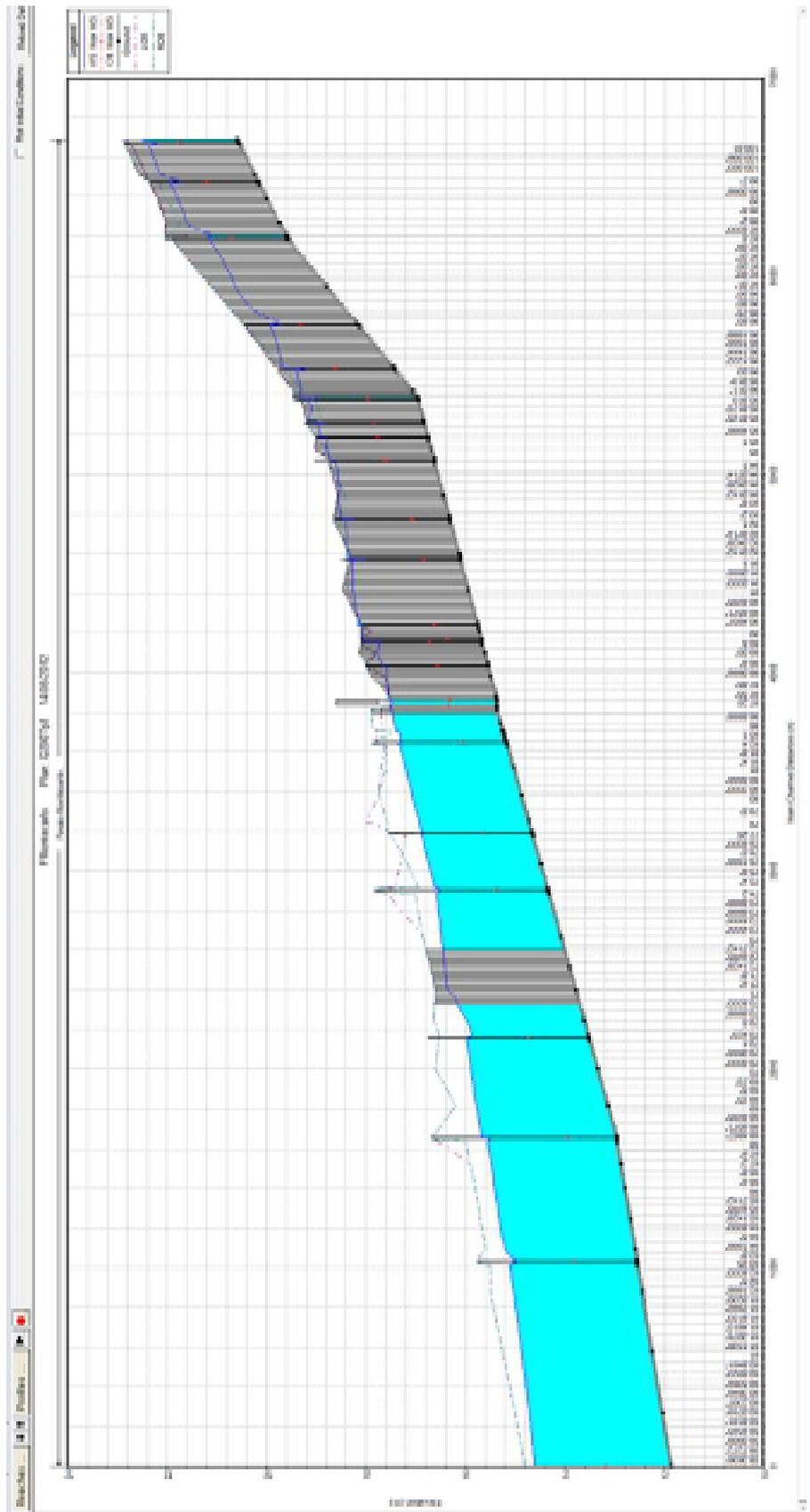
Torrente Pesca di Collodi: profilo longitudinale

Tempo di ritorno: 200 anni – Tempo di pioggia: 6 ore



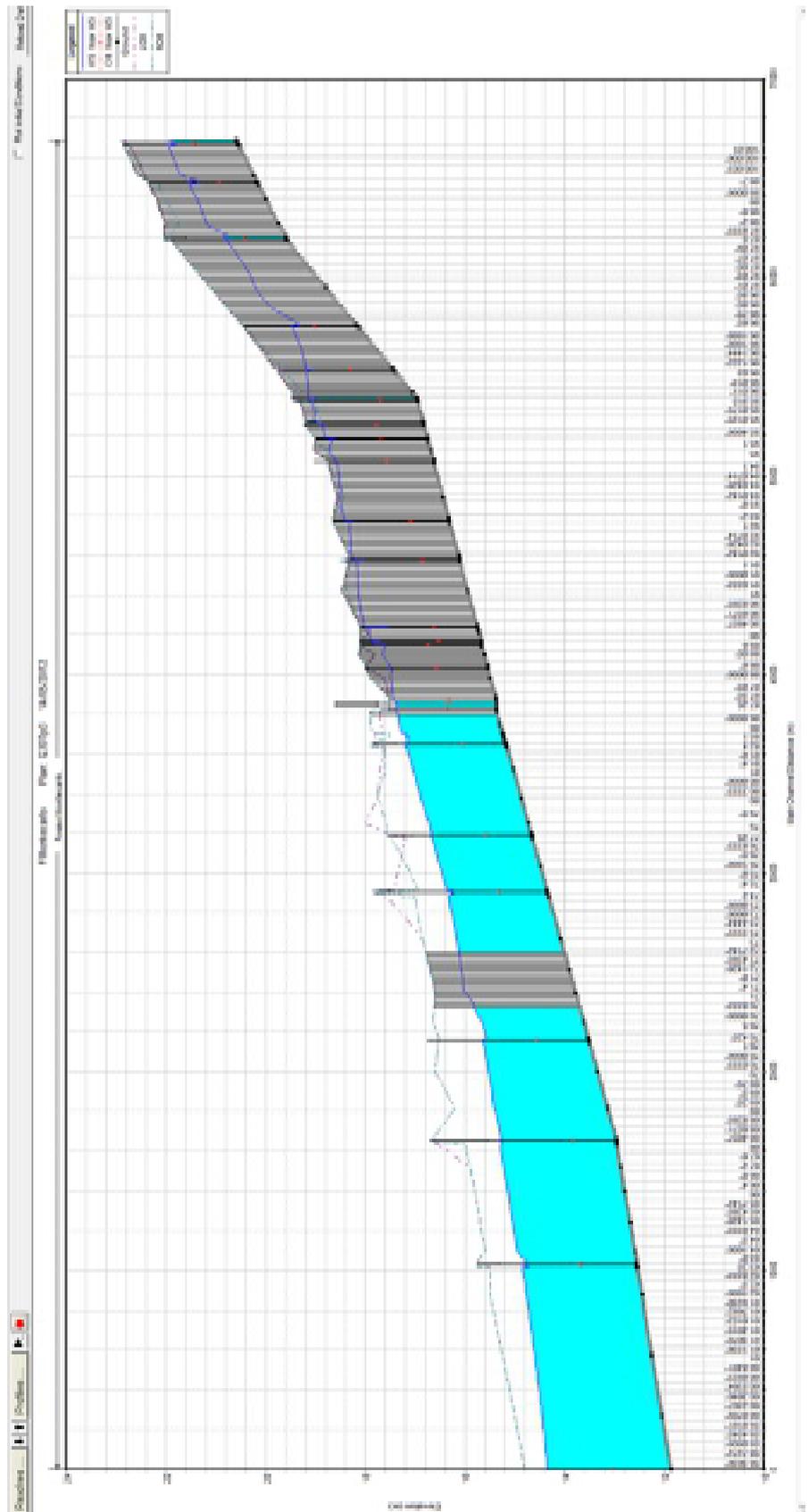
Torrente Pesca di Collodi: profilo longitudinale

Tempo di ritorno: 30 anni – Tempo di pioggia: 6 ore



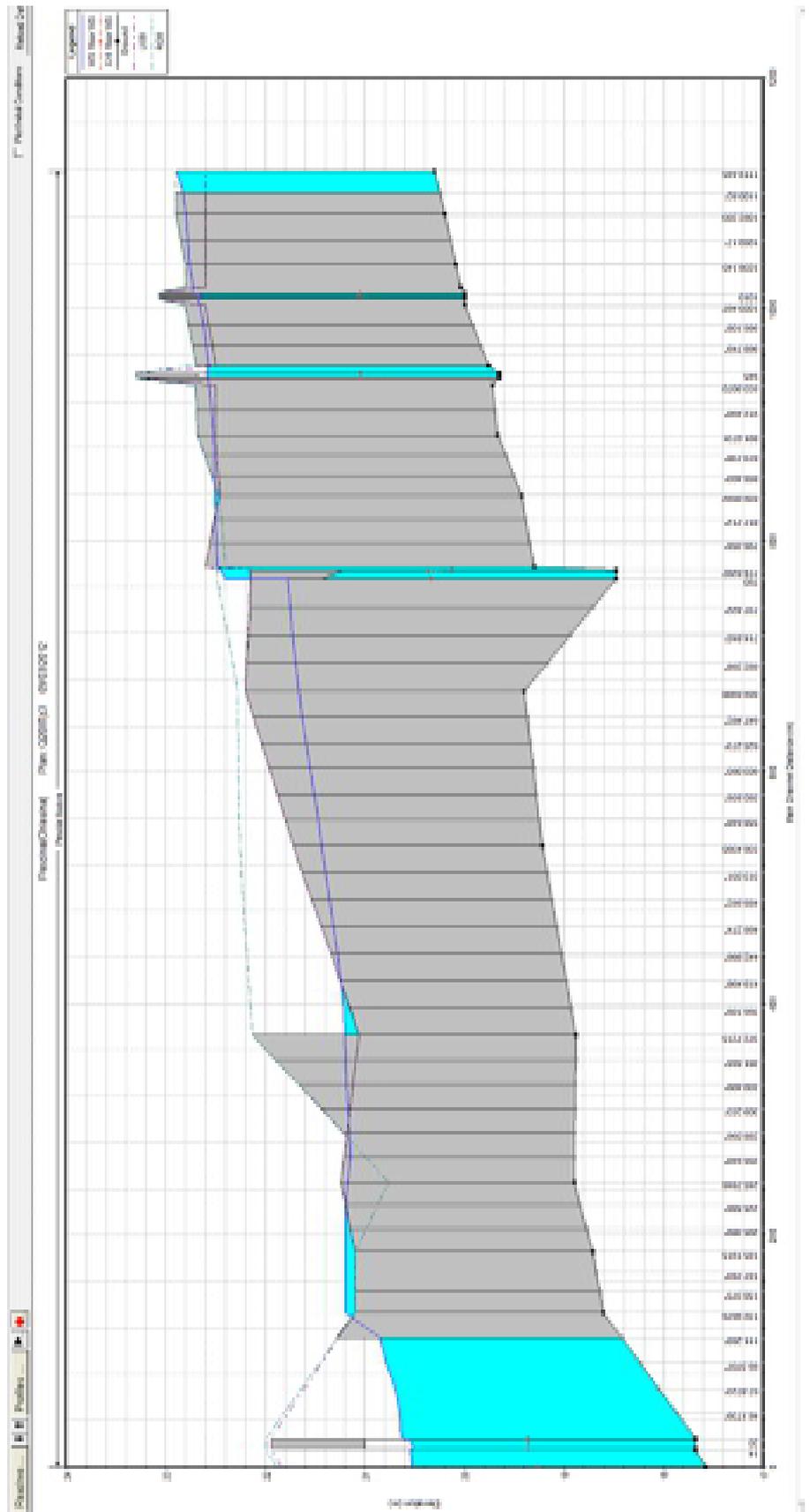
Fosso di Montecarlo: profilo longitudinale

Tempo di ritorno: 200 anni – Tempo di pioggia: 3 ore



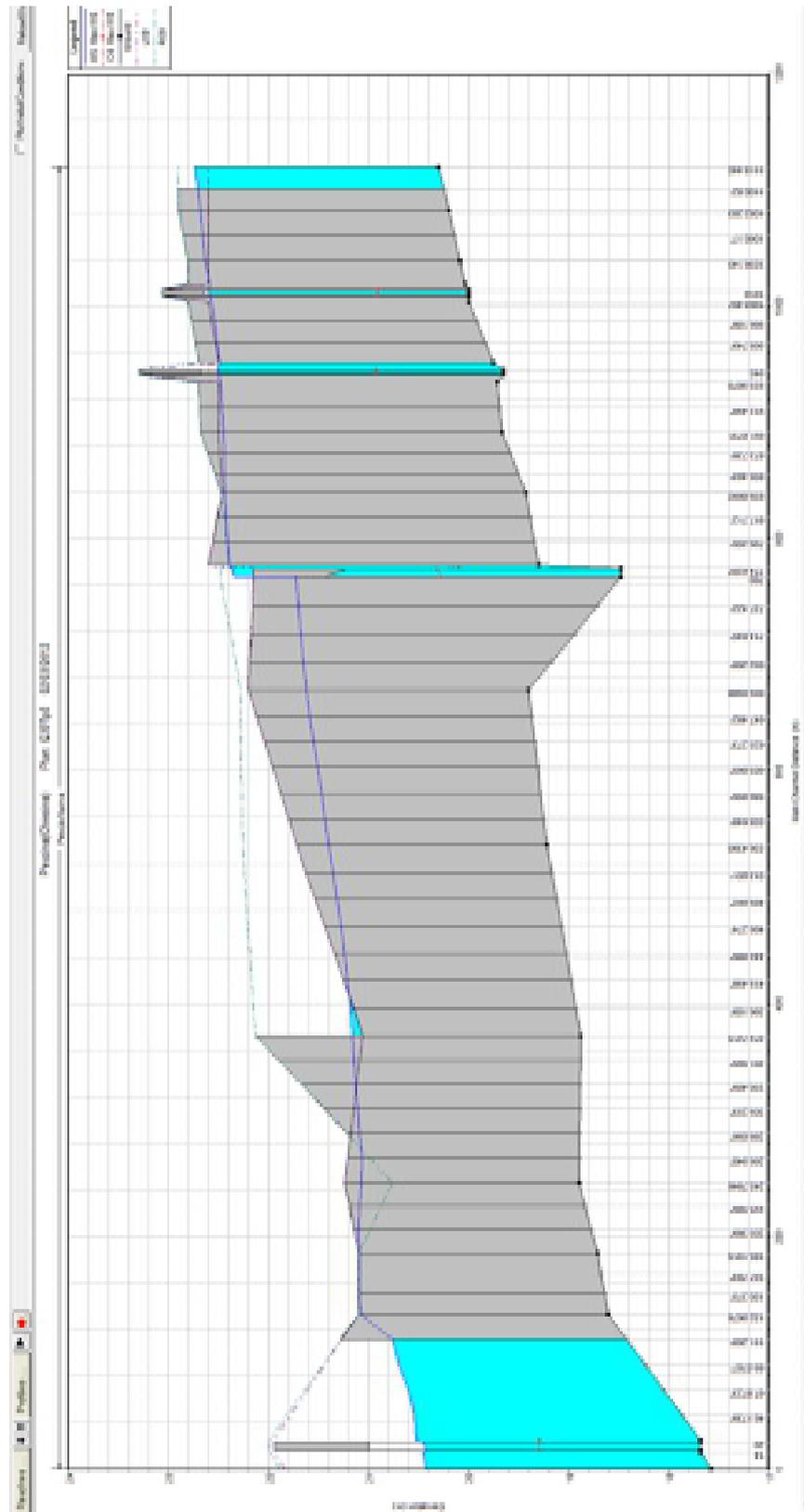
Fosso di Montecarlo: profilo longitudinale

Tempo di ritorno: 30 anni – Tempo di pioggia: 3 ore



Torrente Pescia Nuova: profilo longitudinale

Tempo di ritorno: 200 anni – Tempo di pioggia: 3 ore



Torrente Pesca Nuova: profilo longitudinale

Tempo di ritorno: 30 anni – Tempo di pioggia: 3 ore