

COMUNE DI FOLIGNO - PG



PIANO ATTUATIVO AREA EX OSPEDALE DI S. GIOVANNI BATTISTA comparto A

COMMITTENTE:

Rappresentate da:
Ing. Luca Panizzi
Fund Manager

Arch. Gianfranco Deste
Responsabile Area Asset Management

BNL
FONDI IMMOBILIARI SGR p.A.
Viale A. Filippetti, 37
I - 20122 Milano

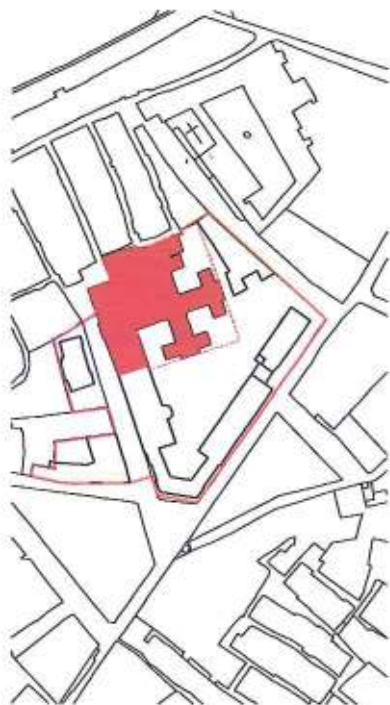
In nome per conto di:
FONDO UMBRIA - comparto 'MONTELUCE'

(data/...../.....)

PROJECT MANAGER E DEVELOPMENT ADVISOR:

EUROPA RISORSE S.r.l.
Piazzale Lugano, 19
I - 20158 Milano

PROGETTISTI:



(timbro e firma)



(timbro e firma)



(timbro e firma)

s.b.arch.
bargone architetti associati
11, Via Ovidio
06034 FOLIGNO (PG)
Phone/Fax: 0742 351360/357775
info@studiobargone.it
dott. arch. **FEDERICO BARGONE**
dott. arch. **FRANCESCO BARTOLUCCI**

Studio Cannavicci
40, Via San Giovanni dell'acqua
06034 FOLIGNO (PG)
Phone/Fax: 0742 359119/357850
gmcark@libero.it
dott. arch. **GIAN MARCO CANNAVICCI**

Studio Tonti
04, Via Aslago
06034 FOLIGNO (PG)
Phone/Fax: 0742 20351
maurizio.tonti@tiscali.it
dott. arch. **MAURIZIO TONTI**

CONSULENTI:

agronomia
dott. **PIETRO STEFANETTI**
FOLIGNO

topografia
geom. **SAMUELE MORETTI**
PERUGIA

geologia
dott. geol. **MARIO CERQUEGLINI**
BEVAGNA

infrastrutture
dott. ing. **STEFANO INNOCENZI**
FOLIGNO

OGGETTO:

DATA:
GIUGNO 2007

RELAZIONE IDRAULICA

ALL.M/A

NOTE: REV:

ADOSSATO CON DELIBERA C.C.
N. 37 del 24.04.2008

Piani attuativi del Comparto 5 (A-B)
“Ospedale S. Giovanni Battista”
Comune di Foligno (PG)

Relazione Idraulica
COMPARTO A



Dott. Ing. Fernando Nardi
Dottore di ricerca in Ingegneria Idraulica

Fernando Nardi

8 Febbraio 2008

Indice

1. Obiettivo dello studio	1
2. Inquadramento territoriale.....	1
3. Premessa	2
4. Metodologia proposta e sintesi della relazione	3
5. Lo studio "Mappe di pericolosità e rischio idraulico nel bacino del fiume Topino e del torrente Marroggia" nell'area del Comparto 5 (A-B)	4
5.1. Dati generali: inquadramento idrogeomorfologico	4
5.2. Cenni storici ed assetto idraulico attuale	6
5.3. Metodologia e risultati della modellazione idrologica ed idraulica.....	8
5.4. Fasce fluviali e condizioni idrauliche	33
6. Il progetto Comparto 5 (A-B): ante e post-operam.....	34
7. Verifica idraulica della conformità del progetto alla Variante n°. 4 alle N.T.A. del P.R.G. vigente del Comune di Foligno: COMPARTO A.....	37

Indice delle Figure

Figura 1. Inquadramento territoriale con indicazione della posizione dell'area di studio (in giallo) rispetto al corso d'acqua del Topino, delle strade statali nei confini comunali di Foligno (in rosso)	1
Figura 2. Schema semplificato delle sezioni fluviali in alveo e fuori alveo con indicazione dell'ID che rappresenta la distanza progressiva dal nodo finale del corso d'acqua.	5
Figura 3. Schema idraulico del sistema Topino-Marroggio nella zona d'interesse con indicazione dei simboli utilizzati per riferirsi alle varie tratte.	5
Figura 4. Indicazione dei toponimi principali e delle strade presenti nel centro storico di Foligno con indicazione dei manufatti di attraversamento principali sul Topino.....	7
Figura 5. Idrogrammi di piena per le 8 durate previste per tempo di ritorno di 50 anni (fig. sinistra), 200 anni (fig. centro) e 500 anni (fig. destra).....	8
Figura 6. Profilo altimetrico della tratta FMTPN_4 con indicazione dei tiranti massimi e delle sommità arginali di contenimento per i tre tempi di ritorno considerati.....	11
Figura 7. Album delle sezioni topografiche fluviali e dei manufatti del Topino nel tratto urbano FMTPN_04 con indicazione dei tiranti massimi.	18
Figura 8. Schema planimetrico del sistema idraulico extra-alveo FMTPN_SX1 – Esondazione in sinistra idraulica del Topino in direzione Casavecchie e fiume Timia.	21
Figura 9. Profilo altimetrico della tratta E_FMTPN_SX con indicazione dei tiranti. ..	22
Figura 10. Idrogrammi di piena transitanti per le sezioni della parte iniziale del tratto extra-alveo in sinistra idraulica del f. Topino (FMTPN_SX).....	32
Figura 11. Planimetria cartografica con indicazione delle fasce fluviali, dei tiranti idrici attesi dell'evento con 50 anni di tempo di ritorno e delle linee di scolo extra-alveo in relazione all'area di studio (evidenziata in verde).....	33
Figura 12. Planimetria dello stato attuale o ante-operam.	34
Figura 13. Planimetria delle opere in seguito agli interventi previsti nel Progetto (post-operam).....	35
Figura 14. Identificazione degli edifici nella situazione ante-operam e post-operam in rapporto alle linee di flusso (polilinea rossa sotto, freccia campita celeste sopra) che caratterizzano la simulazione dell'esonazione extra-alveo (FMTPN_SX).	36

Indice delle tabelle

Tabella 1. Portate di riferimento (massime smaltibili) per i manufatti nel tratto urbano del Topino.....	7
Tabella 2. Portate di picco per assegnati tempo di ritorno (50, 200 e 500 anni) per le varie tratte dell'asta principale del Topino. In evidenza la tratta d'interesse.	8
Tabella 3. Risultati della modellazione dell'alveo principale del f. Topino (tratto FMTPN_04)	20
Tabella 4. Risultati della modellazione del tratto extra-alveo (tratto E_FMTPN_SX) per 50 anni di tempo di ritorno.....	24
Tabella 5. Risultati della modellazione del tratto extra-alveo (tratto E_FMTPN_SX) per 200 anni di tempo di ritorno.....	26
Tabella 6. Risultati della modellazione del tratto extra-alveo (tratto E_FMTPN_SX) per 500 anni di tempo di ritorno.....	28
Tabella 7. Valori simulati nella simulazione del Topino extra-alveo nell'esondazione del tratto urbano in sinistra idraulica.....	34
Tabella 8. Superficie occupata dagli edifici nella situazione ante-operam e post-operam.	36

1. Obiettivo dello studio

Obiettivo dello studio è la verifica della conformità del progetto dal titolo "Redazione e progettazione dei due piani attuativi relativi al Comparto 5 (A-B)" nel comune di Foligno (PG), d'ora innanzi per semplicità anche denominato *Progetto-Ospedale*, in merito alle potenziali modifiche di assetto idraulico del territorio indotte dagli interventi previsti secondo quanto riportato nella Variante n°. 4 alle Norme Tecniche di Attuazione (N.T.A.) del Piano Regolatore Generale (P.R.G.) adottata con D.C.C n.80 del 2006 che integra le "Mappe di pericolosità e rischio idraulico nel bacino del fiume Topino e del torrente Marroggia" predisposte dal Consorzio Bonificazione Umbra (C.B.R.).

La presente relazione riguarda nello specifico il comparto A.

2. Inquadramento territoriale

Il Comparto 5 (A-B), anche detto Ospedale San Giovanni Battista, è situato nel centro storico del Comune di Foligno, in provincia di Perugia, nelle immediate vicinanze del Fiume Topino. Una planimetria cartografica con indicazione dell'area d'interesse e degli elementi principali è, qui di seguito, riportata in Figura 1.

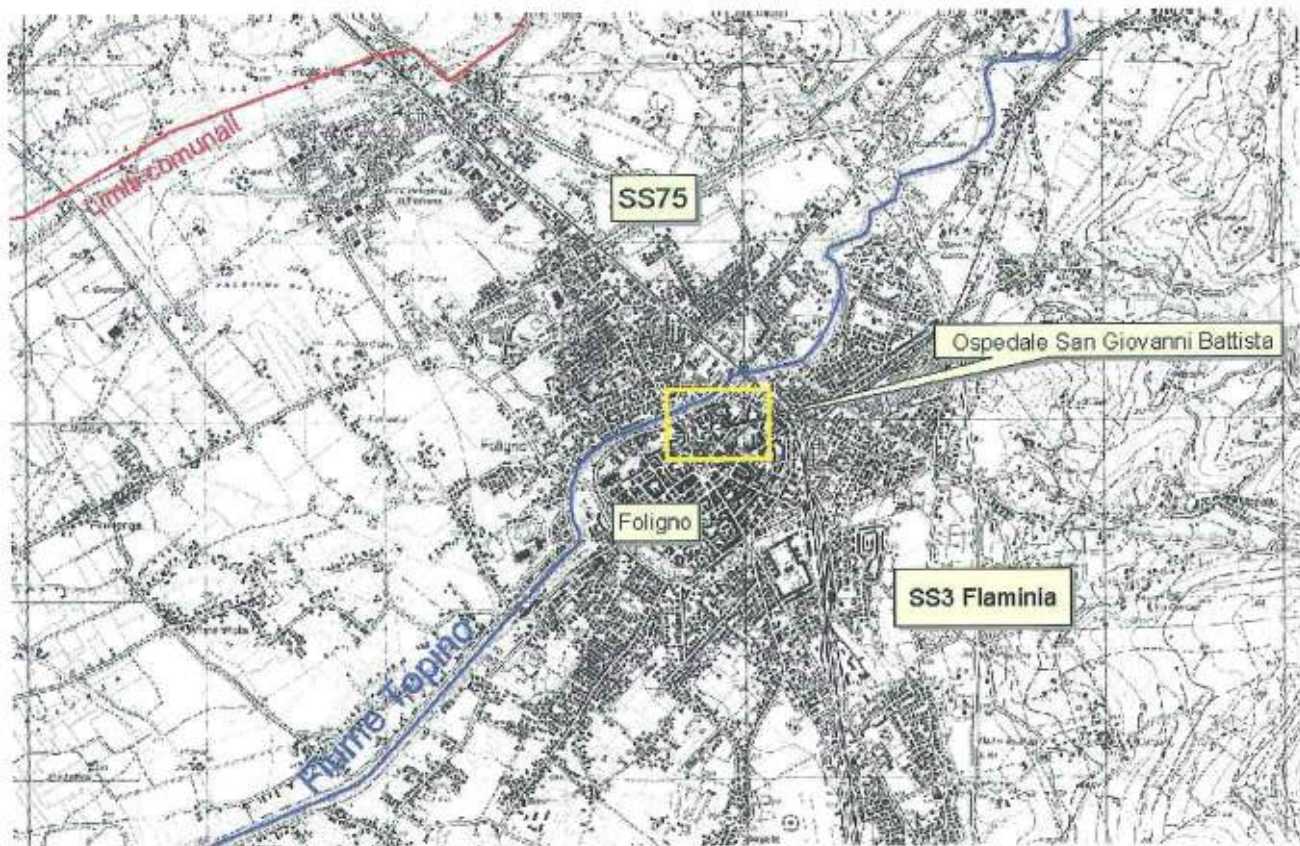


Figura 1. Inquadramento territoriale con indicazione della posizione dell'area di studio (in giallo) rispetto al corso d'acqua del Topino, delle strade statali nei confini comunali di Foligno (in rosso)

3. Premessa

L'area del comparto 5 ricade interamente in fascia fluviale classificata "A". La perimetrazione della zona come rischio idraulico di tipo "A" è stata effettuata sulla base dello studio "Mappe di pericolosità e rischio idraulico nel bacino del fiume Topino e del torrente Marroggia" predisposto dal C.B.U. su incarico della Regione Umbria (R.U.) per conto dell'Autorità di Bacino del Fiume Tevere (A.B.T.) (d'ora innanzi per brevità anche definito *Studio-M.P.T.M.*) Tale studio, approvato dalla stessa A.B.T. nella seduta del Comitato Tecnico del 22/2/06, tuttavia, non è stato inserito nell'ultima versione del Piano di Assetto Idrogeologico (P.A.I.) dell'A.B.T. adottato con delibera n.114 del 5/4/06. Pertanto, recepito dal Servizio Difesa del Suolo Cave Miniere ed Acque Minerali del Comune di Foligno che le nuove disposizione in materia di rischio idraulico, previste nello *Studio-M.P.T.M.*, saranno adottate nel P.A.I. solo in seguito ad un atto integrativo (Fase "II" del P.A.I.), il Comune di Foligno, ha deliberato di contemperare alle esigenze di sicurezza in relazione al rischio idraulico mediante i diritti edificatori conformati del P.R.G.'97 con Delibera del Consiglio Comunale (D.C.C.) n. 80 del 2006. Questa la ratio della variante delle N.T.A. del P.R.G. che recepisce lo *studio-M.P.T.M.* fissando le *Norme Transitorie in Materia di Rischio di Esondazione*.

In tale ambito, ricadendo l'area, oggetto del presente studio, in zona ad elevata pericolosità idraulica o zona "A", secondo lo *Studio-M.P.T.M.*, valgono le disposizioni dell'articolo 71ter della Variante delle N.T.A. del P.R.G. "**Norme transitorie in materia di rischio di esondazione – Disposizione per la fascia A**" secondo le quali in tale zona vanno perseguite generali condizioni di sicurezza idraulica, assicurando il libero deflusso della piena di riferimento. Tale articolo riporta inoltre gli interventi consentiti e non consentiti in materia edificatoria.

In aggiunta, all'articolo 71-sexies, la normativa sancisce che per i piani attuativi, non ancora approvati e con convenzione sottoscritta alla data di adozione dell'articolo stesso, quale il caso di nostro interesse, si renda necessaria la presentazione di opportuna relazione idraulica finalizzata a dimostrare la compatibilità delle previsioni del piano attuativo con le finalità indicate all'articolo corrispondente al grado di pericolosità rispettivo (71ter nel caso del comparto 5).

4. Metodologia proposta e sintesi della relazione

Congruentemente con quanto disposto dalla normativa, nell'ambito della presentazione del progetto esecutivo delle opere di urbanizzazione dell'area ex-ospedale San Giovanni Battista, il C.B.R. ha specificato i **contenuti minimi della relazione idraulica** di accompagnamento del progetto che sono:

- 1) valutazione del tirante idrico;
- 2) dimostrazione di compatibilità delle previsioni del Progetto con il rischio idraulico risultante dalla mappe di pericolosità;
- 3) dimostrazione che non viene prodotto un peggioramento dalle previsioni di progetto.

Il presente lavoro, al fine di soddisfare tali requisiti minimi ed, in aggiunta, con l'intento di fornire un **quadro conoscitivo completo dell'inserimento degli interventi previsti** nell'ambito geomorfologico-idraulico, con particolare riguardo al mantenimento delle condizioni di sicurezza attuali delle persone e cose nelle aree potenzialmente allagabili, si compone delle seguente fasi:

- o analisi approfondita dello *Studio-M.P.T.M.* con particolare riguardo alla zona oggetto degli interventi;
- o analisi qualitativa e quantitativa dell'impatto degli interventi urbanistici previsti dal progetto in relazione al rischio idraulico;
- o verifica della compatibilità del *Progetto-Ospedale* alla normativa vigente.

Il presente documento è strutturato come segue. Nel seguente capitolo 5 viene riportata una sintesi dello *studio-M.P.T.M.*, mirata alla presentazione di un quadro conoscitivo completo del rischio idraulico gravante sull'area di studio, incluso un inquadramento idrogeomorfologico (5.1), dei cenni storici introduttivi per presentare l'attuale assetto idraulico (5.2) e la caratterizzazione idrologico ed idraulica per la valutazione dei tiranti, delle velocità previste per l'area in esame (5.3). Segue, nel capitolo 6, un'analisi delle superfici interessate dagli interventi comparando la situazione attuale (ante-operam) rispetto alle modificazioni previste nel piano attuativo (post-operam). Infine, nel capitolo 7, si analizza criticamente se il quadro degli interventi, alla luce delle condizioni previste nello *studio-M.P.T.M.*, comporti un aggravio del rischio idraulico alle strutture esse oggetto degli interventi o ad altre strutture ed aree limitrofe ovvero sia compatibile con le norme tecniche di attuazione del piano regolatore vigente. Chiudono la relazione idraulica, nel capitolo 8, le conclusioni finali.

5. Lo studio "Mappe di pericolosità e rischio idraulico nel bacino del fiume Topino e del torrente Marroggia" nell'area del Comparto 5 (A-B)

5.1. *Dati generali: inquadramento idrogeomorfologico*

Il fiume Topino, che scorre nelle immediate vicinanze del complesso dell'Ospedale San Giovanni, è un affluente del Chiascio che a sua volta è una delle aste tributarie principali del fiume Tevere, in territorio umbro, in sinistra idrografica. Il bacino idrografico del Topino è associato ad un sistema idrologico combinato, che comprende anche il torrente Marroggia per un bacino di raccolta che si estende per un area di circa 1254 km², circa il 7% del bacino del Tevere. Lo *studio-M.P.T.M.* è diviso in due lotti principali. Lo studio del Topino, nel tratto urbano corrispondente all'attraversamento del centro abitato di Foligno, oggetto specifico della presente relazione, fa parte del **I lotto**, che comprende tutte le aste principali del sistema Topino-Marroggia e qualche affluente (aste secondarie) di importanza rilevante ai fini dell'analisi delle aste principali.

Nell'ambito della modellazione idraulica del sistema sono stati individuati diversi tratti di caratteristiche idrologiche-idrauliche omogenee. La tratta di nostro interesse è il fiume Topino (Principale) a partire da circa 1.5 km a monte della confluenza con il fiume Caldognola fino alla confluenza con il torrente Chiona, corrispondente ad un percorso di 33.9 km. La codifica corrispondente a tale tratta nella modellazione idraulica è FMTPN, all'interno della quale si posiziona la zona di nostro interesse, oggetto degli interventi, che è posizionata a valle della confluenza Caldognola-Topino in corrispondenza dell'attraversamento della linea ferroviaria (FF.SS.), tratta detta FMTPN_04. Le sezioni fluviali sono caratterizzate da un identificativo univoco, che riporta la distanza dalla foce del corso d'acqua e che sarà utilizzato come riferimento principale. Nello schema semplificato di Figura 2, ritagliata dall'elaborato E12A dello *studio-M.P.T.M.*, si riportano gli ID di alcune sezioni caratteristiche in prossimità del centro abitato di Foligno, mentre in Figura 3 è riportato uno zoom dello schema connettivo delle aste idrauliche per capire il posizionamento della tratta FMTPN_04 rispetto ai sistemi di monte e di valle. La sezione FMTPN_04 va dalla sezione con ID 25077.3 (monte) alla sezione ID 11609.6 (valle). Tale tratto parte dall'attraversamento della SS3 Flaminia alla confluenza del Chiona.

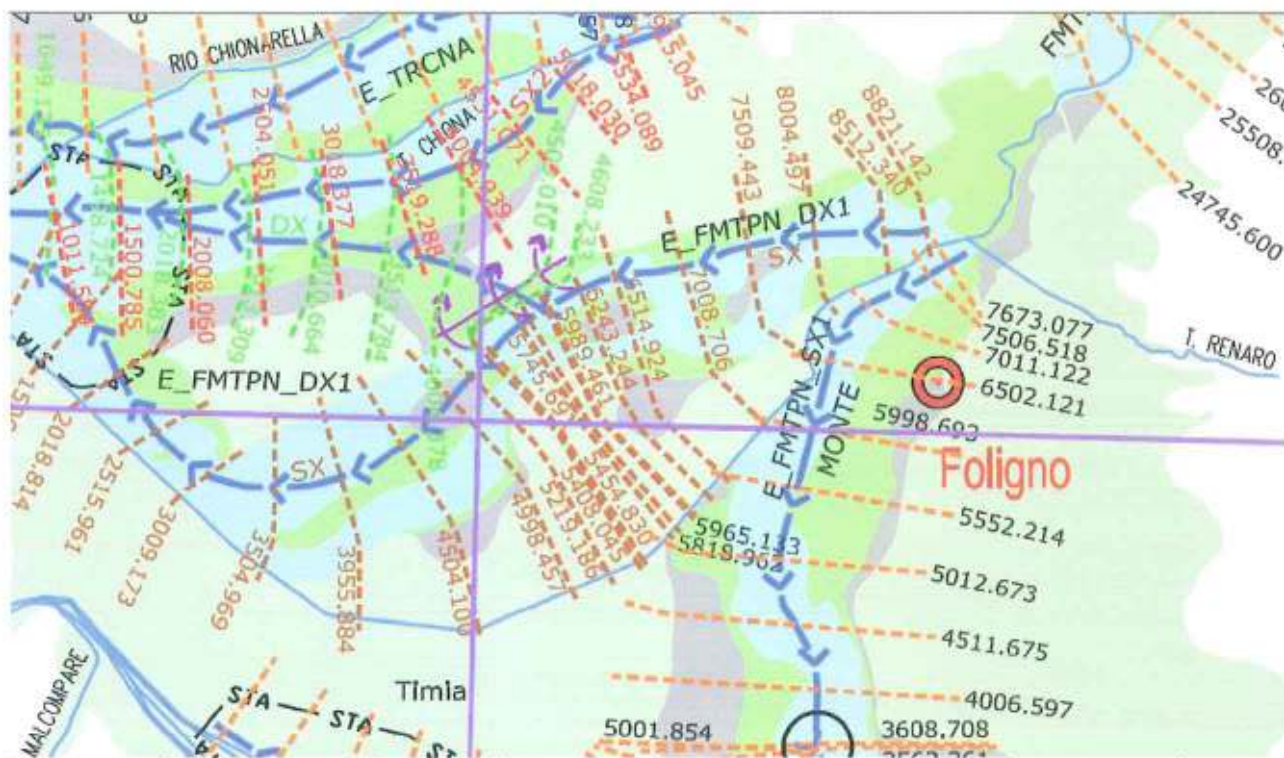


Figura 2. Schema semplificato delle sezioni fluviali in alveo e fuori alveo con indicazione dell'ID che rappresenta la distanza progressiva dal nodo finale del corso d'acqua.

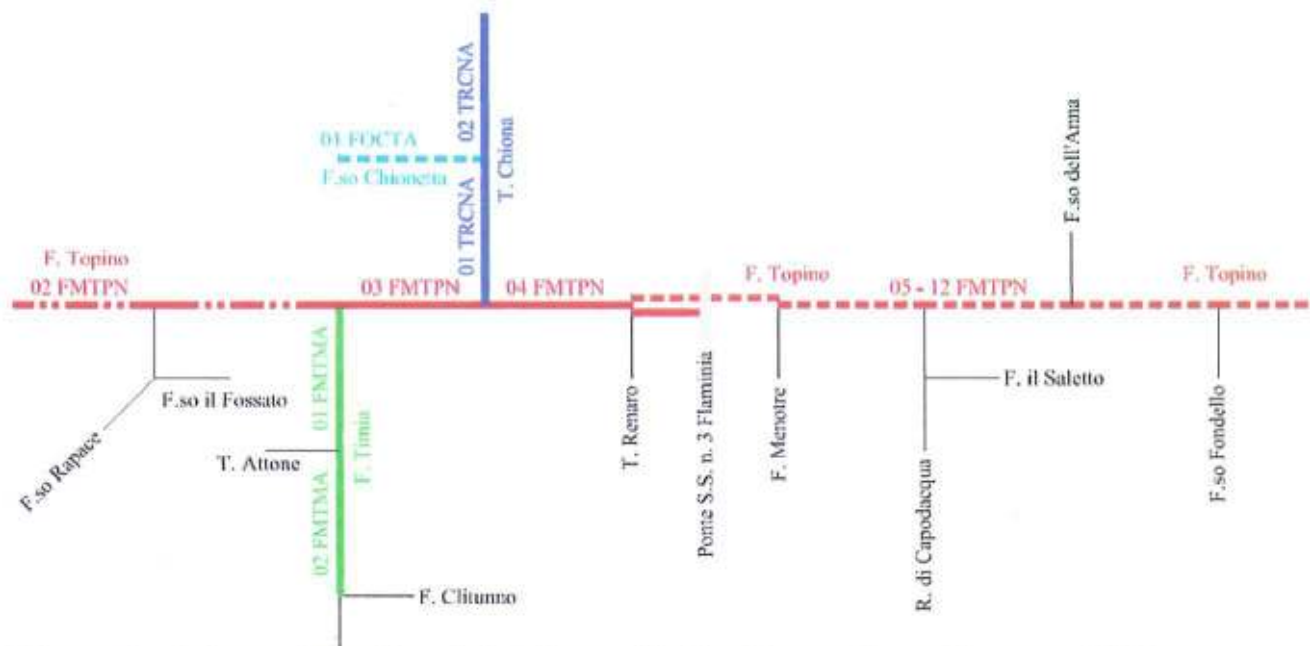


Figura 3. Schema idraulico del sistema Topino-Marroggio nella zona d'interesse con indicazione dei simboli utilizzati per riferirsi alle varie tratte.

Un breve cenno, ma di sicura utilità ai fini della comprensione delle modellazioni idrauliche sviluppate nello *studio-M.P.T.M.*, è qui riportato in merito alla caratterizzazione digitale morfologica della superficie topografica che è ottenuta utilizzando due diversi set di dati:

- o un modello digitale del terreno (*DEM*) a passo regolare e medio-alta risoluzione spaziale (25 m) e buona accuratezza verticale prodotto dalla Regione Umbria,

- detto *DEM Idro*, utilizzato per la caratterizzazione morfologica del reticolo fluviale e delle macrostrutture topografiche;
- o un modello digitale del terreno (DTM) ad alta risoluzione ed accuratezza verticale (risoluzione spaziale di 2 m e verticale dell'ordine di 10^{-1} m), detto *DEM Idra*, sviluppato appositamente per lo studio corrispondente ad una fitta maglia di punti quotati irregolare per la produzione di una maglia triangolare (TIN) pari in media ad un *DEM* a passo regolare di 2 m. Tale dato è stato utilizzato per l'estrazione e l'analisi della morfologia del territorio nell'ambito della modellazione idraulica in alveo, in aggiunta alle sezioni fluviali rilevate con metodi tradizionale e soprattutto fuori alveo, dove l'estensione massima delle sezioni topografiche è mancante.

5.2. *Cenni storici ed assetto idraulico attuale*

La caratterizzazione morfologica ed idraulica del fiume Topino, nella tratta di attraversamento del centro storico di Foligno, rappresentato nella planimetria cartografica a carattere schematico di Figura 4, è l'evidente frutto dell'intervento antropico nei secoli, a differenza della che precede la zona a monte che ha un assetto più naturale. In effetti, la geometria della sezione fluviale caratterizzante il tratto cittadino del Topino è, in gran parte, dovuta ai lavori di regimazione idraulica effettuati dall'ing. Antonio Rutili Gentili a seguito del disastroso alluvione del 1836. Tali interventi prevedevano arginature nel tratto a valle di Viale Firenze e la riprofilatura trasversale a doppio trapezio per tutta la tratta in adiacenza del centro abitato per contenere il passaggio di una portata di riferimento pari a $600 \text{ m}^3/\text{s}$. Tuttavia tali i lavori non furono completati e la portata smaltibile, ai tempi di interruzione dei lavori, fu indicata pari a circa $150 \text{ m}^3/\text{s}$. Inoltre si consideri che, in tali studi, per il dimensionamento degli attraversamenti di Viale Firenze e del ponte FF.SS. fu considerata la portata con 50 anni di tempo di ritorno pari a $300 \text{ m}^3/\text{s}$.



Figura 4. Indicazione dei toponimi principali e delle strade presenti nel centro storico di Foligno con indicazione dei manufatti di attraversamento principali sul Topino.

Gli studi più recenti hanno, invece, indicato che nel tratto urbano del Topino la portata massima smaltibile in sicurezza è pari alla portata con tempo di ritorno di 200 anni per quanto riguarda la sezione di deflusso d'alveo, ma con la vera criticità rappresentata dai manufatti di attraversamento delle infrastrutture viarie e ferroviarie le cui condizioni non consentono il passaggio in sicurezza di una piena superiore alla cinquantennale. In

Tabella 1 si riportano le portate di riferimento per i manufatti idraulici presenti nel tratto urbano del Topino.

Ponte	Q_{max} [m ³ /s]
SS3 Flaminia	>>315
FF.SS	ca 290
Della Vittoria	ca 290
V. Firenze	ca 280
Via Fratelli Bandiera	ca 300
San Magno	>>315

Tabella 1. Portate di riferimento (massime smaltibili) per i manufatti nel tratto urbano del Topino.

Allo stato attuale, quindi, si valuta che la massima portata defluibile nel tratto urbano è di 230 m³/s con franco di 0.5 m, dove le criticità maggiori sono rappresentate dal rigurgito sviluppato dal passaggio della corrente attraverso i manufatti di attraversamento. Ad ogni modo, per elevati tempi di ritorno le esondazioni avvengono nel centro urbano di Foligno sia in destra che in sinistra idraulica.

5.3. Metodologia e risultati della modellazione idrologica ed idraulica

Le caratterizzazione degli scenari idrologici ipotizzati è qui di seguiti riportata, tralasciando i dettagli della metodologia, non essendo necessario l'approfondimento di tali aspetti in relazione all'oggetto del presente studio, mentre maggior attenzione sarà prestata alla descrizione degli aspetti metodologici e quantitativi dell'analisi idraulica che sono propedeutici alla comprensione della situazione di rischio nella quale si trova l'area oggetto degli interventi.

Gli scenari idrologici previsti nello *studio-M.P.T.M.*, utilizzati nelle simulazioni effettuate per la mappatura delle aree a rischio idraulico, corrispondono alle portate di riferimento del P.A.I. dell'A.B.T. in funzione dell'assegnato tempo di ritorno. In particolare vengono prese in considerazione le portate con tempo di ritorno di 50, 200 e 500 anni. Sono, inoltre, definite le durate previste per gli scenari idrologici di riferimento pari rispettivamente a: 1, 2, 3, 4, 6, 8, 10, 14 ore. In definitiva dalla combinazione delle 8 durate con i 3 tempi di ritorno originano 24 scenari di simulazione possibili isoprobabili ed isocroni. In

Tabella 2 si riportano le portate di progetto relative ai vari tratti della rete principale.

Tratto	Foc ID	Q50	Q200	Q500
F. Topino a monte del F. Caldognola	38	47	89	121
F. Topino a monte del F. Menotre	32	251	365	445
F. Topino a monte del T. Chiona	60	301	435	530
F. Topino a monte del F. Timia	85	314	452	550
F. Topino a valle del T. Renaro	55	313	453	551

Tabella 2. Portate di picco per assegnati tempo di ritorno (50, 200 e 500 anni) per le varie tratte dell'asta principale del Topino. In evidenza la tratta d'interesse.

All'inizio della tratta FMTPN_04 in corrispondenza della sezione 25077.3 sono stati inseriti quindi 21 diversi idrogrammi di piena corrispondenti ai 24 scenari previsti. Tali idrogrammi sono riportati in Figura 5.

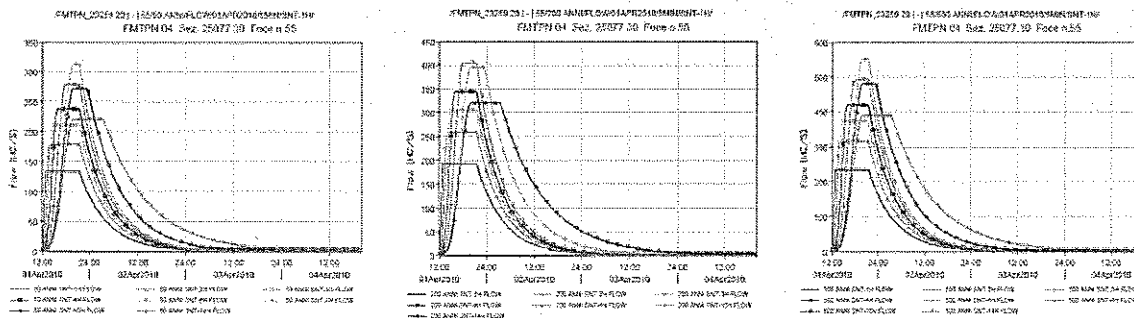


Figura 5. Idrogrammi di piena per le 8 durate previste per tempo di ritorno di 50 anni (fig. sinistra), 200 anni (fig. centro) e 500 anni (fig. destra).

Dal punto di vista della modellazione idraulica lo *studio-M.P.T.M.* simula il deflusso nelle aste principali e secondarie, oggetto del I lotto, utilizzando il codice di calcolo idraulico Hec-Ras in moto permanente, utilizzando le portate massime di riferimento di

Tabella 2, ed in moto vario, utilizzando in input gli idrogrammi relativi. Inoltre, per le numerose tratte per le quali le portate ed i volumi transitanti non siano contenibili dall'attuale assetto del corso d'acqua, sono state utilizzate due schematizzazioni concettuali: quella con esondazione senza possibilità di rientro in alveo, schema a sfioratori arginale e casse "virtuali" di capacità infinita e l'altra con sezioni estesa e casse realistiche interagenti col sistema idrografico. La prima metodologia è stata utilizzata solo per analisi di sensibilità, mentre la seconda è stata utilizzata per la stima dei tiranti e delle velocità fuori alveo e la conseguente delimitazione delle fasce di rischio idraulico. La connessione idraulica tra le varie componenti del sistema è stata quasi sempre simulata come stramazzo libero e talvolta come *linear routing*.

Nel caso di nostro interesse, come precedentemente indicato al 5.2, il tratto del Topino, nel suo attraversamento del centro storico di Foligno, in prossimità della zona oggetto del Progetto-Ospedale, è considerevolmente insufficiente a contenere le portate di piena in tutti gli scenari previsti, con particolare criticità rappresentata dal rigurgito del passaggio della vena liquida attraverso il manufatto di attraversamento della linea delle FF.SS (Orte-Ancona). Da tale nodo si dipartono sia in sinistra che in destra idraulica due linee principali di scolo dei volumi esondati. Tale approccio, riferito come analisi extra-alveo nello *studio-M.P.T.M.* ha permesso di rappresentare con buona approssimazione il naturale processo fisico bidimensionale della propagazione fuori alveo inciso secondo una metodologia 1D finalizzato alla stima dei tiranti e delle velocità nelle zone allagabili. L'estensione delle sezioni fuori alveo, non essendo state rilevate direttamente, è stata elaborata utilizzando il *DEM_Idra* campionate ad un passo medio di una sezione ogni 20 m. Per la simulazione della corrente di esondazione in sinistra idraulica sono state estratte dalla TIN circa 3000 sezioni interpolate per circa 12 km di tracciato. Si veda, in Figura 2, lo schema di distacco delle due vene esondanti, simulate come extra-alveo, sia in destra idraulica (codice tratto E_FMTPN_DX) che in sinistra idraulica (codice tratto E_FMTPN_SX), che attraversa la zona del *Progetto-Ospedale*. Le due parti, la DX e la SX, sono state modellate indipendentemente l'una dall'altra ipotizzando le strutture arginali immutate ed immutabili nel corso della simulazione e come tali gli argini rappresentano gli elementi di discontinuità tra i due sistemi.

L'evento di inondazione simulato con questo approccio extra-alveo, impropriamente definito "quasi" 2D, è piuttosto costituito dalla simulazione di una serie di canali 1D in serie ed in parallelo. Tale schematizzazione è risultata applicabile nel caso in cui siano individuabili delle **direttrici di scolo preferenziali** con capacità adeguata a contenere le portate di esondazione e con geometria che non varia al variare delle dinamicità idrauliche. E' proprio il caso dell'inondazione del centro abitato di Foligno in sinistra del tratto FMTPN_SX. E' evidente il limite di tale schematizzazione che descrive un fenomeno puramente bidimensionale con uno schema predefinito di tipo monodimensionale. Come esplicitamente descritto nella relazione idraulica dello *studio-M.P.T.M.* tale approccio va considerato all'interno di una metodologia di tipo probabilistico piuttosto che di tipo deterministico data l'aleatorietà della variabili e delle condizioni di tipo morfologico ed idraulico in gioco. Si pensi alla non ripetibilità dello stessa dinamica di esondazione per lo stesso evento, l'aleatorietà delle variabili accidentali che mutano di volta in volta e non possono essere racchiuse in una modellazione deterministica quali la labilità morfologiche dei sistema agricoli ed urbani, gli ostacoli imprevedibili, ed accidentalità varie quali la presenza di veicoli,

ecc. In tal senso la modellazione extra-alveo di tipo 1D costituisce l'insieme delle più verosimili vie d'inondazione premesso anche che tale approccio è sensibile alla valutazione soggettiva del modellista nell'interpretare le sezioni rilevate e il modello digitale del terreno. In aggiunta, **nota importante** nel conteso della presente relazione idraulica, è la **modalità di simulazione della tessitura urbana** in relazione alla mappatura del rischio. Infatti, non rientrando negli scopi dello *studio-M.P.T.M.* la modellazione effettiva della rete di scolo urbana, è stata considerata un'ulteriore ipotesi esemplificativa di **"rimozione dell'edificato"** posta comunque sempre l'analogia della propagazione della piena fuori alveo lungo le strade principali del centro abitato. **In pratica è stata simulata la condizione di topografia spoglia, filtrati e rimossi gli edifici, gli elementi vegetazionali, sono state simulate solo le vie di scorrimento e smaltimento della piena principali, individuate dal modellista idraulico, senza tener conto dell'ingombro e dell'impatto specifico di ogni singolo edificio.**

Prima di riportare i risultati dei tiranti e delle velocità elaborati nella simulazione extra-alveo in corrispondenza dell'area di studio, per una migliore comprensione del fenomeno, si riportano i risultati della modellazione 1D in alveo in moto vario sull'asta principale per la tratta d'interesse FMTPN_04.

Si riporta in Figura 6 il profilo altimetrico con indicazione dei massimi livelli idrici raggiunti, mentre in Figura 7 si riportano le sezioni fluviali relative con indicazione dei massimi livelli raggiunti dalla zona subito a monte della ferrovia fino al successivo attraversamento di Viale Firenze posizionato circa 600 m più a valle.

I risultati in formato tabellare con tutte le variabili idrauliche simulate sono riportati in Tabella 1. Si noti che la sezione d'interesse, dove si stacca la vena fluida effluente del modello extra-alveo in sinistra idraulica, è posta a circa 23 km dalla foce. Nel profilo e nelle tabelle si prenda come punto di riferimento la posizione del ponte della FF.SS. che è subito a valle della zona di innesco alimentante l'inondazione della zona dell'ospedale. Il ponte della ferrovia è situato presso la sez. con progressiva **23075.2**.

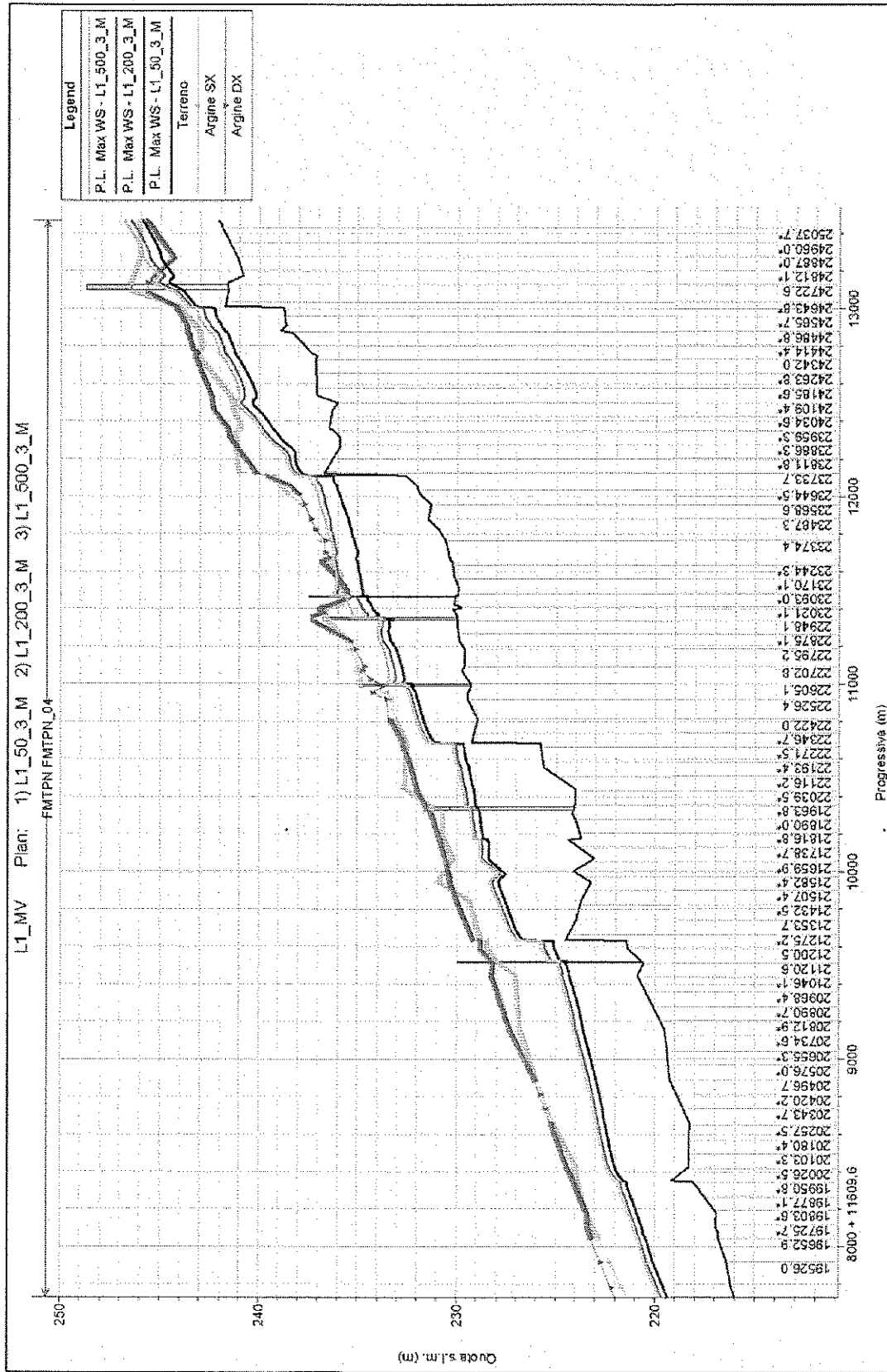
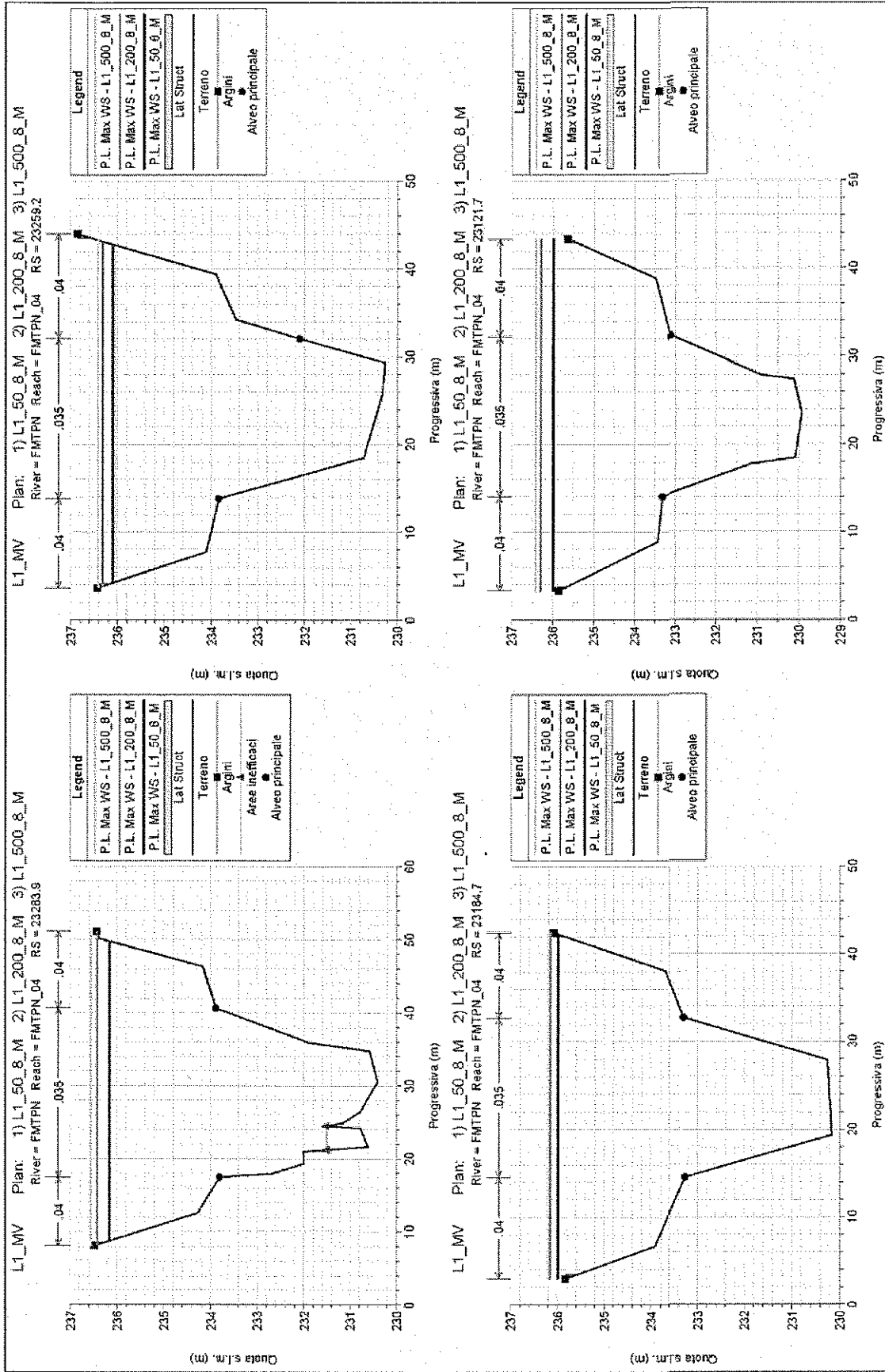
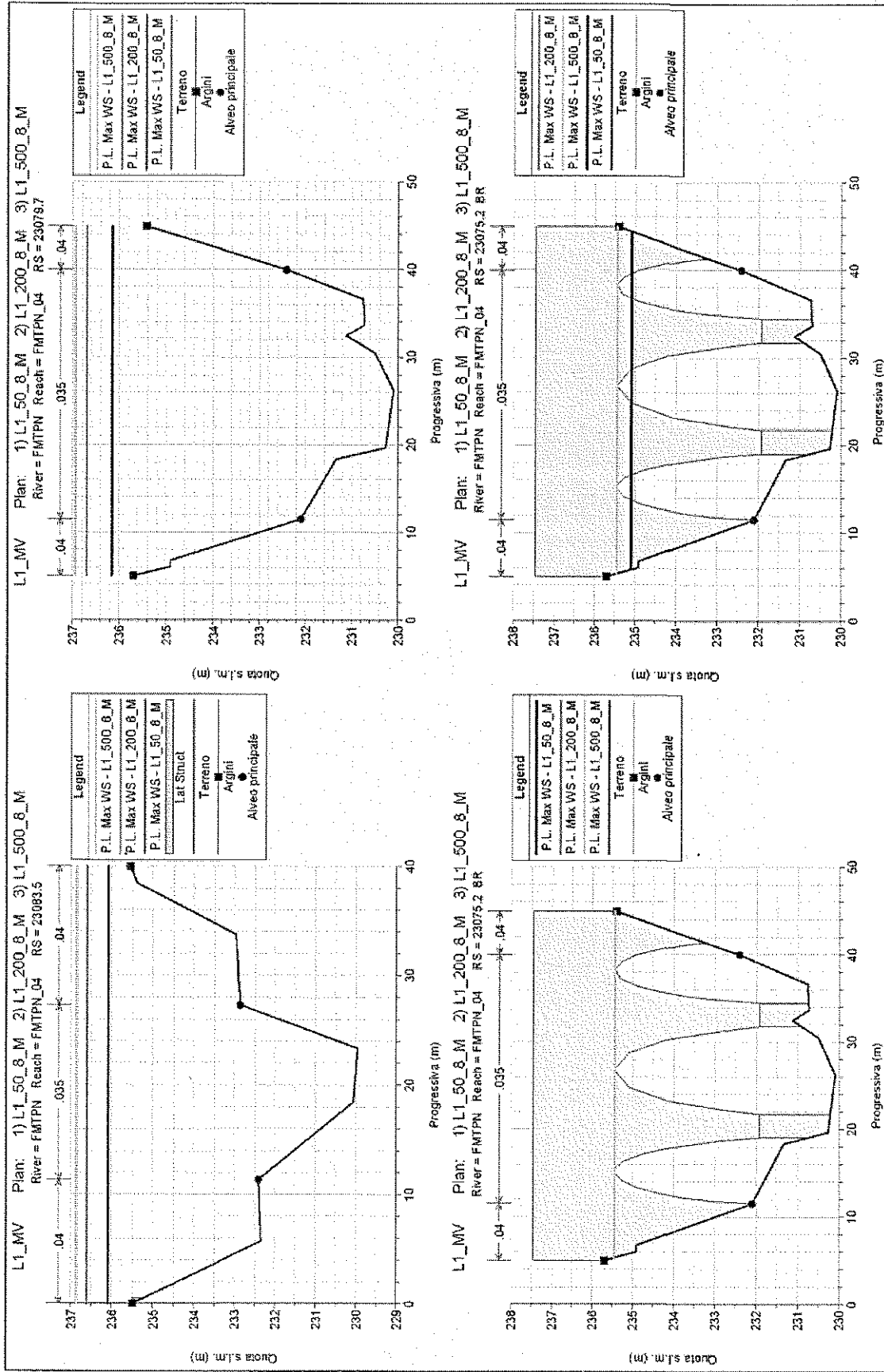


Figura 6. Profilo altimetrico della tratta FMTPN_4 con indicazione dei tiranti massimi e delle sommità arginali di contenimento per i tre tempi di ritorno considerati.

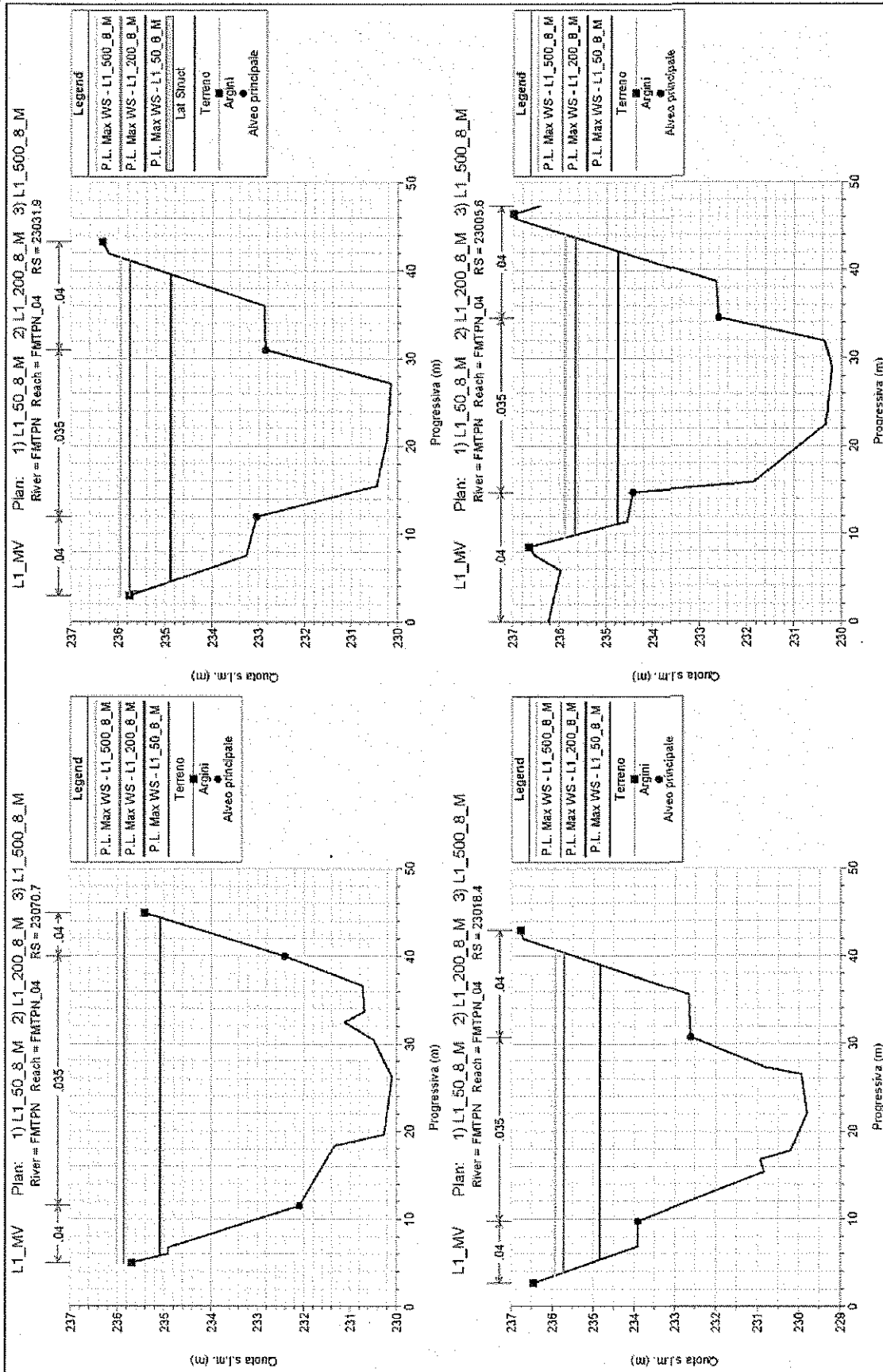
FR



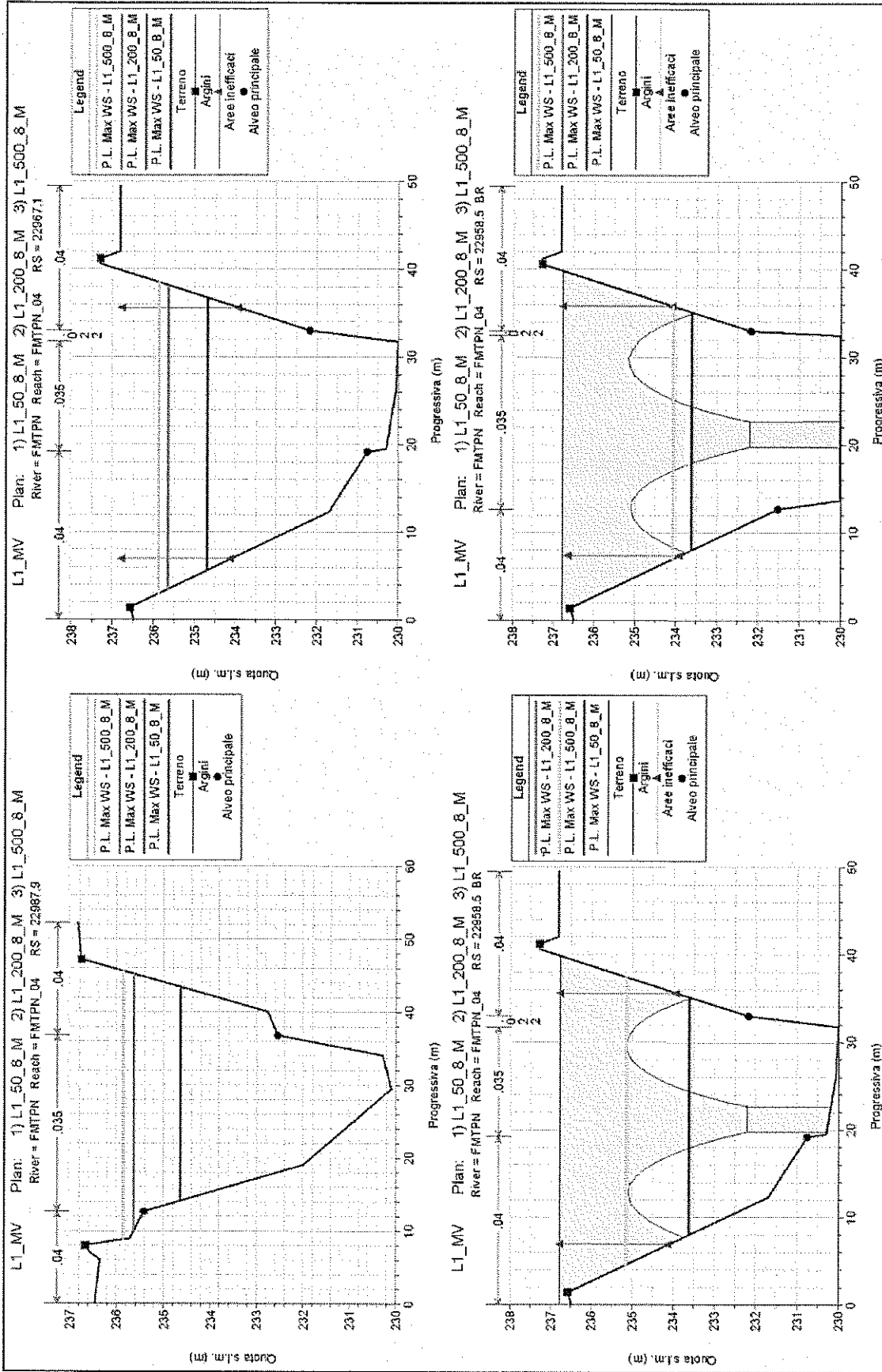
FR



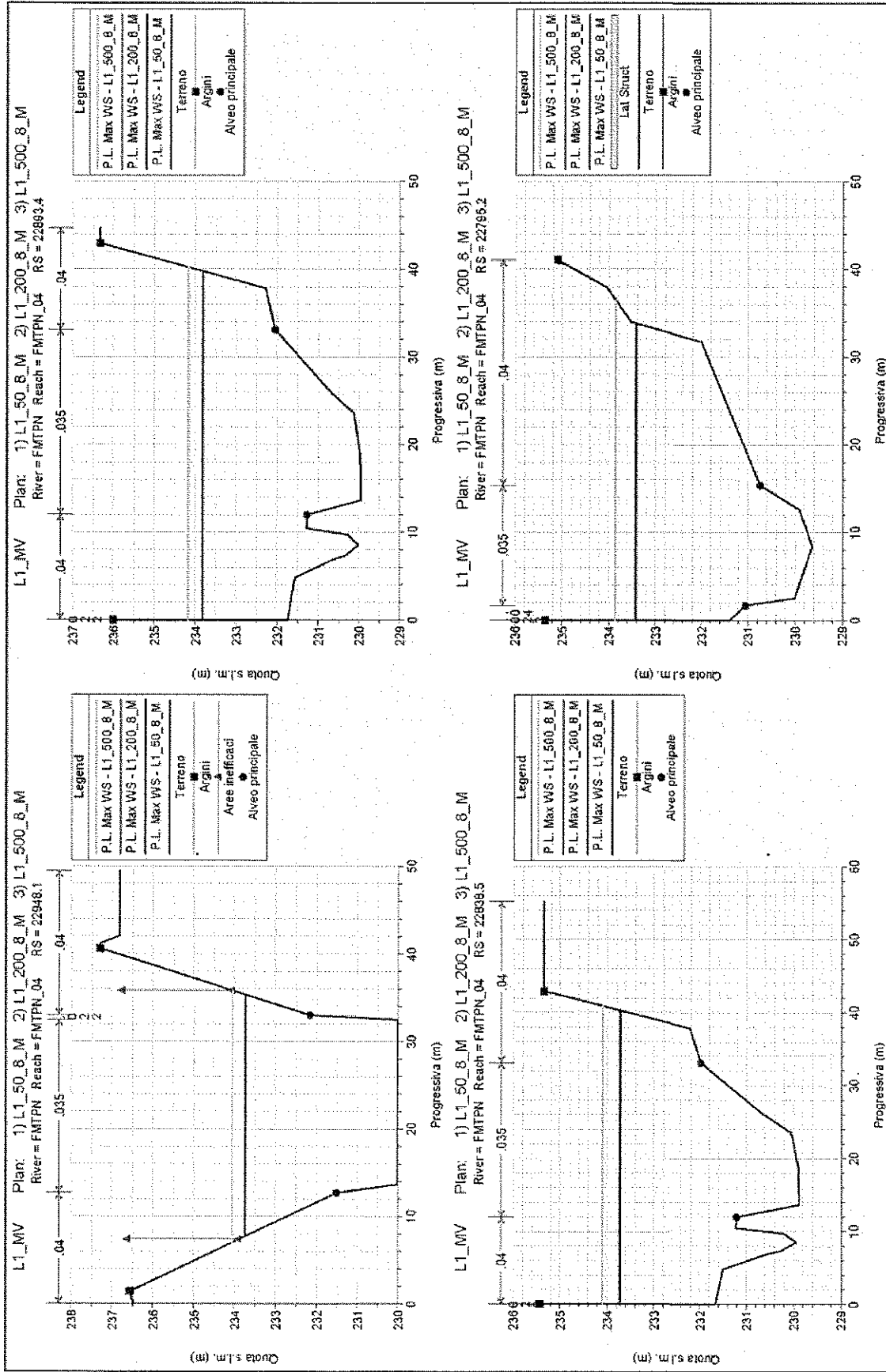
FN



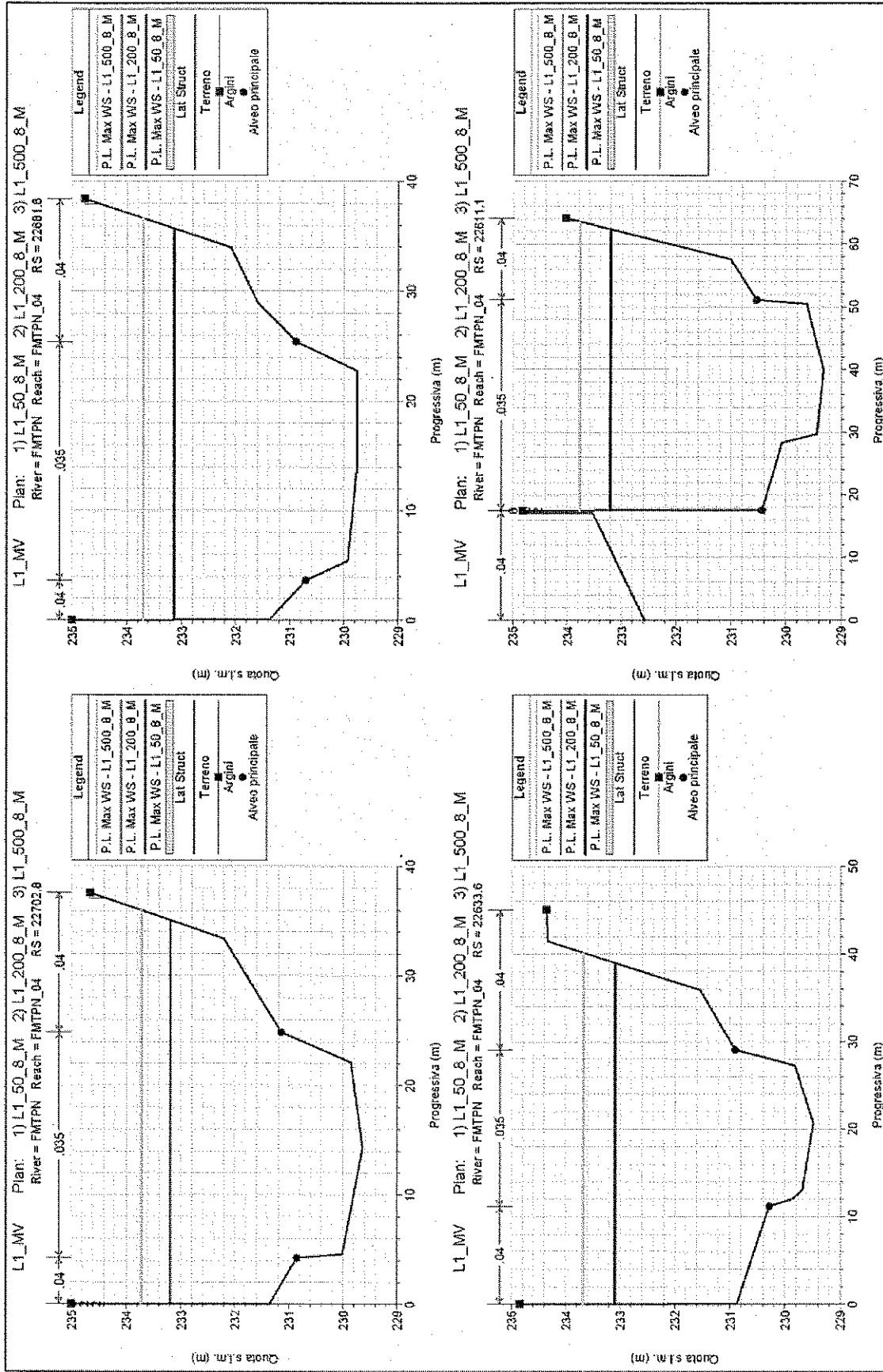
FN



FR



FR



FR

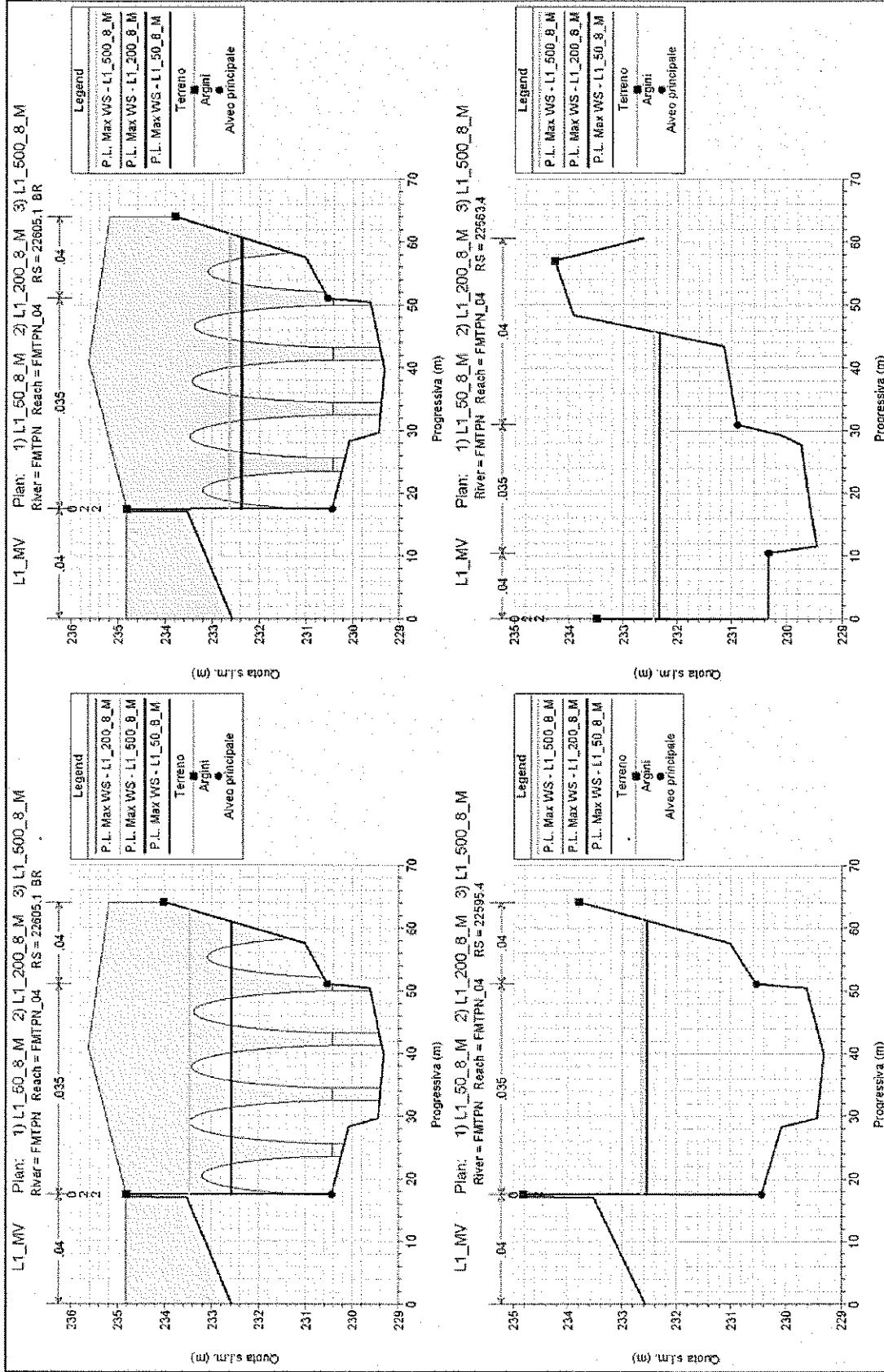


Figura 7. Album delle sezioni topografiche fluviali e dei manufatti del Topino nel tratto urbano FMTPN_04 con indicazione dei tiranti massimi.

FN

Lo schema geometrico-planimetrico dell'inondazione del centro di Foligno è riportato in Figura 8 dove è possibile identificare la direzione principale di scolo nella zona urbana del centro storico lungo un canale principale poi diviso in due diramazioni principali. Per una migliore comprensione dello schema di Figura 8, si prenda in considerazione lo stralcio planimetrico di Figura 2 con indicazione degli elementi principali del territorio in esame rappresentato in Figura 4.



Figura 8. Schema planimetrico del sistema idraulico extra-alveo FMTPN_SX1 - Esondazione in sinistra idraulica del Topino in direzione Casavecchie e fiume Timia.

La prima sezione, corrispondente con il nodo di sfioro posto in prossimità della zona a monte della linea FF.SS, è rappresentata nella schematizzazione extra-alveo dalla sezione 7673.077. I risultati che seguono riportano solo i primi 4 km circa, fino alla sezione 3608.7 posta a monte della divisione del flusso nelle due sottocorrenti in direzione sud-est e sud-ovest, non risultando di nostro interesse l'analisi della situazione a valle della diramazione. I risultati sono riportati nel profilo altimetrico di Figura 9, ed in forma tabellare in Tabella 4, Tabella 5, Tabella 6 che includono tutte le variabili idrauliche misurate in corrispondenza dell'istante di raggiungimento dei livelli massimi rispettivamente per i tempi di ritorno di 50, 200 e 500 anni. La sezione che caratterizza i livelli e le velocità di inondazione per la zona oggetto degli interventi per il *Progetto-Ospedale* è situata circa 300 m a valle della sezione di sfioro, in corrispondenza della progressiva 7387 così come messo in evidenza nel profilo. Vengono inoltre riportati in Figura 10 gli idrogrammi stimati in corrispondenza di alcune sezioni, per il cui posizionamento si rimanda allo schema di Figura 2. La lettura degli idrogrammi permette di valutare la laminazione e l'andamento dei volumi transitanti nel tratto d'interesse.

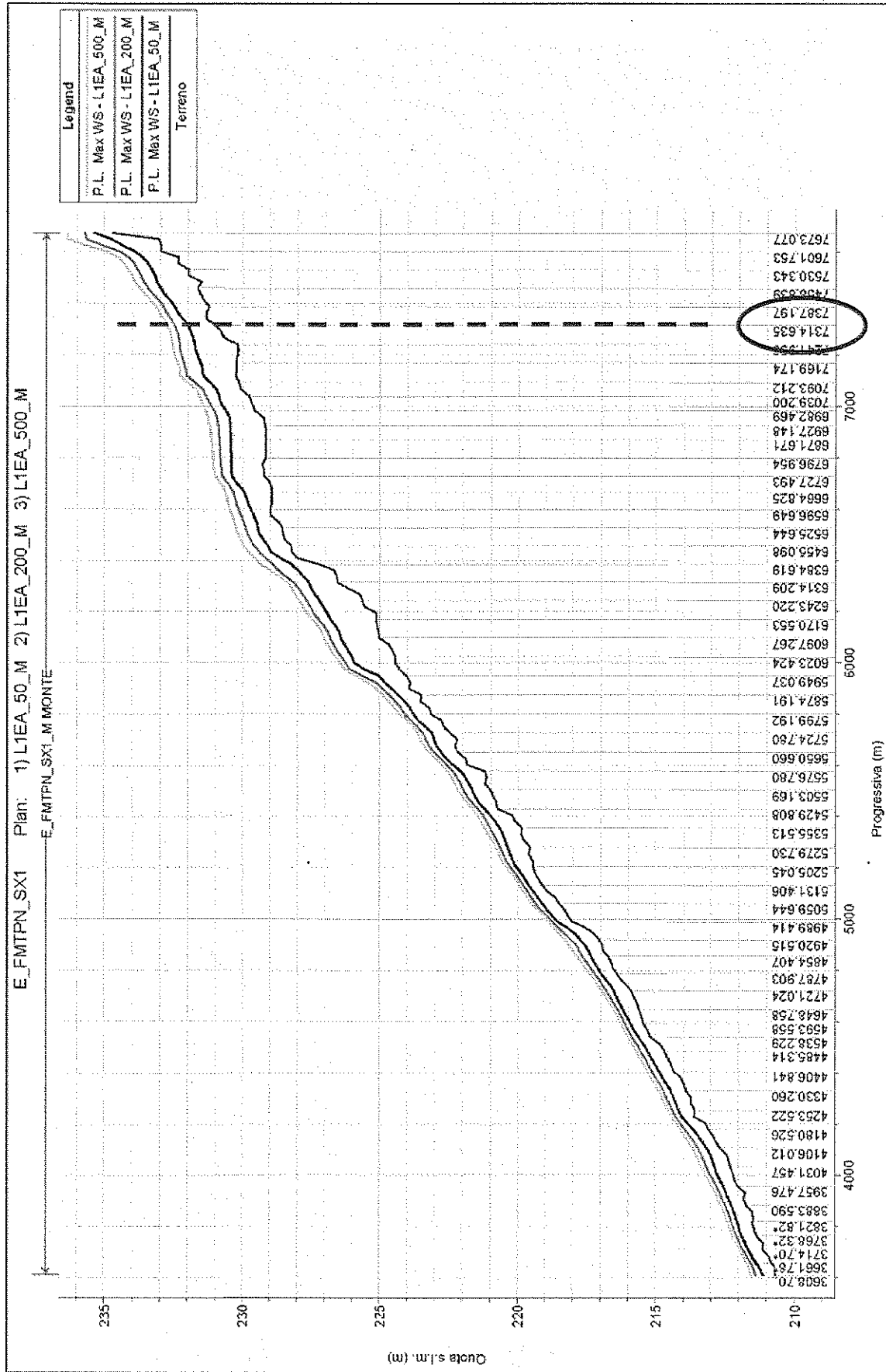
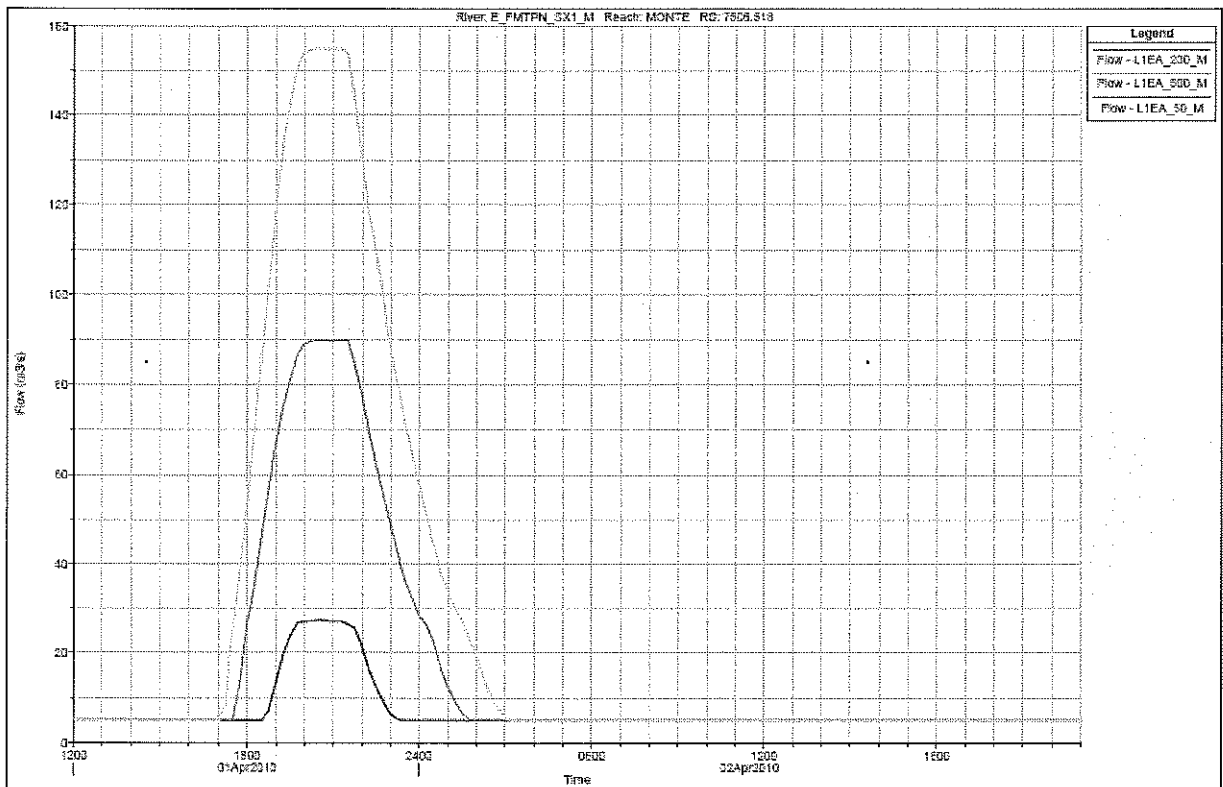
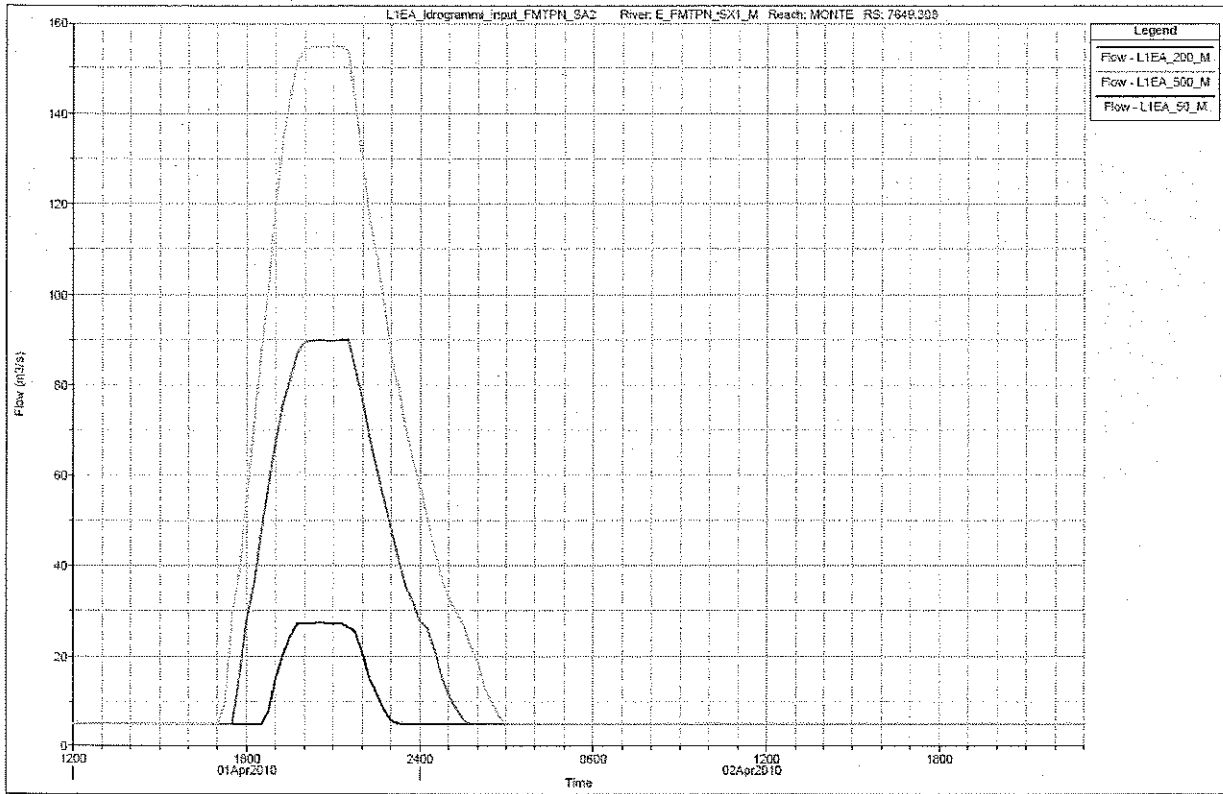


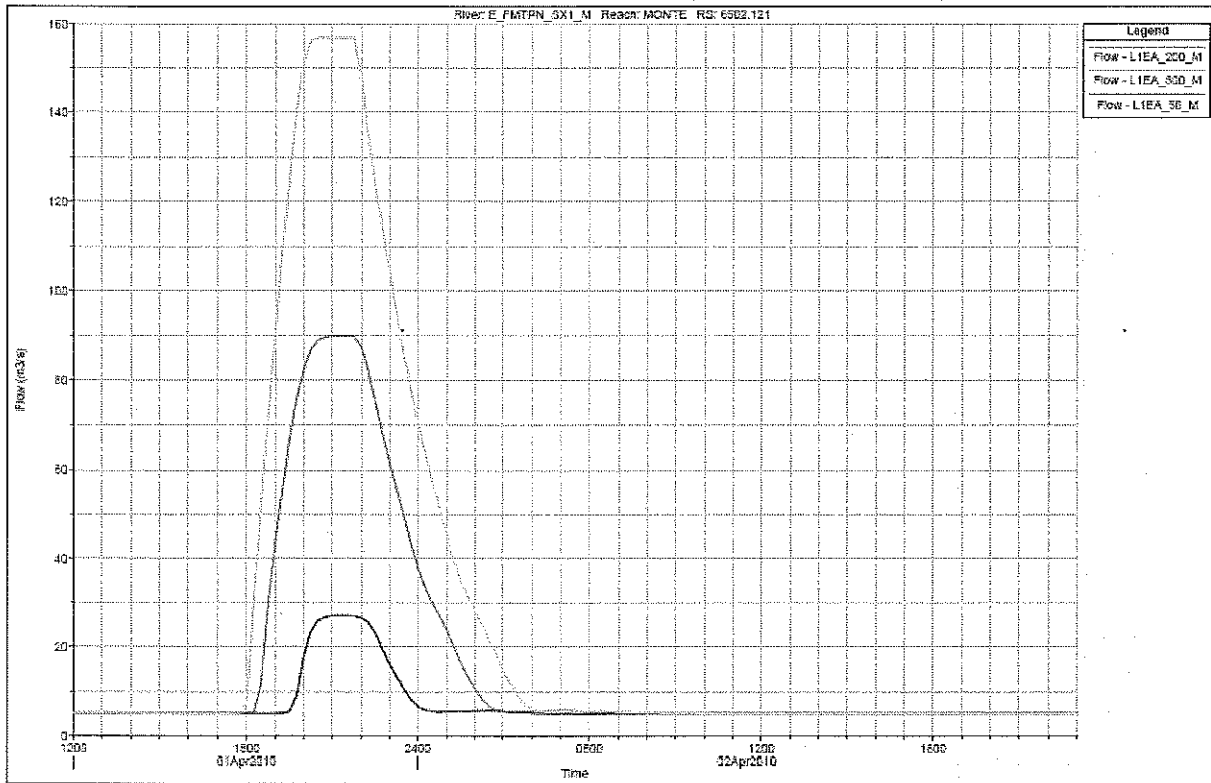
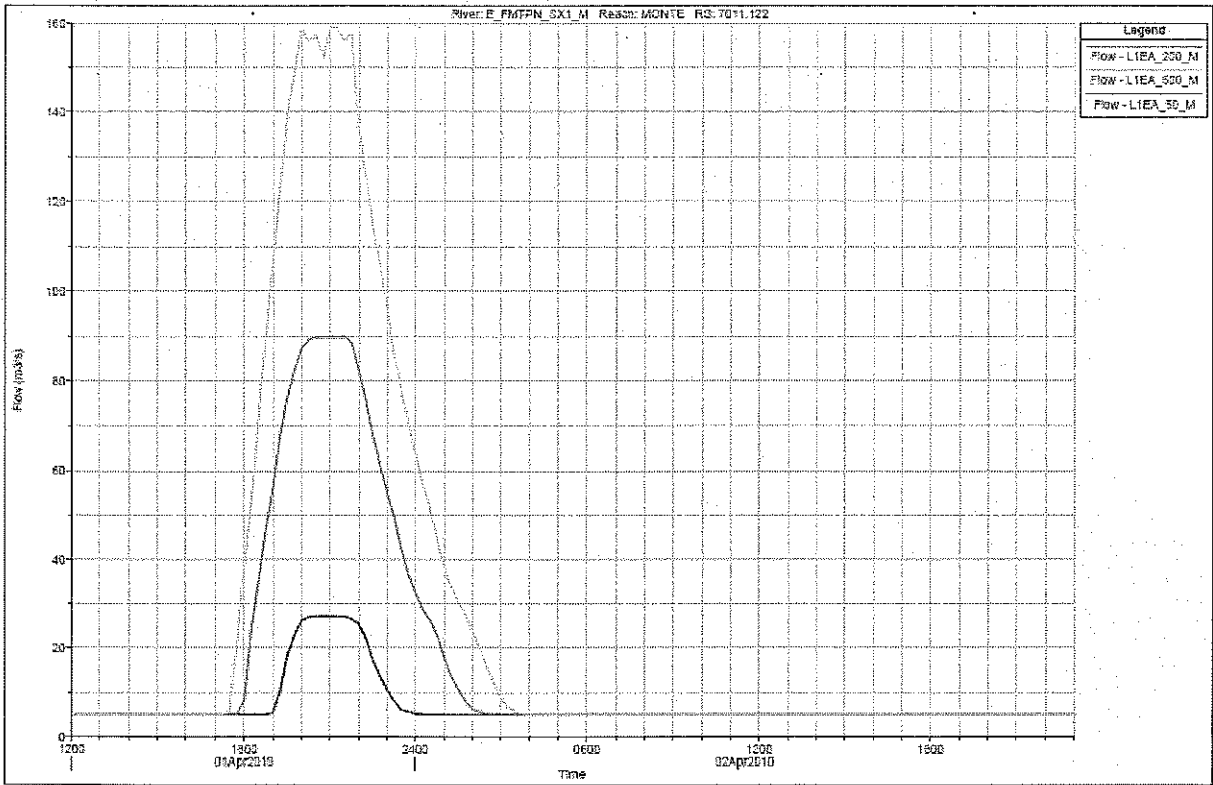
Figura 9. Profilo altimetrico della tratta E_FMTPN_SX con indicazione dei tiranti.

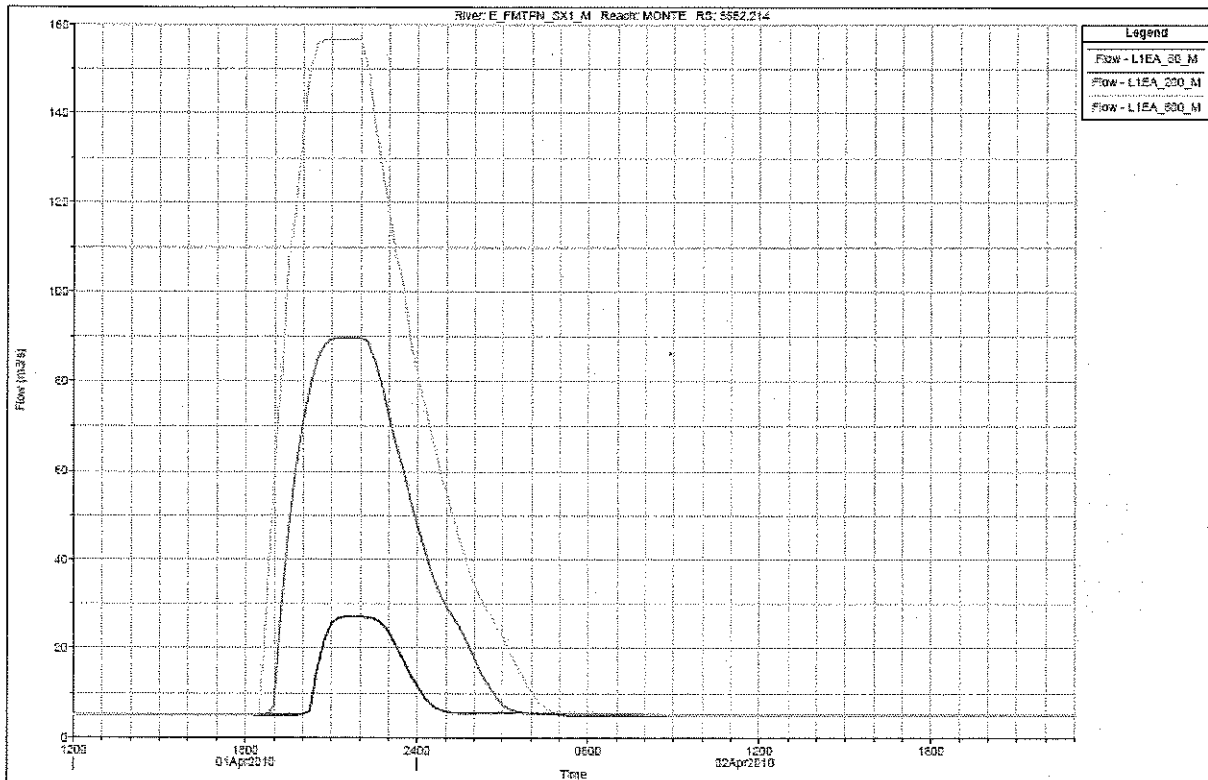
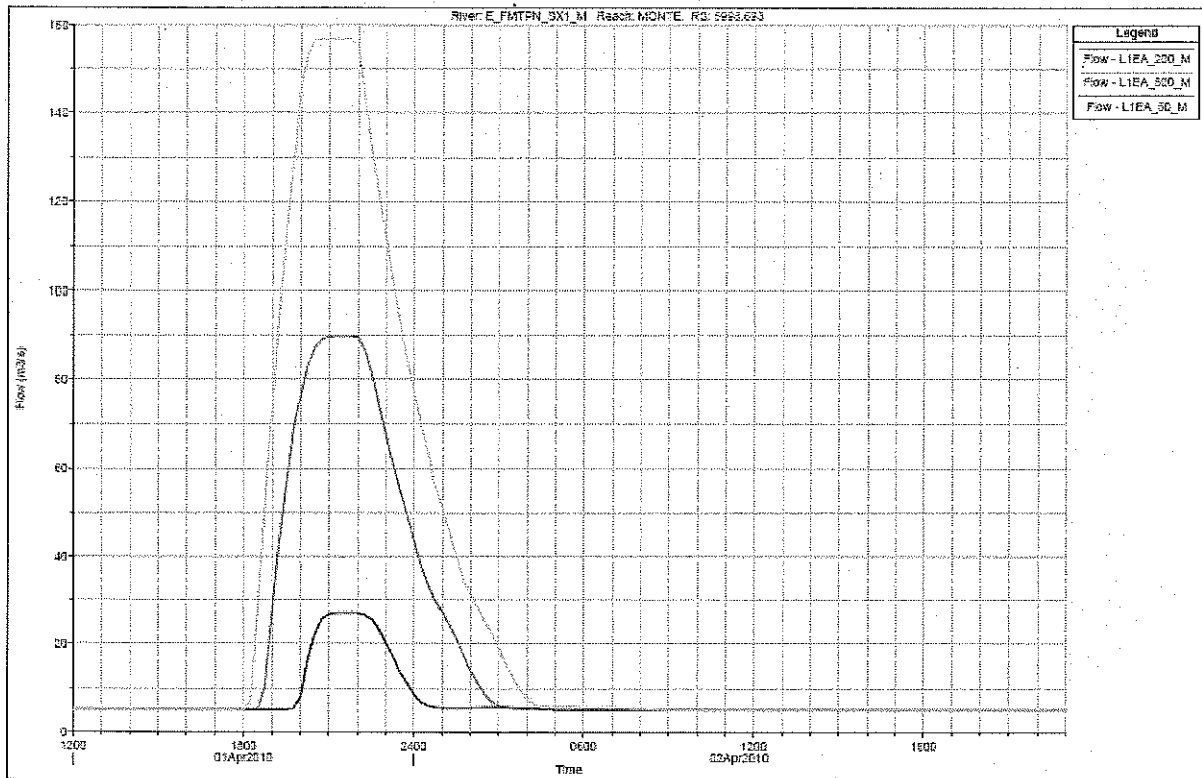
FN

Table with 14 columns: Reach, River Sta, Profile, Q (Total), Min Ch Elevation, WS Elev, Cr Cr WS, E.O. Elev, E.O. Slope, Vel Total, Conv. Total, Floor Area, Mann Wtd Total, Froude # Ch. Rows include station numbers like 7619.077, 7649.308, etc.

Handwritten signature







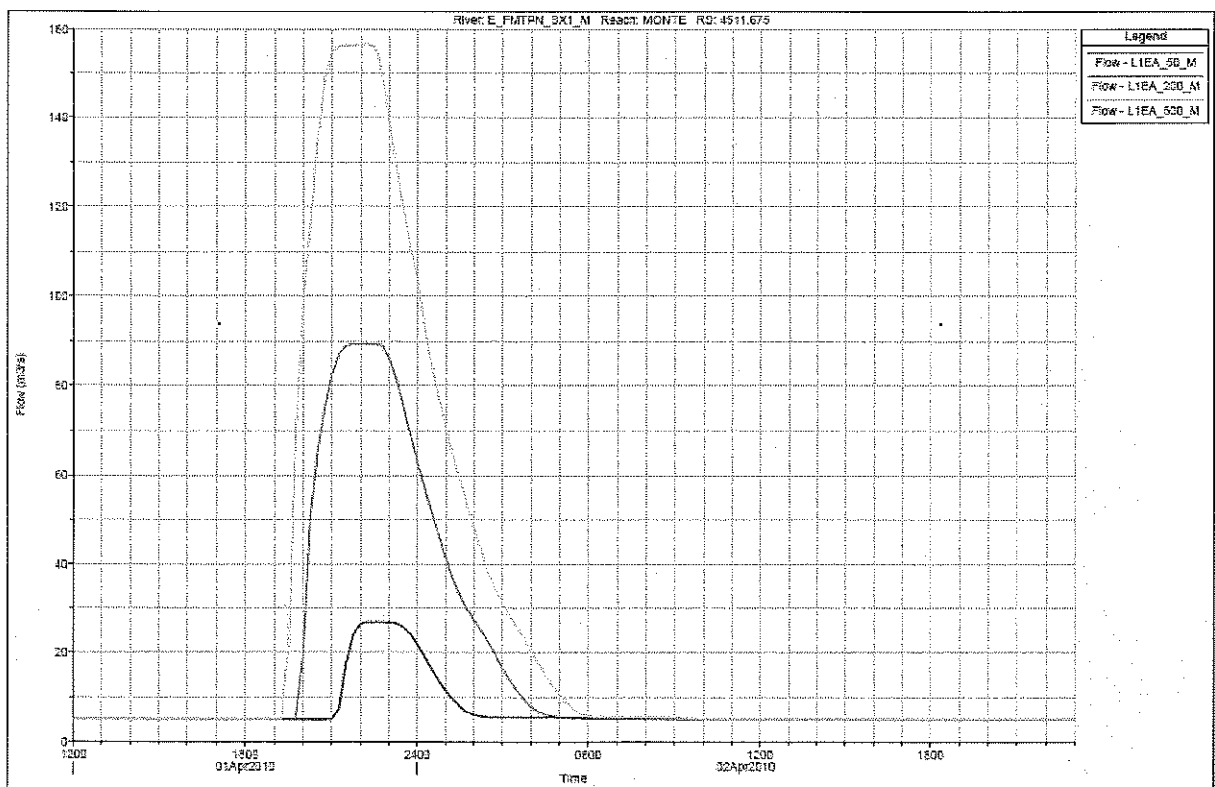
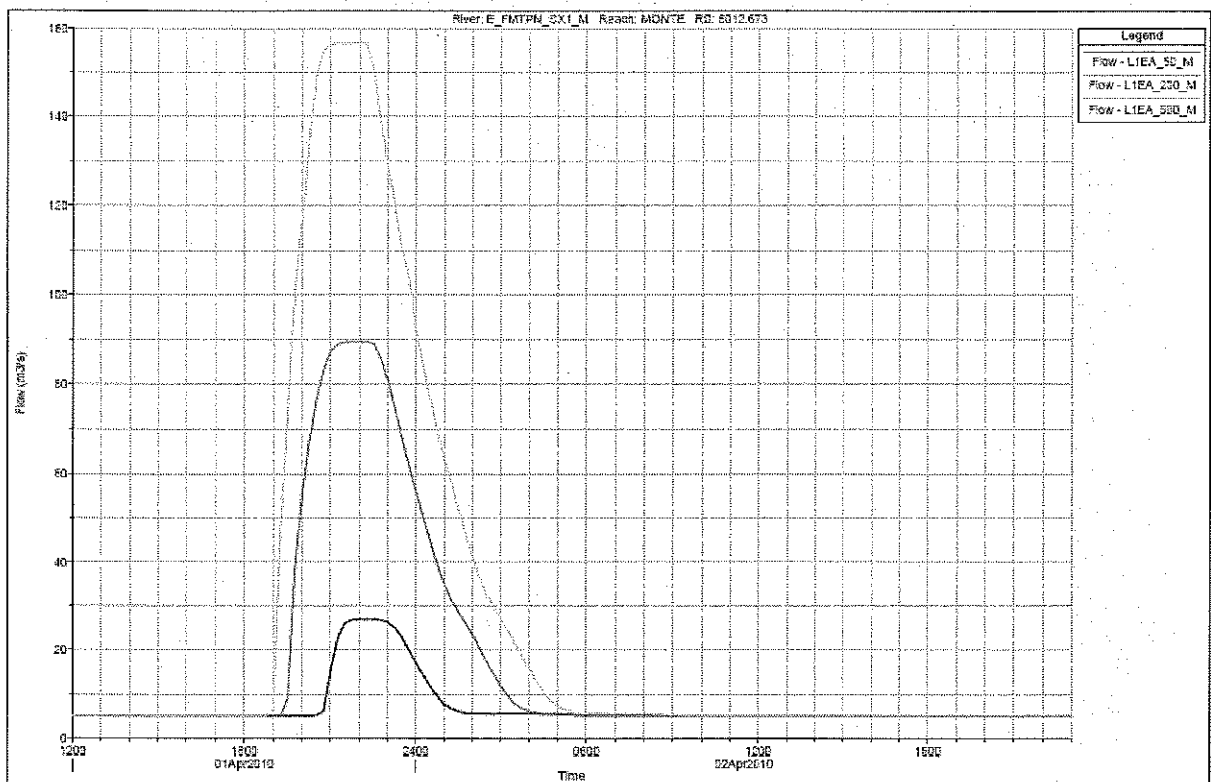


Figura 10. Idrogrammi di piena transitori per le sezioni della parte iniziale del tratto extra-alveo in sinistra idraulica del f. Topino (FMTPN_SX).

FN

5.4. Fasce fluviali e condizioni idrauliche

In Figura 11 è riportata una planimetria cartografica con rappresentati gli strati informativi in formato vettoriale (forniti in allegato allo *Studio-M.P.T.M.*) caratterizzanti le aree inondabili per i livelli crescenti di rischio (fascia A, B e C) e con indicazione dei tiranti attesi e delle principali linee di flusso della piena di progetto piena caratterizzati dalla simulazione fuori alveo. Per una migliore lettura e comprensione della dinamica dei processi di esondazione rispetto all'area di studio e non disponendo delle ortofoto Terraltaly utilizzate nel corso del progetto è stata utilizzata una *snapshot* a bassa risoluzione (proprietà GoogleMap®) georeferenziata con buona approssimazione per la corretta sovrapposizione con gli altri *layer*.



Figura 11. Planimetria cartografica con indicazione delle fasce fluviali, dei tiranti idrici attesi dell'evento con 50 anni di tempo di ritorno e delle linee di scolo extra-alveo in relazione all'area di studio (evidenziata in verde)

Dall'analisi della cartografia sopra riportata e dall'interrogazione dei report grafici e tabellare delle simulazioni extra-alveo è possibile desumere le condizioni idrauliche della sezione intersecante l'area del *Progetto-Ospedale*. La posizione della sezione d'interesse viene desunta da una misurazione approssimativa della distanza lungo le linee di flusso. Tale distanza risulta essere pari a circa 320 m. L'ID della sezione più vicina nel modello extra-alveo è la 7387.197. Le condizioni idrauliche della vena esondante lungo la via di scorrimento preferenziale extra-alveo sono riportate in Tabella 7. Il tirante idrico in corrispondenza della zona di interesse è pari a **0.7 m**, estratto dai risultati delle simulazioni dello *Studio-M.P.T.M.* per tempo di ritorno pari a 50 anni.

Tratto	ID	Portata (m ³ /s)	Thalweg (m)	Livello idrico (m)	Tirante (m)	Carico totale (m)	Velocità (m/s)
E_FMTPN_SX	7387.197	154.79	231.24	233.18	1.94	233.20	0.67
E_FMTPN_SX	7387.197	90.09	231.24	232.91	1.67	232.93	0.56
E_FMTPN_SX	7387.197	27.36	231.24	232.50	1.26	232.50	0.35

Tabella 7. Valori simulati nella simulazione del Topino extra-alveo nell'esondazione del tratto urbano in sinistra idraulica.

6. Il progetto Comparto 5 (A-B): ante e post-operam

Gli interventi previsti nel progetto del Comparto 5 (A-B) per la trasformazione del complesso ospedaliero San Giovanni Battista sono riportati in Figura 13 che rappresenta sia la situazione attuale (ante-operam) che l'ipotesi progettuale (post-operam).

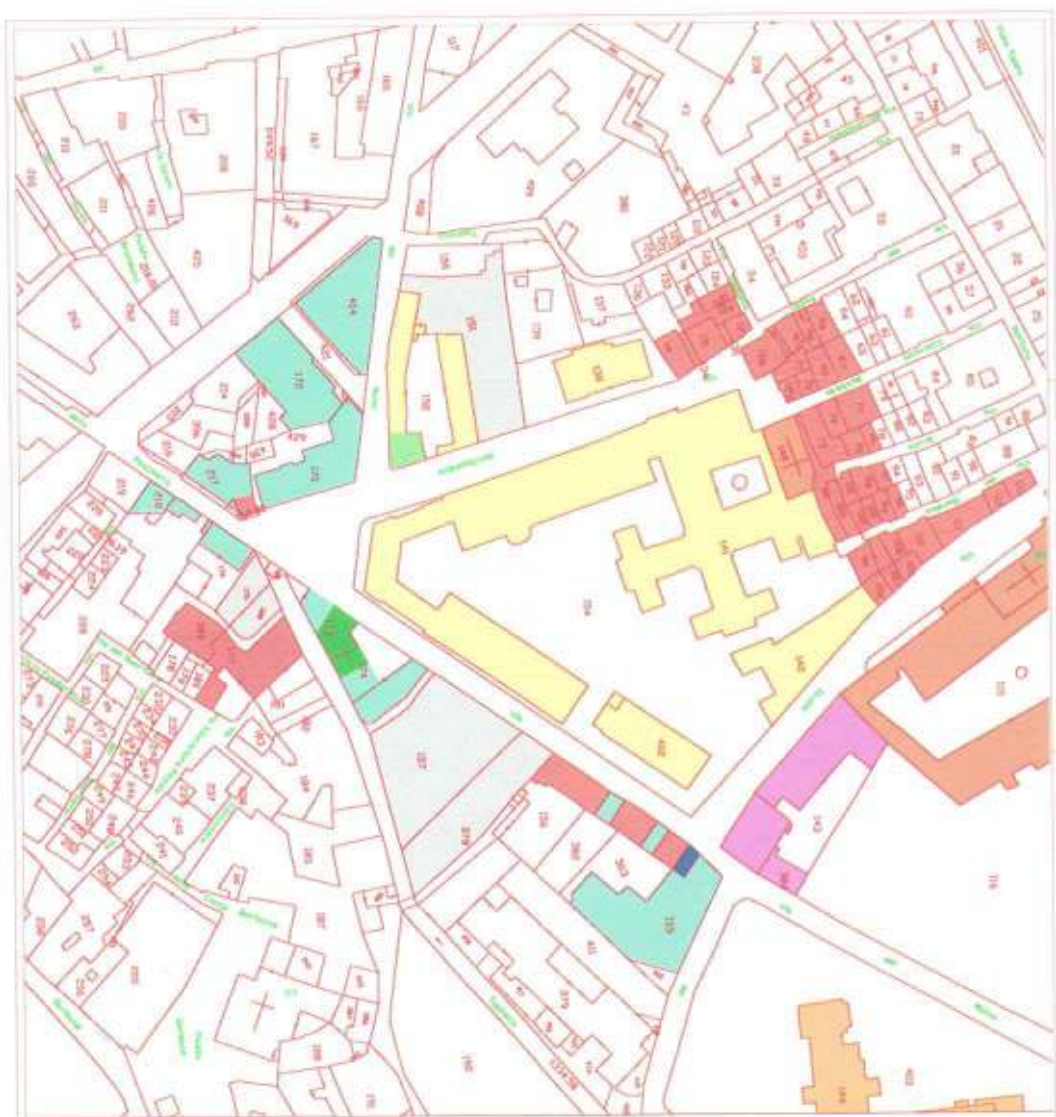


Figura 12. Planimetria dello stato attuale o ante-operam.



Figura 13. Planimetria delle opere in seguito agli interventi previsti nel Progetto (post-operam). In grigio il Comparto A.

La posizione delle opere in relazione al flusso idrico della corrente extra-alveo è rappresentato nella miniatura di Figura 14.

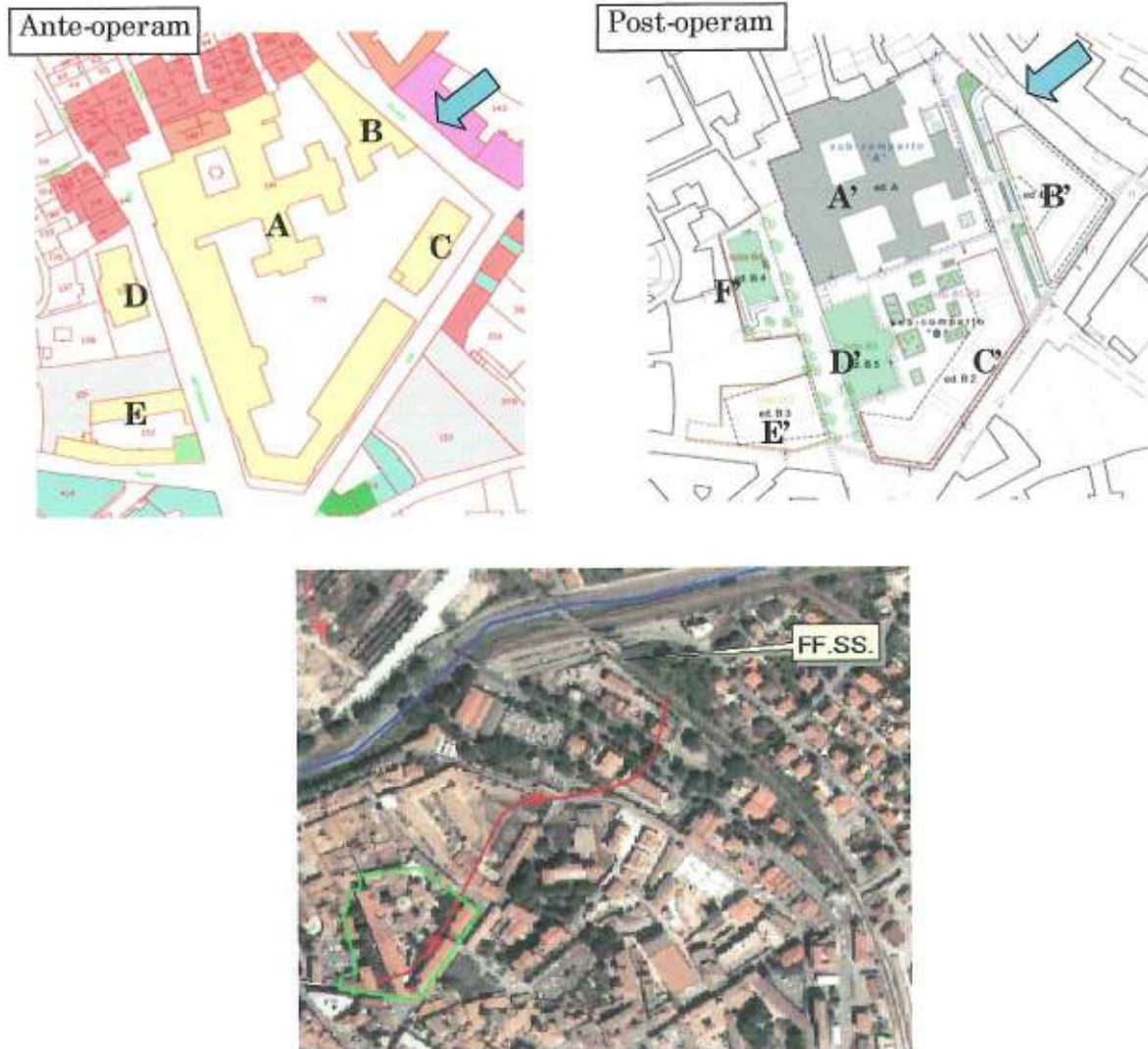


Figura 14. Identificazione degli edifici nella situazione ante-operam e post-operam in rapporto alle linee di flusso (polilinea rossa sotto, freccia campita celeste sopra) che caratterizzano la simulazione dell'esonazione extra-alveo (FMTPN_SX).

La superficie occupata da ogni singolo fabbricato è riportata in Tabella 8.

Condizione	Edificio	Area (m ²)
Ante-operam	A	4266.1
-	B	594.1
-	C	421.1
-	D	338.8
-	E	1159.9
		6780.0
Post-operam	A'	2392.6
-	B'	831.8 (*)
-	C'	1347.3 (*)
-	D'	560.0
-	E'	589.3 (*)
-	F'	278.9
		5999.9

(*) Dati di massimo ingombro.

Tabella 8. Superficie occupata dagli edifici nella situazione ante-operam e post-operam.

Come desumibile dallo schema planimetrico di Figura 14 e dai totali calcolati la superficie occupata sul piano campagna dalle strutture del COMPARTO A nella situazione post-operam è inferiore alle condizioni attuali.

7. Verifica idraulica della conformità del progetto alla Variante n°. 4 alle N.T.A. del P.R.G. vigente del Comune di Foligno: COMPARTO A

Per ottemperare alle disposizioni degli articoli aggiuntivi previsti nella Variante n°. 4 alle Norme Tecniche di Attuazione (N.T.A.) del Piano Regolatore Generale (P.R.G.) adottata con D.C.C n.80 del 2006 di cui alla premessa §3.

- ed in particolare al comma 71-ter, che regola gli interventi in Fascia A per i quali devono essere garantite generali condizioni di sicurezza idraulica, assicurando il libero deflusso della piena di riferimento senza peggiorare l'assetto del rischio idraulico attuale,
- e secondo quanto previsto, inoltre, al 71-sixies, nel quale si specificano i contenuti della relazione idraulica di accompagnamento degli interventi dei progetti edificatori;

è stata effettuata un'approfondita analisi ed interpretazione delle impostazioni metodologiche e dei risultati ottenuti nello studio "Mappe di pericolosità e rischio idraulico nel bacino del fiume Topino e del torrente Marroggia" predisposte dal Consorzio Bonificazione Umbra (C.B.R.), effettuata al precedente §5, nel quale sono state verificate nel dettaglio le condizioni idrauliche, intese nel senso dei tiranti e velocità e delle relative portate, di cui al §5.3, e nello specifico:

- è stata identificata l'esatta posizione della zona, oggetto degli interventi, rispetto alla mappatura delle zone a rischio A, B, C e delle linee preferenziali di deflusso della portata di piena, di cui al §5.4, e preso atto che la zona degli interventi ricade in fascia A ad elevato rischio,
- è stata valutata la metodologia implementata per la simulazione delle condizioni idrauliche delle acque esondate definita nel modello 1D in moto vario extra-alveo del tratto E_FMTPN_SX, relativo all'area d'interesse, che non ha simulato esattamente il deflusso nella rete di canali urbani con modello 2D, ma ha caratterizzato a priori le linee di deflusso di inondazione senza considerare nello specifico l'influenza degli ostacoli degli elementi

antropici ossia nella cosiddetta ipotesi semplificativa di "rimozione dell'edificato" di cui al §5.3 (pag.9)

- è stato recepito dallo *Studio-M.P.T.M.* che il tirante idraulico, nella condizione di maggior rischio (tempo di ritorno pari a 50 anni) per la zona in esame è pari a 0.7 m

Per quanto riguarda gli interventi previsti per il COMPARTO A si è potuto verificare (vedasi §6) che:

- la superficie di ingombro a terra degli edifici sulla base degli interventi previsti risulta inferiore rispetto alla condizione attuale;
- il posizionamento degli edifici e delle opere annesse rimane invariato in relazione alle direzioni di deflusso della piena di riferimento e come tale non muta le condizioni di deflusso della piena di riferimento (Figura 14) a valle della zona d'interesse;
- le condizioni di equilibrio idrogeomorfologico dinamico delle superfici interessate per lo smaltimento delle acque rimangono invariate.

Sulla base del presente studio, per quanto concerne la valutazione delle possibili modifiche del rischio idraulico indotte dagli interventi previsti, si afferma, dunque, che la capacità di laminazione della zona oggetto degli interventi per il COMPARTO A rimane invariata o al limite aumenta. Si conclude, quindi, che non peggiorano la condizioni di rischio idraulico degli edifici limitrofi ed in particolare delle zone a valle rispetto al COMPARTO A.

Per quanto riguarda la sicurezza idraulica delle strutture caratterizzanti il COMPARTO A, si nota che dal lato di provenienza dei deflussi di piena, ossia in direzione Nord Est – Sud Ovest, la geometria della sezione di deflusso e la morfologia dell'area e degli ostacoli intersecanti il potenziale deflusso di piena non subisce significative modifiche in conseguenza degli interventi previsti. Tale situazione **non comporta un aggravio delle condizioni di sicurezza idraulica** per le strutture del COMPARTO A, che, ad ogni modo **permane zona ad elevato rischio idraulico.**

Non si ritiene opportuno tentare di ridurre il rischio idraulico proteggendo l'edificio con arginature, sistemi di deviazione del flusso fisse o mobili od ogni altro accorgimento strutturale atto ad intercettare completamente le acque di piena in quanto ridurrebbe il volume laminabile, attualmente associato alla superficie occupata dall'edificio del COMPARTO A, contravvenendo alle disposizioni normative per l'aumentato rischio che risulterebbe nelle immediate vicinanze ed a valle dell'edificio.

Dott.ing. Fernando Nardi

Fernando Nardi