



REDAZIONE DEL PIANO STRALCIO DIFESA ALLUVIONI

<p>ELABORATO N.</p> <p style="font-size: 2em; text-align: center;">7.1</p>	<p>TITOLO</p> <p>Studi idraulici per la mappatura delle aree esondabili - Relazione illustrativa delle elaborazioni condotte</p>
<p>SCALA</p>	
<p>CODICE DOCUMENTO</p> <p style="text-align: center;">r 0 7 0 1</p>	
<p>FILE</p> <p style="text-align: center;">R 0 7 0 1 _ 0 1 . D O C</p>	

PER LA REGIONE ABRUZZO

Gruppo di lavoro:

Ing. Angelo D'ERAMO – **Responsabile del procedimento**

Sig.ra Natalia Ornella PISEGNA

Ing. Giuseppe VENTURINI

Sig. Stefano SALSO

Ing. Pierluigi CAPUTI - **Direttore Regionale**

Ing. Pierfranco COLANGELI - **Dirigente del Servizio**

Ing. Giuseppe D'OCCHIO - **Consulente Esterno**

PROGETTAZIONE Raggruppamento Temporaneo di Imprese (R.T.I.):



BETA Studio s.r.l. – via Monte Sabotino 2/A
35020 Ponte S.Nicolò (Padova) ITALIA
Tel. + 39 049 8961120 – Fax +39 049 8961090
info@betastudio.it – www.betastudio.it



I	15.12.2002	INTEGRAZIONE	Ing. A. Pattaro	Ing. A. Boccato	Ing. M. Coccato
O	15.10.2002	PRIMA EMISSIONE	Ing. G. Andreella, Ing. A. Pattaro	Ing. A. Boccato	Ing. M. Coccato
REV.	DATA	MOTIVO	REDATTO	VERIFICATO	APPROVATO

INDICE

PREMESSA	4
1. CRITERI ADOTTATI NELL'ASSEGNAZIONE DELLE CONDIZIONI AL CONTERNO	7
2. CRITERI ADOTTATI NELLA DETERMINAZIONE DELLA PERICOLOSITÀ IDRAULICA	9
3. SIMULAZIONI IDRAULICHE	11
4. ANALISI DELLE SIMULAZIONI IDRAULICHE	13
4.1 Bacino del Vibrata	13
4.1.1 Fiume Vibrata	13
4.1.1.A Descrizione del problema idraulico	13
4.1.1.A.1 Tavole della pericolosità	14
4.1.1.B Condizioni al contorno utilizzate	14
4.2 Bacino del Salinello	17
4.2.1 Fiume Salinello	17
4.2.1.A Descrizione del problema idraulico	17
4.2.1.A.1 Tavole della pericolosità	18
4.2.1.B Condizioni al contorno utilizzate	18
4.3 Bacino del Tordino	20
4.3.1 Fiume Tordino	21
4.3.1.A Descrizione del problema idraulico	21
4.3.1.A.1 Tavole della pericolosità	22
4.3.1.B condizioni al contorno utilizzate	22
4.4 Bacino del Vomano	25
4.4.1 Fiume Vomano	26
4.4.1.A Descrizione del problema idraulico	26
4.4.1.A.1 Tavole della pericolosità	28
4.4.1.B Condizioni al contorno utilizzate	28
4.5 Bacino del Piomba	32
4.5.1 Torrente Piomba	33
4.5.1.A Descrizione del problema idraulico	33
4.5.1.A.1 Tavole della pericolosità	34
4.5.1.B Condizioni al contorno utilizzate	34
4.6 Bacino del Fino - Tavo - Saline	36
4.6.1 Nodo idraulico Fino-Tavo-Saline	37
4.6.1.A Descrizione del problema idraulico	37
4.6.1.A.1 Fiumi Tavo e Saline	37

4.6.1.A.2 Fiume Fino	38
4.6.1.A.3 Tavole della pericolosità	39
4.6.1.B Condizioni al contorno utilizzate	39
4.7 Bacino del Aterno-Raio	43
4.7.1 Fiumi Aterno e Raio	44
4.7.1.A Descrizione del problema idraulico	45
4.7.1.A.1 Tavole della pericolosità	46
4.7.1.B Condizioni al contorno utilizzate	46
4.8 Bacino dell’Aterno - Sagittario	48
4.8.1 Nodo idraulico Aterno-Sagittario-Pescara	49
4.8.1.A Descrizione del problema idraulico	49
4.8.1.A.1 Tavole della pericolosità	50
4.8.1.B Condizioni al contorno utilizzate	51
4.9 Bacino del Pescara	52
4.9.1 Fiume Pescara	53
4.9.1.A Descrizione del problema idraulico	53
4.9.1.A.1 Tavole della pericolosità	54
4.9.1.B Condizioni al contorno utilizzate	54
4.10 Bacino dell’Alento	55
4.10.1 Fiume Alento	56
4.10.1.A Descrizione del problema idraulico	56
4.10.1.A.1 Tavole della pericolosità	57
4.10.1.B Condizioni al contorno utilizzate	57
4.11 Bacino del Foro	58
4.11.1 Fiume Foro	58
4.11.1.A Descrizione del problema idraulico	59
4.11.1.A.1 Tavole della pericolosità	60
4.11.1.B Condizioni al contorno utilizzate	60
4.12 Bacino dell’Arielli	62
4.12.1 Fosso Arielli	62
4.12.1.A Descrizione del problema idraulico	62
4.12.1.A.1 Tavole della pericolosità	63
4.12.1.B Condizioni al contorno utilizzate	63
4.13 Bacino del Moro	64
4.13.1 Fiume Moro	64
4.13.1.A Descrizione del problema idraulico	65

4.13.1.A.1	Tavole della pericolosità	66
4.13.1.B	Condizioni al contorno utilizzate	66
4.14	Bacino del Feltrino	66
4.14.1	Fiume Feltrino	67
4.14.1.A	Descrizione del problema idraulico	67
4.14.1.A.1	Tavole della pericolosità	68
4.14.1.B	Condizioni al contorno utilizzate	68
4.15	Bacino del Sangro - Aventino	68
4.15.1	Nodo idraulico Sangro-Aventino	69
4.15.1.A	Descrizione del problema idraulico	70
4.15.1.A.1	Tavole della pericolosità	70
4.15.1.B	Condizioni al contorno utilizzate	71
4.15.2	Nodo idraulico Sangro-Torto	73
4.15.2.A	Descrizione del problema idraulico	73
4.15.2.A.1	Tavole della pericolosità	74
4.15.2.B	Condizioni al contorno utilizzate	75
4.16	Bacino dell' Osento	77
4.16.1	Fiume Osento	78
4.16.1.A	Descrizione del problema idraulico	78
4.16.1.A.1	Tavole della pericolosità	79
4.16.1.B	Condizioni al contorno utilizzate	79
4.17	Bacino del Sinello	80
4.17.1	Fiume Sinello	80
4.17.1.A	Descrizione del problema idraulico	81
4.17.1.A.1	Tavole della pericolosità	82
4.17.1.B	Condizioni al contorno utilizzate	82
APPENDICE A: IL MODELLO SOBEK		85
SOBEK Channel Flow		86
SOBEK Overland Flow		86
Accoppiamento dei due moduli		87
Schematizzazione della rete		89
Schematizzazione della rete monodimensionale		89
Schematizzazione della rete bidimensionale		90

PREMESSA

Con contratto stipulato in data 16.07.2001, la Regione Abruzzo – Servizio “Gestione e Tutela Della Risorsa Acqua Superficiale e Sotterranea” ha affidato al Raggruppamento Temporaneo di Imprese BETA Studio srl - WL | Delft Hydraulics l’incarico relativo alla realizzazione del *“Piano Stralcio di Bacino Difesa Alluvioni riferito ai bacini idrografici di rilievo regionale ed a quello di rilievo interregionale del fiume Sangro”*.

Obiettivo generale dello studio è pertanto la redazione del Piano Stralcio Difesa Alluvioni (PSDA) inteso come strumento sia per la delimitazione delle aree di pertinenza fluviale, funzionale a consentire, attraverso la programmazione di azioni (opere, vincoli e direttive) il conseguimento di un assetto fisico del corso d’acqua compatibile con la sicurezza idraulica, l’uso della risorsa idrica, l’uso del suolo (a fini insediativi, agricoli, industriali) e la salvaguardia delle componenti naturali e ambientali, sia per l’individuazione delle aree a rischio alluvionale e la perimetrazione delle aree da sottoporre a misura di salvaguardia, nonché le misure medesime.

Le attività previste sono articolate nelle seguenti fasi:

1. FASE CONOSCITIVA:

- 1.1 Acquisizione dei dati e della documentazione esistente;
- 1.2 Definizione del modello organizzativo dei dati per la costituzione della banca dati;
- 1.3 Rilevamenti topografici.

2. FASE DI ANALISI E COMPLETAMENTO:

- 2.1 Analisi dei dati derivanti dall’attività conoscitiva;
- 2.2 Aggiornamento e completamento dei dati esistenti e degli archivi numerici;
- 2.3 Studi ideologici per la valutazione delle piene;
- 2.4 Studi idraulici per la mappatura delle aree inondabili.

3. FASE DELLA PIANIFICAZIONE

- 3.1 Mappatura delle aree esondabili ed alla definizione del rischio;
- 3.2 Predisposizione di misure, vincoli e norme per le aree a rischio di alluvione;

3.3 Definizione del PSDA.

4. FASE DI DIFFUSIONE DELLE INFORMAZIONI E DEL KNOW HOW

4.1 Costituzione di un “Servizio Stampa e Relazioni Esterne” del Piano;

4.2 Interlocuzione con i portatori di interesse e soggetti decisori coinvolti;

4.3 Organizzazione di seminari, convegni e workshop

4.4. Pubblicazioni;

4.5 Apertura di una pagina WEB sul sito della Regione Abruzzo.

Il programma temporale per la realizzazione delle attività prevede tre Stati di Avanzamento Lavori (S.A.L.) articolati come descritto nella Tabella seguente

Attività previste per i diversi S.A.L.

S.A.L	Attività previste
PRIMO	Acquisizione dei dati e della documentazione esistente Modello organizzativo per la gestione dei dati Rilevamenti topografici (I lotto) Costituzione di un Servizio Stampa e Relazioni Esterne del Piano Interlocuzione con i Portatori di interesse e soggetti decisori coinvolti
SECONDO	Rilevamenti topografici (II lotto) Analisi dei dati derivanti dall'attività conoscitiva Aggiornamento e completamento dei dati esistenti e degli archivi numerici Studi ideologici per la valutazione delle piene Studi idraulici per la mappatura delle aree inondabili Organizzazione di seminari, convegni e workshop
TERZO	Mappatura delle aree inondabili e definizione del rischio Predisposizione di misure e vincoli e norme per le aree a rischio idraulico Definizione del Piano Stralcio Difesa Alluvioni Pubblicazioni Apertura pagina WEB sul sito della Regione Abruzzo

La composizione del Gruppo di Lavoro incaricato dello svolgimento delle attività relative al Secondo S.A.L. è indicata nella tabella seguente.

Gruppo di lavoro predisposto per la realizzazione delle attività

Settore	Tecnico Responsabile	Tecnici Senior	Tecnici Junior
Pianificazione territoriale di bacini idrografici	Prof. Ing. S. Fattorelli (BS)	Ing. A. Boccato (BS)	
Idrologia	<i>Ing. G. Galeati</i>	Dott.ssa F.Longhini (BS)	<i>Ing. L. Nalotto</i>
Modellistica numerica applicata alla pianificazione e gestione dell'idraulica fluviale	Ing. M. Coccato (BS)	Ing. A. Ostan (BS)	Ing. A. Pattaro (BS) Ing. G. Andreella (BS) Ing. M. Werner (WL)
Ingegneria delle opere idrauliche e di sistemazione idraulico e forestale	Prof. Ing. S. Fattorelli (BS)	Ing. A. Boccato (BS)	
Diritto dell'ambiente e territorio	<i>Dr. G. Poliandri</i>		
Cartografia e rilievi in campo	<i>Prof. A. Vettore</i>		<i>Squadre per rilievi topografici (*)</i> Squadre per catasto opere (*)
Sistema Informativo Geografico (Informatica)	Dott. M. Randi (BS)	Dott. F. Vangelista	<i>Dott. M. Fioretto</i>
Servizio diffusione e stampa	<i>Dott. G. Peccolo</i>		

(*) le squadre di rilevatori sono composte da 2 tecnici ciascuna. (**) attività di service grafico esterno per stampa tipografica

1. CRITERI ADOTTATI NELL'ASSEGNAZIONE DELLE CONDIZIONI AL CONTORNO

Nello studio idraulico illustrato nel presente elaborato sono stati valutati gli effetti di eventi di piena relativi a tempi di ritorno di 20, 50, 100 e 200 anni in 18 nodi idraulici principali appartenenti al reticolo idrografico oggetto dello studio. Per una maggior facilità di lettura i tratti fluviali sono indicati nell'Elaborato 7.3 "Studi idraulici per la mappatura delle aree inondabili - carta dei tratti fluviali indagati".

Le condizioni al contorno utilizzate per le simulazioni idrauliche svolte sono di 3 tipi

1. Condizione al contorno di monte;
2. Condizione al contorno di valle;
3. Condizione di immissione laterale.

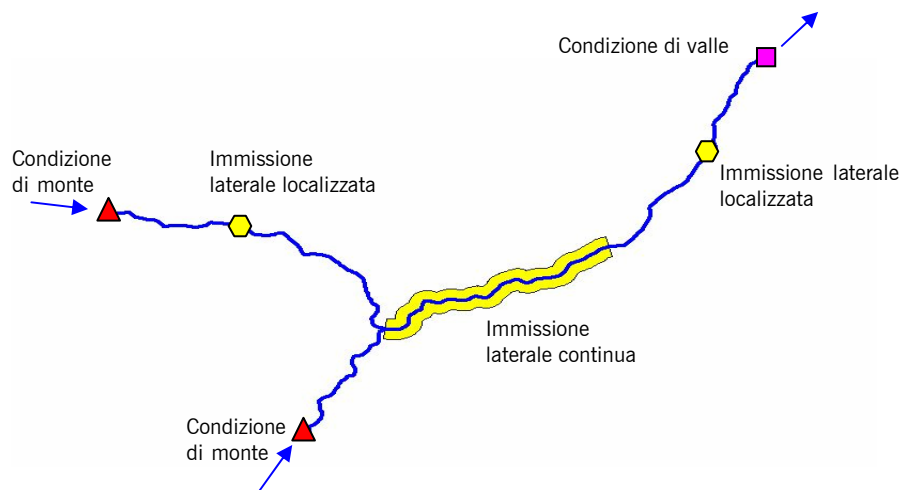


Figura 1.1 - Tipologie di condizioni al contorno imposte nel calcolo idraulico

La condizione di tipo 1, applicata nella sezione di monte dove inizia la schematizzazione, è un idrogramma, ovvero una curva che descrive la portata al variare del tempo $Q(t)$, mentre quella di tipo 2, applicata nella sezione di valle, è un livello idrometrico, ovvero la quota del pelo libero riferita al livello medio del mare; tale valore può essere assunto come costante h , oppure come variabile in funzione della portata transitante $h(Q)$ secondo una scala di portata. Al fine di valutare il

contributo di portata della parte di bacino che si trova tra la sezione di monte e quella di valle, vengono assegnate le condizioni di tipo 3, applicate lungo l'asta fluviale o in modo localizzato oppure uniformemente distribuite sull'intera lunghezza.

Al pari delle condizioni di tipo 1, anche quelle di tipo 3 sono degli idrogrammi (curve $Q(t)$), solo che mentre nel primo caso essi sono riferiti ad una sezione di chiusura, ovvero sono rappresentativi di tutto il bacino sotteso alla sezione stessa, nel secondo fanno riferimento alla parte di bacino compresa tra due sezioni di chiusura successive.

La metodologia utilizzata nel calcolo degli idrogrammi è illustrata nell'Elaborato 6.1 "Studio idrologico per la valutazione delle piene - Relazione illustrativa", in cui sono state calcolate le portate al colmo e gli idrogrammi di piena in una serie di sezioni idrometrografiche. In tali sezioni, la cui ubicazione è riportata nell'Elaborato 6.16, si è provveduto al calcolo delle portate al colmo e degli idrogrammi di piena con tempo di ritorno $T=20, 50, 100, 200$ e 500 anni."

Gli idrogrammi di piena calcolati nell'analisi idrologica, assunti come condizioni al contorno di monte, fanno riferimento ad eventi meteorici di durata critica per la sezione di chiusura del singolo bacino considerato. Le portate così ottenute sono rappresentative delle condizioni che si possono presentare lungo i tratti di testa della rete idrografica con frequenza assegnata.

Oltre agli idrogrammi in arrivo dai bacini di monte, l'analisi idrologica ha fornito anche gli idrogrammi critici per la sezione posta a valle della rete idrografica indagata. L'aumento della portata e dei volumi totali transitati attraverso questa sezione, rispetto alla somma di tutti gli idrogrammi assegnati a monte, è dovuto ai contributi laterali degli interbacini presenti. L'andamento temporale di questi contributi è stato determinato sia sulla base di quanto emerso in sede di analisi idrologica sia imponendo la congruenza tra i volumi di monte e di valle al fine di garantire condizioni realistiche lungo l'intera rete idrografica.

I punti di applicazione degli idrogrammi ed i bacini da essi sottesi, con specificate le portate al colmo calcolate per ciascun tempo di ritorno, sono indicati nell'Elaborato 6.11 "*Studio idrologico per la valutazione delle piene - Ubicazione nel territorio di indagine delle sezioni idrometrografiche per le quali si è provveduto al calcolo delle portate al colmo e degli idrogrammi di piena con tempo di ritorno $T=20, 50, 100, 200$ e 500 anni*". Suddividendoli in *Bacini e interbacini* a seconda che il bacino considerato sia comprensivo di tutta la superficie che si trova a monte del punto di applicazione (bacino), o che sia compreso tra due punti di applicazione successivi (interbacino).

2. CRITERI ADOTTATI NELLA DETERMINAZIONE DELLA PERICOLOSITÀ IDRAULICA

Disponendo di serie complete di dati omogenei ed adatti a elaborazioni statistiche, la pericolosità può essere valutata in termini di probabilità che in una determinata zona, entro un determinato intervallo di tempo, possa verificarsi un evento dannoso di una data intensità. Non disponendo di dati è invece possibile adottare procedure semplificate, basate su indicatori ritenuti significativi dello stato di dissesto del territorio e desunti dall'analisi di dati storici. Questi possono essere integrati con altri derivabili da un'analisi morfologica del territorio e da studi idrologici ed idraulici.

In particolare, la valutazione della pericolosità idraulica è stata effettuata stimando la capacità dell'alveo di contenere la piena di riferimento e, in caso di inadeguatezza della sezione d'alveo, determinando le caratteristiche dell'onda di sommersione che invade il territorio circostante (livelli e velocità dell'acqua, tempi di permanenza, ecc...).

Per la definizione delle fasce a differente grado di pericolosità idraulica si intende fare riferimento alle linee guida adottate negli studi in corso da parte del Raggruppamento ispirati al D.L. 180/98, modificato ed integrato dalle leggi 267/98 e 226/99 (redazione di Piani Straordinari e Piani di Assetto Idrogeologico).

In particolare vengono individuate 4 classi di pericolosità idraulica (molto elevata, elevata, media, moderata). La classe di pericolosità **molto elevata** fa riferimento ad un evento caratterizzato da una probabilità di accadimento $Tr = 50$ anni e/o all'instaurarsi di condizioni di lama d'acqua massima raggiunta sul piano campagna superiore ad 1m o ad una velocità massima di trasferimento, sempre sul piano campagna, superiore ad 1m/s. La classe di pericolosità **elevata** fa riferimento ad un evento caratterizzato da una probabilità di accadimento pari alla precedente ($Tr = 50$ anni) e all'instaurarsi di condizioni di lama d'acqua massima raggiunta sul piano campagna compresa tra 50cm ed 1m; oppure a condizioni come quelle stabilite per la pericolosità molto elevata (lama d'acqua massima maggiore di 1m oppure velocità maggiore di 1m/s) ma per un evento di piena più raro ($Tr = 100$ anni). La classe di pericolosità **media** fa riferimento ad un evento caratterizzato da un tempo di ritorno Tr pari a 100 anni e all'instaurarsi di condizioni di lama d'acqua massima raggiunta sul piano campagna compresa tra 0cm ed 1m. La classe di pericolosità **bassa** fa riferimento ad un evento di piena raro, caratterizzato da un tempo di ritorno Tr pari a 200 anni in qualunque condizione di lama d'acqua e di velocità sul piano campagna. Le porzioni del piano

campagna che soddisfano le condizioni di appartenenza di più classi di pericolosità idraulica vengono collocate nella classe a pericolosità maggiore. I concetti espressi vengono schematizzati nella tabella seguente (Tabella 2.1) .

Tabella 2.1 - Classi di pericolosità idraulica adottate.

PERICOLOSITA' IDRAULICA	CONDIZIONI IDRAULICHE
Molto elevata	Riferimento: evento di piena con $Tr = 50$ anni $h_{50} > 1m$ oppure $v_{50} > 1m/s$
Elevata	Riferimento: eventi di piena con $Tr = 50$ anni e con $Tr = 100$ anni $1m > h_{50} > 0.5m$ oppure $h_{100} > 1m$ oppure $v_{100} > 1m/s$
Media	Riferimento: evento di piena con $Tr = 100$ anni $h_{100} > 0m$
Moderata	Riferimento: evento di piena con $Tr = 200$ anni $h_{200} > 0m$

I risultati delle simulazioni idrauliche condotte, sintetizzati in classi di pericolosità così definite, sono riportati in scala 1:10000 negli Elaborati 7.2.

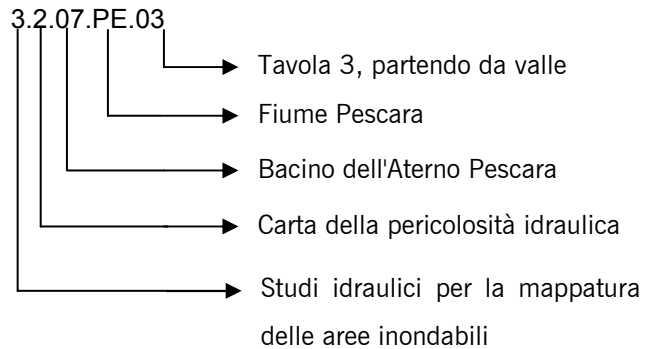
3. SIMULAZIONI IDRAULICHE

I tratti fluviali indagati nel presente studio (Elaborato 7.3) appartengono ai bacini idrografici di rilievo regionale e del bacino interregionale del F. Sangro. Tali bacini sono stati codificati nel sistema utilizzato dalla Committenza, mentre i tratti fluviali indagati ad essi appartenenti sono individuati da due lettere nel modo indicato nella Tabella 3.1. Gli stessi codici sono stati utilizzati per nominare gli Elaborati 7.2, che riportano le planimetrie in scala 1:10000 delle aree esondabili risultanti dalle simulazioni idrauliche, sintetizzate in classi di pericolosità, così come illustrato nel precedente Capitolo 2.

Tabella 3.1 - Tratti fluviali indagati

<i>bacino</i>	<i>fiume</i>	<i>cod bacino</i>	<i>cod fiume</i>
Vibrata	Vibrata	01	VI
Salinello	Salinello	02	SA
Tordino	Tordino	03	TR
Vomano	Vomano	04	VM
Piomba	Piomba	05	PI
Fino-Tavo-Saline	Fino	06	FI
Fino-Tavo-Saline	Tavo	06	TA
Fino-Tavo-Saline	Saline	06	SL
Aterno-Pescara	Aterno	07	AT
Aterno-Pescara	Sagittario	07	ST
Aterno-Pescara	Pescara	07	PE
Aterno-Pescara	Nora	07	NO
Aterno-Pescara	Raio	07	RA
Alento	Alento	08	AL
Foro	Foro	09	FR
Arielli	Arielli	10	AR
Moro	Moro	11	MR
Feltrino	Feltrino	12	FE
Osentò	Osentò	13	OS
Sinello	Sinello	14	SI
Sangro	Sangro	22	SG
Sangro	Rio Torto	22	RT
Sangro	Aventino	22	AV

Al fine di agevolare la comprensione del lavoro svolto, si riporta, a titolo di esempio, la codifica dell'Elaborato 7.2.07.PE.03 "Studi idraulici per la mappatura delle aree inondabili - Carta della pericolosità idraulica - Bacino dell'Aterno Pescara- Fiume Pescara".



In questa fase sono state svolte le simulazioni idrauliche nei tratti fluviali dove sono state reperite informazioni sulla geometria dei corsi d'acqua. Di conseguenza, poiché le sezioni di calcolo utilizzate fanno sempre riferimento ad una fonte esterna di dati (si veda l'Elaborato 4.1), esse sono state denominate in modo tale da poterne sempre verificare la provenienza.

4. ANALISI DELLE SIMULAZIONI IDRAULICHE

4.1 Bacino del Vibrata

4.1.1 Fiume Vibrata

Il fiume Vibrata nasce a Civitella del Tronto, in località Pagliariccio alla quota di 800 m s.l.m.m. con un bacino afferente di 123 km². Dalla sorgente alla foce, fra i comuni di Martinsicuro (in sinistra) e Alba Adriatica (in destra), il fiume Vibrata è lungo 37 km. Inizialmente, per i primi 9 km, l'asta del fiume ha direzione SW-NE, entrando nei confini amministrativi della regione Marche. Dal comune di Sant'Egidio alla Vibrata il fiume svolta verso SE, descrivendo un arco di circonferenza, con concavità rivolta verso nord, fino a sfociare nel mare Adriatico.

Il tratto terminale del fiume ad Alba Adriatica è canalizzato; spostandosi più a monte, l'alveo di magra del fiume risulta essere molto piccolo e le golene sono occupate da una fitta vegetazione; le arginature sono molto piccole o inesistenti. Non si rilevano segni evidenti di piena o di esondazione.

Gli idrogrammi calcolati sono indicati nella tabella che segue:

Tabella 4.1 - Idrogrammi calcolati

Fiume	Sezione	Descrizione
Vibrata	VI01	Bacino sotteso dalla sezione di chiusura a Sant'Egidio alla Vibrata
Vibrata	VI02	Bacino sotteso dalla sezione di chiusura tra Nereto e Sant'Omero
Vibrata	VI03	Bacino sotteso dalla sezione di chiusura tra Martinsicuro e Alba Adriatica
Vibrata	VI01-VI03	Interbacino compreso tra la sez. VI01 e la sezione VI03 alla foce

4.1.1.A Descrizione del problema idraulico

Mutuando la stessa procedura adottata per lo studio della pericolosità idraulica degli altri fiumi della regione Abruzzo, anche per il fiume Vibrata è stato realizzato uno studio con un modello matematico mono-bidimensionale. I modelli applicati schematizzano il corso d'acqua dal comune di Sant'Egidio alla Vibrata fino alla foce, per una lunghezza complessiva di 26.5 km.

Nel tratto di studio il fiume Vibrata ha una pendenza media valutabile intorno a 9 ‰.

Il modello matematico a moto vario, con cui si procede alla determinazione delle aree allagabili,

prevede, generalmente, l'accoppiamento di uno schema monodimensionale con una fitta griglia di celle rappresentanti il piano campagna.

Solitamente le celle bidimensionali hanno una dimensione di lato 40 m, con un coefficiente di scabrezza stimato intorno a $16 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$ di Gauckler – Strickler (0.06 di Manning). Nel tratto di pertinenza del comune di Sant'Egidio alla Vibrata la griglia è stata raffinata, portando le celle alla dimensione di 20 m. La geometria (sezioni di progetto) dello schema monodimensionale a Sant'Egidio alla Vibrata è stata ricavata dallo studio che reca titolo "Decreto Legislativo 11 giugno 1998 n.180, convertito con Legge n. 267/98. Lavori di sistemazione del fiume Vibrata in Comune di S. Egidio alla Vibrata".

Come è stato mostrato dai sopralluoghi effettuati nel medio corso del Vibrata, il fiume ha una parte incisa molto ristretta, con una larghezza non superiore a 1 m, mentre le zone adiacenti, che pure andrebbero contemplate nel corpo alveo, sono occupate da una fitta vegetazione. In alcuni tratti si ha difficoltà a scorgere la parte incisa dell'alveo, tanto intricata è la vegetazione esistente.

Gli ultimi 2.5 km del tratto di foce, dal ponte dell'autostrada A14 (in località Alba Adriatica) al mare, l'asta del Vibrata è stata canalizzata e arginata: l'alveo è circa 15 m e profondo 1 m, ma la golena è assai più ampia, variabile tra i 60 m e i 90 m, e in buono stato di pulizia.

4.1.1.A.1 Tavole della pericolosità

I risultati ottenuti dalle simulazioni sono stati rappresentati nelle tavole:

- Tavola 7.2.01.VI.01 in scala 1:10000;
- Tavola 7.2.01.VI.02 in scala 1:10000;
- Tavola 7.2.01.VI.03 in scala 1:10000.

4.1.1.B Condizioni al contorno utilizzate

A monte l'implementazione del modello prevede l'inserimento di una portata, a valle il livello del mare, in questo studio considerato variabile tra i 0.3 e i 0.6 m s.l.m.m..

L'idrogramma di ingresso con codice VI01 viene inserito immediatamente a monte dell'abitato di Sant'Egidio, mentre l'idrogramma di interbacino VI01-VI03 viene ripartito su più punti lungo l'asta fluviale.

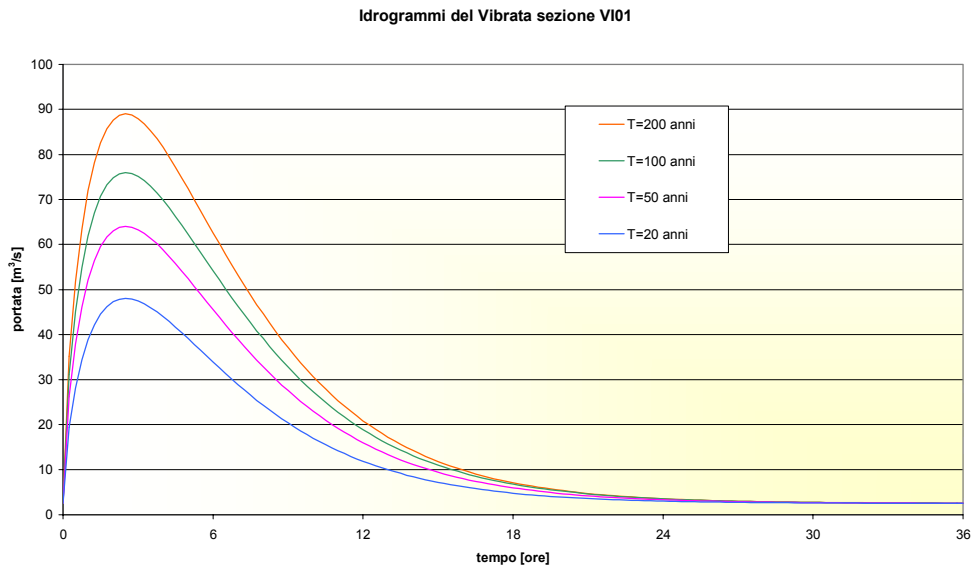


Figura 4.1 - Idrogramma di piena alla sezione VI01 del fiume Vibrata per diversi tempi di ritorno.

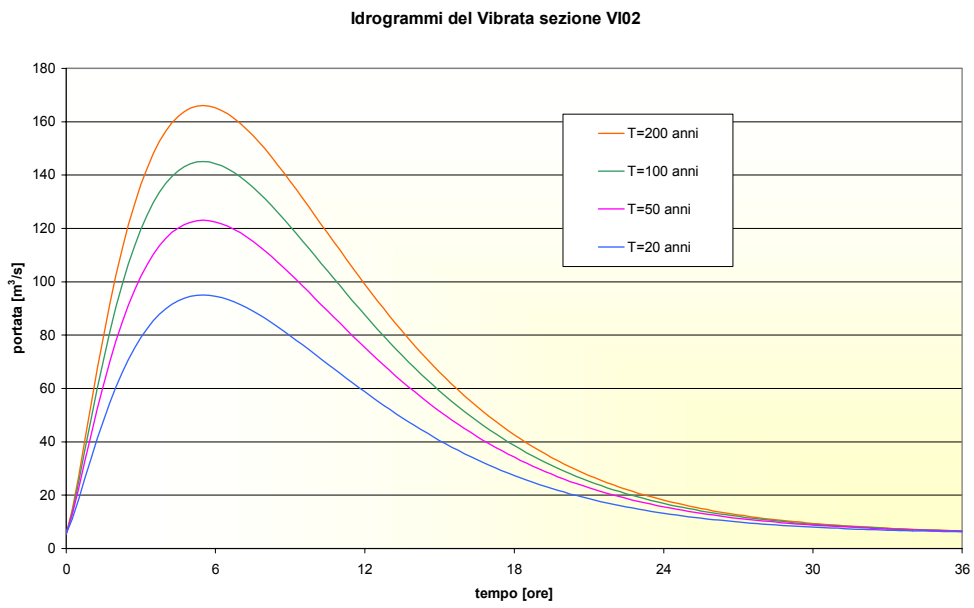


Figura 4.2 - Idrogramma di piena alla sezione VI02 del fiume Vibrata per diversi tempi di ritorno.

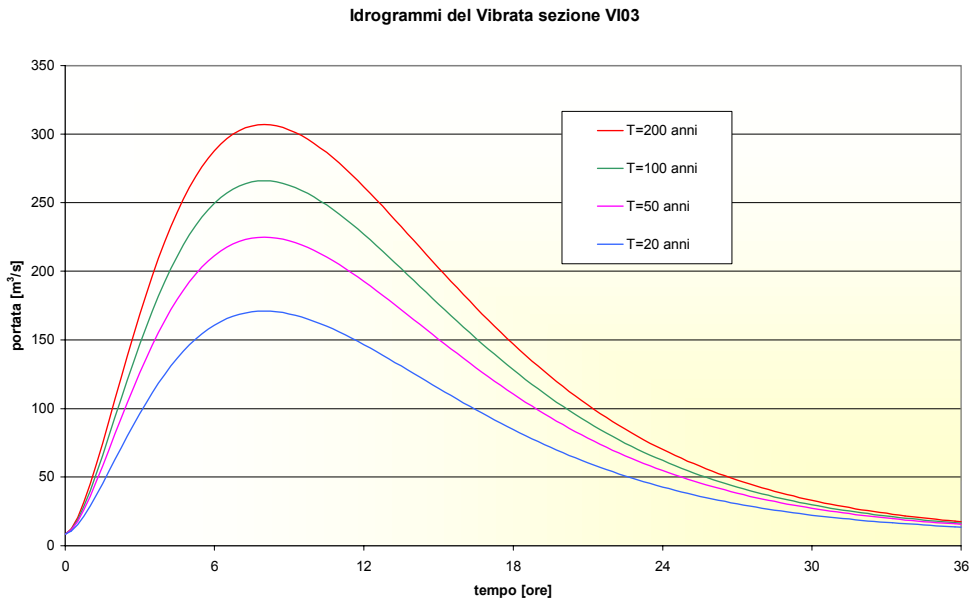


Figura 4.3 - Idrogramma di piena alla sezione VI03 del fiume Vibrata per diversi tempi di ritorno.

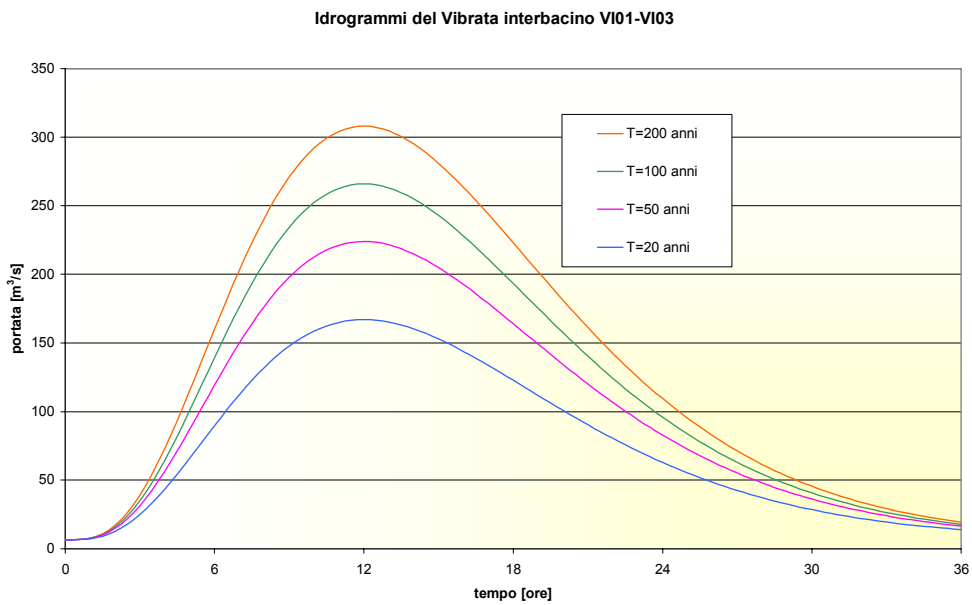


Figura 4.4 - Idrogramma di interbacino alla sezione VI01-VI03 del fiume Vibrata per diversi tempi di ritorno.

4.2 Bacino del Salinello

4.2.1 Fiume Salinello

Il fiume Salinello nasce a Rocca Santa Maria, presso il Monte Ciccone (1200 m s.l.m.m.), ai confini con la regione Lazio. Scorre interamente in provincia di Teramo e confina a destra con il bacino del fiume Vibrata e a sinistra con quello del Tordino. Il fiume scorre per 48 km all'interno dei confini amministrativi dell'Abruzzo con direzione prevalente W-E (mutando direzione ora verso nord, ora verso sud), sfociando nel mare Adriatico fra i comuni di Tortoreto e Giulianova. Nel complesso il bacino del Salinello sviluppa, dalle sorgenti alla foce, una superficie di 178 km².

Gli idrogrammi calcolati sono indicati nella tabella che segue:

Tabella 4.II - Idrogrammi calcolati

Fiume	Sezione	Descrizione
Salinello	SA01	Bacino sotteso alla sezione di chiusura a Civitella del Tronto
Salinello	SA02	Bacino sotteso alla sezione di Sant'Omero
Salinello	SA03	Bacino sotteso alla sezione alla foce
Salinello	SA01-SA03	Interbacino compreso tra la sez. SA01 e la sezione SA03 alla foce

4.2.1.A Descrizione del problema idraulico

Lo studio della pericolosità idraulica del fiume Salinello si estende per una lunghezza di oltre 21 km, dai comuni di Civitella del Tronto e Sant'Egidio alla Vibrata fino alla foce. Propagandosi verso valle, il fiume Salinello attraversa i confini amministrativi dei comuni di Campi, Bellante, Sant'Omero, Mosciano Sant'Angelo, Tortoreto e Giulianova.

Il metodo di studio prevede l'applicazione di un modello matematico bidimensionale a moto vario, rappresentando il piano campagna con una griglia di celle quadrate di lato 40 m, cui viene assegnata una scabrezza media di $16 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$ di Gauckler – Strickler. Lo schema bidimensionale viene accoppiato con uno schema monodimensionale rappresentante l'alveo del fiume Salinello.

La geometria delle sezioni dello schema monodimensionale è stato ricavata dal documento recante titolo "Lavori di sistemazione del Fiume Salinello nei Comuni di Tortoreto e Mosciano S. Angelo", fornito dalla regione Abruzzo (geometria dello stato di fatto). Nel tratto di studio, dall'abitato di Sant'Egidio alla Vibrata fino a Giulianova e Tortoreto, la pendenza media del fiume è di 0.007 m/m.

Alla foce, presso i comuni di Tortoreto, Mosciano Sant'Angelo e Giulianova, il fiume scorre in un territorio densamente urbanizzato: edifici civili e industriali sono stati eretti in prossimità dell'alveo del fiume. Il tratto compreso fra l'insediamento di Salino e l'autostrada A14 è stato recentemente interessato da interventi di ricalibratura e riarginatura per una lunghezza di circa 2 km. Attualmente la capacità di deflusso dell'asta fluviale negli ultimi 4 km alla foce può essere stimata intorno ai 330 m³/s.

4.2.1.A.1 Tavole della pericolosità

I risultati ottenuti dalle simulazioni sono stati rappresentati nelle tavole:

- Tavola 7.2.02.SA.01 in scala 1:10000;
- Tavola 7.2.02.SA.02 in scala 1:10000;
- Tavola 7.2.02.SA.03 in scala 1:10000.

4.2.1.B Condizioni al contorno utilizzate

Il modello matematico a moto vario prevede l'inserimento a monte di un idrogramma di portata. Lungo il corso del fiume vengono poi inseriti dei contributi di interbacino per simulare la formazione graduale della piena. A valle la condizione al contorno consiste nell'assegnazione dei livelli del mare, convenzionalmente assunti variabili tra 0.6 e 0.3 m s.l.m.m.

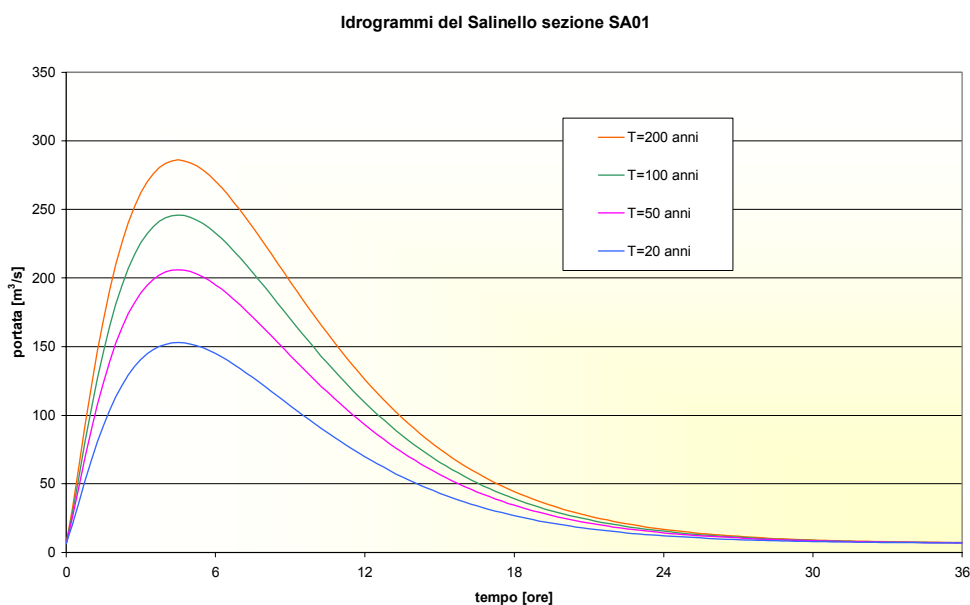


Figura 4.5 - Idrogramma di piena alla sezione SA01 del fiume Salinello per diversi tempi di ritorno.

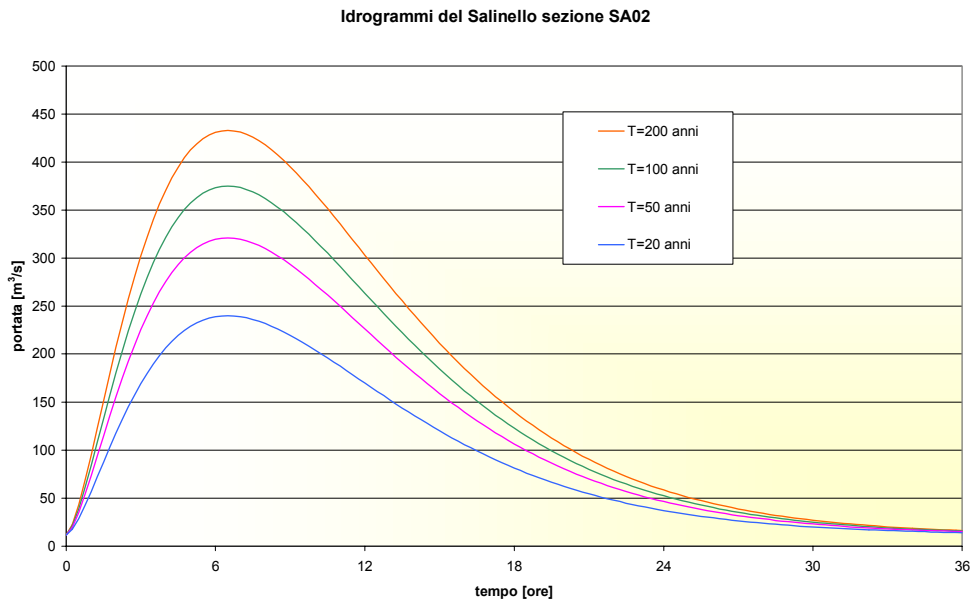


Figura 4.6 - Idrogramma di piena alla sezione SA02 del fiume Salinello per diversi tempi di ritorno.

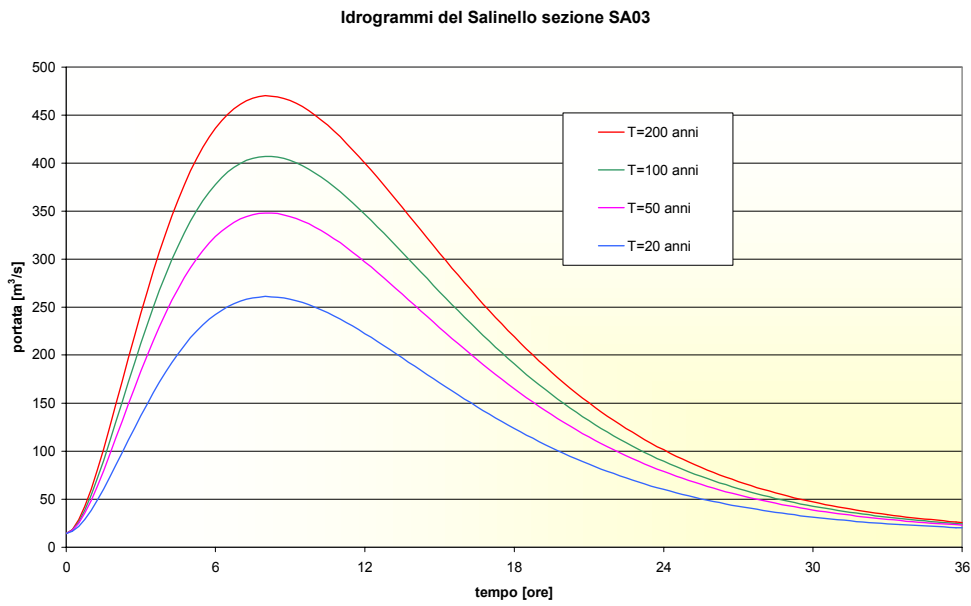


Figura 4.7 - Idrogramma di piena alla sezione SA03 del fiume Salinello per diversi tempi di ritorno.

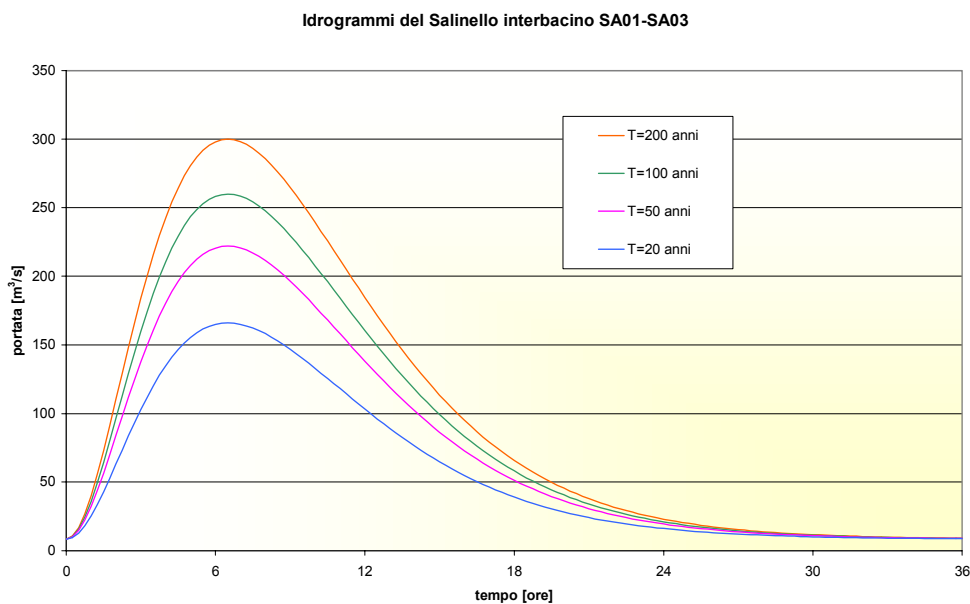


Figura 4.8 - Idrogramma di interbacino alla sezione SA01-SA03 del fiume Salinello per diversi tempi di ritorno.

4.3 Bacino del Tordino

Il Fiume Tordino nasce a 2000 m s.l.m.m. tra i monti Gorzano (2458 m s.l.m.m.) e Pelone (2259 m s.l.m.m.), situati nella catena dei monti della Laga. Scorre interamente in provincia di Teramo e confina a destra con il bacino del fiume Vomano e a sinistra con quello del Tronto e del Salinello; sfocia nel mare Adriatico a sud dell'abitato di Giulianova. La superficie complessiva del bacino è di 450 km². La sua lunghezza è di 59 km; nella prima parte del percorso il Tordino, caratterizzato da un regime di tipo torrentizio, si dirige verso oriente, poi, in corrispondenza all'abitato di Macchiatornella, compie un grande arco verso nord, aggirando così la catena montuosa del Bilanciere, ed infine inizia un corso con pendenze minori ed alveo più ampio. Come molti fiumi che sfociano nel medio e basso versante Adriatico, il suo percorso è approssimativamente breve e perpendicolare alla catena montuosa d'origine. Il regime idrologico del fiume è molto variabile e risulta strettamente dipendente dalle precipitazioni. Il Tordino riceve anche numerosi contributi dagli affluenti e dai "fossi" maggiori. Da destra, dopo circa 5 km, il primo apporto idrico si deve al fosso Molvese, più a valle riceve il fosso di Elce e infine, a 21.5 km dalla sua sorgente il Fiumicello, che origina a sua volta da numerosi fossati e sorgenti che scendono dalle pendici del monte Bilanciere. A sinistra il numero di affluenti è maggiore: il fosso della Cavata, il Rivettino (a 7 km), il Castiglione (a 10.5 km), il Rivoletto (a 11.6 km); contributi minori vengono dal Rio Verde, dal fosso

dell'Inferno, dal torrente Fiumicino e dal torrente Vezzola. Quest'ultimo potrebbe dare un apporto più rilevante, se le sue acque non fossero in gran parte captate dall'ENEL. Nel Bacino del Tordino sono state reperite le schede tecniche relative alle attività straordinarie di pulizia idraulica svolte dal Servizio Tecnico del Territorio della Provincia di Teramo (ex Genio Civile) lungo il corso dell'omonimo fiume: dalla foce fino al ponte sulla Strada Statale n.80 del Gran Sasso in Località Villa Butteri e lungo il Torrente Vezzola in Comune di Teramo, dalla confluenza con il Tordino fino alla confluenza con il Rio Maiano.

4.3.1 Fiume Tordino

Il fiume Tordino è stato studiato per una lunghezza di circa 32 km, dalla località di Madonna della Cona, a monte di Teramo fino alla foce.

Gli idrogrammi calcolati sono indicati nella tabella che segue:

Tabella 4.III - Idrogrammi calcolati

<i>Fiume</i>	<i>Sezione</i>	<i>Descrizione</i>
Tordino	TR01	Bacino sotteso alla sezione storica di Teramo
Tordino	TR02	Bacino sotteso da una sezione intermedia in Comune di Bellante
Tordino	TR03	Bacino chiuso quasi alla foce
Tordino	TR01-TR03	Interbacino compreso tra la sez TR01 e la foce

4.3.1.A Descrizione del problema idraulico

Lo studio della pericolosità idraulica nel bacino del Tordino viene perseguita, ricorrendo all'implementazione di un modello matematico misto, mono – bidimensionale.

L'indagine si estende dalla località di Madonna della Cona, a monte dell'abitato di Teramo, fino alla foce (sezione TR01P03) nel comune di Giulianova, per una lunghezza complessiva di circa 32 km.

Per un lungo tratto di valle (lunghezza 15 km, pendenza media 6.5‰), dalla sezione TR56P03, a sud dell'abitato di Bellante, fino alla foce (sezione TR01P03), è stato prodotto uno schema unidimensionale a moto permanente con il modello Hec – Ras, allo scopo di individuare, in prima approssimazione, le insufficienze arginali, sovrastimando i livelli idrometrici nell'alveo.

Le informazioni per la costruzione dello schema monodimensionale sono state ricavate dal progetto definitivo, esecutivo e rilievi relativi a "Lavori di ripristino arginature in terra e realizzazione di nuove

arginature nei tratti ad elevato rischio idraulico sul fiume Tordino" (geometria allo stato di fatto), fornito dalla regione Abruzzo e da rilievi eseguiti per la realizzazione del presente studio.

La geometria dello schema monodimensionale è stata importata nel modello Sobek, accoppiandola con una griglia bidimensionale.

La griglia di celle quotate è stata corretta, imponendo le quote dei rilevati che possono costituire un ostacolo alla propagazione dell'onda di piena nel dominio bidimensionale.

Inoltre le sezioni trasversali rilevate non sono state inserite per intero nello schema misto: in molti casi il rilievo delle sezioni può essere molto più esteso rispetto alle dimensioni delle celle; oppure la sezione stessa non è compatta e l'area golenale è molto ampia.

In questo caso si è preferito, più realisticamente, contemplare nello schema unidimensionale solo la sezione dell'alveo centrale, mentre l'argine delimitante la golenale si impone, elevando la quota della griglia bidimensionale.

In fase di taratura si è convenuto sia verosimile adottare un coefficiente di scabrezza di $33 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$ di Gauckler – Strickler ($0.03 \text{ s}/\text{m}^{1/3}$ di Manning) per il corso d'acqua e di $16 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$ di Gauckler – Strickler ($0.03 \text{ s}/\text{m}^{1/3}$ di Manning) per le celle della griglia bidimensionale, con le quali si schematizza il piano campagna.

4.3.1.A.1 Tavole della pericolosità

I risultati ottenuti dalle simulazioni sono stati rappresentati nelle tavole:

- Tavola 7.2.03.TR.01 in scala 1:10000;
- Tavola 7.2.03.TR.02 in scala 1:10000;
- Tavola 7.2.03.TR.03 in scala 1:10000;
- Tavola 7.2.03.TR.04 in scala 1:10000.

4.3.1.B condizioni al contorno utilizzate

Il tratto, in cui si realizza lo studio della propagazione di un'onda di piena su un dominio mono – bidimensionale transitante nel fiume Tordino, si estende dalla sezione di chiusura del bacino TR01 alla foce.

Sono noti gli idrogrammi di piena sottesi dalle sezioni TR01, TR02 e TR03 (quest'ultima alla chiusura del bacino).

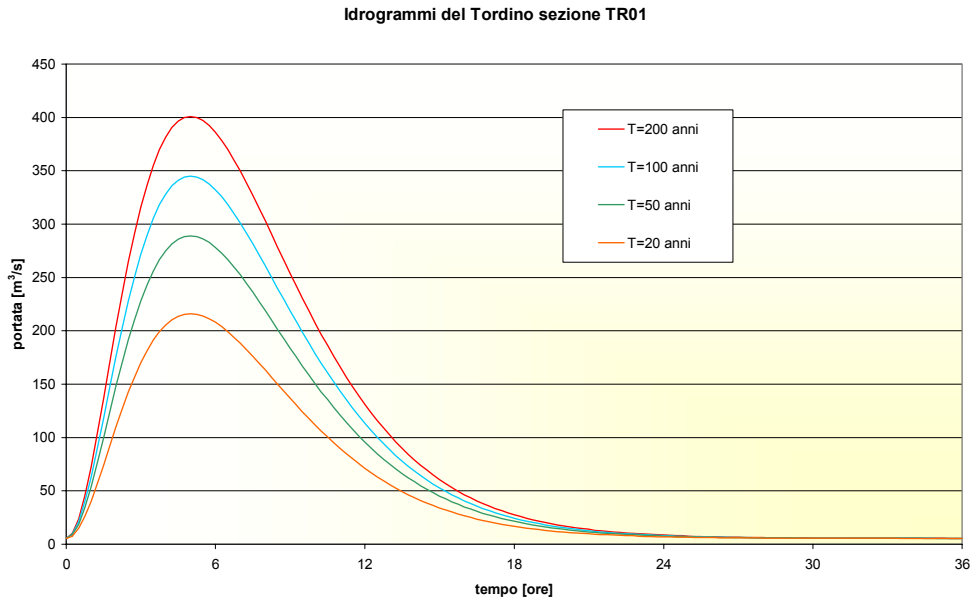


Figura 4.9 - Idrogramma di piena alla sezione TR01 del fiume Tordino per diversi tempi di ritorno.

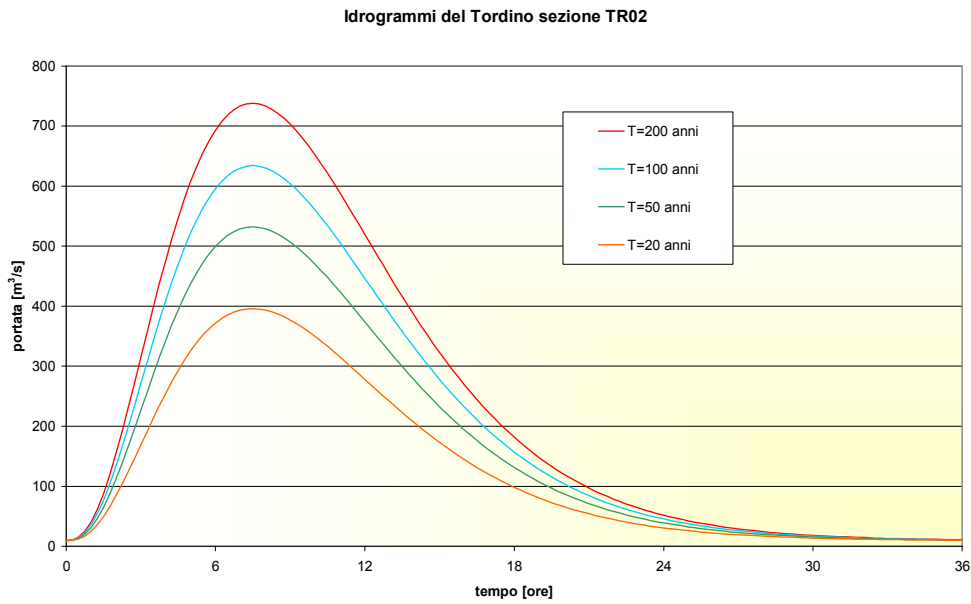


Figura 4.10 - Idrogramma di piena alla sezione TR02 del fiume Tordino per diversi tempi di ritorno.

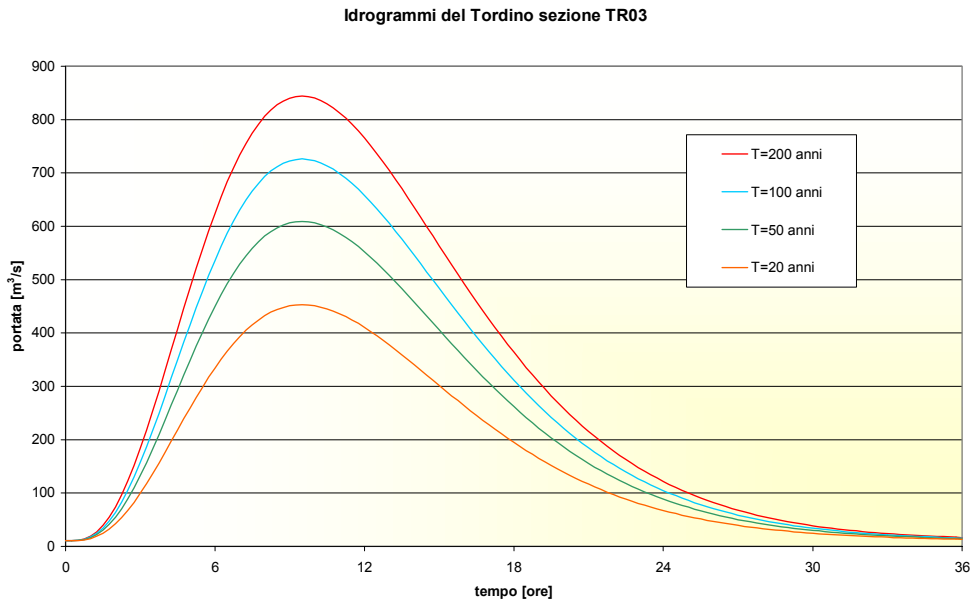


Figura 4.11 - Idrogramma di piena alla sezione TR03 del fiume Tordino per diversi tempi di ritorno.

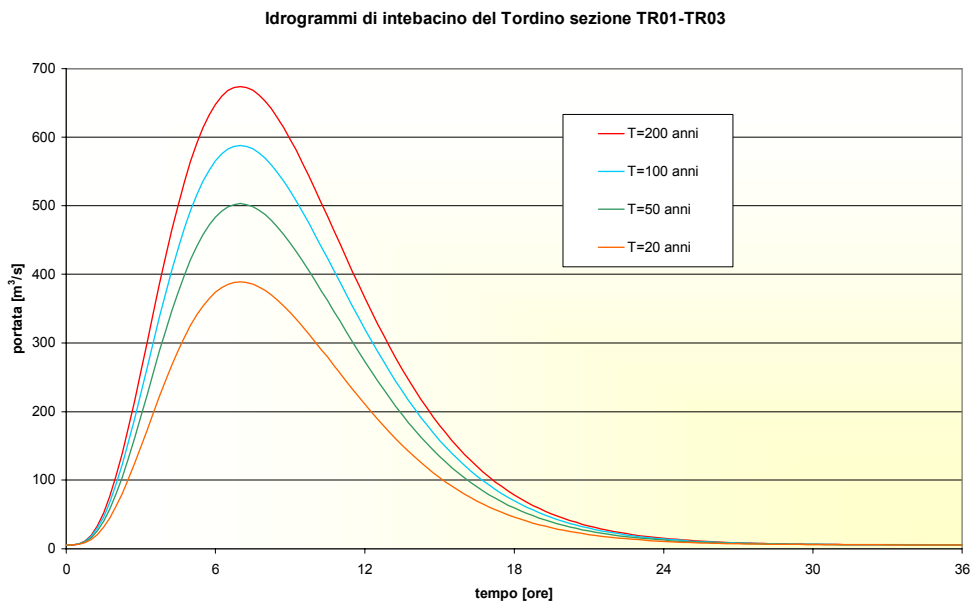


Figura 4.12 - Idrogramma di interbacino alla sezione TR01-TR03 per diversi tempi di ritorno.

A monte si assegna l'idrogramma di piena sotteso dalla sezione TR02. Altri contributi alla portata vengono ripartiti lungo l'asta fluviale per simulare la formazione dell'onda di piena.

A valle la condizione al contorno consiste nel rispetto di un livello idrometrico, quello del mare, che

si assume variabile tra 0.3÷0.6 m s.l.m.m.

4.4 Bacino del Vomano

Il fiume Vomano ha origine nella provincia dell'Aquila in prossimità del Passo delle Capannelle, sulle pendici nord occidentali del Monte San Franco, a circa 1200 m s.l.m.m. Scorre nella parte settentrionale dell'Abruzzo ed il suo percorso, di 68 km, è quasi completamente compreso nella provincia di Teramo ad esclusione di un brevissimo tratto iniziale nella Provincia dell'Aquila. Il bacino si estende per 785 km² e confina a sinistra con il bacino del Tordino. Nel tratto superiore il letto del Vomano è scavato entro un solco inciso nelle arenarie mioceniche intercalate a strati di argilla; in quello intermedio entro sponde calcaree e infine nell'ultimo tratto, fino alla foce, il letto si allarga su terreni alluvionali. Il fiume raccoglie il contributo di più di 30 corpi idrici grandi e piccoli, tra cui i più importanti sono il torrente Rocchetta, il rio Arno ed il fiume Mavone (in destra idrografica), il torrente Zingano (in sinistra idrografica). Raggiunge infine il mare Adriatico nei pressi di Roseto degli Abruzzi. Il naturale defluire delle acque è interrotto da tre bacini di captazione a scopo idroelettrico che permettono di trasferire consistenti volumi d'acqua, provocando sensibili variazioni anche giornaliere di flusso idrico che sono evidenti fino alla foce:

- la diga di Provvidenza (a 1060 m s.l.m.), che costituisce l'omonimo serbatoio la cui funzione è di ricevere le acque di scarico della centrale idroelettrica di Provvidenza, provenienti dal lago di Campotosto;
- la diga di Piaganini (a 397 m s.l.m.), il cui serbatoio ha la funzione di ricevere le acque di scarico della centrale idroelettrica di S. Giacomo;
- la traversa di derivazione in località Villa Vomano, la cui funzione è di fornire acqua per uso prevalentemente irriguo e marginalmente per uso idroelettrico.

Il serbatoio di testa, in provincia di L'Aquila è rappresentato dal lago artificiale di Campotosto (a quota 1300 m s.l.m.m.), con una capacità di 217 milioni di m³. Acque provenienti dai bacini imbriferi del Tordino e del Tronto raggiungono il lago di Campotosto mediante i due canali collettori di gronda (a quota 1350 m s.l.m.m.) sui versanti orientali ed occidentali dei monti della Laga. Altre acque provenienti dal bacino del fiume Tordino, mediante un canale collettore di gronda (quota 400 m s.l.m.m.), raggiungono il bacino del fiume Vomano a monte dell'abitato di Montorio (centrale di Venaquila). Il territorio in cui scorre il fiume Vomano è nel primo tratto a forte vocazione

zootecnica, mentre nella zona di Montorio diviene considerevole la presenza di nuclei abitativi, artigianali ed industriali. Nel Bacino del Vomano sono state reperite le schede tecniche relative alle attività straordinarie di pulizia idraulica svolte dal Servizio Tecnico del Territorio della Provincia di Teramo (ex Genio Civile) lungo il corso dell'omonimo fiume dalla foce fino alla sezione idrometrografica di Fano Adriano, poco a monte della confluenza con il Rio Arno e lungo il Mavone dalla confluenza con il Vomano fino in Comune di Isola Gran Sasso.

4.4.1 Fiume Vomano

Il fiume Vomano è stato studiato per una lunghezza complessiva di 50 km, dalla diga di Piaganini fino alla foce nei Comuni di Atri, Roseto degli Abruzzi e Pineto.

Gli idrogrammi calcolati sono indicati nella tabella che segue:

Tabella 4.IV - Idrogrammi calcolati

Fiume	Sezione	Descrizione
Vomano	VM01	Bacino sotteso alla diga di Piaganini
Vomano	MA02	Bacino dell'affluente Mavone, prima della sua confluenza sul Vomano
Vomano	VM01-MA02	Interbacino a valle di sez VM01 chiuso subito a monte della confluenza col Mavone
Vomano	VM03	Bacino sotteso 9 km a valle della stazione di Ponte Vomano
Vomano	VM04	Bacino sotteso a 5 km dalla foce
Vomano	VM03-VM04	Interbacino tra la confluenza col Mavone e sez. VM05

4.4.1.A Descrizione del problema idraulico

Si vuole realizzare un modello matematico per lo studio della propagazione di un'onda di piena nel corso d'acqua del Vomano ed, eventualmente, nel dominio bidimensionale connesso alla rete idrica.

Lo scopo è la determinazione delle insufficienze arginali e delle aree nelle quali è maggiormente probabile lo sviluppo di fenomeni di allagamento.

Si tratta di realizzare uno schema misto in grado di accoppiare la geometria delle sezioni del fiume, descrivente la rete idrica monodimensionale, con un dominio bidimensionale con cui si rappresenta il piano campagna.

Considerata l'estensione del tratto in studio, lo schema è stato suddiviso in due parti.

Lo schema monodimensionale di monte riguarda il tratto che si estende dai confini amministrativi del comune di Fano Adriano fino al comune di Penna S. Andrea.

In questo tratto si possono integrare le informazioni sulla geometria delle sezioni fornite dalla Regione Abruzzo (cfr. “Diga di Piaganini- Calcolo dell'onda di sommersione conseguente all'ipotetico collasso dell'opera di ritenuta ai sensi della circolare del Ministero dei Lavori Pubblici n. 352 del 4 dicembre 1987. Caratteristiche delle onde di piena a seguito di funzionamento degli organi di scarico della diga.”) con i rilievi piano - altimetrici.

Lo schema di monte ha una lunghezza di circa 25 km, ambito in cui il Vomano ha una pendenza media del 9.6‰.

Per i primi 6.5 km (dalla sezione VM01P07 alla sezione VM15P07, immediatamente a monte dell'abitato di Montorio Vomano), tuttavia, la pendenza è di 1.8‰.

Dalla sezione VM01P07 alla VM21P07, a valle della briglia di Montorio, il corso d'acqua risulta incassato, unicursale, per allargarsi, assumendo una configurazione più dispersa con fascia golenale, in corrispondenza della piana di Colvecchio.

Lo schema monodimensionale di valle comprende il tratto del fiume Vomano compreso fra il viadotto autostradale della A24 in località Val Vomano (comune di Penna Sant'Andrea) fino alla foce, fra i comuni di Roseto degli Abruzzi e Pineto, per una lunghezza di 27 km e una pendenza media di 5 ‰. La geometria dello schema monodimensionale di valle è stata ricavata da rilievi realizzati appositamente per il presente studio.

Lungo il corso d'acqua sono inseriti dei manufatti idraulici che alterano il profilo naturale della corrente: nel modello matematico si terrà opportunamente conto dell'ostruzione provocata da ponti e briglie.

All'interno del corso d'acqua si assume una scabrezza media (Gauckler – Strickler) di $33 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$ ($0.03 \text{ s}/\text{m}^{1/3}$ di Manning), mentre il dominio bidimensionale viene caratterizzato da una scabrezza media di $16 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$ ($0.06 \text{ s}/\text{m}^{1/3}$ di Manning).

In prima analisi si è realizzato uno schema monodimensionale con il modello matematico Hec – Ras a moto permanente. Il calcolo a moto permanente permette di sovrastimare, rispetto a un modello a moto vario, i livelli idrometrici all'interno del corso d'acqua, evidenziando le insufficienze

arginali della rete idrica.

Successivamente viene implementato uno schema misto con il modello matematico Sobek di WL|Delft Hydraulics: lo schema monodimensionale viene accoppiato con una griglia a celle quadrate, di lato 40 m, in cui ogni cella è caratterizzata da una quota e da un coefficiente di scabrezza propri.

La griglia bidimensionale è stata opportunamente elaborata, inserendo i rilevati arginali e le infrastrutture che interferiscono con la propagazione dell'onda di piena nel dominio bidimensionale.

4.4.1.A.1 Tavole della pericolosità

I risultati ottenuti dalle simulazioni sono stati rappresentati nelle tavole:

- Tavola 7.2.04.VM.01 in scala 1:10000;
- Tavola 7.2.04.VM.02 in scala 1:10000;
- Tavola 7.2.04.VM.03 in scala 1:10000;
- Tavola 7.2.04.VM.04 in scala 1:10000;
- Tavola 7.2.04.VM.05 in scala 1:10000;
- Tavola 7.2.04.VM.06 in scala 1:10000;
- Tavola 7.2.04.VM.07 in scala 1:10000.

4.4.1.B Condizioni al contorno utilizzate

Lo schema monodimensionale di monte prevede, come condizione di ingresso, l'assegnazione di un idrogramma di piena del bacino di chiusura (in corrispondenza della sezione VM01P07) contrassegnato dal codice VM01 (cfr. Figura 4.13).

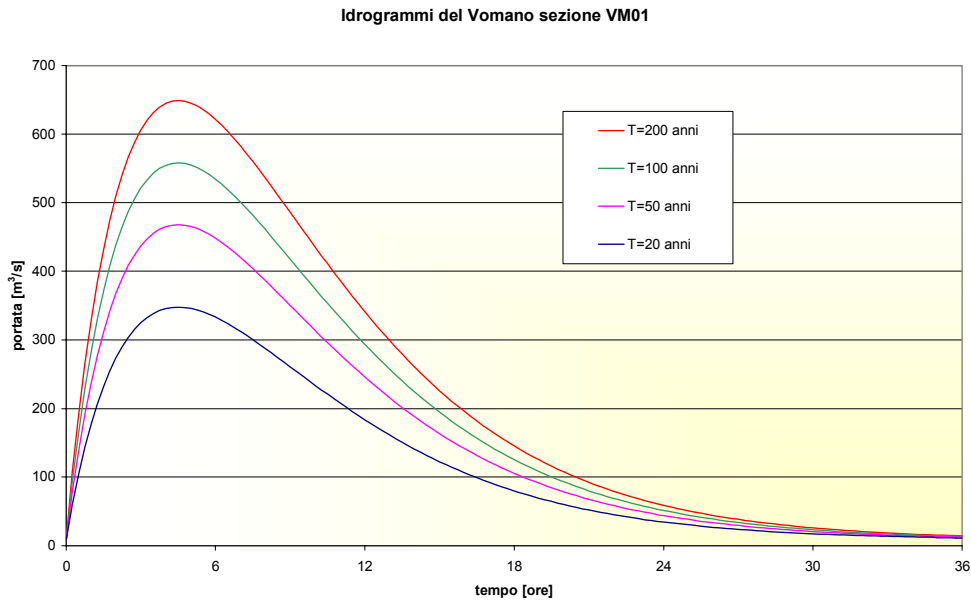


Figura 4.13 – Idrogramma di piena alla sezione VM01 del fiume Vomano per diversi tempi di ritorno.

Più a valle si inseriscono anche le portate del contributo fornito dal fiume Mavone (idrogramma del bacino di chiusura MA02, applicato poco a valle della sezione VM35AVP07) e dell'idrogramma di interbacino VM01-MA02 (nel modello viene applicato in corrispondenza alla sezione VM22P07) (cfr. Figura 4.14 e Figura 4.15).

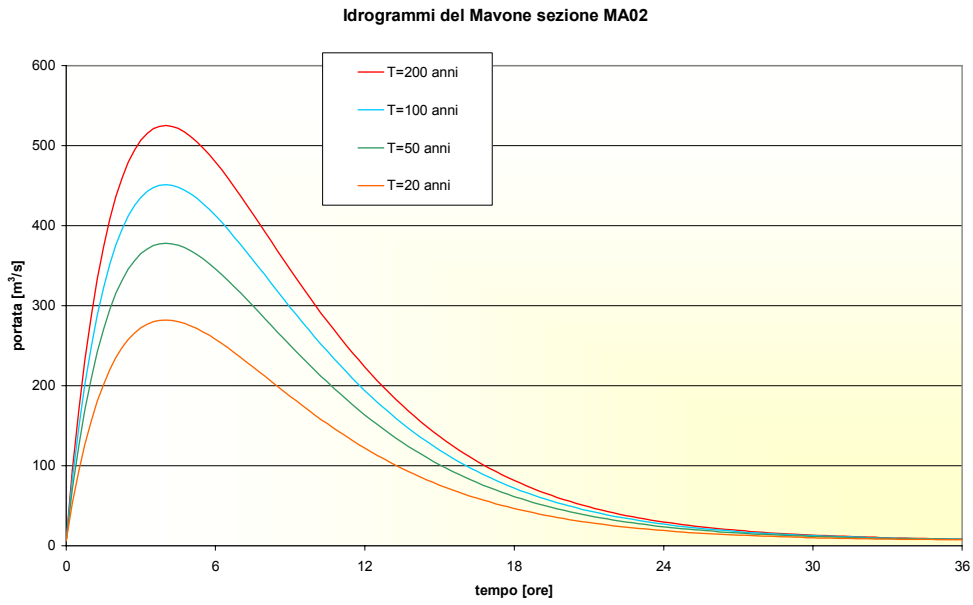


Figura 4.14 - Idrogramma di piena alla sezione MA02 del fiume Mavone per diversi tempi di ritorno.

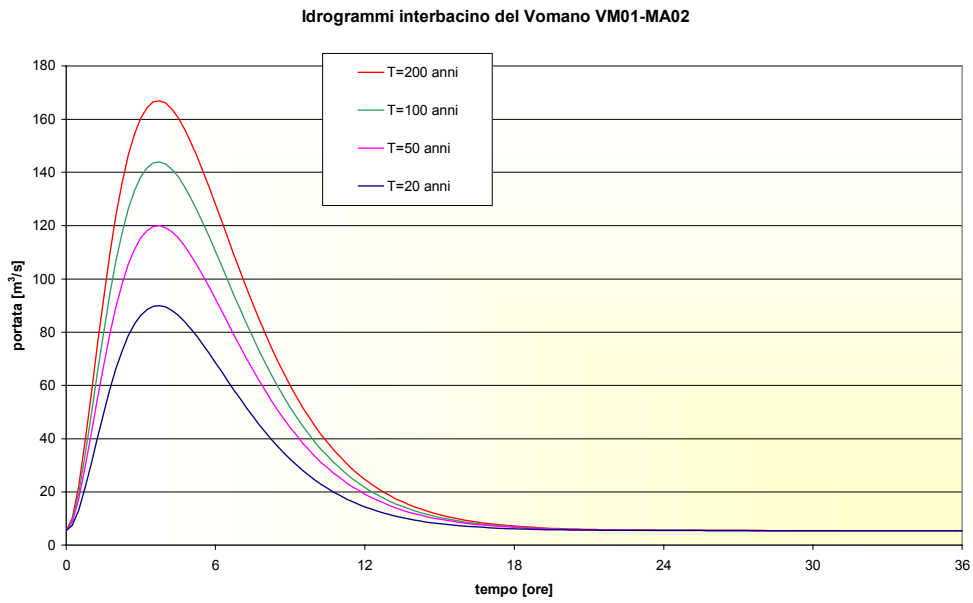


Figura 4.15 - Idrogramma di piena alla sezione VM01- MA02 del fiume Vomano per diversi tempi di ritorno.

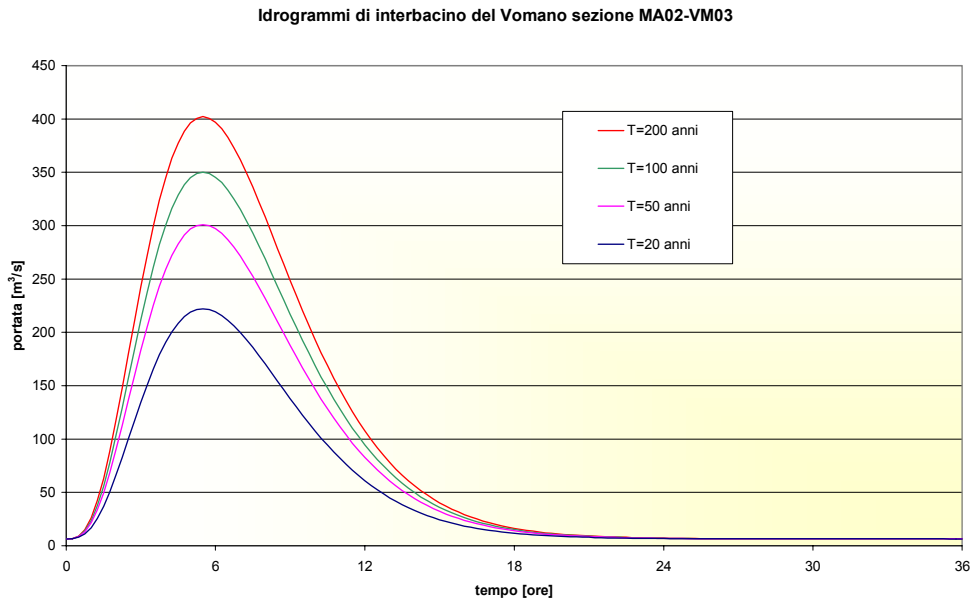


Figura 4.16 - Idrogramma di piena alla sezione MA02-VM03 del fiume Vomano per diversi tempi di ritorno.

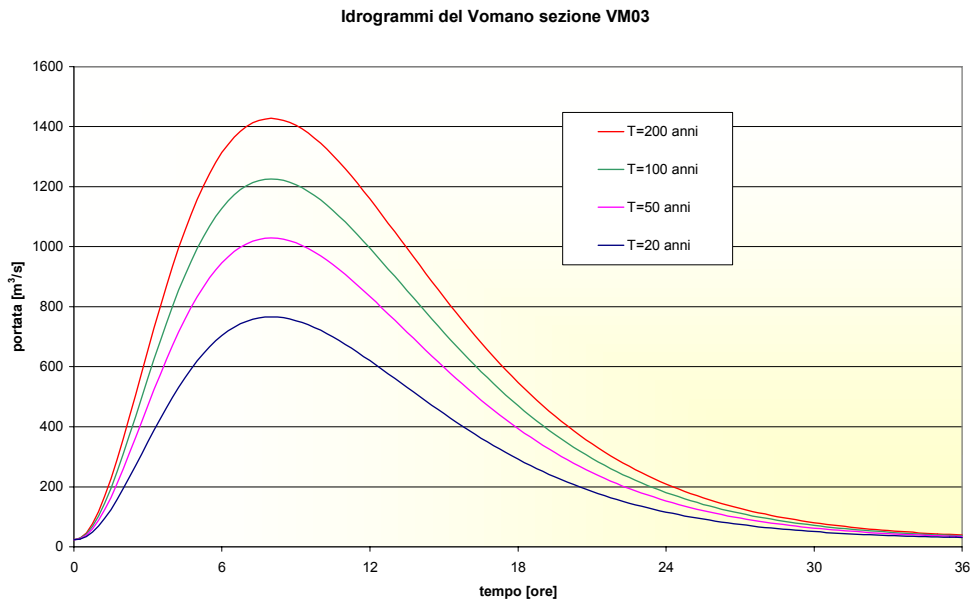


Figura 4.17 - Idrogramma di piena alla sezione VM03 del fiume Vomano per diversi tempi di ritorno.

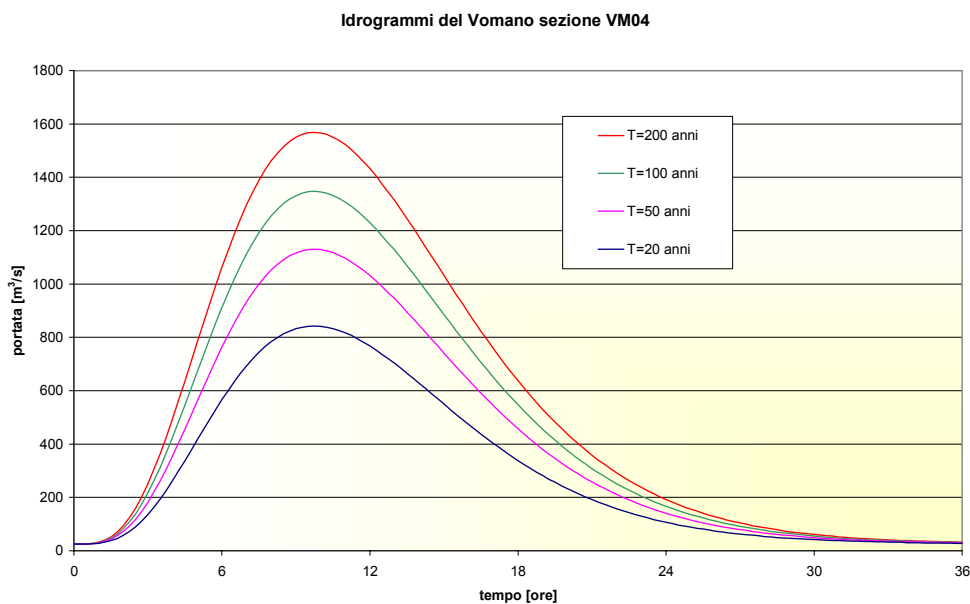


Figura 4.18 - Idrogramma di piena alla sezione VM04 del fiume Vomano per diversi tempi di ritorno.

Nello schema di valle la condizione di monte (sezione VM0010, sezione in corrispondenza del viadotto della A24, in località Val Vomano) corrisponde all'assegnazione di un idrogramma in ingresso, mentre lungo il corso d'acqua si ripartisce l'idrogramma di interbacino.

La condizione al contorno di valle del primo schema (sezione VM01P05) consiste nell'assegnazione di una curva delle portate ricavate dall'implementazione di un modello a moto permanente. Solitamente la condizione al contorno di valle consiste nell'assegnazione di un livello: se il fiume sfocia in mare il livello da assegnare si può assumere convenzionalmente pari 0.3 m s.l.m.m. (per il tempo di ritorno di 20 anni).

4.5 Bacino del Piomba

Il torrente Piomba nasce sul lato settentrionale del monte Giove, a 679 m s.l.m.m.: ha una lunghezza di 40 km e la superficie complessiva del suo bacino è di 106 km². Scorre per il 90% nella provincia di Teramo e per il 10% in provincia di Pescara; nel suo tratto terminale delimita le due province. Sfocia nel mare Adriatico tra gli abitati di Silvi Marina (TE) e Marina di Città Sant'Angelo (PE). È un torrente di piccole dimensioni che nel periodo di magra è in secca per la maggior parte del suo percorso. Scorre in un territorio a vocazione prevalentemente agricola e zootecnica e ciò compromette il già fragile equilibrio di questo corso idrico che è soggetto ad

eccessivi prelievi a fini irrigui e a sversamenti di reflui. Nel Bacino del Piomba sono state reperite le schede tecniche relative alle attività straordinarie di pulizia idraulica svolte dal Servizio Tecnico del Territorio della Provincia di Teramo (ex Genio Civile) lungo il corso dell' omonimo fiume dalla foce fino a 7 km a monte.

4.5.1 Torrente Piomba

Il torrente Piomba è stato studiato dal confine fra il comune di Elice e quello di Atri fino alla foce, per una lunghezza di quasi 19 km.

Gli idrogrammi calcolati sono indicati nella tabella che segue:

Tabella 4.V - Idrogrammi calcolati

<i>Fiume</i>	<i>Sezione</i>	<i>Descrizione</i>
Piomba	PI01	Bacino sotteso alla sez più a monte
Piomba	PI02	Bacino sotteso da una sezione intermedia in Comune di Città S. Angelo
Piomba	PI03	Bacino chiuso quasi alla foce
Piomba	PI01-PI03	Interbacino compreso tra la sez PI01 e la foce

4.5.1.A Descrizione del problema idraulico

La determinazione delle aree di pericolosità idraulica lungo il corso d'acqua Piomba viene conseguita mediante l'implementazione di un modello matematico a moto vario con schema misto mono - bidimensionale.

Lo schema monodimensionale rappresenta il corso d'acqua per una lunghezza di circa 18.3 km, dalla sezione PI07PO1 al confine tra Elice e Atri, fino alla foce (sezione PI0010) tra Città S. Angelo e Silvi.

Nel tratto di monte (dalla progressiva 0 km fino alla 2.5 km) la pendenza del talweg si stima intorno al 8.7‰, poi si addolcisce attestandosi attorno al 3.7‰.

La geometria delle sezioni è stata in parte ricavata da documenti forniti dalla Regione Abruzzo ("S.P. n. 78 di Valle Piomba: Riapertura sezioni di deflusso del torrente Piomba nel tratto compreso tra il ponte al km 7.300 e la briglia immediatamente a valle. Lavori vari sulla S.P. n. 78" e "Sistemazione idraulica. Legge Regionale 107/97 - Torrente Piomba, ripristino sezioni di deflusso ed abbassamento cavedio della briglia in località Piomba del Comune di Atri"), in parte fornita dai

rilievi piano – altimetrici eseguiti per l'approntamento del presente studio.

Il corso d'acqua assume una configurazione unicursale e abbastanza rettilinea fino alla sezione PI01fP01 (progressiva 4.3 km), accentuando il carattere di sinuosità procedendo verso valle. Dalla sezione PI0080 (progressiva 9.8 km) fino alla foce (PI0010) le sezioni trasversali mostrano la presenza di un rilevato arginale in destra, essendo generalmente il livello del terreno in sinistra più elevato.

Lo schema monodimensionale è stato connesso a una griglia bidimensionale a celle quadre di lato 40 m, con cui si rappresenta il piano campagna. Le quote delle celle sono state opportunamente corrette, inserendo quegli elementi che potrebbero offrire ostacolo alla propagazione dell'acqua nel piano in caso di esondazioni. Gli emendamenti delle quote delle celle sono stati imposti lì dove il dem originale non recava traccia della presenza di rilevati (strade, rilevati ferroviari, argini non inseriti nello schema monodimensionale).

Generalmente (salvo i casi in cui è possibile procedere ad una raffinata taratura del modello confrontando i risultati del modello con delle misurazioni storiche delle portate transitanti) il coefficiente di scabrezza di Gauckler – Strickler viene assunto pari a $25 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$ in alveo (corrispondente ad un Manning di $0.04 \text{ s}/\text{m}^{1/3}$) e di $16 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$ nel piano campagna (coefficiente di scabrezza di Manning pari a $0.06 \text{ s}/\text{m}^{1/3}$): questi valori sono ricavabili in letteratura (cfr. "Sistemazioni di corsi d'acqua", Da Deppo, Datei, Salandin).

Per le sezioni alla foce il coefficiente di scabrezza (di Gauckler – Strickler) viene aumentato: correzione opportuna per tener in considerazione gli intensi fenomeni di trasporto solido, che modificano sensibilmente la geometria della sezione in condizioni di piena.

4.5.1.A.1 Tavole della pericolosità

I risultati ottenuti dalle simulazioni sono stati rappresentati nelle tavole:

- Tavola 7.2.05.PI.01 in scala 1:10000;
- Tavola 7.2.05.PI.02 in scala 1:10000.

4.5.1.B Condizioni al contorno utilizzate

L'implementazione di un modello matematico idraulico prevede l'assegnazione di un idrogramma di

piena in entrata (a monte, in corrispondenza della sezione PI07P01, cui viene applicato l'idrogramma PI01, cfr. Figura 4.19) e di livelli a valle (convenzionalmente si assumono i seguenti livelli per tempi di ritorno di 20, 50, 100 e 200 anni: 0.3, 0.4, 0.5 e 0.6 m s.l.m.m.).

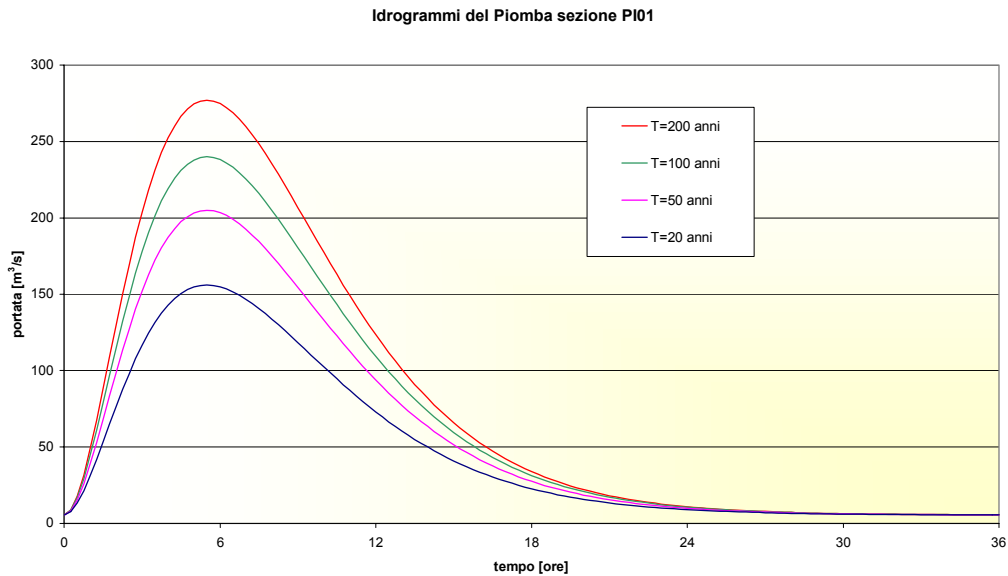


Figura 4.19 - Idrogramma di piena alla sezione PI01 del fiume Piomba per diversi tempi di ritorno.

Per tener conto della formazione della piena si è disposto di frazionare l'idrogramma di interbacino PI01-PI03 in più punti (l'idrogramma di interbacino PI01-PI03 viene riportato in Figura 4.20).

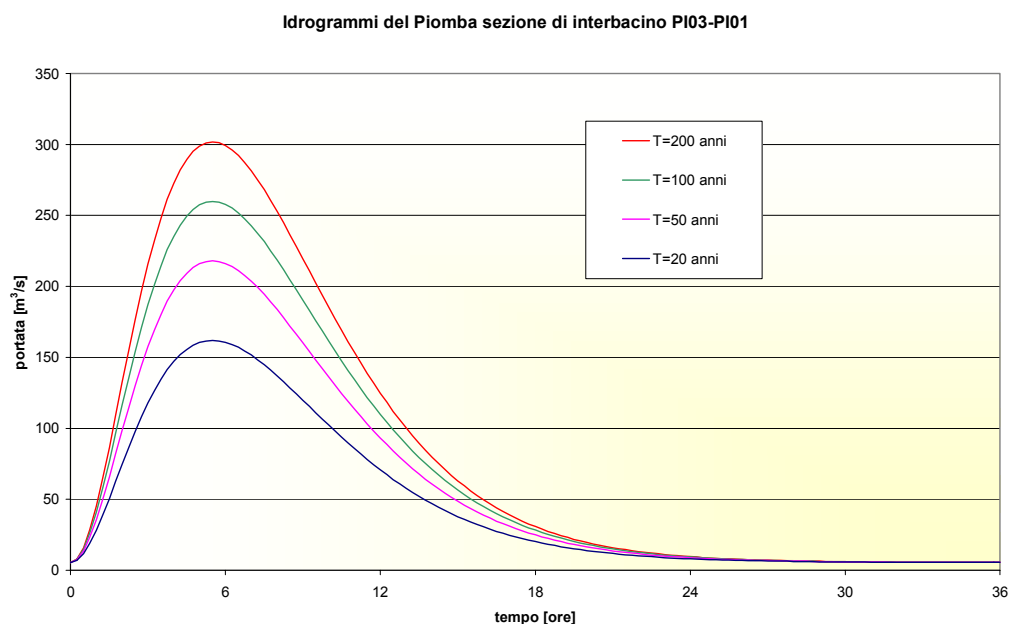


Figura 4.20 - Idrogramma di interbacino PI01-PI03 del fiume Piomba per diversi tempi di ritorno.

4.6 Bacino del Fino - Tavo - Saline

Il bacino viene individuato con i nomi dei tre fiumi che lo caratterizzano. La superficie totale del bacino è di circa 600 km², di cui circa 280 spettano al Fino, 300 al Tavo e circa 35 al Saline. Il territorio è compreso per il 70% circa in provincia di Pescara ed il rimanente 30% in provincia di Teramo. Il fiume Fino nasce dal versante orientale del monte Camicia, il quale rappresenta il rilievo che delimita a Sud la catena del Gran Sasso. La lunghezza del fiume fino alla confluenza con il Tavo è di 47 km. Il fiume Tavo sorge sul Monte Portella (1000 m s.l.m.m.) a Sud del monte Corno del Gran Sasso. La sua lunghezza fino alla confluenza con il Fino è di 61 km. I due fiumi riuniti formano il Saline, il cui percorso fino al mare ha una lunghezza di 7 km. La foce è situata tra i centri abitati di Marina di Città Sant'Angelo e Montesilvano. Il bacino è composto da una rete idrica superficiale piuttosto articolata, alimentata in parte da sorgenti perenni ed in parte dallo scioglimento dei nevai in quota, attraverso una rete di torrenti stagionali. Da un punto di vista geologico il bacino presenta due caratteri distinti: la zona montuosa, catena del Gran Sasso, formata da rocce calcaree permeabilissime e la zona collinare caratterizzata, invece, da rocce impermeabili di natura arenaria ed argillosa, che contribuisce a rendere le acque piuttosto dure e spesso opache e permette la presenza di un pH con valori nettamente superiori a 7. Lungo il fiume Fino sono state reperite le schede tecniche relative alle attività straordinarie di pulizia idraulica svolte dal Servizio

Tecnico del Territorio della Provincia di Teramo (ex Genio Civile) da poco a monte di Elice fino a 2 km a monte dell'abitato di Bisenti, a per un tratto di 17 km complessivi.

4.6.1 Nodo idraulico Fino-Tavo-Saline

Il nodo idraulico Fino - Tavo - Saline è stato suddiviso in due tratti: il primo comprende il fiume Fino dalla stazione storica di Bisenti fino a alla confluenza con il Tavo; il secondo include il Tavo dalla diga di Penne alla confluenza con il Fino ed il Saline dalla confluenza tra Fino e Tavo e la foce (intero percorso).

Gli idrogrammi relativi al nodo Fino - Tavo – Saline sono indicati nella tabella che segue:

Tabella 4.VI - Idrogrammi calcolati

Fiume	Sezione	Descrizione
Tavo	TA01	Bacino sotteso alla diga di Penne
Tavo	TA01-TA02	Interbacno a valle di sez TA01 fino a prima della confluenza con il Fino
Saline	SLO1	Bacino chiuso a valle della confluenza tra Fino e Tavo
Fino	FI01	Bacino sotteso alla stazione storica di Bisenti
Fino	FI01-FI02	Interbacno a valle di sez FI01 fino a prima della confluenza con il Tavo
Fino	FI02	Bacino chiuso a valle dell'immissione del Fino nel Saline

4.6.1.A Descrizione del problema idraulico

4.6.1.A.1 Fiumi Tavo e Saline

Anche per Tavo e Saline è stato realizzato uno studio della pericolosità idraulica, ricorrendo alla consueta costruzione di un modello matematico monodimensionale a moto permanente e al successivo approntamento di un modello matematico misto a moto vario.

La geometria per lo schema monodimensionale è stata ricavata dai seguenti documenti messi a disposizione dalla regione Abruzzo: “Indagine sulla propagazione dell'onda di piena a seguito di ipotetico collasso dello sbarramento di Penne sul fiume Tavo” e “Progetto esecutivo - Appalto concorso - Lavori di ripristino arginature in terra sul fiume Saline nel tratto compreso tra le località Congiunti e San Martino”. Per descrivere in modo esaustivo la geometria del corso d'acqua, si sono realizzati dei rilievi integrativi delle sezioni trasversali del fiume Saline.

Lo schema monodimensionale si estende per una lunghezza di quasi 30 km, dalla sezione TA01P05 a Penne (progressiva 0.0 km) alla sezione SL0010 (progressiva 29.8 km), dove il Saline sfocia nel mar Adriatico fra i comuni di Montesilvano e Città S. Angelo.

Alla progressiva 23 km, ai confini fra i comuni Collecervino, Città S. Angelo e Cappelle sul Tavo, il fiume Fino si congiunge al Tavo, che da quel punto assume la denominazione Saline (sezione SL01P04).

Nel lungo tratto di schematizzazione il Tavo ha una pendenza media di 9.2‰: nel Saline questa si riduce fino al valore di 2.5‰.

Il Fino non viene contemplato in questo schema e compare solo come apporto d'acqua, pensando di applicare l'idrogramma di piena dell'intero bacino di chiusura (FI02) immediatamente a monte della sezione SL01P04.

Lo schema monodimensionale si accoppia, in una seconda fase, con una griglia di celle quadrate di lato 40 m, con cui si procede alla schematizzazione del piano campagna. Per le celle si assume una scabrezza di $16 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$ di Gauckler-Strickler, contro un coefficiente di $33 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$ di Gauckler-Strickler ($0.03 \text{ s}/\text{m}^{1/3}$ di Manning) per l'asta del corso d'acqua.

La griglia bidimensionale è stata opportunamente modificata, inserendo le quote di rilevati infrastrutturali (dei quali il dem originale non recava traccia), che contribuiscono a contenere la propagazione dell'onda di piena nel piano.

La prassi consolidata nel presente studio prevede di applicare, in via preliminare, un modello monodimensionale a moto permanente (Hec-Ras). Nello schema monodimensionale di Hec-Ras sono stati inseriti anche ponti e briglie, opere idrauliche importate anche nello schema realizzato con Sobek.

4.6.1.A.2 Fiume Fino

Anche per il fiume Fino si è proceduto con gli strumenti consueti, realizzando dapprima uno studio preliminare con uno schema monodimensionale a moto permanente (Hec-Ras) e successivamente rendendo esplicita l'individuazione delle aree di pericolosità idraulica con l'applicazione di un modello a moto vario (Sobek di WL|Delft Hydraulics) a schema misto (mono-bidimensionale).

La geometria monodimensionale del fiume Fino è stata ricavata da recenti rilievi (anno 2003) realizzati appositamente per il confezionamento del presente studio.

Il corso d'acqua viene schematizzato per una lunghezza di quasi 40 km, dalla sezione FI0010 (poco a monte della stazione storica di Bisenti) fino alla sezione FI0360 (alla confluenza con il fiume Tavo). La pendenza media del Fino è del 6.5 ‰.

Il modello misto accoppia lo schema monodimensionale con una griglia di celle di lato 40 m. La scabrezza del dominio bidimensionale si assume pari a $16 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$ di Gauckler-Strickler (0.06 di Manning), mentre nel corso d'acqua si è convenuto di assumere un valore della scabrezza di $25 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$ di Gauckler-Strickler.

4.6.1.A.3 Tavole della pericolosità

I risultati ottenuti dalle simulazioni sono stati rappresentati nelle tavole:

- 7.2.06.FI.01 in scala 1:10000;
- 7.2.06.FI.02 in scala 1:10000;
- 7.2.06.FI.03 in scala 1:10000;
- 7.2.06.FI.04 in scala 1:10000;
- 7.2.06.SL.01 in scala 1:10000;
- 7.2.06.SL.02 in scala 1:10000;
- 7.2.06.TA.01 in scala 1:10000;
- 7.2.06.TA.02 in scala 1:10000;
- 7.2.06.TA.03 in scala 1:10000.

4.6.1.B Condizioni al contorno utilizzate

Lo studio dei fenomeni di pericolosità idraulica concernenti il sistema idraulico Tavo – Saline, viene esteso al tratto tra la diga di Penne e la foce del Saline. Il Fino viene inserito nello schema come afflusso laterale. A monte (diga di Penne) si impone la condizione dell'idrogramma di piena uscente dal bacino sotteso dalla sezione TA01 (cfr. Figura 4.21); a valle (foce Saline) si assegna il livello idrometrico del mare, variabile, a seconda del tempo di ritorno, da 0.6 a 0.3 m s.l.m.m.

Nel punto di immissione del Fino, il modello prevede l'inserimento puntuale di un afflusso di portata, pari all'idrogramma di piena dell'intero bacino del Fino stesso (sezione FI02: cfr. Figura 4.25).

A monte della confluenza fra Tavo e Saline, un altro afflusso puntuale simula il contributo di portata dell'interbacino compreso fra la sezione TA01 e la confluenza con il Fino (cfr. Figura 4.22).

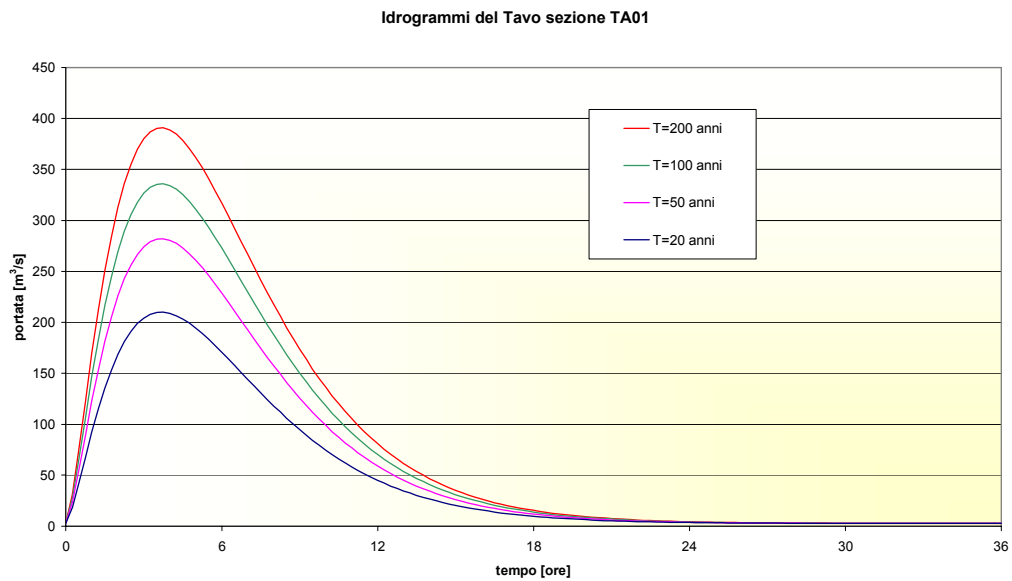


Figura 4.21 - Idrogramma di piena alla sezione TA01 del fiume Tavo per diversi tempi di ritorno.

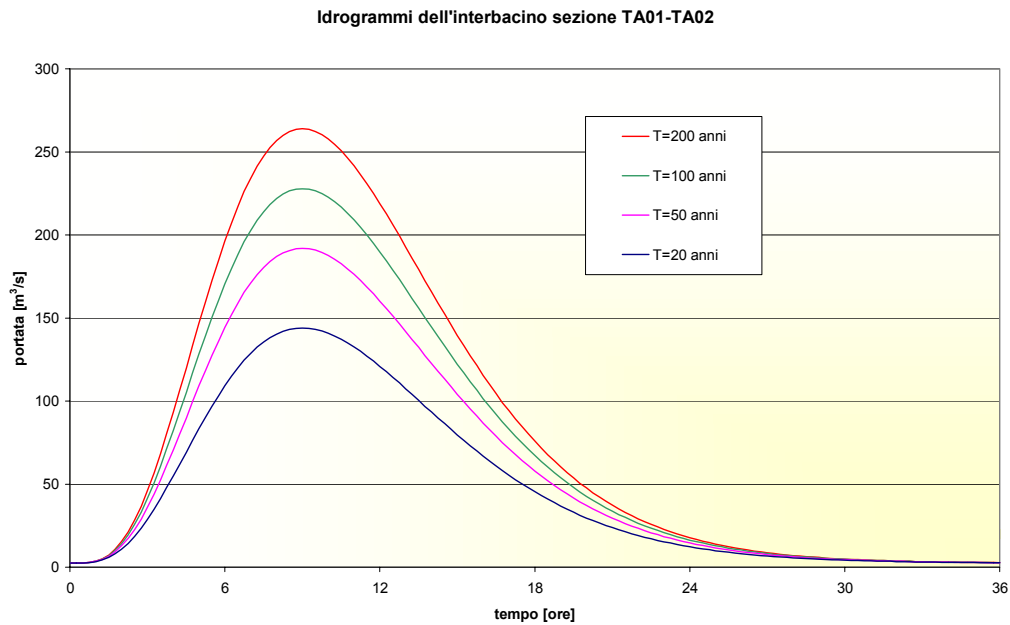


Figura 4.22 - Idrogramma di interbacino alla sezione TA01-TA02 del fiume Tavo per diversi tempi di ritorno.

Lo schema del Fino prevede l'assegnazione di un idrogramma in ingresso a monte (l'idrogramma FIO1) e di uno distribuito lungo il corso stesso (l'idrogramma di interbacino FIO1-FIO2).

A valle la condizione al contorno consiste nell'inserimento di una curva delle portate ricavata alla sezione di confluenza del Fino con il Tavo dello schema idraulico del Tavo-Saline.

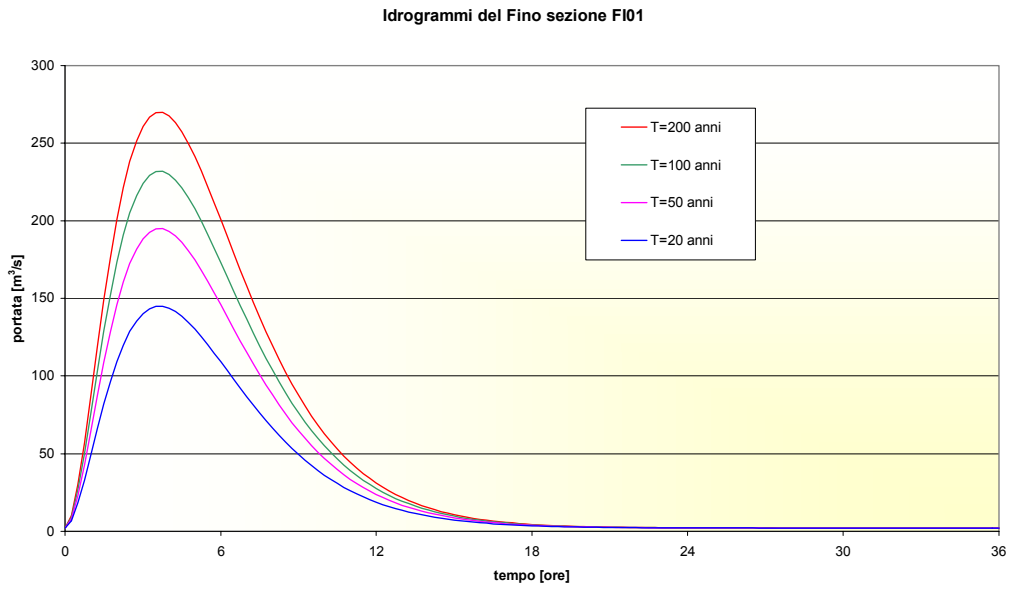


Figura 4.23 - Idrogramma di piena alla sezione FI01 del fiume Fino per diversi tempi di ritorno.

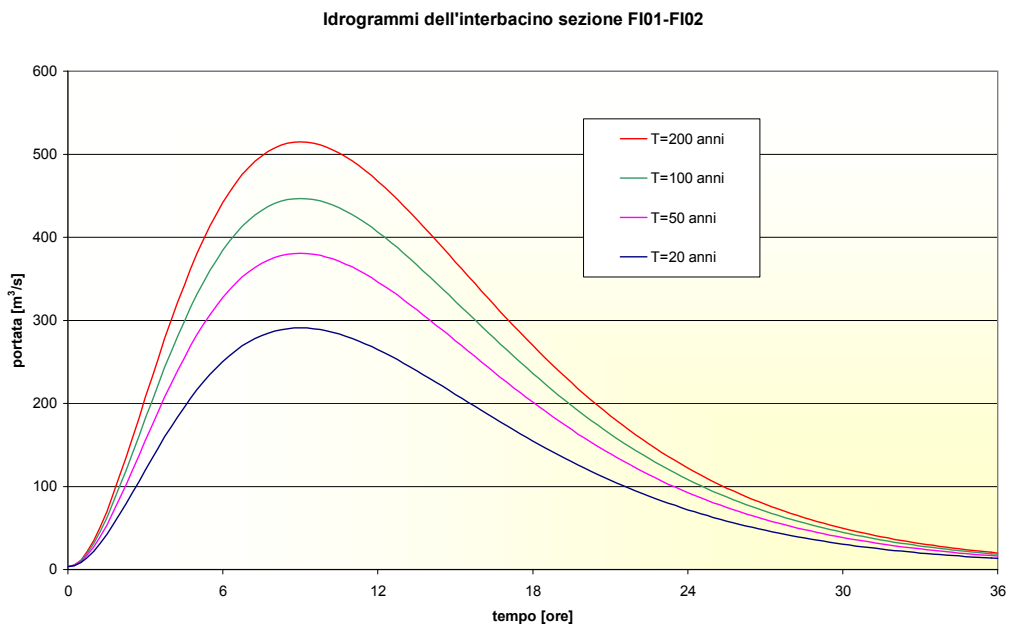


Figura 4.24 - Idrogramma di interbacino alla sezione FI01-FI02 del fiume Fino per diversi tempi di ritorno.

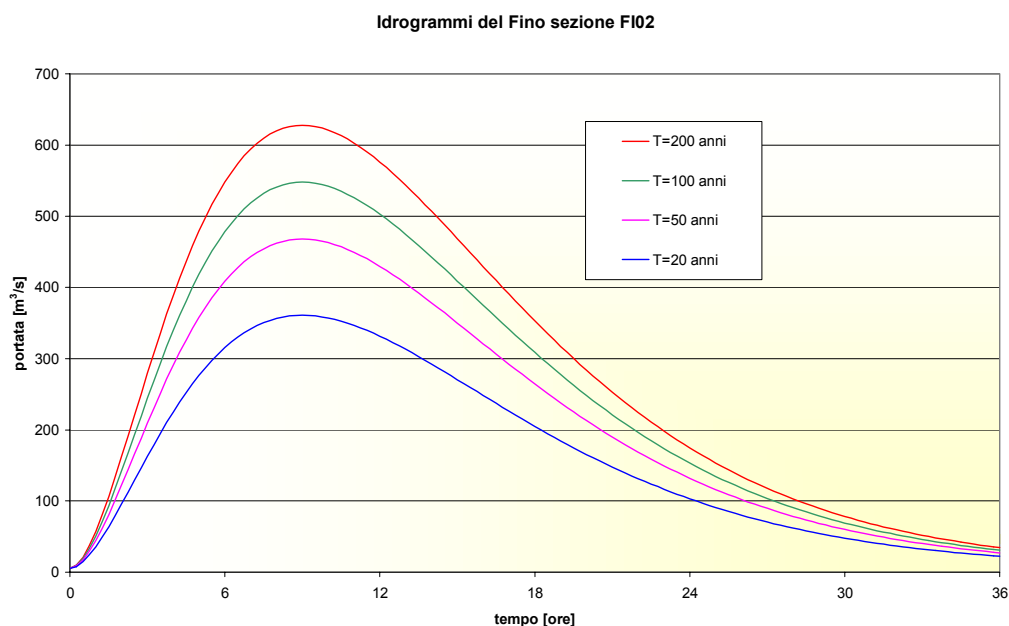


Figura 4.25 - Idrogramma di piena alla sezione FI02 del fiume Fino per diversi tempi di ritorno.

4.7 Bacino del Aterno-Raio

Il Bacino dell'Aterno – Raio – Sagittario - Pescara comprende il sistema fluviale più vasto del territorio abruzzese: esso si estende, infatti, per circa 4000 km², ricadendo in gran parte nelle province dell'Aquila e di Pescara e, in minor misura, in quella di Chieti. Al suo interno sono compresi i territori di più di 100 comuni tra i quali il capoluogo regionale e le città di Sulmona e Pescara. La forma del bacino è nel complesso triangolare, con il lato maggiore allungato in senso NO-SE all'interno della catena appenninica, parallelamente alle direttrici principali del rilievo.

Nel tratto esaminato nel presente elaborato, l'asta principale del reticolo, il fiume Aterno, corre con andamento circa rettilineo verso sud-est, fino alla piana di Sulmona dove, con una brusca deviazione, prende una direzione complessiva SO-NE. A monte dell'abitato di Popoli, il fiume riceve da destra le acque del Sagittario e, dopo aver arricchito ulteriormente la sua portata con il contributo delle sorgenti omonime, si dirige verso l'Adriatico assumendo la denominazione di Pescara. Il bacino sotteso dall'Aterno chiuso nella sezione posta più a valle del tratto esaminato ha un'estensione di circa 2000 km².

Dal punto di vista idrologico, come descritto nell'Elaborato 6.1 del presente lavoro, il bacino

dell'Aterno - Sagittario è caratterizzato da terreni molto permeabili che assorbono la pioggia in notevole misura. Inoltre, esso è circondato da gruppi montuosi dell'Appennino che arrestano in gran parte le perturbazioni provenienti dai versanti Tirrenico ed Adriatico dando luogo ad una sensibile riduzione delle precipitazioni.

Le circostanze accennate giustificano ampiamente la scarsa rilevanza delle portate di piena del sistema Aterno – Sagittario, per il quale la Sezione di Pescara del S.I.M.N.¹ ha stimato rispettivamente per il Pescara a Maraone e per il Sagittario a Capo Canale, un contributo unitario di massima piena di 0.06 e 0.11 m³/s km². Tali valori sono di un ordine di grandezza inferiori a quelli relativi agli altri fiumi presenti nelle zone limitrofe.

4.7.1 Fiumi Aterno e Raio

I fiumi Aterno e Raio sono indagati, nel presente studio, come nodo idraulico indipendente. L'analisi dell'Aterno si estende dalla sezione AT0010, a Sant'Eusanio di Barete, fino alla sezione AT0480, nel comune di Fagnano Alto, per una lunghezza complessiva di 45.7 km. Alla progressiva 19.3 km il fiume Aterno riceve, in destra, le acque del fiume Raio. Questo scorre integralmente nel comune di L'Aquila, qui rappresentato per un'estensione di 6.5 km. Complessivamente la superficie del bacino del Raio è di 227 km², mentre il bacino di chiusura dell'Aterno, alla sezione AT01 e alla confluenza con il Raio, misura rispettivamente 168.5 e 298.5 km². Immediatamente a valle della confluenza fra Aterno e Raio, pertanto, il bacino sviluppa una superficie di 525.5 km².

Gli idrogrammi calcolati sono indicati nella tabella che segue:

Tabella 4.VII - Idrogrammi calcolati

Fiume	Sezione	Descrizione
Aterno	AT01	Bacino chiuso a Barete,
Aterno	AT01-RA01	Interbacino compreso tra la sez. AT01 e l'immissione del fiume Raio nell'Aterno
Aterno	RA01-AT02	Interbacino compreso tra la sez. RA01 (immissione del fiume Raio nell'Aterno) e la sez. AT02
Raio	RA01	Bacino chiuso nella località di Peschio (comune di L'Aquila)

¹ Servizio Idrografico e Mareografico Nazionale

4.7.1.A Descrizione del problema idraulico

Lo studio dei fiumi Aterno e Raio viene condotto, al solito, mediante l'applicazione di un modello matematico in grado di simulare la propagazione bidimensionale di un'onda lunga in acque basse.

Il modello Sobek di WL|Delft Hydraulics permette l'accoppiamento di uno schema monodimensionale, costruito attingendo alla descrizione della geometria delle sezioni trasversali, con una griglia di celle quadrate di lato 40 m rappresentante il piano campagna. E' stato possibile approntare lo schema monodimensionale di entrambi i fiumi, utilizzando dei recenti rilievi realizzati per la presente indagine.

Lo studio della pericolosità idraulica del nodo Aterno-Raio, sia al fine di ridurre le difficoltà e i tempi di calcolo, sia per l'estensione del dominio indagato, sia per valutazioni più complesse riguardanti il regime idrologico dei fiumi, verrà suddiviso in più parti.

Una peculiarità rilevante di questo sistema idraulico, che incide in modo preponderante nella valutazione delle portate idrologiche, è l'estrema permeabilità dei bacini. Questa considerazione, già illustrata precedentemente, giustifica la riduzione del regime idrologico delle portate dal sistema idraulico Aterno-Raio al nodo idraulico Aterno-Sagittario.

Dal punto di vista idraulico poi, come giustamente si osserva negli annali idrologici e nelle indagini precedenti al presente studio riguardanti gli eventi di carattere eccezionale, le portate che si registrano a Molina hanno colmi sensibilmente inferiori a quelli attesi. Negli annali idrologici si dà risalto al fatto che l'elevazione di arginature a monte produce a valle dei colmi superiori ("[...] a Molina la portata al colmo è stata alta a causa soprattutto delle nuove arginature costruite a monte della stazione, che hanno impedito il dilagare delle acque nelle campagne, come avveniva anteriormente", annali idrologici, 1937). Giova alla comprensione di quanto ora affermato individuare sommariamente la capacità di deflusso dell'alveo: a monte della confluenza con il fiume Raio essa può essere stimata intorno a 60 m³/s, aumentando alla confluenza con il Raio e portandosi fino a 150÷200 m³/s nel tratto in cui l'Aterno attraversa L'Aquila. A valle dell'Aquila la capacità di deflusso si attesta attorno a valori di 150 m³/s.

Le valutazioni ora esposte si tradurranno in una più articolata assegnazione delle condizioni al contorno, tenendo presente tutti fattori ora esposti.

4.7.1.A.1 Tavole della pericolosità

I risultati ottenuti dalle simulazioni sono stati rappresentati nelle tavole:

- Tavola 7.2.07.AT.03 in scala 1:10000;
- Tavola 7.2.07.AT.04 in scala 1:10000;
- Tavola 7.2.07.AT.05 in scala 1:10000;
- Tavola 7.2.07.AT.06 in scala 1:10000;
- Tavola 7.2.07.AT.07 in scala 1:10000;
- Tavola 7.2.07.AT.08 in scala 1:10000;
- Tavola 7.2.07.AT.09 in scala 1:10000.

4.7.1.B Condizioni al contorno utilizzate

L'assegnazione delle condizioni al contorno non può essere disgiunta dalle considerazioni esposte nel paragrafo dedicato alla descrizione del problema idraulico.

Lo schema viene suddiviso in due parti: quella di monte comprende Aterno e Raio fino alla loro confluenza; lo schema di valle si estende dalla confluenza fino alla località Campana nel comune di Fagnano Alto.

L'ampiezza del dominio di studio porta ineluttabilmente a introdurre una valutazione sulla corretta assegnazione delle condizioni al contorno, soprattutto a valle della confluenza.

Essendo i bacini molto estesi, è molto improbabile che un evento eccezionale si riproduca contemporaneamente nell'intero dominio di simulazione: maggiore è la superficie considerata, minore è la probabilità che la precipitazione sia egualmente intensa su tutto il bacino.

Per questa ragione, nello schema di valle, si suppone che gli idrogrammi del bacino di chiusura RA01, AT01 e l'interbacino AT01-RA01 non si sommino per ogni tempo di ritorno: si ritiene più corretto assegnare una peso preponderante all'idrogramma del Raio, combinandolo con contributi di idrogrammi di minor intensità. Per esempio la simulazione dell'evento di piena con tempo di ritorno di 200 anni dello schema di valle, prevede l'assegnazione dell'idrogramma RA01 con lo stesso tempo di ritorno, l'idrogramma AT01 corrispondente ad un tempo di ritorno di 20 anni, sommandoli

ad altri contributi di interbacino con tempo di ritorno di 20 anni. In pratica si suppone sia il bacino del Raio a contribuire prevalentemente alla formazione dell'onda di piena che si propaga a valle.

A valle, in entrambi gli schemi, la condizione al contorno consiste nell'assegnazione di una scala delle portate ricavata da uno schema monodimensionale a moto permanente.

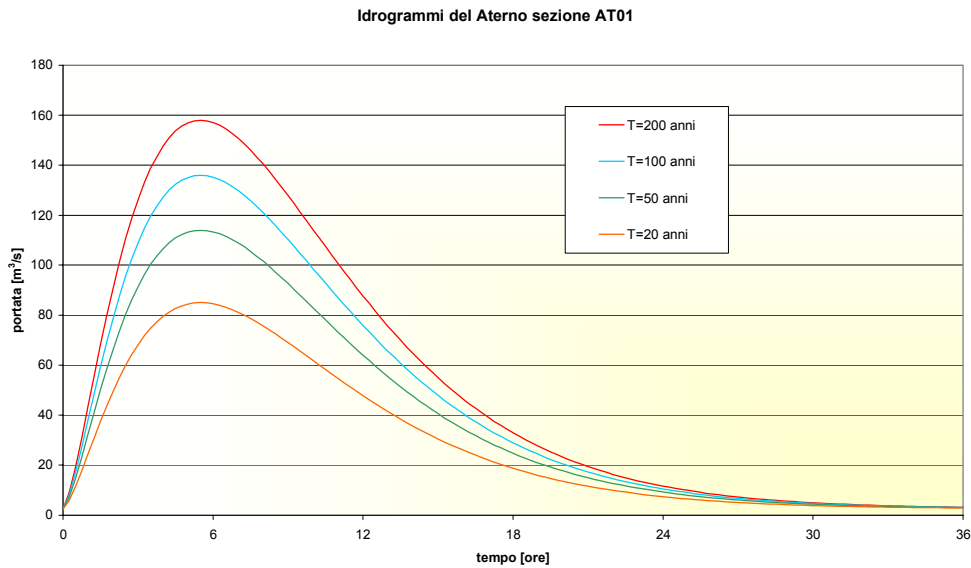


Figura 4.26 - Idrogramma di piena alla sezione AT01 del fiume Aterno per diversi tempi di ritorno.

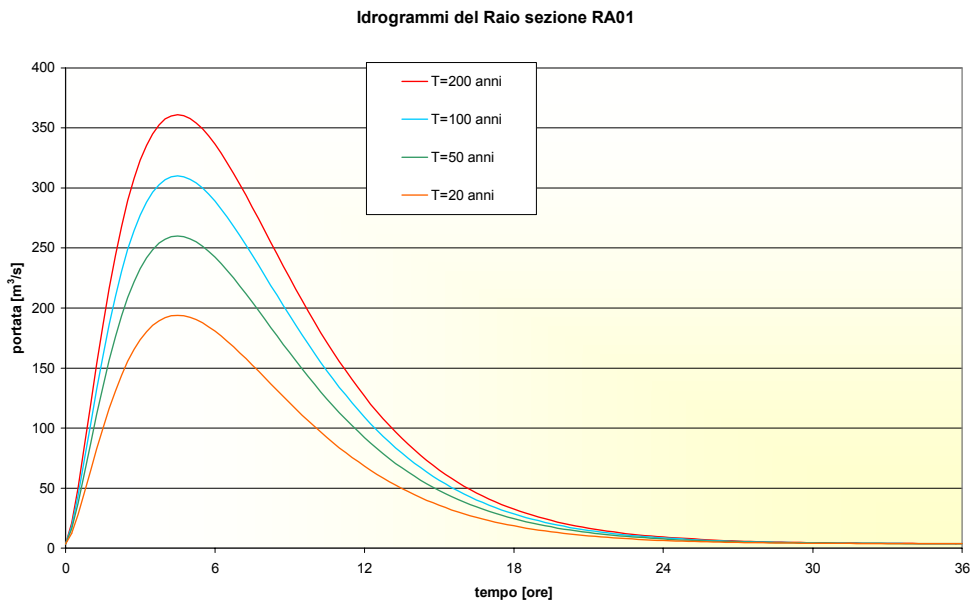


Figura 4.27 - Idrogramma di piena alla sezione RA01 del fiume Raio per diversi tempi di ritorno.

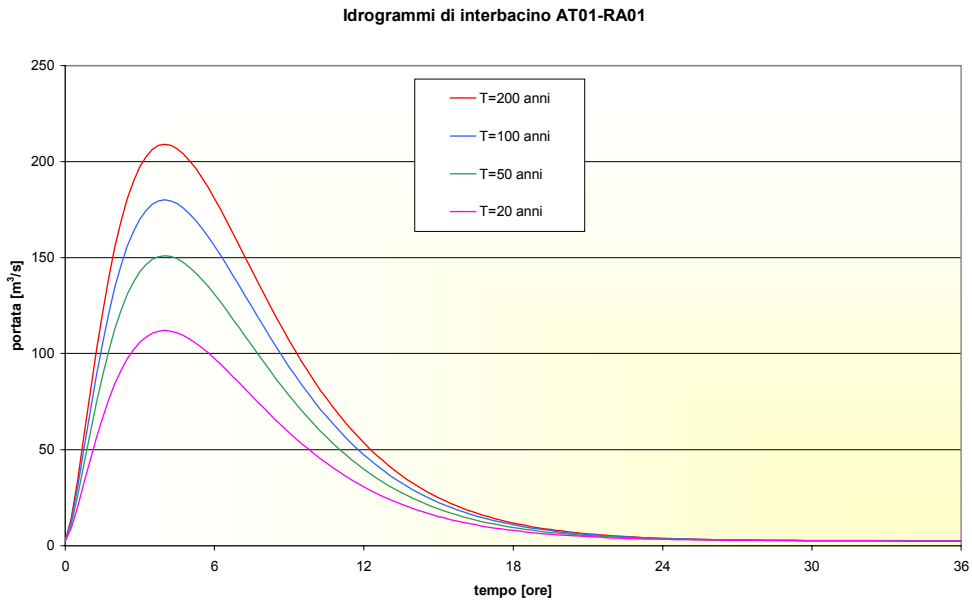


Figura 4.28 – Idrogramma di interbacino del fiume Aterno AT01-RA01 per diversi tempi di ritorno.

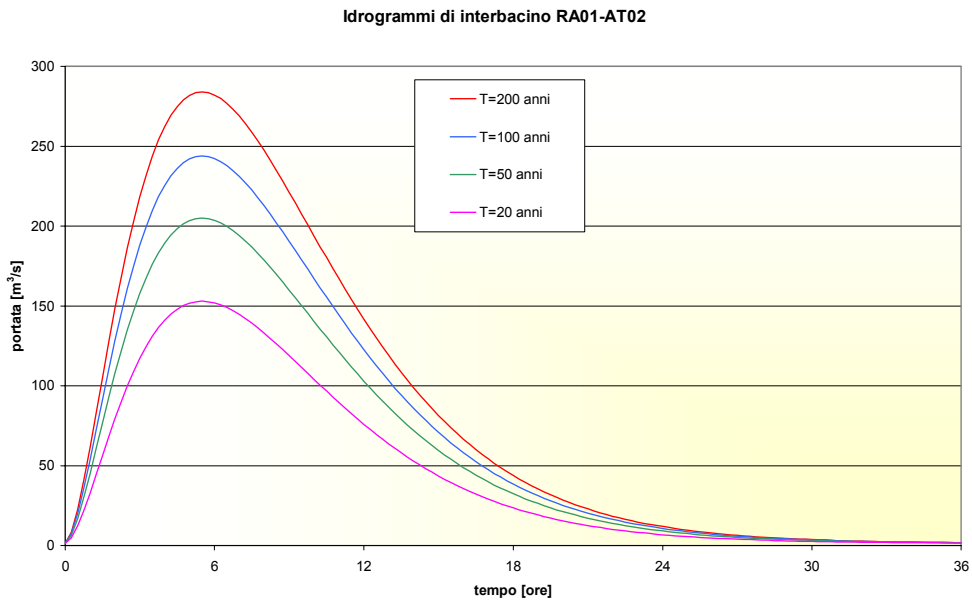


Figura 4.29 - Idrogramma di interbacino del fiume Aterno RA01-AT02 per diversi tempi di ritorno.

4.8 Bacino dell'Aterno - Sagittario

Il Fiume Pescara è il più importante fiume non solo della Provincia di Pescara, ma anche di tutta la

Regione Abruzzo. È caratterizzato dalla regolarità dell'abbondante regime che registra una portata media di 53 m³/sec e da un'ampiezza del bacino idrografico che supera i 3000 km². Il territorio è compreso per il 75% in provincia de L'Aquila, il 23.5% in provincia di Pescara e l'1.5% in provincia di Chieti. La superficie coltivata misura 1700 km² e rappresenta il 54% della superficie totale. L'alto bacino dell'Aterno è costituito da rocce impermeabili composte di arenarie intercalate da argille. Successivamente predominano formazioni calcaree compatte e permeabilissime, alternate con piccole formazioni di natura calcarea marnosa e da calcari semicristallini poco permeabili. Nel basso bacino del Pescara, dalle ultime catene di monti fino al mare, sono presenti formazioni compatte di argille ed arenarie. L'Aterno-Pescara è uno dei principali fiumi che sfociano nell'Adriatico centro-meridionale. Esso, dalle origini fino alla confluenza con le sorgenti del Pescara (Popoli), si chiama Aterno. Da questo punto, fino alla foce, prende il nome di Pescara. Il fiume ha origine tra i monti Santa Maria e Capo Cancelli, nel fosso detto "Sorgenti dell'Aterno" ad una altitudine di 1100 m s.l.m.m. La lunghezza totale dalle sorgenti dell'Aterno fino al mare è di 145 km. La foce è situata nel centro abitato della città di Pescara. Gli affluenti principali, dalle sorgenti fino al mare, sono il torrente Raio, il fiume Sagittario, il fiume Tirino, il fiume Orta, il fiume Cigno e il fiume Nora.

4.8.1 Nodo idraulico Aterno-Sagittario-Pescara

Il nodo idraulico Aterno-Sagittario-Pescara è stato studiato nel tratto di Aterno che va da Roiano fino alla confluenza con il Pescara, nel tratto del Pescara che va dalle sorgenti alla sezione storica di Maraone ed il Sagittario dalla confluenza con il Gizio Vella fino alla confluenza con L'Aterno

Gli idrogrammi calcolati sono indicati nella tabella che segue:

Tabella 4.VIII - Idrogrammi calcolati

<i>Fiume</i>	<i>Sezione</i>	<i>Descrizione</i>
Aterno	AT03	Bacino sotteso a 6 km a valle della sezione storica di Molina
Sagittario	ST01	Bacino chiuso a valle della confluenza con il Gizio Vella
Pescara	AT03-ST01-PE	Interbacino compreso tra le sezioni AT03, ST01 e la sezione storica di Maraone

4.8.1.A Descrizione del problema idraulico

La perimetrazione delle aree di pericolosità idraulica viene perseguita, anche per il nodo Aterno – Sagittario – Pescara, attraverso la realizzazione di un modello matematico a moto vario con

schema misto, realizzato con lo schema di calcolo Sobek di WL|Delft Hydraulics.

Lo schema monodimensionale viene accoppiato con una griglia di celle di dimensione 40x40 m², assegnando a ogni cella la quota altimetrica corrispondente al piano campagna.

Si assume un coefficiente di scabrezza standard, sia per la griglia bidimensionale, sia per il corso d'acqua. Per la prima il coefficiente di Gauckler - Strickler vale 16 m^{1/3}/s (0.06 s/m^{1/3} di Manning), per il secondo viene assunto pari a 33 m^{1/3}/s (0.03 s/m^{1/3} di Manning).

Lo schema monodimensionale di Sobek è stato realizzato con la geometria delle sezioni ricavate dagli studi "Progetto di completamento sistemazione idraulica fiume Sagittario" e "Intervento per la riduzione del rischio idraulico lungo il fiume Pescara (Comune di Popoli)": ulteriori sezioni sono state aggiunte allo schema, attingendo dati dalla campagna rilievi commissionata per la stesura del presente studio.

Complessivamente, dalla sezione di monte dell'Aterno (sezione AT0490) fino alla sezione di valle (sezione AT0680), il tratto schematizzato di Aterno – Pescara è lungo 11.3 km, mentre il Sagittario dalla sezione ST000P11 fino alla ST120P11 di valle raggiunge una lunghezza di 7.7 km.

Fino alla confluenza con il Sagittario, l'Aterno possiede una pendenza del 2.6‰, mitigandosi leggermente nel tratto di valle fino al valore di 2.4‰. La pendenza del Sagittario è sensibilmente superiore in tutto il tratto simulato, anche se variabile dal valore di 6.1‰ a monte, fino a 3.4‰ alla confluenza con l'Aterno. Nel tratto intermedio il profilo del Sagittario mostra un andamento convesso: nel tratto di valle il corso d'acqua è stato oggetto di interventi di risezionamento e scavo, mentre dalla sezione ST030P11 fino alla ST199P99 è evidente l'accumulo di materiale di trasporto solido che riduce la pendenza del fondo a 4.2‰.

Alla progressiva 5.3 km dell'Aterno, a valle della sezione AT0570, il Sagittario si immette nell'Aterno stesso: il tratto di valle dell'Aterno – Pescara si estende, pertanto, per 6.1 km.

4.8.1.A.1 Tavole della pericolosità

I risultati ottenuti dalle simulazioni sono stati rappresentati nelle tavole:

- Tavola 7.2.07.AT.01 in scala 1:10000;
- Tavola 7.2.07.AT.02 in scala 1:10000;

- Tavola 7.2.07.ST.01 in scala 1:10000.

4.8.1.B Condizioni al contorno utilizzate

Le condizioni al contorno di monte consistono nell'assegnazione di un idrogramma di piena: a monte del Sagittario viene assegnato l'idrogramma ST01 (immediatamente a monte della sezione ST000P11); all'Aterno si applica l'idrogramma AT03 (in corrispondenza alla sezione AT0490).

A valle la condizione al contorno corrisponde all'assegnazione di una curva delle portate ricavata dall'applicazione di uno schema monodimensionale a moto permanente.

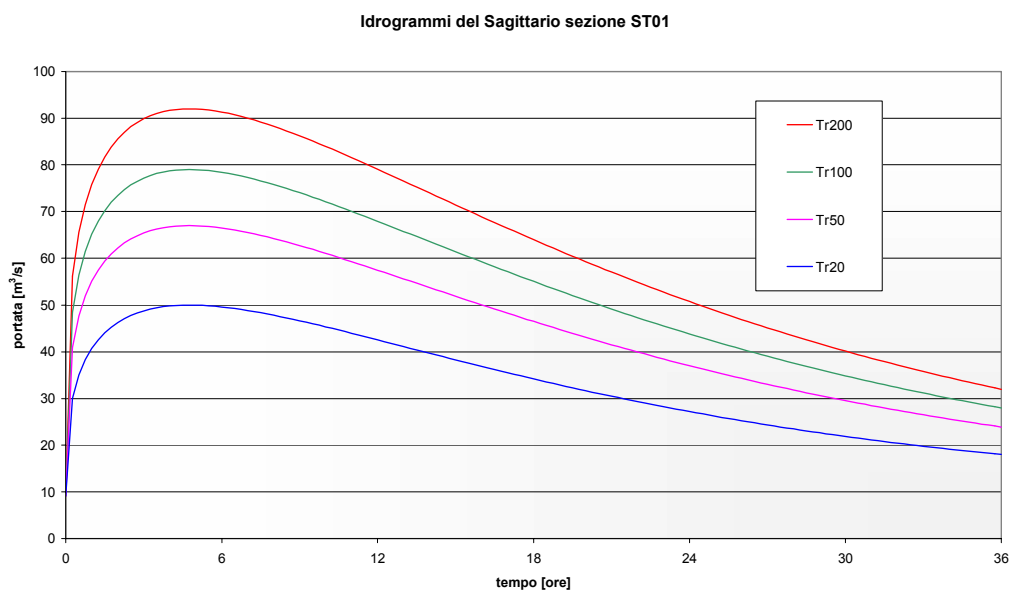


Figura 4.30 - Idrogramma di piena alla sezione ST01 del fiume Sagittario per diversi tempi di ritorno.

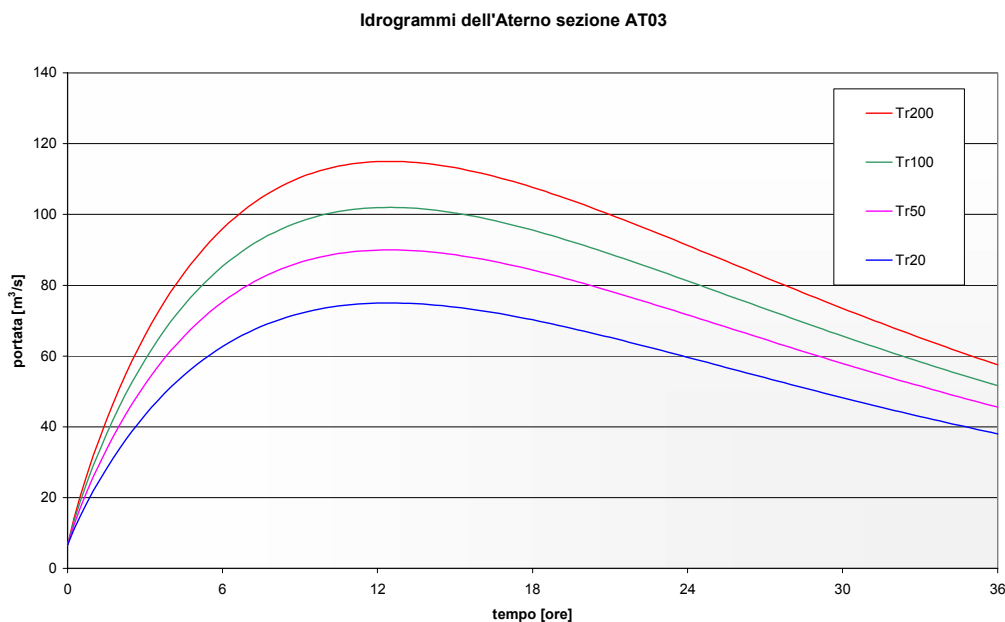


Figura 4.31 – Idrogramma di piena alla sezione AT03 del fiume Aterno per diversi tempi di ritorno.

4.9 Bacino del Pescara

Il Fiume Pescara è il più importante fiume non solo della Provincia di Pescara, ma anche di tutta la Regione Abruzzo. È caratterizzato dalla regolarità dell'abbondante regime che registra una portata media di $53 \text{ m}^3/\text{sec}$ e da un'ampiezza del bacino idrografico che supera i 3000 km^2 . Il territorio è compreso per il 75% in provincia de L'Aquila, il 23.5% in provincia di Pescara e l'1.5% in provincia di Chieti. La superficie coltivata misura 1700 km^2 e rappresenta il 54% della superficie totale. L'alto bacino dell'Aterno è costituito da rocce impermeabili composte di arenarie intercalate da argille. Successivamente predominano formazioni calcaree compatte e permeabilissime, alternate con piccole formazioni di natura calcarea marnosa e da calcari semicristallini poco permeabili. Nel basso bacino del Pescara, dalle ultime catene di monti fino al mare, sono presenti formazioni compatte di argille ed arenarie. L'Aterno-Pescara è uno dei principali fiumi che sfociano nell'Adriatico centro-meridionale. Esso, dalle origini fino alla confluenza con le sorgenti del Pescara (in località Popoli), si chiama Aterno. Da questo punto, fino alla foce, prende il nome di Pescara. Il fiume ha origine tra i monti Santa Maria e Capo Cancelli, nel fosso detto "Sorgenti dell'Aterno" ad una altitudine di 1100 m s.l.m. La lunghezza totale dalle sorgenti dell'Aterno fino al mare è di $\text{km } 145$. La foce è situata nel centro abitato della città di Pescara. Gli affluenti principali, dalle sorgenti fino al mare, sono il torrente Raio, il fiume Sagittario, il fiume Tirino, il fiume Orta, il fiume

Lavino, il torrente Cigno e il torrente Nora.

4.9.1 Fiume Pescara

La parte superiore del bacino dell'Aterno viene alimentato da numerose sorgenti che garantiscono una portata pressoché costante. A seguito dei fenomeni meteorologici anche intensi i contributi di portata trasferiti alla rete idrografica non subiscono gli improvvisi aumenti tipici dei bacini di carattere torrentizio. Pertanto le onde di piena che caratterizzano il fiume Pescara sono provocate dagli apporti degli affluenti che si immettono lungo il tratto di valle. In località Scafa la portata correlata ad una frequenza di accadimento di 100 anni è stata valutata pari a 754 m³/s per poi accrescere a causa delle varie immissioni fino al valore di 1305 m³/s stimato in prossimità della foce.

Nel presente studio il fiume Pescara è stato studiato a partire dal tratto situato poco a valle della diga di Alanno in quanto è da qui che sorgono le principali criticità idrauliche.

Gli idrogrammi utilizzati, per assegnare le condizioni al contorno, fanno riferimento alle sezioni codificate come in tabella:

Tabella 4.IX - Idrogrammi calcolati

<i>Fiume</i>	<i>Sezione</i>	<i>Descrizione</i>
Pescara	PE01	Bacino sotteso alla diga di Alanno
Pescara	NO01	Bacino dell'affluente Nora, prima della sua confluenza con il Pescara
Pescara	PE01-NO01	Interbacino a valle di sez PE01, chiuso subito a monte della confluenza col Nora
Pescara	PE02	Bacino sotteso 3 km a monte della foce
Pescara	NO01-PE02	Interbacino a valle della confluenza col Nora e a monte della sez. PE05

4.9.1.A Descrizione del problema idraulico

In questo paragrafo sono descritte le situazioni di pericolosità idraulica del Pescara dalla diga di Alanno fino all'immissione del fiume Nora, per una lunghezza complessiva di 20.65 km.

Le sezioni sono in genere molto larghe (oltre i 70 m), con ampie golene che vengono occupate anche per bassi tempi di ritorno; la pendenza varia da 4.6‰ nel tratto di monte, al 2.5‰ di valle, per attestarsi attorno a una media del 4‰.

Si applica la consueta modalità di studio, accompagnando l'analisi di uno schema bidimensionale a

moto vario con l'implementazione di uno schema monodimensionale a moto permanente.

La geometria delle sezioni del modello monodimensionale viene estratta da documenti forniti dalla sezione Abruzzo (“Diga di Alanno - Rappresentazione indicativa dell'area interessata dal deflusso della piena conseguente all'apertura dei soli scarichi profondi, secondo le disposizioni della circolare del Ministero dei LL.PP. N. 1125 del 28.8.86” e “Interporto di Chieti - Pescara - Studio di Impatto Ambientale”).

Anche in questo caso si assumono delle scabrezze standard: $33 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$ di Gauckler-Strickler ($0.03 \text{ s}/\text{m}^{1/3}$ di Manning) per il corso d'acqua e $16 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$ per le celle dello schema bidimensionale.

4.9.1.A.1 Tavole della pericolosità

I risultati ottenuti dalle simulazioni sono stati rappresentati nelle tavole:

- Tavola 7.2.07.PE.01 in scala 1:10000;
- Tavola 7.2.07.PE.02 in scala 1:10000;
- Tavola 7.2.07.PE.03 in scala 1:10000;
- Tavola 7.2.07.PE.04 in scala 1:10000;
- Tavola 7.2.07.PE.05 in scala 1:10000.

4.9.1.B Condizioni al contorno utilizzate

Nella sezione di monte (PE01P29 alla progressiva 0.0 km) si assegna l'idrogramma di piena PE01 (cfr. Figura 4.32), mentre l'idrogramma di interbacino PE01-NO01 (cfr. Figura 4.33) si applica in una sezione a monte della confluenza con il Nora, all'incirca alla progressiva 11 km.

A valle la condizione al contorno è determinata dall'imposizione di un livello costante.

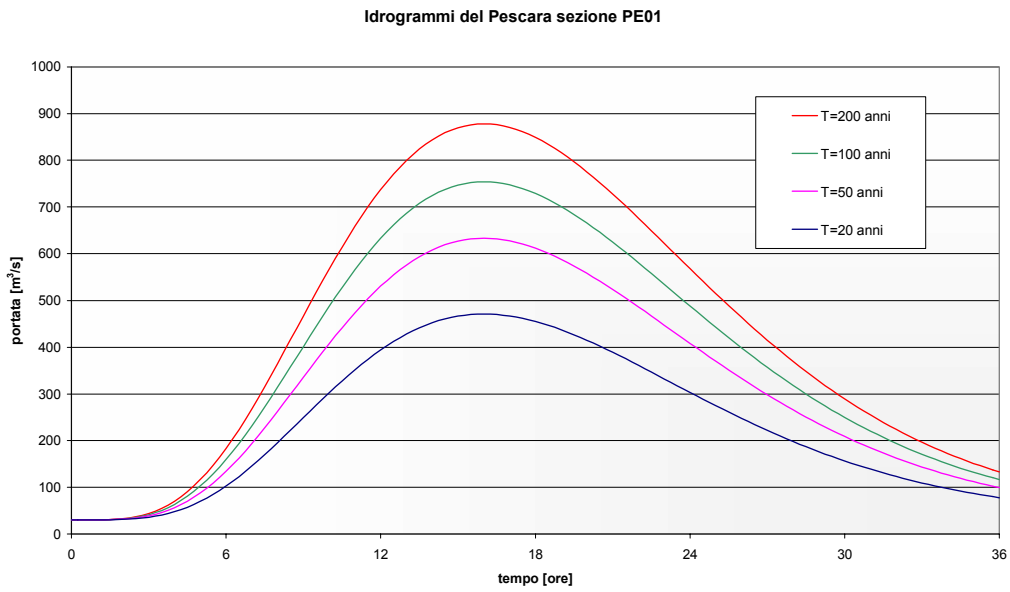


Figura 4.32 - Idrogramma di piena alla sezione PE01 del fiume Pescara per diversi tempi di ritorno.

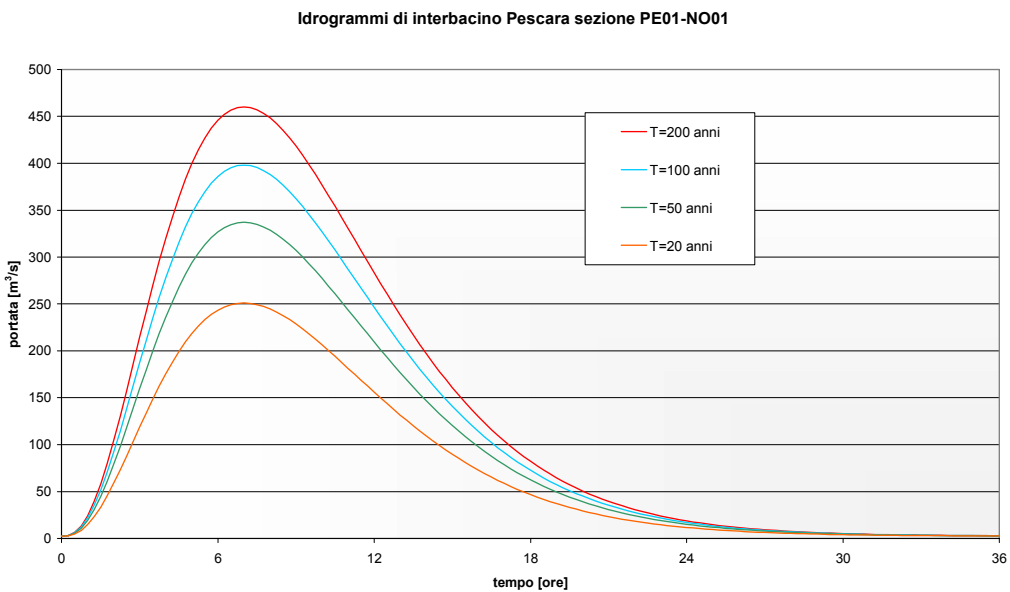


Figura 4.33 - Idrogramma di interbacino alla sezione PE01-NO01 del fiume Pescara per diversi tempi di ritorno.

4.10 Bacino dell'Alento

Il fiume Alento è stato studiato dal Comune di Casalıncontrada fino alla foce. Il bacino regionale

dell'Alento presenta una forma stretta ed allungata in direzione SSO-NNE, sviluppandosi dai rilievi di la Maielletta (Castelluccio 1337 m s.l.m.) fino al mare occupando una superficie complessiva di 120.4 km². La lunghezza del reticolo derivata dalla somma delle lunghezze di tutti i segmenti fluviali è pari a 130 km, in particolare 32.5 km appartengono all'asta principale, 26.5 km agli affluenti di destra e 71 km a quelli di sinistra.

4.10.1 Fiume Alento

Gli idrogrammi calcolati sono indicati nella tabella che segue:

Tabella 4.X - Idrogrammi calcolati

<i>Fiume</i>	<i>Sezione</i>	<i>Descrizione</i>
Alento	AL01	Bacino sotteso alla prima sez. di monte
Alento	AL02	Bacino sotteso da una sezione intermedia in Comune di Chieti
Alento	AL03	Bacino intero chiuso alla foce
Alento	AL01-AL03	Interbacino a valle di sez AL01, chiuso alla foce

4.10.1.A Descrizione del problema idraulico

Inizialmente l'indagine sulla pericolosità dell'Alento è stata condotta, ricorrendo all'implementazione di uno schema puramente bidimensionale a moto vario. Successivamente si è realizzato uno schema monodimensionale a moto permanente e infine uno schema misto a moto vario. L'ambito di studio ricopre una lunghezza dell'Alento di almeno 24.3 km, dal comune di Casalcontrada al comune di Francavilla al mare, dove si trova la foce.

La griglia bidimensionale è composta di celle quadrate di lato 40 m: ognuna di queste è quotata e ha un proprio coefficiente di scabrezza, generalmente stimato intorno a 16 m^{1/3}/s di Gauckler – Strickler (0.06 s/m^{1/3} di Manning). In alveo (schema monodimensionale) si assegna una scabrezza di Gauckler – Strickler di 20 m^{1/3}/s a monte (sezioni irregolari, vegetazione spontanea in alveo, scarsa manutenzione) e di 30 m^{1/3}/s nel tratto di valle (dalla sezione AL0180 alla foce).

Il corso d'acqua è unicursale, a sezione compatta, privo di golene almeno fino alla foce, dove il fiume è stato pesantemente artificializzato e impermeabilizzato, consentendo al corso d'acqua di scorrere su delle superfici pavimentate in calcestruzzo e protetto da argini nello stesso materiale.

La pendenza media è pari al 4.5‰.

4.10.1.A.1 Tavole della pericolosità

I risultati ottenuti dalle simulazioni sono stati rappresentati nelle tavole:

- Tavola 7.2.08.AL.01 in scala 1:10000;
- Tavola 7.2.08.AL.02 in scala 1:10000;
- Tavola 7.2.08.AL.03 in scala 1:10000.

4.10.1.B Condizioni al contorno utilizzate

Si impongono le consuete condizioni al contorno: a monte un idrogramma di piena, a valle un livello idrometrico.

Alla condizione di monte (assegnazione dell'idrogramma AL01 alla progressiva 0.0 km del tratto schematizzato, cfr. Figura 4.34), si accompagna l'applicazione di un apporto laterale, corrispondente all'idrogramma di interbacino (idrogramma AL01-AL03, cfr. Figura 4.35).

A valle si assegna il livello idrometrico del mare, stimato in prima approssimazione pari a 0.6 m s.l.m.m. per un tempo di ritorno di 200 anni (0.5 m s.l.m.m. per un tempo di ritorno di 100 anni, 0.4 e 0.3 m s.l.m.m. rispettivamente per tempi di ritorno di 50 e 20 anni).

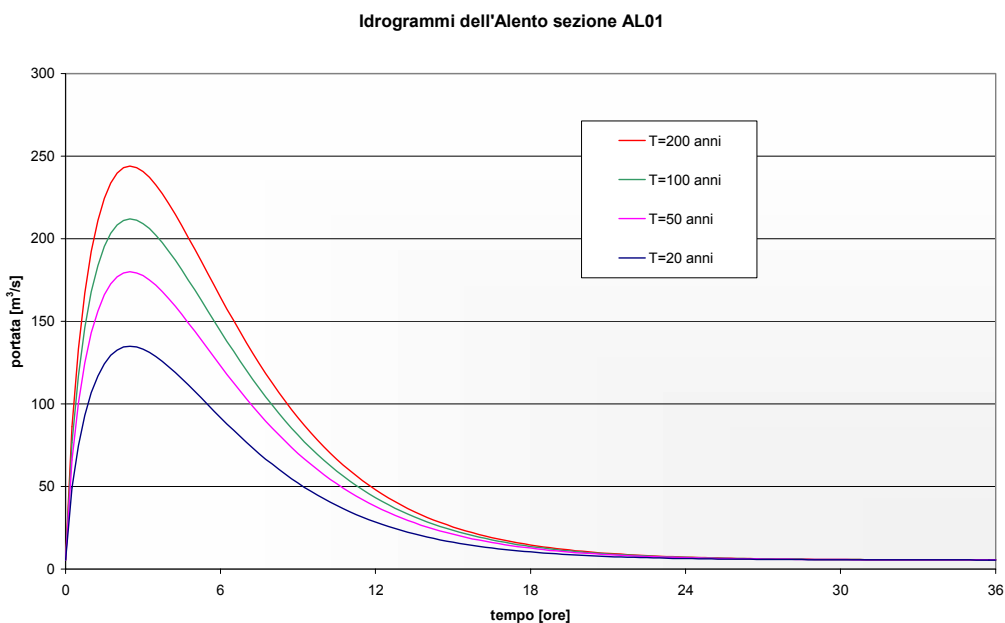


Figura 4.34 - Idrogramma di piena alla sezione AL01 del fiume Alento per diversi tempi di ritorno.

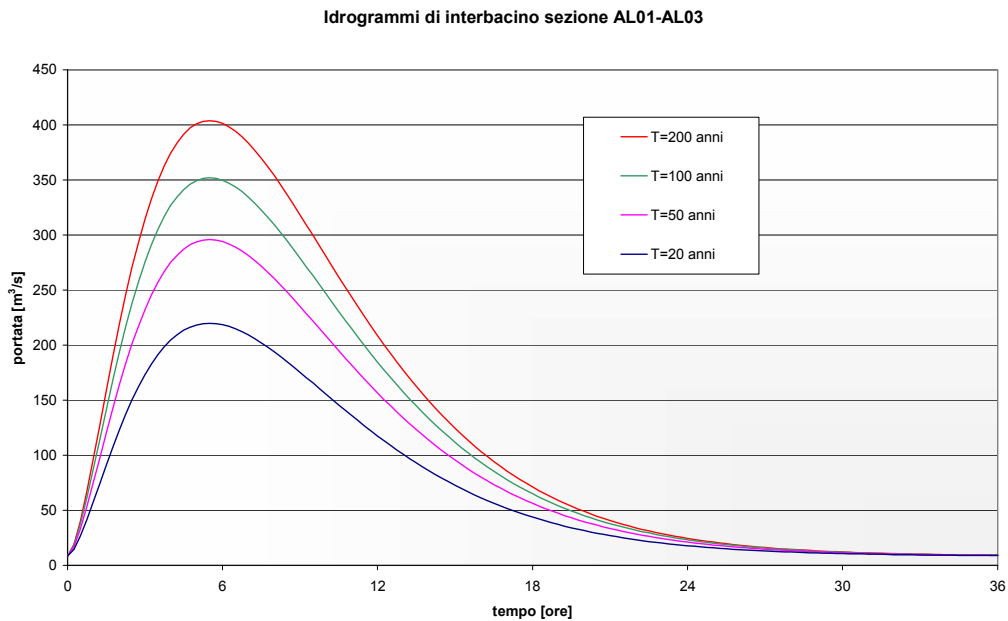


Figura 4.35 - Idrogramma alla sezione AL01-AL03 del fiume Alento per diversi tempi di ritorno.

4.11 Bacino del Foro

Il bacino regionale del Foro presenta una forma allungata in direzione SSO-NNE e si sviluppa dalla cima de la Maielletta (quota 1995 m s.l.m.) fino al mare su una superficie complessiva di 236.8 km²; tale superficie risulta quasi equamente suddivisa tra il Fiume Foro ed il suo maggiore tributario Torrente Dentolo. Esso sottende un bacino di superficie pari a 95 km² e si immette nel Foro a circa 2.5 km dalla foce. La lunghezza del reticolo derivata dalla somma delle lunghezze di tutti i segmenti fluviali appartenenti al bacino è pari a 189 km, in particolare 32 km appartengono all'asta principale, 112 km agli affluenti di destra e 45 km a quelli di sinistra.

4.11.1 Fiume Foro

Il fiume Foro è stato studiato dal Comune di Pretoro, circa 8 km a monte della sezione storica di Ponte di Vacri, fino alla foce.

Gli idrogrammi calcolati sono indicati nella tabella che segue:

Tabella 4.XI - Idrogrammi calcolati

<i>Fiume</i>	<i>Sezione</i>	<i>Descrizione</i>
Foro	FR01	Bacino sotteso alla prima sez. di monte
Foro	FR02	Bacino sotteso alla sezione storica di Ponte di Vacri
Foro	FR03	Bacino intero chiuso alla foce
Foro	FR01-FR03	Interbacino a valle di sez FR01, chiuso alla foce

4.11.1.A Descrizione del problema idraulico

Il fiume Foro viene indagato per una lunghezza complessiva di 24 km, dal comune di Pretoro fino al comune di Ortona, dove sfocia in mare.

Il tratto di Foro indagato con uno schema monodimensionale si estende dalla sezione FR0010 di monte fino alla sezione FR000HP02 alla foce, per una lunghezza di 23 km e una pendenza media del 9‰. Nel tratto di monte, la pendenza è superiore, intorno all'1%.

Lo strumento d'indagine, per la determinazione delle aree allagate, consiste nell'approntamento di uno schema misto mono – bidimensionale per la simulazione di eventi di piena con tempi di ritorno diversi, di 20, 50, 100 e 200 anni.

In un primo momento viene realizzato uno schema monodimensionale a moto permanente con il modello matematico Hec – Ras. Lo scopo è di mostrare la generale condizione di insufficienza arginale della rete idrica, anche se i tiranti insistenti (scaturiti dal calcolo dei profili a moto permanente) nel corso d'acqua sono sovrastimati.

In una seconda fase si realizza uno schema misto, accoppiando lo schema monodimensionale con una griglia di celle quotate, descriventi il piano campagna.

La geometria della rete idrica si ricava dai seguenti documenti: “Lavori di sgombero dei detriti e materiali terrosi e da vegetazioni infestanti del tratto vallivo del Fiume Foro, del Torrente Dendalo e Torrente Venna - 1° Lotto” e “Lavori di sgombero dei detriti e materiali terrosi e da vegetazioni infestanti del tratto vallivo del Fiume Foro, del Torrente Dendalo e Torrente Venna -3° Lotto”.

Al completamento dello schema monodimensionale hanno concorso anche i rilievi realizzati ad hoc studium.

In fase di taratura si è ritenuto ragionevolmente attendibile adottare un coefficiente di scabrezza di Gauckler – Strickler pari a $20 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$ per il corso d'acqua ($0.05 \text{ s}/\text{m}^{1/3}$ di Manning) e uno di $16 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$ per il piano campagna.²

Nello schema monodimensionale viene contemplato anche un tratto di un affluente di destra, il Dendalo, descritto per una lunghezza di circa 4 km a monte della confluenza con il Foro.

Il Dendalo ha una pendenza del 4‰, un alveo incassato con golene, una sezione liquida potenziale di 110 m^2 .

4.11.1.A.1 Tavole della pericolosità

I risultati ottenuti dalle simulazioni sono stati rappresentati nelle tavole:

- Tavola 7.2.09.FR.01 in scala 1:10000;
- Tavola 7.2.09.FR.02 in scala 1:10000;
- Tavola 7.2.09.FR.03 in scala 1:10000;
- Tavola 7.2.09.FR.04 in scala 1:10000.

4.11.1.B Condizioni al contorno utilizzate

Le condizioni al contorno consistono nell'applicazione di un idrogramma di piena a monte e di un livello idrometrico a valle.

A monte si assegna l'idrogramma di piena FR01 (cfr. Figura 4.36), introducendo un apporto all'inizio dello schema monodimensionale pari all'idrogramma di interbacino FR01-FR03 (cfr. Figura 4.37).

A valle si assegna un diverso livello idrometrico a seconda del tempo di ritorno; 0.6 m s.l.m. per un tempo di ritorno di 200 anni, 0.5 m s.l.m. per un tempo di ritorno di 100 anni; 0.4 e 0.3 m per i

² I valori dei coefficienti di scabrezza, in mancanza di studi specifici, possono essere ricavati in letteratura: il presente studio fa riferimento ai valori indicati in “Sistemazioni di corsi d'acqua”, di Da Deppo, Datei e Salandin.

tempi di ritorno di 50 e 20 anni.

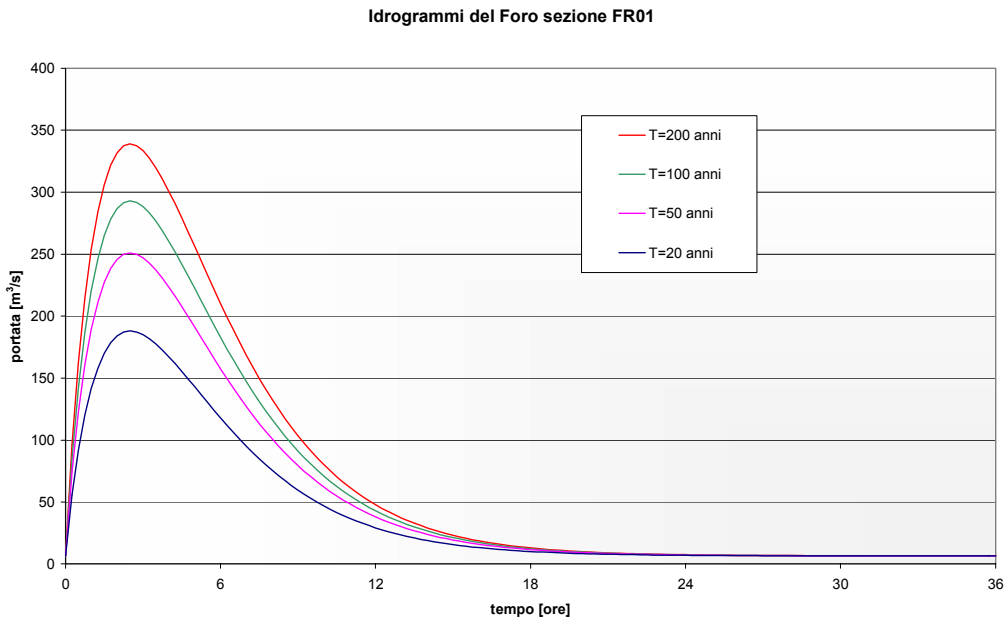


Figura 4.36 - Idrogramma di piena alla sezione FR01 del fiume Foro per diversi tempi di ritorno.

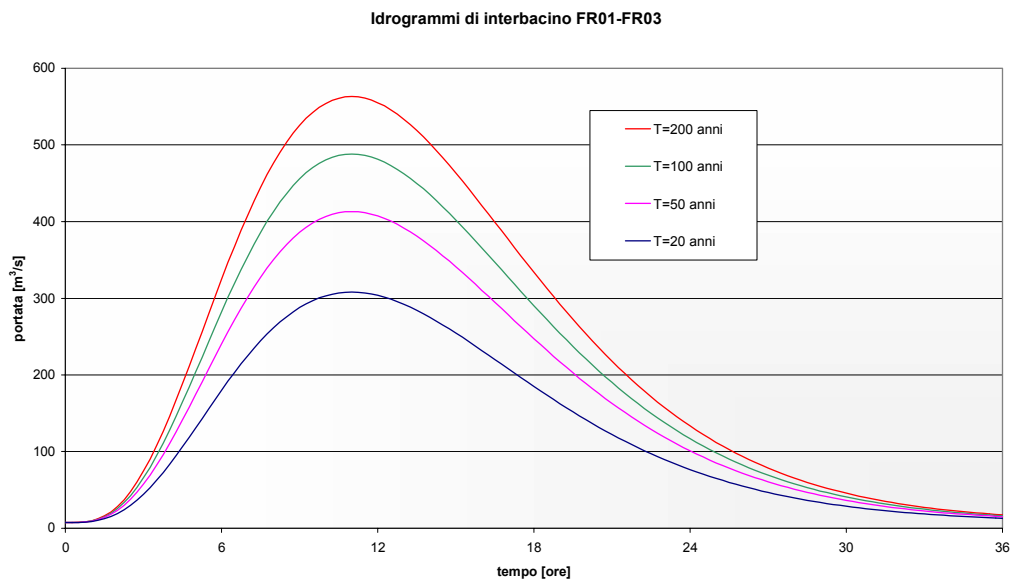


Figura 4.37 - Idrogramma di interbacino alla sezione FR01-FR03 del fiume Foro per diversi tempi di ritorno.

4.12 Bacino dell'Arielli

Il fiume Arielli nasce a circa 390 m s.l.m.m. poco a monte dall'abitato di Malverno. L'asta principale ha una lunghezza di poco più di 18 km sfociando nel mare Adriatico a sud della stazione di Tollo. Il bacino è compreso tra quello del Foro a Nord e quello del Moro a Sud. Il reticolo di bacino si sviluppa nei depositi conglomeratici con lenti di sabbia e argille del pleistocene. Lungo tutto il corso d'acqua si nota un incremento significativo dei valori delle portate anche se non caratterizzato da forti gradienti. Infatti, partendo dai 2 l/s di portata a quota 370 m s.l.m.m., lungo tutto il percorso l'asta principale riceve contributi costanti da vari affluenti. Procedendo verso valle, i primi apporti significativi sono il fosso S. Anna (337 m s.l.m.m.) e il fosso delle Varche (302 m s.l.m.m.). Dopo aver ricevuto contributi anche dal fosso S. Giorgio e dal fosso S. Onofrio (62 m s.l.m.m.) a circa 8 km dalla foce, l'asta principale del fiume presenta una portata di 41 l/s per poi incrementarsi fino a 87 l/s poco prima di sfociare in mare. Da ricordare che, in località Tollo, è prevista una derivazione di 450 l/s, secondo la concessione in possesso del consorzio di Bonifica ed Irrigazione Val di Foro, nonostante il valore di base misurato risulti ben inferiore.

4.12.1 Fosso Arielli

Il fosso Arielli è stato studiato per una lunghezza superiore ai 9 km, dalla località Le Macchie in comune di Tollo fino alla foce.

Gli idrogrammi calcolati sono indicati nella tabella che segue:

Tabella 4.XII - Idrogrammi calcolati

Fiume	Sezione	Descrizione
Arielli	AR01	Bacino sotteso alla prima sez. di monte
Arielli	AR02	Bacino sotteso in una sezione intermedia, in Comune di Ortona
Arielli	AR03	Bacino intero chiuso alla foce
Arielli	AR01-AR03	Interbacino a valle di sez AR01, chiuso alla foce

4.12.1.A Descrizione del problema idraulico

La determinazione delle situazioni di pericolosità idraulica, insorgenti nel bacino del fiume Arielli, viene perseguita attraverso la realizzazione di un modello matematico a schema misto mono – bidimensionale.

In una fase di studio preliminare si realizza uno schema monodimensionale a moto permanente con il modello Hec - Ras, al fine di evidenziare le insufficienze arginali. La geometria monodimensionale viene ricavata dal progetto “Sistemazione idraulica dell'asta valliva del Fiume Arielli - 1° lotto lavori nel secondo comprensorio irriguo in corso di attrezzatura - Profilo longitudinale (Fiume Arielli e Torrente Onofrio)”.

In un secondo momento viene implementato un modello matematico misto con il software Sobek di WL|Delft Hydraulics.

I rilievi mostrano delle sezioni di forma simmetrica, trapezoidale con una sezione liquida massima di 33 m². Lo schema monodimensionale ha una lunghezza di circa 7.5 km, con una pendenza media del 9‰, dalla sezione AR139P02 di monte (a sud dell'autostrada A14 Bologna – Bari) alla sezione AR000P02 di valle, dove l'Arielli sfocia in mare (nel litorale di Ortona).

Nel tratto indagato sono distribuiti 11 salti di fondo, con un dislivello medio fra la sezione di monte e quella di valle di circa 1.3 m.

4.12.1.A.1 Tavole della pericolosità

I risultati ottenuti dalle simulazioni sono stati rappresentati nelle tavole:

- Tavola 7.2.10.AR.01 in scala 1:10000.

4.12.1.B Condizioni al contorno utilizzate

L'assegnazione delle condizioni al contorno prevede l'applicazione di un idrogramma a monte, in corrispondenza della sezione AR139P02, idrogramma di chiusura dell'intero bacino dell'Arielli, contrassegnato dal codice AR03.

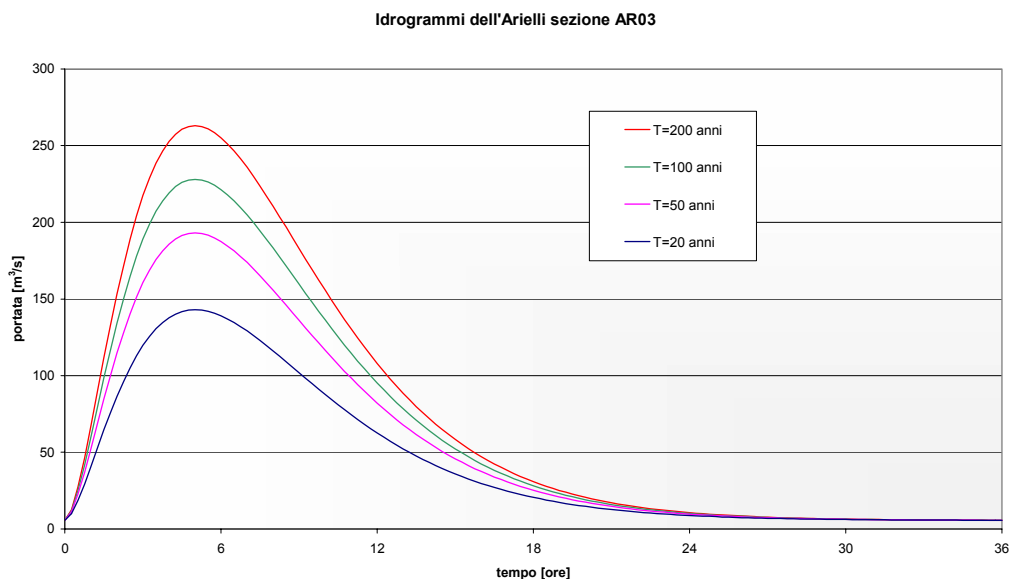


Figura 4.38 - Idrogramma di piena alla sezione AR03 del fiume Arielli per diversi tempi di ritorno.

A valle la condizione consiste nell'assegnazione di un livello idrometrico del mare (convenzionalmente posto a 0.3 m s.l.m. per un tempo di ritorno di 20 anni).

4.13 Bacino del Moro

Il fiume Moro nasce a 5 km a Nord dell'abitato di Orsogna a quota 590 m s.l.m.m. e presenta una lunghezza di circa 23 km. Rimane compreso tra i bacini dell'Arielli a Nord e del Feltrino a Sud e si sviluppa in una area di complessivi 73 km². Il reticolo incide nei depositi quaternari a bassa permeabilità, costituiti da argille a diverso carattere siltoso con alternanze sabbiose che, a luoghi, danno origine a piccole sorgenti. Tutta la valle è caratterizzata dalla coltura intensiva della vite consociata all'ulivo. Piccoli appezzamenti irrigui sono presenti subordinatamente all'esistenza di pozzi. Non vi sono tributari importanti, essendo il maggior contributo quello del Fosso di Fonte Melata, con portata stimata in 5 l/s. Altri affluenti hanno portate non superiori ai 2 l/s. Si nota una certa manifestazione sorgentizia, con portate mai superiori ai 5 l/s, in una stretta fascia di contatto tra i depositi prevalentemente argillosi e le sovrastanti sabbie gialle.

4.13.1 Fiume Moro

Il fiume Moro è stato studiato per una lunghezza superiore agli 8 km, dalla località Villa Rogatti in

comune di Ortona fino alla foce.

Gli idrogrammi calcolati sono indicati nella tabella che segue:

Tabella 4.XIII - Idrogrammi calcolati

<i>Fiume</i>	<i>Sezione</i>	<i>Descrizione</i>
Moro	MR01	Bacino sotteso alla prima sez. di monte
Moro	MR02	Bacino sotteso in una sezione intermedia, in Comune di Ortona
Moro	MR03	Bacino intero chiuso alla foce

4.13.1.A Descrizione del problema idraulico

La determinazione delle aree di pericolosità del fiume Moro viene conseguita attraverso la realizzazione di un modello matematico idraulico di propagazione di onda di piena lunga in acque basse.

Mutuando la procedura dagli studi realizzati sugli altri corsi dell'Abruzzo, vengono approntati due tipi di schemi: uno monodimensionale a moto permanente (allo scopo di individuare, in prima approssimazione, le sezioni suscettibili di fenomeni di esondazione), l'altro a moto vario con schema misto.

Il breve tratto di schematizzazione del fiume Moro (7.7 km) ha una pendenza media del 6.5‰, una sezione compatta (sezione liquida di deflusso di circa 30 m²), è unicursale con andamento sostanzialmente rettilineo almeno fino a 3.5 km dalla foce, da dove il fiume assume una configurazione progressivamente più sinuosa.

La griglia bidimensionale è composta di celle quadrate di lato 40 m: ognuna di queste è quotata e ha un proprio coefficiente di scabrezza, generalmente stimato intorno a 16 m^{1/3}/s di Gauckler – Strickler (0.06 s/m^{1/3} di Manning). Anche in alveo (schema monodimensionale) si assegna una scabrezza di poco inferiore.

Le sezioni dello schema monodimensionale sono state ottenute da rilievi recentemente realizzati proprio per il presente studio.

L'intero schema del Moro è contenuto nel comune di Ortona, confinando, in parte, con il comune di S. Vito Chietino.

4.13.1.A.1 Tavole della pericolosità

I risultati ottenuti dalle simulazioni sono stati rappresentati nelle tavole:

- Tavola 7.2.11.MO_FE.01 in scala 1:10000.

4.13.1.B Condizioni al contorno utilizzate

Si assegnano allo schema di calcolo applicato al fiume Moro le consuete condizioni al contorno: un idrogramma di piena a monte (sezione MR03, cfr. Figura 4.39) e un livello idrometrico a valle (variabile, a seconda del tempo di ritorno, da 0.6 a 0.3 m s.l.m.).

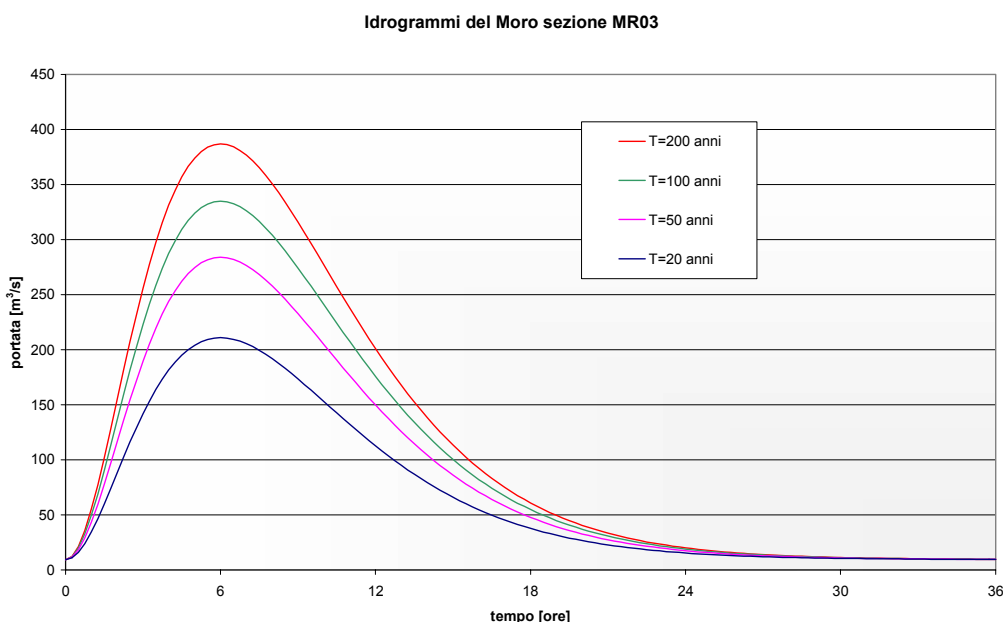


Figura 4.39 - Idrogramma di piena alla sezione MR03 del fiume Moro per diversi tempi di ritorno.

4.14 Bacino del Feltrino

Il Bacino regionale del Feltrino presenta forma triangolare ed allungata in direzione SO-NE e si sviluppa dalla località di Castel Frentano sino al mare occupando una superficie complessiva di 53 km²; una parte significativa di questa superficie (13 km²) appartiene al bacino del Fosso Santo Spirito, suo maggiore tributario, che confluisce nel Feltrino in destra idrografica a circa 3.5 km dalla foce. Altri importanti affluenti sono il Fosso S. Anna, il Fosso Gallo ed il Fosso Malsano. La lunghezza del reticolo derivata dalla somma delle lunghezze di tutti i segmenti fluviali è pari a 48.5

km, in particolare 16 km appartengono all'asta principale, 20 km agli affluenti di destra e 12.5 km a quelli di sinistra.

Il fiume Feltrino nasce nei pressi di Castel Frentano ad una altitudine di circa 459 m s.l.m.m. e dopo un percorso di 16 km, sfocia nel Mare Adriatico presso Marina di S. Vito. Lungo il suo corso incide in depositi a bassa permeabilità costituiti da argille a diverso tenore siltoso con alternanze sabbiose, mentre il maggior tributario, il fosso dello Spirito Santo, drena le sabbie gialle stratificate. La condizione naturale dei deflussi superficiali viene fortemente compromessa dalla presenza di scarichi urbani provenienti dai centri di Lanciano e di Treglio.

4.14.1 Fiume Feltrino

Il fiume Feltrino è stato studiato per una lunghezza di 8 km, all'incirca dalla località di Guastameroli, fra i comuni di Lanciano e Frisa, fino alla foce.

Gli idrogrammi calcolati sono indicati nella tabella che segue:

Tabella 4.XIV - Idrogrammi calcolati

Fiume	Sezione	Descrizione
Feltrino	FE01	Bacino sotteso alla prima sez. di monte
Feltrino	FE02	Bacino sotteso in una sezione intermedia, in Comune di Frisa
Feltrino	FE03	Bacino intero chiuso alla sezione storica di S.Vito

4.14.1.A Descrizione del problema idraulico

Al fine di conseguire un quadro delle pericolosità idrauliche del fiume Feltrino, si costruisce, in prima analisi, un modello matematico puramente bidimensionale a moto vario.

Successivamente, con le sezioni di rilievi eseguiti per il confezionamento del presente studio, si realizza uno schema monodimensionale a moto permanente. Infine, combinando i due schemi, viene approntato un modello misto a moto vario.

Nel tratto schematizzato (che copre la lunghezza di 8 km, dai comuni di Lanciano e Frisa fino alla foce nel comune di S. Vito Chietino), il fiume ha una pendenza del 8.5‰, ha sezione compatta, è unicursale, prevalentemente rettilineo, anche se, per brevi tratti e in prossimità della foce, assume un andamento più sinuoso.

Il modello bidimensionale Sobek di WL|Delft Hydraulics è costituito da una griglia di celle quadrate di lato 40 m, alle quali si assegna una quota e una scabrezza (di $16 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$ di Gauckler-Strickler). Anche in alveo (schema monodimensionale) si assegna una scabrezza fisica di poco inferiore, intorno ai $20 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$.

4.14.1.A.1 Tavole della pericolosità

I risultati ottenuti dalle simulazioni sono stati rappresentati nelle tavole:

- Tavola 7.2.11.MO_FE.02 in scala 1:10000.

4.14.1.B Condizioni al contorno utilizzate

Lo schema matematico prevede si assegnino delle condizioni al contorno: a monte un idrogramma di piena (idrogramma FE03, cfr. Figura 4.40), a valle un livello idrico (variabile, a seconda del tempo di ritorno, da 0.6 a 0.3 m s.l.m.m.).

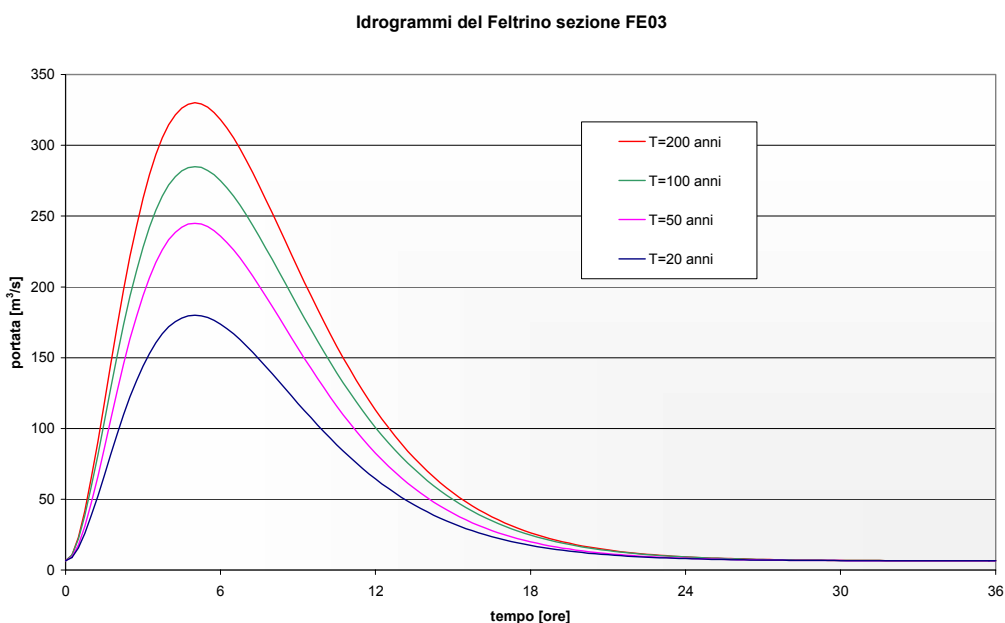


Figura 4.40 - Idrogramma di piena alla sezione FE03 del fiume Feltrino per diversi tempi di ritorno.

4.15 Bacino del Sangro - Aventino

Il fiume Sangro nasce a 1441 m s.l.m.m. dalle pendici del monte Turchio, sotto il Passo del

Diavolo, nel parco Nazionale d'Abruzzo, dopo un percorso di 122 km sfocia nel Mare Adriatico nei pressi di Torino di Sangro. Il suo bacino imbrifero ricopre una superficie complessiva di 1545 km², compresa per il 59% nella provincia di Chieti, per il 37% nella provincia dell'Aquila e per il 4% in quella di Isernia. Inizialmente scorre da NW a SE in gole strette e profonde ed in località Villetta Barrea (AQ) forma il lago artificiale di Barrea. Subito dopo il centro abitato di Alfedena il corso d'acqua attraversa il piano di Castel di Sangro ricevendo le acque del torrente Zittola. Oltrepassata la località Ateleta nel tratto fino a Quadri (CH) il fiume segna il confine tra le regioni dell'Abruzzo e del Molise. Il fiume Aventino è il principale bacino tributario del Sangro e si sviluppa su una superficie di circa 436 km². Il fiume nasce dalle pendici del Monte Porrone, dalla confluenza del torrente Cotaio con le sorgenti di Capo di Fiume, alimentate a loro volta, tramite un condotto carsico, dalle acque superficiali della conca endoreica del fosso La Vera, dopo essersi immesse nell'inghiottitoio di Quarto Santa Chiara. Nell'incidere la lunga e stretta valle omonima, prima di formare, a monte di Casoli il lago artificiale di S. Angelo (con capacità di 21 milioni di m³), riceve diversi contributi, tra i quali le sorgenti Acque Vive in riva orografica sinistra, a monte dell'abitato di Taranta Peligna, il torrente Vallone Cupo in riva orografica destra a valle del centro abitato di Lama dei Peligni ed altri corsi d'acqua minori. A valle del lago, con un rilascio medio di soli 100 l/s, il fiume Aventino dopo aver ricevuto ulteriori apporti dai fiumi Verde ed Avello percorre l'ultimo tratto del suo tragitto prima di confluire in sinistra idrografica nelle acque del Fiume Sangro.

4.15.1 Nodo idraulico Sangro-Aventino

Il nodo idraulico Sangro-Aventino è stato studiato nel tratto di Sangro che va dalla diga di Bomba fino alla foce per una lunghezza complessiva di 35.5 km e nel tratto di Aventino che va dalla diga di Casoli fino alla confluenza con il Sangro (lunghezza 14.7 km).

Gli idrogrammi calcolati sono indicati nella tabella che segue:

Tabella 4.XV - Idrogrammi calcolati

Fiume	Sezione	Descrizione
Aventino	AV01	Bacino sotteso alla diga di Casoli
Sangro	SG08	Bacino sotteso alla diga di Bomba
Sangro	SG09	Bacino chiuso a valle della confluenza tra Sangro e Aventino
Sangro	SG10	Bacino sotteso alla sezione storica di Paglieta
Sangro	AV01-SG10	Interbacino compreso tra la sez. AV01 dell'Aventino e la sez. SG08 a valle della diga di Bomba, e la sezione storica di Paglieta

4.15.1.A Descrizione del problema idraulico

Lo schema della rete idrica del Sangro – Aventino è molto esteso: il tratto di monte del Sangro (prima della confluenza con l'Aventino) è lungo 14.2 km (pendenza 7.7‰), quello di valle 20.43 km (pendenza 4.4‰) e l'Aventino viene studiato per una lunghezza di 14.2 km (pendenza 9.1‰).

La geometria per la costruzione dello schema unidimensionale si è ricavata dai seguenti documenti: “Piano di Bacino del Fiume Sangro” e “Sbarramenti di Bomba e Casoli - Verifiche teoriche di cui alle circolari del Ministero LL. PP. n. 1125/86 e n. 352/87 - Sbarramento di Bomba”. Infine si sono integrati i dati reperiti presso la Regione Abruzzo, con geometrie delle sezioni derivanti da rilievi realizzati per il presente studio.

Lo schema per il calcolo delle aree di pericolosità idraulica è di tipo misto, accoppiandosi la rete idrica, nella quale i fenomeni di propagazione dell'onda di piena sono prevalentemente monodimensionali, con la griglia di celle rappresentante il piano campagna.

In fase di taratura è stato ritenuto corretto adottare i coefficienti di scabrezza standard, $16 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$ di Gauckler – Strickler ($0.06 \text{ s}/\text{m}^{1/3}$ di Manning) per le celle bidimensionali, $30 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$ di Gauckler – Strickler ($0.03 \text{ s}/\text{m}^{1/3}$ di Manning) per l'alveo del corso d'acqua.

4.15.1.A.1 Tavole della pericolosità

I risultati ottenuti dalle simulazioni sono stati rappresentati nelle tavole:

- Tavola 7.2.22.SG.01 in scala 1:10000;
- Tavola 7.2.22.SG.02 in scala 1:10000;
- Tavola 7.2.22.SG.03 in scala 1:10000;
- Tavola 7.2.22.SG.04 in scala 1:10000;
- Tavola 7.2.22.SG.05 in scala 1:10000;
- Tavola 7.2.22.SG.06 in scala 1:10000;
- Tavola 7.2.22.SG.07 in scala 1:10000;
- Tavola 7.2.22.AT.01 in scala 1:10000;

- Tavola 7.2.22.AT.02 in scala 1:10000.

4.15.1.B Condizioni al contorno utilizzate

Lo schema di calcolo prevede si impongano a monte degli idrogrammi di piena (SG08 per il Sangro, AV01 per l'Aventino: cfr. Figura 4.41 e Figura 4.42) ed eventualmente altri contributi laterali (idrogramma di interbacino AV01-SG10 applicato a valle della confluenza fra Sangro e Aventino: cfr. Figura 4.43).

A valle la condizione si esplica nell'assegnazione di un livello idrico (0.3 m s.l.m.m. per un tempo di ritorno di 20 anni).

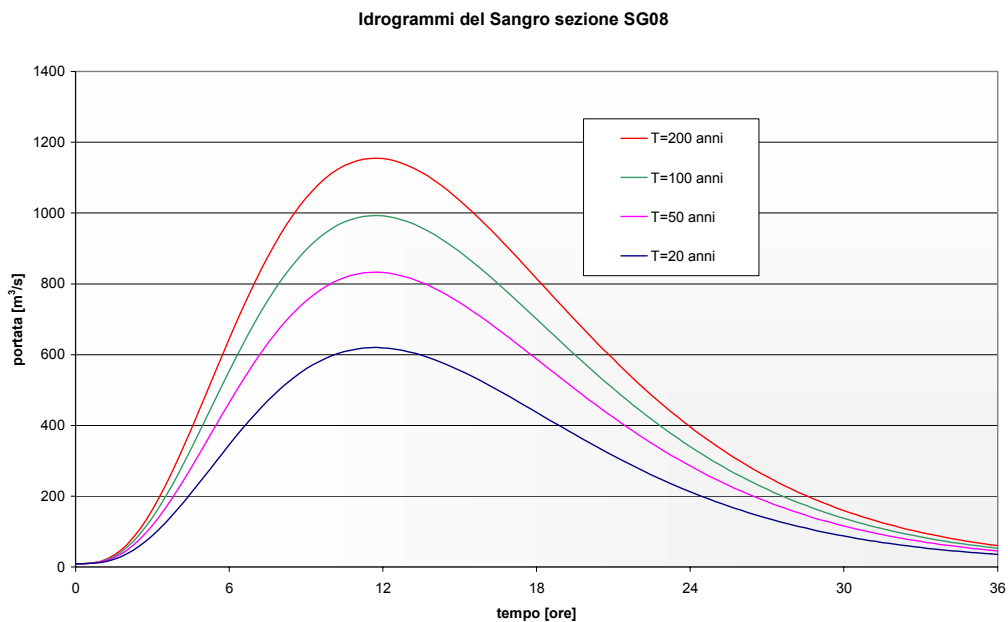


Figura 4.41 - Idrogramma di piena alla sezione SG08 del fiume Sangro per diversi tempi di ritorno.

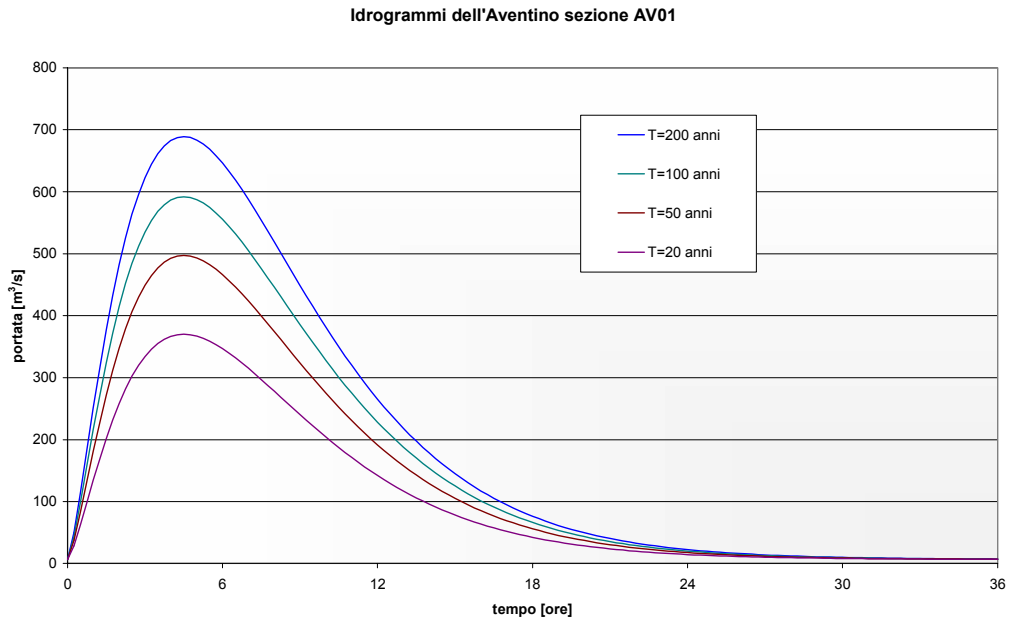


Figura 4.42 – Idrogramma di piena alla sezione AV01 del fiume Aventino per diversi tempi di ritorno.

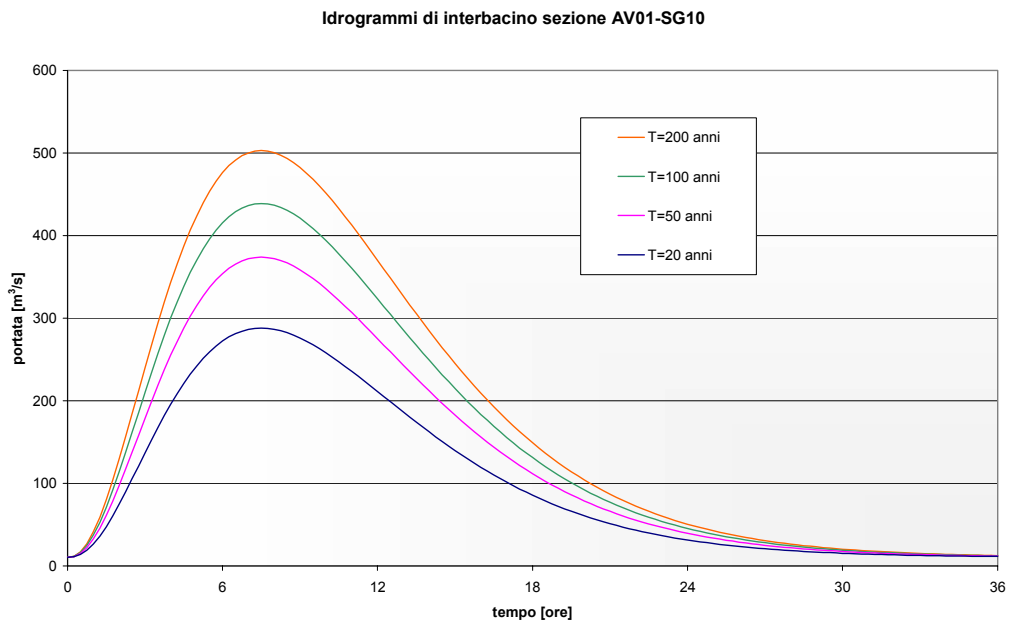


Figura 4.43 - Idrogramma di interbacino alla sezione AV01-SG10 del fiume Sangro per diversi tempi di ritorno.

4.15.2 Nodo idraulico Sangro-Torto

Lo schema idraulico del fiume Sangro viene suddiviso in due parti. Il dominio di monte riguarda il tratto di fiume che si estende dal bacino di Barrea fino al confine tra Abruzzo e Molise, a valle del comune di Castel di Sangro, per una lunghezza complessiva di 23 km.

Alla progressiva 5.5 km, fra i centri abitati di Scontrone e Alfedena, il fiume Sangro riceve in destra le acque del fiume Torto. Più a valle, presso l'abitato di Castel di Sangro (progressiva 14.4 km), il Sangro riceve in destra anche l'apporto dello Zittola.

Gli idrogrammi calcolati sono indicati nella tabella che segue:

Tabella 4.XVI - Idrogrammi calcolati

Fiume	Sezione	Descrizione
Sangro	SG04	Bacino sotteso alla diga di Barrea
Torto	RT01	Bacino sotteso alla sezione storica di Alfedena
Sangro	SG05	Bacino sotteso alla sezione storica di Castel di Sangro
Sangro	RT01-SG05	Interbacino compreso tra la sez. RT01 e la sez. SG05, sezione storica di Castel di Sangro

4.15.2.A Descrizione del problema idraulico

L'individuazione delle aree di pericolosità idraulica viene ottenuta a mezzo dell'applicazione del modello matematico Sobek di WL|Delft Hydraulics. Il modello Sobek implementa uno schema misto a moto vario. Lo schema monodimensionale, con cui si rappresenta l'alveo del fiume, viene accoppiato a una griglia bidimensionale di celle quadrate di lato 40 m, che rappresenta il dominio bidimensionale. Ad ogni cella si assegna una quota propria e una scabrezza (coefficiente di Gauckler – Strickler di $16 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$), mentre all'alveo si assegna un coefficiente di scabrezza di $25 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$.

Lo schema misto a moto vario permette di studiare il fenomeno di propagazione bidimensionale di un'onda lunga in acque basse. In una fase di studio preliminare si realizza uno schema monodimensionale a moto permanente, al fine di individuare le probabili sezioni in cui si manifesta un'insufficienza arginale.

Lo schema monodimensionale comprende il lungo tratto del fiume Sangro da Barrea a Castel di Sangro, il fiume Torto e il fiume Zittola. Il fiume Torto, schematizzato per una lunghezza di 3.1 km, ha sezioni incassate e una pendenza elevata, stimabile intorno a 2.9 %. Il tratto del fiume Sangro

che incide la valle fra il bacino di Barrea fino alla confluenza con il Torto è ugualmente incassato, è lungo 5.5 km, con una pendenza di circa 1.2 %. Per un tratto di 2.5 km a valle (almeno fino alla sezione SG17P01, alla progressiva 8.1 km), il fiume principale ha sezioni meno incise, con una pendenza che si riduce al 8.9 ‰: tuttavia il modello monodimensionale a moto permanente mostra che l'onda di piena rimane contenuta in ambito perigolenale.

Fino a Castel di Sangro la pendenza del corso d'acqua si conserva intorno a 8.9 ‰ (progressiva 14.4 km); nei successivi 9 km, dall'immissione dello Zittola fino al confine fra Abruzzo e Molise, la pendenza si riduce fino al valore di 4.4 ‰.

Nello schema è stato inserito anche il corso d'acqua dello Zittola per una lunghezza di 5.5 km, dalla stazione di Montenero Valcocchiara (comune di Scontrone), fino all'immissione nel Sangro. La pendenza del corso può essere stimata intorno a 4.7 ‰.

Il corso del fiume Sangro è stato canalizzato a partire da Villa Scontrone fino alla confluenza col fiume Zittola in comune di Castel di Sangro per uno sviluppo di circa 6 km, mediante la creazione di una sezione idrica delimitata da muri longitudinali in calcestruzzo, con savanella centrale. La capacità di deflusso di questo tratto canalizzato non supera i $300\div 310\text{ m}^3/\text{s}$, colmo di un evento di piena che si stima possa accadere, in termini probabilistici, ogni 20 anni.

Le informazioni per la ricostruzione del profilo longitudinale e, in generale, per la determinazione dello schema monodimensionale sono state ricavate dai seguenti documenti forniti dalla Regione Abruzzo: "Diga di Barrea - Calcolo del profilo delle onde di piena artificiali a valle della diga", "Diga di Barrea - Calcolo dell'onda di sommersione conseguente all'ipotetico collasso dell'opera di ritenuta ai sensi della circolare del Ministero dei Lavori Pubblici n. 352 del 4 dicembre 1987 (Relazione + 13 tavole", "Diga di Montagna Spaccata - Calcolo del profilo delle onde di piena artificiali a valle della diga", "Piano di Bacino del Fiume Sangro".

4.15.2.A.1 Tavole della pericolosità

I risultati ottenuti dalle simulazioni sono stati rappresentati nelle tavole:

- Tavola 7.2.22.SG.08 in scala 1:10000.

4.15.2.B Condizioni al contorno utilizzate

Lo schema di calcolo si completa con un'opportuna assegnazione delle condizioni al contorno. La condizione di ingresso a monte prevede l'inserimento di un idrogramma delle portate (l'idrogramma SG04 per il Sangro a Barrea e l'idrogramma RT01 per il Torto). A valle, invece, viene assegnata una curva delle portate ottenuta dall'implementazione di un modello unidimensionale a moto permanente.

Lungo il corso del Sangro si introducono dei contributi discretizzati di portata, corrispondenti al frazionamento dell'idrogramma di interbacino RT01-SG05. Al fiume Zittola è stato assegnato un idrogramma pari a una frazione di quello di interbacino RT01-SG05, rapportando la superficie del bacino dello Zittola a quello dell'intero interbacino.

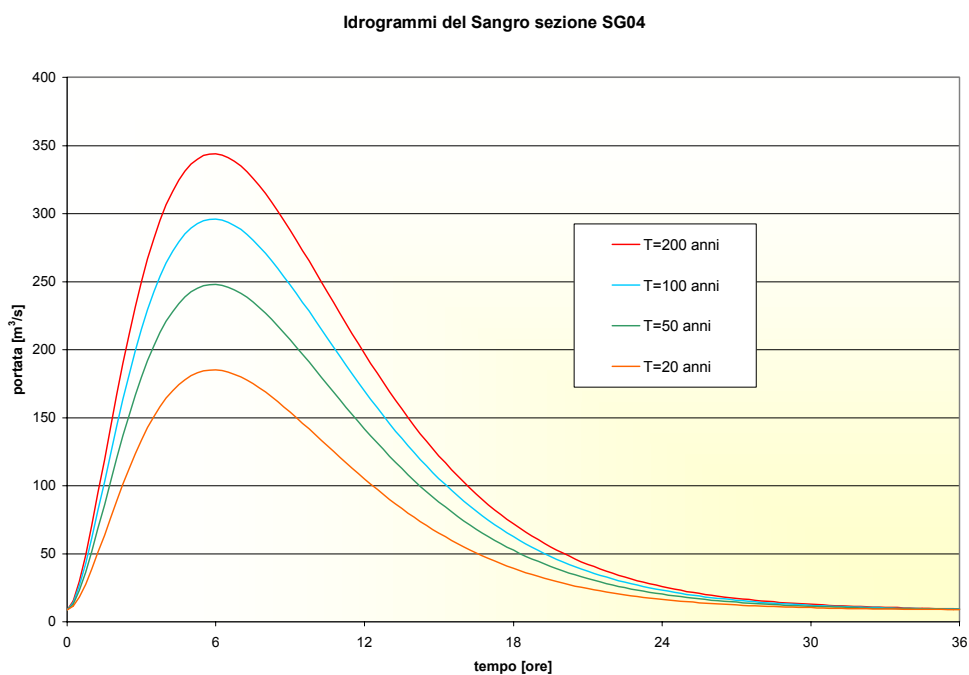


Figura 4.44 - Idrogramma di piena alla sezione SG04 del fiume Sangro per diversi tempi di ritorno.

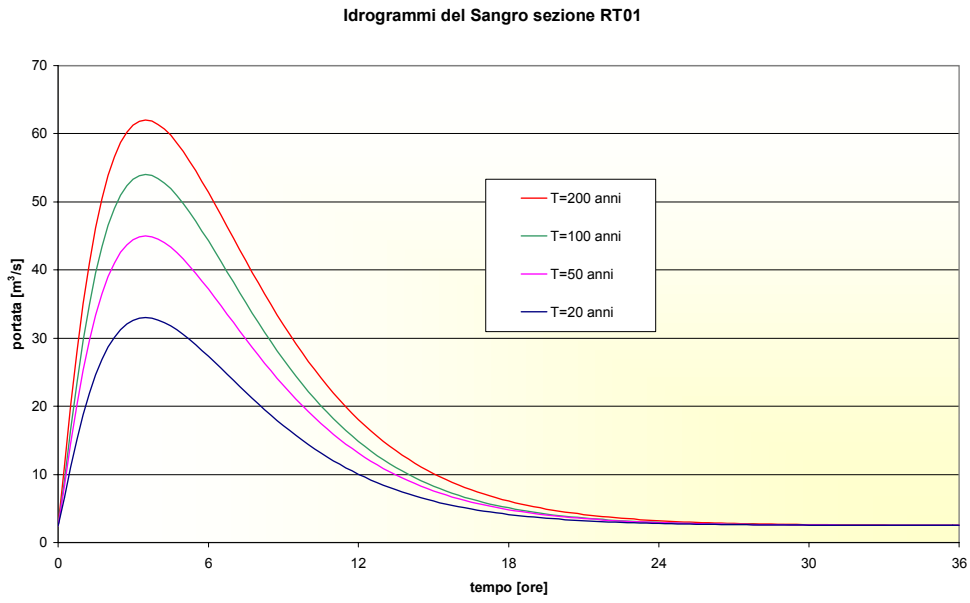


Figura 4.45 - Idrogramma di piena alla sezione RT01 del fiume Torto per diversi tempi di ritorno.

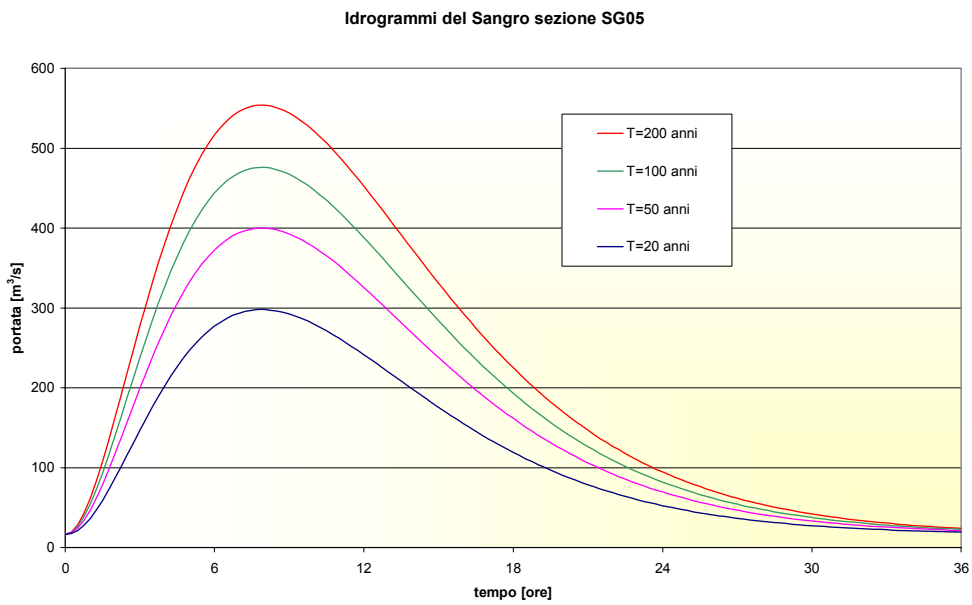


Figura 4.46 - Idrogramma di piena alla sezione SG05 del fiume Sangro per diversi tempi di ritorno.

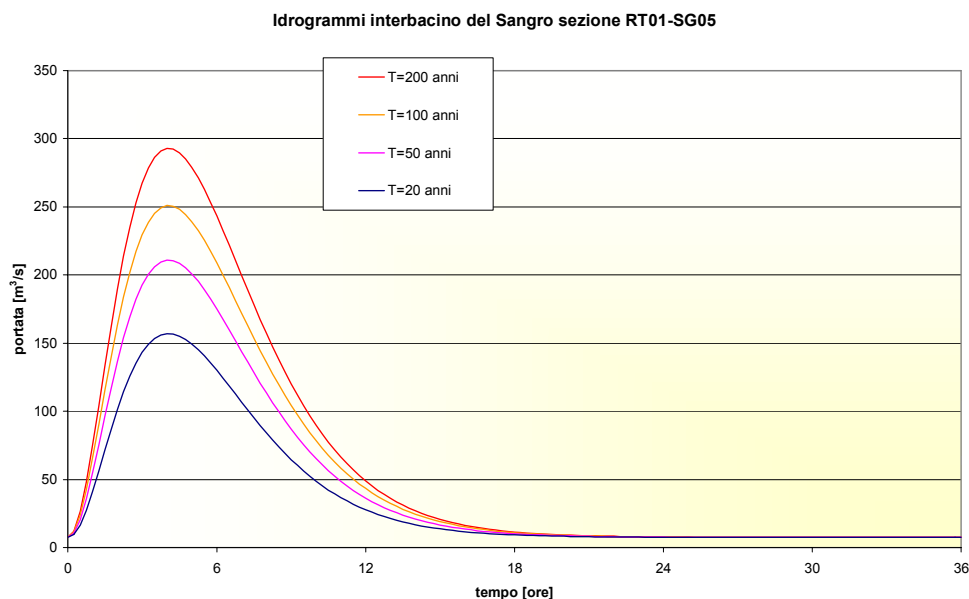


Figura 4.47 - Idrogramma di interbacino alla sezione RT01-SG05 del fiume Sangro per diversi tempi di ritorno.

4.16 Bacino dell' Osento

Il Bacino Regionale dell'Osento presenta forma articolata ed allungata in direzione SSO-NNE e si sviluppa da una quota di circa 1020 m s.l.m.m. (Monte Pallano) sino al mare, occupando una superficie complessiva di 123 km². La lunghezza del reticolo derivata dalla somma delle lunghezze di tutti i segmenti fluviali è pari a 121 km, in particolare 34 km appartengono all'asta principale, 35.5 km agli affluenti di destra e 51.5 km a quelli di sinistra.

Il bacino dell'Osento è interamente compreso entro i limiti amministrativi della Provincia di Chieti. Il fiume scorre lungo un percorso ricco di meandri naturali, caratterizzati da una eccellente vegetazione ripariale, sia arbustiva, sia arborea, anche se purtroppo la qualità delle acque, decisamente scadenti, vanificano le potenzialità di naturalità dell'ambiente. Alle origini il fiume Osento è alimentato da un complesso di sorgenti tutte con portate modeste e lungo il suo percorso il fiume non riceve affluenti di particolare importanza, mentre è soggetto con notevole facilità a discreti eventi di piena anche in occasione di precipitazioni non particolarmente intense.

4.16.1 Fiume Osento

Il fiume Osento è stato studiato per una lunghezza superiore ai 15 km, dalla Passo Cavallo nel comune di Casalbordino fino alla foce.

Gli idrogrammi calcolati sono indicati nella tabella che segue:

Tabella 4.XVII - Idrogrammi calcolati

<i>Fiume</i>	<i>Sezione</i>	<i>Descrizione</i>
Osento	OS01	Bacino sotteso alla prima sez. di monte
Osento	OS02	Bacino sotteso in una sezione intermedia, in Comune di Torino di Sangro
Osento	OS03	Bacino chiuso alla foce

4.16.1.A Descrizione del problema idraulico

Il tracciamento delle aree di pericolosità idraulica del fiume Osento è stato conseguito mediante l'applicazione di un modello matematico idraulico.

In una fase di studio preliminare si è voluto implementare un modello matematico a moto permanente con schema unidimensionale allo scopo di individuare le sezioni di probabile insufficienza arginale.

Il modello misto mono – bidimensionale a moto vario prevede l'accoppiamento di uno schema monodimensionale con una griglia di celle, costituente la parte bidimensionale.

Complessivamente lo schema copre una lunghezza del corso d'acqua pari a 15 km: nel tratto di valle (dalla sezione OS0050, progressiva 7.8 km, alla foce) il corso d'acqua ha una pendenza del 3.9‰, mentre dalla sezione OS0010 alla OS0050 la pendenza diventa del 4.9‰.

Il corso d'acqua ha sezione compatta, è unicursale, ha andamento sinuoso. L'andamento meandriforme si evidenzia soprattutto a monte, mentre a valle, dove il fiume è stato fatto oggetto di interventi di rizezionamento e di modifica planimetrica del tracciato, l'Osento diventa prevalentemente rettilineo.

Generalmente il coefficiente di scabrezza di Gauckler – Strickler viene assunto pari a $20 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$ in alveo (corrispondente ad un Manning di $0.05 \text{ s}/\text{m}^{1/3}$) e di $16 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$ nel piano campagna (coefficiente di scabrezza di Manning pari a $0.06 \text{ s}/\text{m}^{1/3}$): questi valori sono ricavabili in letteratura

(cfr. “Sistemazioni di corsi d’acqua”, Da Deppo, Datei, Salandin).

Le sezioni adottate per la realizzazione dello schema monodimensionale sono state ricavate dai documenti “Sistemazione idraulica del basso corso del Fiume Osento a difesa dei terreni e degli impianti irrigui - 1° Stralcio” e “Sistemazione idraulica del basso corso del Fiume Osento a difesa dei terreni e degli impianti irrigui - 2° Stralcio”. A monte le sezioni provengono da rilievi realizzati all'uopo per il presente studio.

4.16.1.A.1 Tavole della pericolosità

I risultati ottenuti dalle simulazioni sono stati rappresentati nelle tavole:

- Tavola 7.2.13.OS.01 in scala 1:10000;
- Tavola 7.2.13.OS.02 in scala 1:10000.

4.16.1.B Condizioni al contorno utilizzate

A completamento della realizzazione e dell'implementazione del modello matematico, è necessario inserire le opportune condizioni al contorno, che si esplicano nell'assegnazione di un idrogramma a monte (idrogramma OS03, cfr. Figura 4.48) e di un livello idrometrico a valle (variabile, a seconda dei tempi di ritorno, da 0.6 a 0.3 m s.l.m.m.).

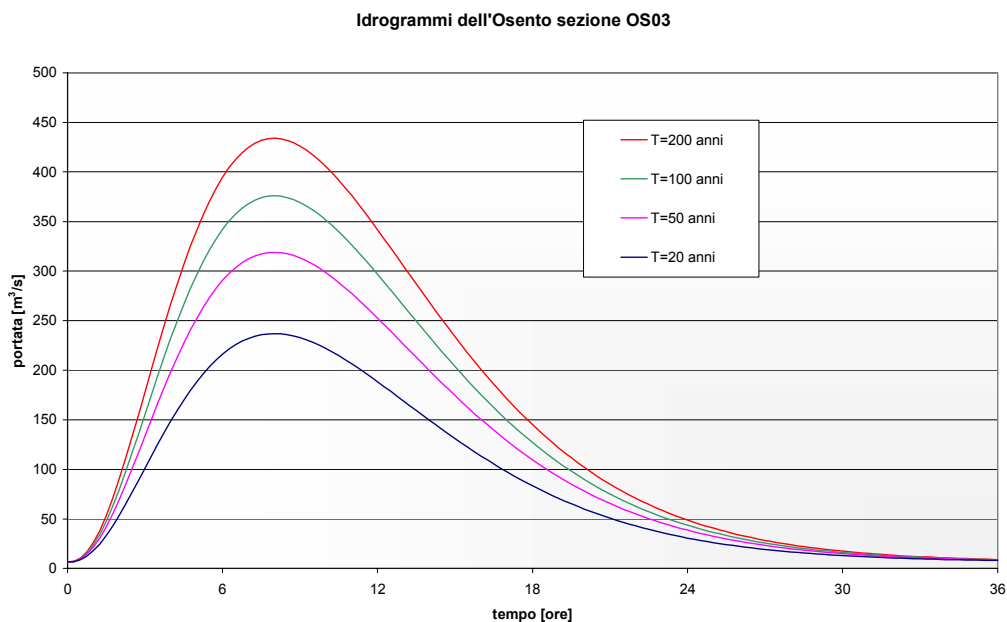


Figura 4.48 - Idrogramma di piena alla sezione OS03 del fiume Osesto per diversi tempi di ritorno.

4.17 Bacino del Sinello

Il fiume Sinello nasce a Castiglione Messer Marino, scorrendo interamente nei limiti amministrativi della Regione Abruzzo per 49 km, con direzione prevalente SW-NE, fino a sfociare nel mar Adriatico al confine fra Casalbordino e Vasto. Il bacino regionale del Sinello presenta forma articolata ed allungata in direzione SO-NE e si sviluppa da una quota di circa 1415 m s.l.m.m. (Castel Fraiano) sino al mare, occupando una superficie complessiva di di 318.4 km². Il Sinello non possiede tributari di particolare importanza, ma si rileva la presenza di una serie di piccoli affluenti, distribuiti quasi simmetricamente in destra ed in sinistra idrografica, che si immettono nel corso d'acqua principale ad angolo retto. Infatti, la lunghezza del reticolo derivata dalla somma delle lunghezze di tutti i segmenti fluviali è pari a 288 km, in particolare 48 km appartengono all'asta principale, 114 km agli affluenti di destra e 126 km a quelli di sinistra. Negli ultimi 12 km, dal comune di Montedorisio alla foce, la direzione del Sinello è S-N.

4.17.1 Fiume Sinello

Il fiume Sinello è stato studiato per una lunghezza di 39 km, dal confine fra i comuni di Roccaspinaveti e Guilmi fino alla foce fra i comuni di Casalbordino e Vasto.

Gli idrogrammi calcolati sono indicati nella tabella che segue:

Tabella 4.XVIII - Idrogrammi calcolati

Fiume	Sezione	Descrizione
Sinello	SI01	Bacino sotteso a Carpineto Sinello
Sinello	SI02	Bacino sotteso a Monteodorisio
Sinello	SI03	Bacino chiuso a valle della confluenza tra Casalbordino e Vasto
Sinello	SI01-SI03	Interbacino compreso tra la sez. SI01 e la sez. SI03 alla foce del Sinello

4.17.1.A Descrizione del problema idraulico

Il tracciamento delle aree di pericolosità idraulica è stato conseguito dall'analisi critica dei risultati scaturiti dall'applicazione di un modello matematico idraulico a moto vario.

Il modello simula il comportamento di un bacino quando si introducano degli eventi di piena, descrivendo in modo rigoroso il fenomeno della propagazione di un'onda lunga in acque basse in dominio bidimensionale. Il modello applicato a geometria mista (di WL|Delft Hydraulics), combinando l'asta monodimensionale del corso d'acqua con una griglia bidimensionale (rappresentante il piano campagna), implementa uno schema di calcolo a moto vario.

Il primo approccio allo studio delle affezioni idrauliche del fiume Sinello avviene a mezzo di un modello monodimensionale a moto permanente: l'implementazione di uno schema di calcolo a moto permanente e il ricorso alla sola geometria monodimensionale producono dei livelli idrometrici in eccesso. Questa fase di studio permette di individuare preliminarmente le sezioni nelle quali si potrebbero manifestare delle insufficienze arginali.

Il tratto di Sinello indagato va da poco a monte della confluenza con il Torrente Attosa fino alla foce nei comuni di Casalbordino e Vasto, per una lunghezza complessiva di 39 km. Dopo un primo tratto ad elevata pendenza, in media l'1.1%, in cui il corso d'acqua scorre fortemente incassato, dall'abitato di Carpineto al Sinello la pendenza va lievemente attenuandosi (0.9%) e la valle si allarga presentando caratteristiche piuttosto omogenee per circa 26 km, fino all'attraversamento della A14 Bologna Taranto.

Di lì, procedendo verso valle, il fiume scorre con una pendenza dell'0.3% fino alla foce in Mare Adriatico. Poiché il Sinello possiede una elevata tendenza a divagare all'interno del suo alveo, provocando notevoli erosioni spondali, tra gli anni '70 e '80 è stato oggetto di una sistemazione

fluviale mediante la costruzione di pennelli trasversali. Nel corso del presente studio si è potuto constatare che tali opere di difesa presentano segni di degrado e che l'alveo in alcuni punti ha ripreso il suo antico comportamento.

Convenzionalmente si assume per la griglia bidimensionale una scabrezza di $16 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$ di Gauckler-Strickler ($0.06 \text{ s}/\text{m}^{1/3}$ di Manning), mentre per lo schema monodimensionale si è adottata generalmente una scabrezza di $0.05 \text{ s}/\text{m}^{1/3}$.

4.17.1.A.1 Tavole della pericolosità

I risultati ottenuti dalle simulazioni sono stati rappresentati nelle tavole:

- Tavola 7.2.14.SI.01 in scala 1:10000;
- Tavola 7.2.14.SI.02 in scala 1:10000;
- Tavola 7.2.14.SI.03 in scala 1:10000;
- Tavola 7.2.14.SI.04 in scala 1:10000;
- Tavola 7.2.14.SI.05 in scala 1:10000;
- Tavola 7.2.14.SI.06 in scala 1:10000.

4.17.1.B Condizioni al contorno utilizzate

L'implementazione del modello matematico a moto vario prevede vengano assegnate delle condizioni al contorno per la corretta definizione del problema: a monte vengono assegnati degli idrogrammi (eventualmente, come nel presente caso, si può distribuire la portata in apporti discreti o continui lungo l'asta del fiume), a valle dei livelli idrometrici. Nelle seguenti figure (cfr. Figura 4.49, Figura 4.50, Figura 4.51, Figura 4.52) si illustrano gli idrogrammi pertinenti al fiume Sinello. I livelli idrometrici a valle si impongono variabili tra 0.6 e 0.3 m s.l.m.m. a seconda dei tempi di ritorno.

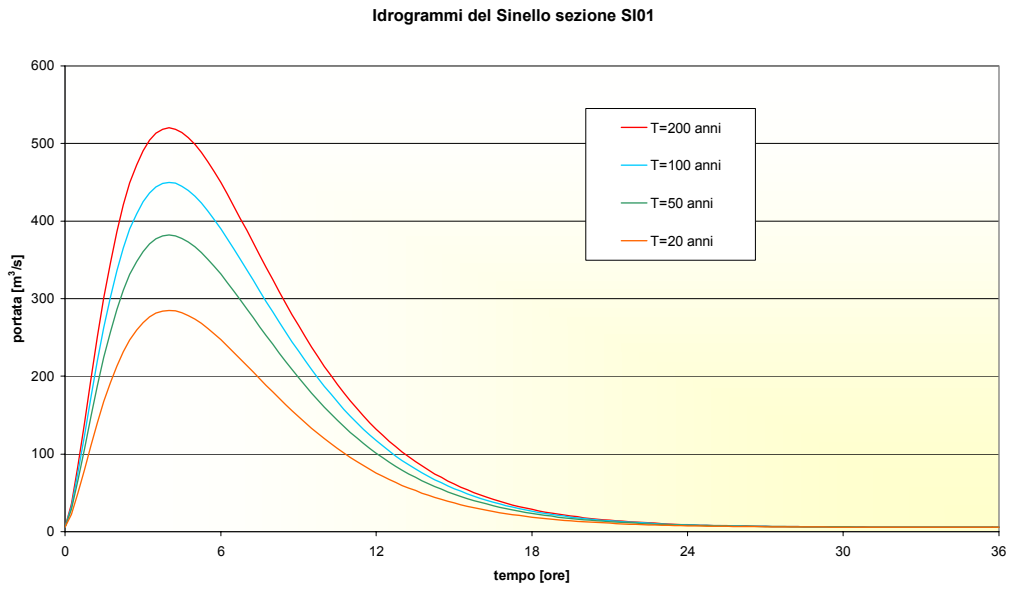


Figura 4.49 – Idrogramma di piena alla sezione SI01 del fiume Sinello per diversi tempi di ritorno.

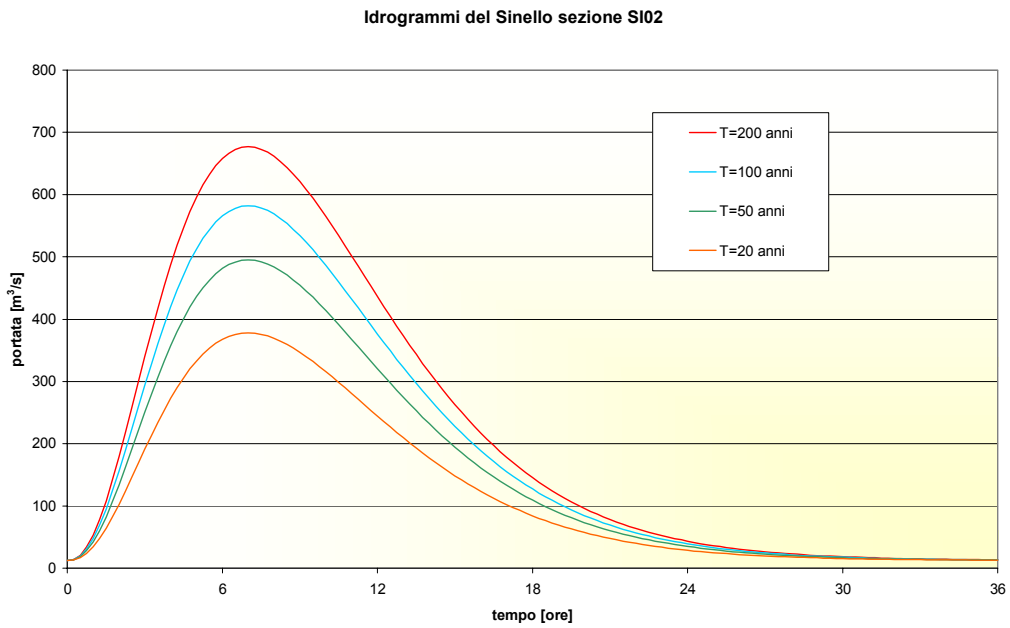


Figura 4.50 - Idrogramma di piena alla sezione SI02 del fiume Sinello per diversi tempi di ritorno.

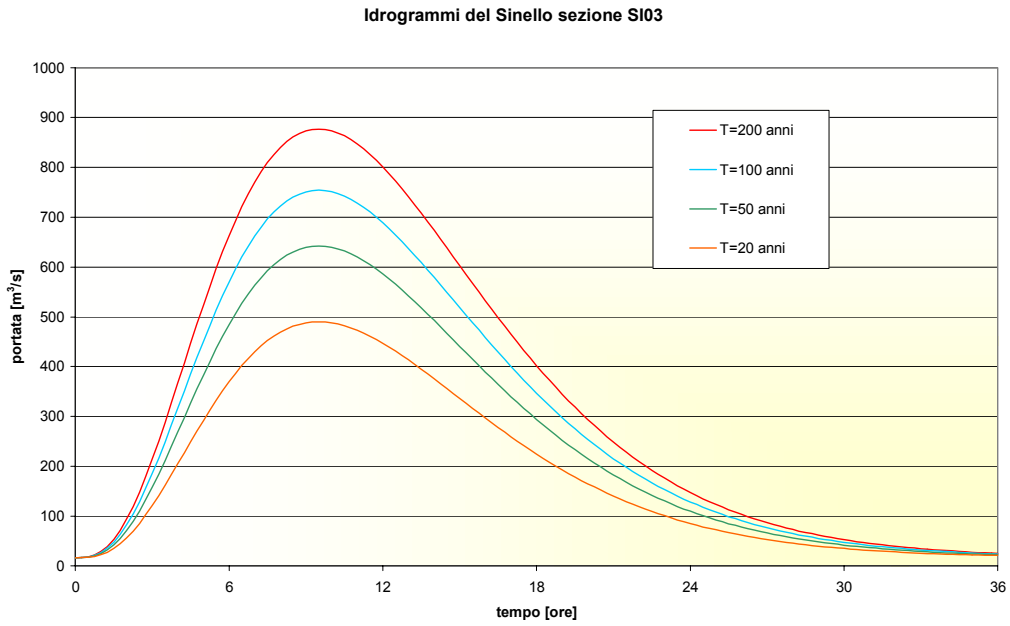


Figura 4.51 – Idrogramma di piena alla sezione SI03 del fiume Sinello per diversi tempi di ritorno.

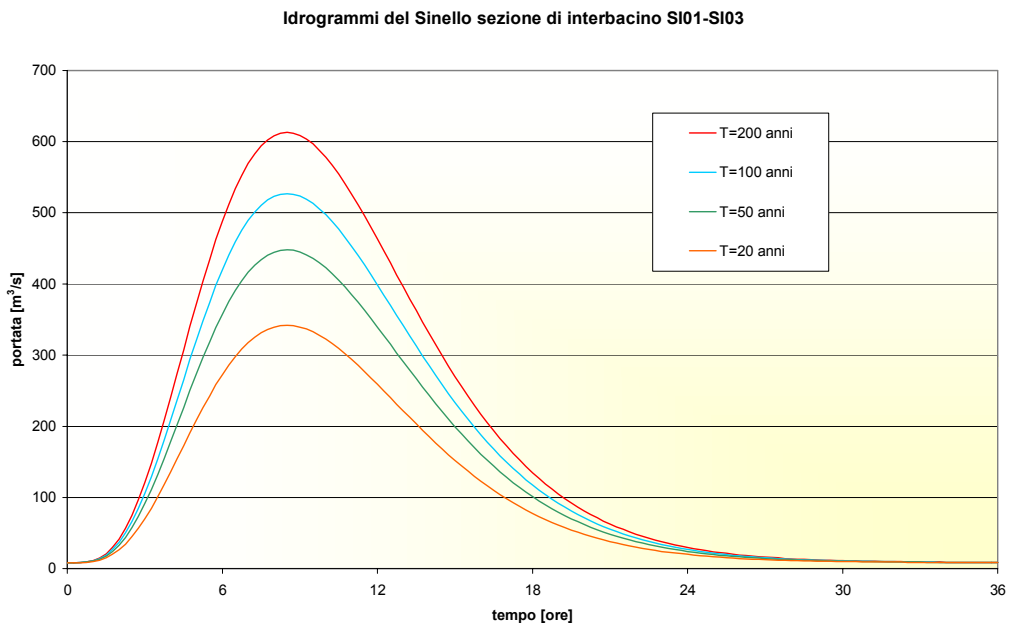


Figura 4.52 - Idrogramma di piena di interbacino alla sezione SI01-SI03 del fiume Sinello per diversi tempi di ritorno.

APPENDICE A: IL MODELLO SOBEK

Il modello matematico SOBEK rappresenta un pacchetto informatico di simulazione integrata dei processi idrologici e idraulici. Il software, prodotto da WL|Delft Hydraulics, costituisce un potente strumento per studi in relazione alla previsione e propagazione delle onde di piena, l'ottimizzazione di reti di drenaggio, la progettazione di sistemi fognari, il controllo dell'acqua di falda, gli studi di qualità dell'acqua.

L'insieme dei moduli di SOBEK comprende:

- Rainfall-runoff,
- Channel flow,
- Sewer flow,
- Real time control,
- Water quality,
- Waste loads,
- Overland flow,
- Groundwater.

I moduli relativi allo studio idraulico della propagazione delle piene in ambito fluviale sono il modulo Channel Flow (moto vario monodimensionale) e il modulo Overland Flow (moto bidimensionale) possono funzionare in maniera autonoma o accoppiati.

Il sistema SOBEK Overland Flow - Channel Flow (in seguito per semplicità indicato semplicemente con SOBEK) rappresenta uno strumento professionale di simulazione idraulica a supporto del lavoro degli esperti in relazione a studi di piena. In una tipica applicazione il programma viene utilizzato per simulare l'evoluzione della portata e dei livelli idrici in un corso d'acqua e nelle zone ad esso adiacenti. In particolare il software rappresenta uno strumento di supporto negli studi in relazione a:

- prevenzione dei disastri;
- piani di evacuazione;
- stima dei possibili danni di un'alluvione;

- redazione di piani urbanistici e di bacino.

SOBEK è stato sviluppato da WL|Delft Hydraulics per permettere agli utilizzatori di ottenere una previsione affidabile dell'evoluzione idrodinamica dell'evento di piena. Ciò costituisce una base indispensabile per adempiere in maniera ottimale alle funzioni menzionate sopra.

Il modulo integra il pacchetto unidimensionale (1D) SOBEK-Flow con il modello idrodinamico bidimensionale (2D) conosciuto con il nome di Delft-FLS (Delft Flooding System). Entrambi i pacchetti software sono stati lungamente utilizzati con successo in numerosi progetti realizzati in diverse nazioni europee ed extraeuropee.

SOBEK Channel Flow

Il modulo SOBEK Channel Flow costituisce un modello idraulico monodimensionale a moto vario che calcola i livelli d'acqua e i valori di portata in un a rete fluviale.

Il calcolo è effettuato secondo lo schema di Delft. Tale schema risolve le equazioni di De Saint Venant (continuità e momento) per mezzo di una griglia sfalsata: in tale griglia i livelli d'acqua sono definiti ai punti di calcolo e ai nodi della rete mentre le portate sono definite per i tronchi tra essi compresi.

SOBEK Overland Flow

Il modulo SOBEK-Overland Flow è un modello idrodinamico bidimensionale alle differenze finite. Si basa sulle equazioni complete del moto bidimensionale in acque basse. Le equazioni sono risolte mediante uno schema alle differenze finite su una griglia rettangolare sfalsata.

Tale tecnica permette di avere sempre un valore positivo dell'altezza d'acqua e permette simulazioni di espansione della piena su terreno inizialmente asciutto, senza dover utilizzare nessuna particolare procedura di drying/wetting. Permette la simulazione di corrente sub e supercritica. Fornisce accurati e stabili risultati di calcolo anche in presenza di grandi pendenze come rilevati arginali, strutture ecc.

Il programma possiede uno stimatore automatico del passo temporale che riduce ed aumenta il passo temporale di calcolo a seconda delle condizioni idrauliche ad ogni istante della simulazione.

Accoppiamento dei due moduli

In SOBEK é possibile accoppiare alla rete monodimensionale uno o più domini bidimensionali. Tali domini possono anche essere interni l'uno all'altro ('nested grid'), sovrapponendo ad un dominio di minore risoluzione un dominio con una dimensione della cella superiore, descrivendo così in maniera più accurata le zone dove se ne presenta il bisogno.

I domini 1D e 2D vengono automaticamente connessi tra di loro: la connessione viene effettuata tra ognuno dei punti di calcolo della rete 1D e della cella 2D ovunque si presenti sovrapposizione (vedi Figura 0.1).

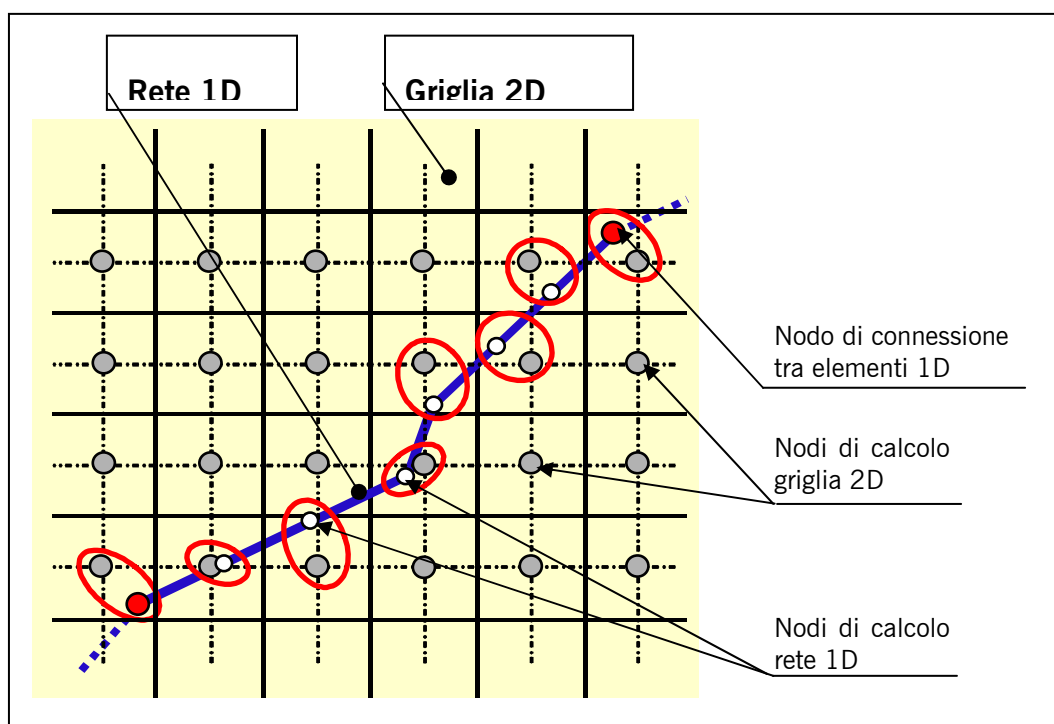


Figura 0.1 - Schema del modello idraulico mono-bidimensionale.

Il vantaggio di questo particolare schema di discretizzazione, rispetto ad altri modelli esistenti, risulta evidente. Si consideri, infatti, che i normali modelli idraulici bidimensionali hanno bisogno di ridefinire le dimensioni della griglia 2D per poter descrivere particolarità dell'area di studio (argini dei corsi d'acqua, strutture idrauliche); e ciò a scapito o dei tempi di calcolo o di una accurata descrizione delle particolarità stesse. A differenza di questi modelli il modello SOBEK, grazie all'accoppiamento dei moduli monodimensionale e bidimensionale, permette di schematizzare in

maniera ottimale il corso d'acqua (1D) e l'area esondabile (2D). In tale maniera le strutture presenti nel corso d'acqua possono essere inserite e descritte nel modulo monodimensionale, i domini bidimensionali possono essere inseriti solo dove c'è bisogno e le dimensioni delle celle 2D possono essere relativamente grandi, così da ottimizzare i tempi di calcolo.

Il modulo idrodinamico monodimensionale calcola il livello dell'acqua e le portate nella rete principale mediante la soluzione delle equazioni di De Saint-Venant (continuità e conservazione del momento della quantità di moto). Ad ogni istante temporale, il livello d'acqua nella sezione è confrontato con la quota del punto più elevato della sezione stessa. Se questo livello è superato - l'acqua inonda la griglia bidimensionale (vedi Figura 0.2). L'allagamento nelle zone adiacenti al fiume è risolto mediante un modello idrodinamico bidimensionale alle differenze finite (griglia a celle quadrate). Il modello bidimensionale è in grado di simulare il moto sia in corrente subcritica, sia supercritica, nonché l'allagamento su terreno inizialmente asciutto e i processi di ritiro della piena con eventuale ritorno dell'acqua nella rete monodimensionale.

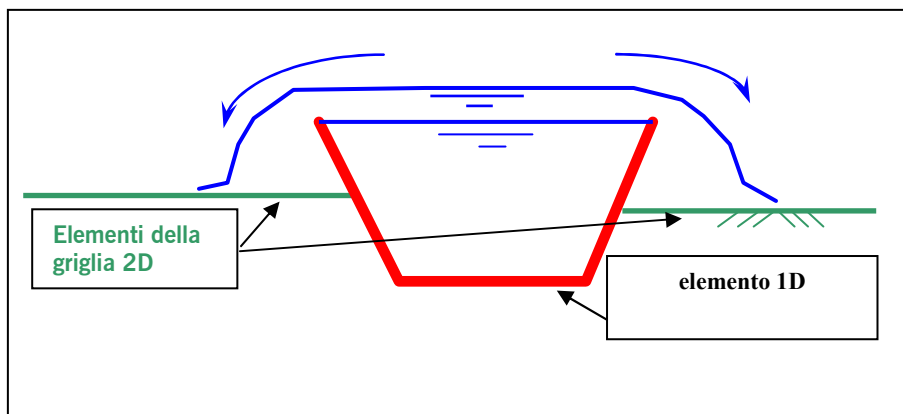


Figura 0.2 - Schema dell'accoppiamento del canale principale con la griglia bidimensionale.

La rete 1D e la griglia rettangolare 2D vengono risolte dal modello in maniera simultanea utilizzando il robusto schema di Delft in grado di risolvere:

- fronti ripidi,
- processi di allagamento di zone precedentemente asciutte e processi di ritiro della piena,
- correnti subcritiche e supercritiche.

SOBEK è in grado di simulare l'influenza delle strutture (esistenti o di progetto) nell'evoluzione del processo di piena. Mediante il modello è anche possibile tenere conto di caratteristiche quali l'uso del suolo, la vegetazione e la presenza di aree urbanizzate. Inoltre è possibile simulare la rottura di argini o di dighe utilizzando, tra le altre possibilità, le strutture di controllo del sistema 1D.

SOBEK utilizza un interfaccia grafica su base GIS. Lavorando direttamente sulla mappa, l'utente può inserire nel modello gli elementi di schematizzazione, nonché gli attributi degli elementi della rete 1D e della griglia 2D. Esempi di elementi di schematizzazione sono le sezioni trasversali della rete 1D, le briglie e le traverse, i ponti, le caratteristiche geometriche delle celle 2D, i nodi di connessione tra diversi elementi e i nodi con le condizioni al contorno. Esempi di attributi sono la scabrezza dei tronchi della rete e delle celle 2D, le dimensioni delle strutture e delle sezioni trasversali, le condizioni al contorno.

Il modulo SOBEK-Overland Flow utilizza le funzioni per l'analisi dei risultati comuni al pacchetto SOBEK, tra cui la visualizzazione dei risultati in formato di mappe, grafici o profili longitudinali. Tali funzioni sono estese in maniera specifica per la particolare applicazione 2D, aggiungendo la possibilità di visualizzare mappe con le animazioni dei risultati dei calcoli bidimensionali (altezze d'acqua assolute e rispetto al piano campagna, valori del campo di velocità). Inoltre tutti i risultati possono essere facilmente esportabili in altri formati (quali ad esempio Excel, ArcView), così da poter essere utilizzati per successive elaborazioni. L'interfaccia utente di SOBEK è di tipo a finestre ed è stata progettata per essere utilizzata in un PC.

Schematizzazione della rete

Schematizzazione della rete monodimensionale

Il modulo SOBEK Channel Flow (SOBEK-CF) permette lo studio del comportamento idrodinamico di una rete di canali sotto differenti condizioni idrologiche e idrauliche e differenti strategie di gestione. La rete monodimensionale può essere modellata inserendo i seguenti elementi:

- rami;
- nodi di connessione tra diversi rami di canale;
- nodi per la definizione delle sezioni trasversali;
- nodi per la definizione della portata laterale;

- strutture (briglie, traverse regolabili, stazioni di pompaggio, orifici);
- nodi per le condizioni al contorno;
- nodi per la simulazione di stazioni di misura;
- punti di calcolo.

Le strutture rappresentano punti di discontinuità nel sistema (salti nel valore del livello del pelo libero a monte e a valle della struttura). In questi punti di discontinuità le relazioni tra portate e livelli non sono determinate in base alle equazioni di De Saint Venant ma da formule caratteristiche per la struttura. Tali formule descrivono le relazioni tra il livello d'acqua a monte e a valle della struttura e la portata che passa attraverso la struttura stessa. Poiché queste relazioni dipendono esse stesse dalle condizioni di portata, il programma, ad ogni passo temporale, risolve in maniera iterativa la struttura determinando il valore di portata e quindi la formula da applicare.

Nei nodi, dove vengono definite le condizioni al contorno, possono essere imposti i valori dei livelli d'acqua o delle portate (fissi o variabili nel tempo) o la scala delle portate della sezione.

Il programma risolve le equazioni del modello in ognuno dei punti di calcolo. Tali punti possono essere distribuiti in maniera automatica dal programma o posizionati sulla rete direttamente dall'utente.

Schematizzazione della rete bidimensionale

Le griglie bidimensionali (rettangolari a celle quadrate) possono essere definite direttamente all'interno del programma o importate dall'esterno (formato Arc-Info). Si tratta di matrici con i valori di quota di ognuna delle celle che costituiscono il dominio bidimensionale.

Tali domini possono anche essere interni l'uno all'altro ('nested grid'), sovrapponendo ad un dominio a minore risoluzione un dominio con una dimensione della cella inferiore, cosicché da poter descrivere in maniera più accurata le zone dove se ne presenta il bisogno.

L'elenco dei nodi per poter utilizzare per schematizzare la griglia bidimensionale comprende:

- **Grid**, per l'inserimento della griglia 2D;
- **Boundary**, per la definizione delle condizioni al contorno: il valore di portata [m^3/s] o di altezza d'acqua [m s.l.m.] possono essere qui definiti per celle della griglia 2D. Tali valori possono

essere costanti o variabili nel tempo.

- **History.** Normalmente i risultati della simulazione bidimensionale vengono salvati in file incrementali. In particolari posizioni della griglia 2D è possibile inserire un *History Node*; per tale cella il programma salva l'intera serie temporale dei risultati di calcolo dei parametri prescelti.
- **Breaking Dam.** Nelle celle in cui è inserito un nodo *Breaking Dam* è possibile simulare della rottura di argini. E' possibile definire l'istante di rottura e la legge temporale con cui questa avviene (variazione della quota della celle 2D nel tempo).
- **Boundary Corner.** Se si vuole assegnare una stessa condizione al contorno ad una serie di celle tra loro contigue (un segmento), si inseriscono due nodi *Boundary Corner* alle estremità del segmento. Il sistema assegna la stessa condizione al contorno (livelli o portate, costanti o variabili nel tempo) per tutte le celle che cadono sulla congiungente i due nodi (estremi compresi).

Initial Water Level Point. E' possibile assegnare il livello iniziale d'acqua di una o più celle. Il programma assegna il valore iniziale d'altezza d'acqua alla cella su cui cade il nodo e a tutte le celle ad essa collegate che hanno un valore di quota uguale o minore al valore definito d'altezza d'acqua iniziale.