



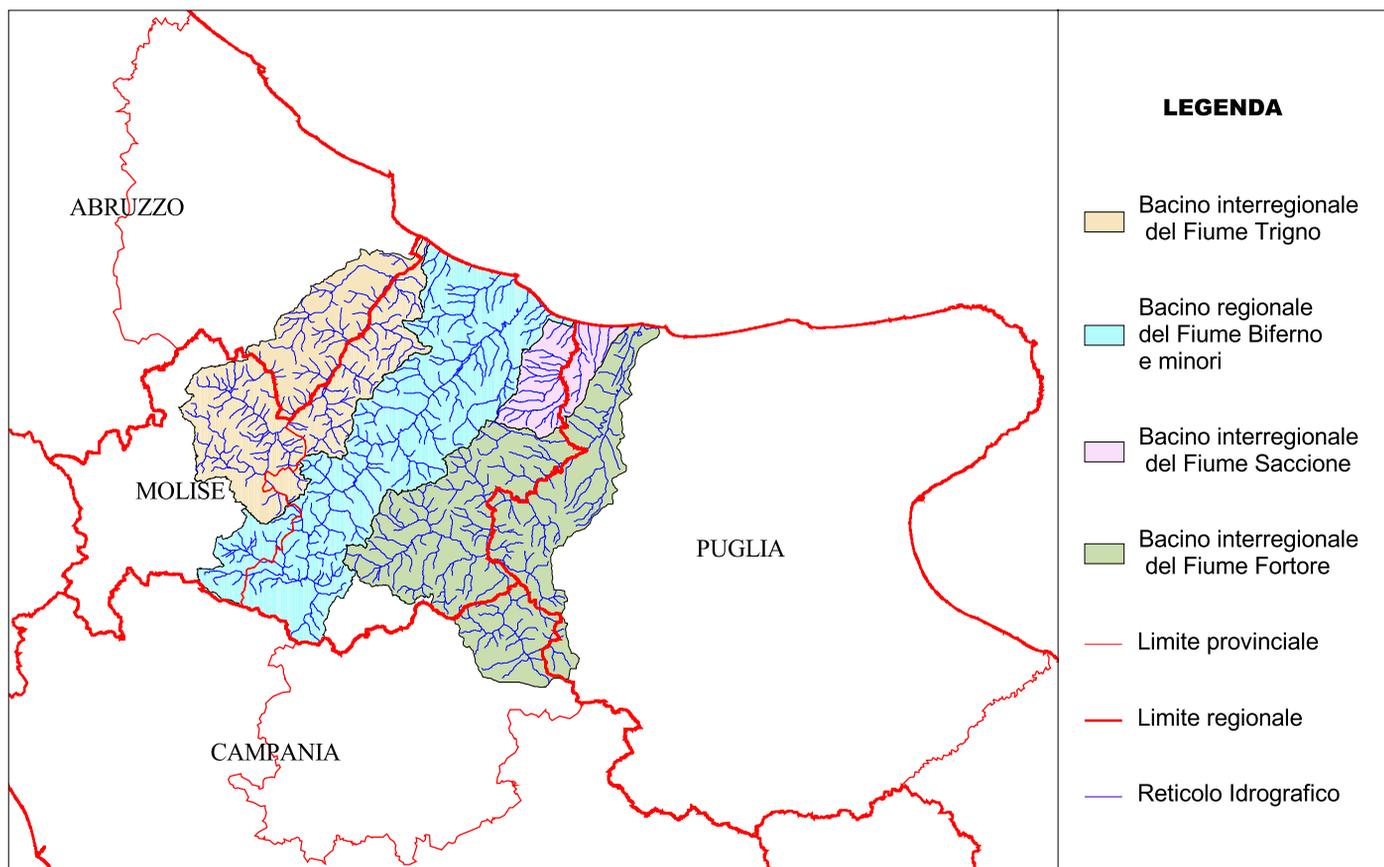
# AUTORITA' DI BACINO DEI FIUMI



*Trigno, Biferno e Minori, Saccione e Fortore*

## PROGETTO DI PIANO STRALCIO PER L'ASSETTO IDROGEOLOGICO DEL BACINO INTERREGIONALE DEL FIUME FORTORE

*Legge 18 maggio 1989 n. 183 - art. 17, comma 6 ter  
Legge 3 agosto 1998 n. 267 modificata con Legge 13 luglio 1999 n. 226  
Legge 11 dicembre 2000 n. 365*



<b>RELAZIONE</b>	<b>RELAZIONE GENERALE</b>	<b>R</b>
	<i>assetto di versante - assetto idraulico</i>	<b>01</b>

*Il Presidente del Comitato Istituzionale  
On.le Dott. Angelo Michele Iorio*

*Il Segretario Generale  
Dott. Ing. Raffaele Moffa*

Approvato dal Comitato Tecnico nella seduta

N. 28 del 15 DIC 2005

Il Segretario Generale  
Dott. Ing. Raffaele Moffa

Adottato con Deliberazione del Comitato Istituzionale

N. 102 del 29 SET 2006

Il Segretario Generale  
Dott. Ing. Raffaele Moffa

## INDICE

<b>1</b>	<b>PREMESSA.....</b>	<b>4</b>
<b>2</b>	<b>ACQUISIZIONE E ARCHIVIAZIONE DEI DATI DI BASE .....</b>	<b>5</b>
	<b>2.1 MATERIALE CARTOGRAFICO DI BASE.....</b>	<b>5</b>
	<b>2.2 MODELLI DIGITALI DEL TERRITORIO .....</b>	<b>8</b>
	<b>2.3 LIMITI AMMINISTRATIVI E DI COMPETENZA DEGLI ENTI.....</b>	<b>9</b>
	2.3.1 Regioni, Province e Comuni.....	9
	2.3.2 Altri enti operanti sul territorio.....	9
	<b>2.4 DOCUMENTI DI PIANIFICAZIONE TERRITORIALE .....</b>	<b>10</b>
	2.4.1 Piani straordinari ex D.L. 180/98 .....	10
	2.4.2 Carta delle aree soggette al vincolo idrogeologico .....	10
	2.4.3 Strumenti urbanistici generali.....	10
	2.4.4 Piani territoriale di coordinamento provinciale.....	11
	2.4.5 Piani paesistici, parchi e aree protette.....	11
	<b>2.5 STUDI ESISTENTI.....</b>	<b>12</b>
	2.5.1 Studio del Rischio Idrogeologico della Regione Molise.....	12
	2.5.2 Piano di Bacino del Fiume Fortore .....	13
	2.5.3 Studio sull'Ipotesi di collasso dello sbarramento d'Occhito.....	13
	2.5.4 Progetto speciale VAPI .....	13
	2.5.5 Altri studi disponibili.....	14
	<b>2.6 PROGRAMMI DI INTERVENTO .....</b>	<b>14</b>
	<b>2.7 RILIEVI ESISTENTI DI CORSI D'ACQUA .....</b>	<b>15</b>
	2.7.1 Sezioni trasversali recenti .....	15
	2.7.2 Monografie di capisaldi.....	16
	2.7.3 Rilievi sedimentologici.....	16
	<b>2.8 DATI IDROLOGICI .....</b>	<b>16</b>
	2.8.1 Dati di portata.....	16
	2.8.2 Dati di pioggia .....	17
	<b>2.9 DATI SULLE OPERE IDRAULICHE .....</b>	<b>17</b>
	<b>2.10 DATI SULLE CONCESSIONI DEMANIALI.....</b>	<b>18</b>

<b>2.11 DATI SULLE MAPPE CATASTALI NUMERICHE.....</b>	<b>21</b>
<b>2.12 DATI SU EVENTI STORICI.....</b>	<b>21</b>
2.12.1 Segnalazioni dei vari enti e Comuni.....	21
2.12.2 Catalogo AVI delle inondazioni storiche e degli eventi franosi.....	21
2.12.3 Inventario IFFI.....	21
2.12.4 Altre fonti di informazione.....	22
<b>2.13 AREA DI STUDIO DEL RISCHIO IDRAULICO .....</b>	<b>22</b>
2.13.1 Aree per le quali è previsto lo studio su base idraulica.....	22
2.13.2 Aree per le quali è previsto lo studio su base geomorfologica .....	23
<b>3 ELABORAZIONE DELLE CARTE TEMATICHE DI STUDIO E DI</b>	
<b>PIANIFICAZIONE.....</b>	<b>25</b>
<b>3.1 ATTIVITÀ DI STUDIO E PIANIFICAZIONE COMUNI ALL'ASSETTO</b>	
<b>IDRAULICO E DI VERSANTE .....</b>	<b>25</b>
3.1.1 Analisi dei dati acquisiti.....	25
3.1.2 Redazione della carta degli elementi a rischio.....	25
<b>3.2 ATTIVITÀ STUDIO E PIANIFICAZIONE RELATIVE ALL'ASSETTO DI</b>	
<b>VERSANTE .....</b>	<b>35</b>
3.2.1 Considerazioni sulle metodologie di analisi.....	35
3.2.2 Le fonti.....	37
3.2.3 Fase di studio.....	38
3.2.3.1 Carta geolitologica.....	39
3.2.3.2 Carta geomorfologica.....	44
3.2.3.3 Carta delle coperture relative ai terreni sciolti coesivi ed incoerenti.....	46
3.2.3.4 La carta delle infrastrutture e dei beni storico culturali .....	47
3.2.3.5 La carta dei danni segnalati.....	49
3.2.3.6 Inventario dei fenomeni franosi .....	49
3.2.4 Fase programmatica.....	54
3.2.4.1 Classificazione e zonazione della pericolosità da frana.....	54
3.2.4.2 Analisi del rischio da frana .....	56
3.2.4.3 La carta della pericolosità da frana.....	56
3.2.4.4 La carta del rischio dal frana .....	61
<b>3.3 ATTIVITÀ DI STUDIO E PIANIFICAZIONE RELATIVE ALL'ASSETTO</b>	
<b>IDRAULICO.....</b>	<b>67</b>
3.3.1 Rilievi topografici e altre attività di campagna .....	67
3.3.1.1 Rilievi topografici.....	69
3.3.1.2 Attività di rilievo speditivo .....	73
3.3.1.3 Formazione del catasto delle opere idrauliche.....	74
3.3.2 Analisi idrologica.....	79
3.3.2.1 Definizione del quadro conoscitivo .....	81
3.3.2.2 Analisi dei dati pluviometrici a scala regionale.....	86
3.3.2.3 Analisi dei dati idrometrici a scala regionale.....	91

3.3.2.4	<i>La modellistica idrologica</i> .....	93
3.3.2.5	<i>Eventi a carattere eccezionale</i> .....	104
3.3.2.6	<i>Valutazione dei tempi di ritorno</i> .....	116
3.3.2.7	<i>Calcolo delle portate di piena</i> .....	120
3.3.3	<i>Analisi idraulica e geomorfologica</i> .....	128
3.3.3.1	<i>Definizione del quadro conoscitivo</i> .....	129
3.3.3.2	<i>Analisi idraulica</i> .....	132
3.3.3.3	<i>Analisi geomorfologica e storico-inventariale</i> .....	155
3.3.4	<i>Definizione della pericolosità e del rischio idraulico</i> .....	159
3.3.4.1	<i>Concetti e definizioni</i> .....	160
3.3.4.2	<i>Attività connesse all'analisi del rischio</i> .....	161
3.3.4.3	<i>Definizione delle classi di pericolosità</i> .....	162
3.3.4.4	<i>Individuazione degli elementi a rischio</i> .....	162
3.3.4.5	<i>Mappatura del rischio idraulico</i> .....	163
<b>4</b>	<b>DEFINIZIONE DEGLI INTERVENTI</b> .....	<b>168</b>
<b>4.1</b>	<b>ATTIVITÀ COMUNI ALLE DUE TEMATICHE</b> .....	<b>168</b>
4.1.1	Norme di Piano .....	168
4.1.2	Sistemi di allarme e di allerta .....	168
4.1.3	Quadro del fabbisogno economico degli interventi .....	169
<b>4.2</b>	<b>ATTIVITÀ RELATIVE ALL'ASSETTO DI VERSANTE</b> .....	<b>170</b>
4.2.1	Definizione e criteri degli interventi di mitigazione del rischio .....	170
<b>4.3</b>	<b>ATTIVITÀ RELATIVE ALL'ASSETTO IDRAULICO</b> .....	<b>171</b>
4.3.1	Definizione degli interventi strutturali di messa in sicurezza .....	171
4.3.2	Criteri e obiettivi per la definizione degli interventi .....	172
4.3.3	Verifica idraulica degli interventi strutturali di messa in sicurezza .....	173
<b>5</b>	<b>ATTIVITÀ DI DIFFUSIONE DELL'INFORMAZIONE</b> .....	<b>175</b>
<b>5.1</b>	<b>"SERVIZIO STAMPA E RELAZIONI ESTERNE" DEL PIANO</b> .....	<b>175</b>
<b>5.2</b>	<b>INTERLOCUZIONE CON I PORTATORI DI INTERESSE E SOGGETTI DECISORI COINVOLTI</b> .....	<b>175</b>
<b>5.3</b>	<b>SEMINARI, CONVEGNI E WORKSHOP</b> .....	<b>175</b>
<b>5.4</b>	<b>PUBBLICAZIONI</b> .....	<b>176</b>
<b>5.5</b>	<b>PAGINA WEB SUL SITO DELL'AUTORITÀ DI BACINO</b> .....	<b>176</b>
<b>6</b>	<b>IL SISTEMA INFORMATIVO TERRITORIALE</b> .....	<b>177</b>
<b>6.1</b>	<b>ASSETTO DI VERSANTE</b> .....	<b>177</b>
<b>6.2</b>	<b>ASSETTO IDRAULICO</b> .....	<b>178</b>

## **1 PREMESSA**

La presente relazione generale riassume tutte le attività condotte per la redazione del Piano di Assetto Idrogeologico del bacino del fiume Fortore.

La relazione descrive le attività previste nel Disciplinare Tecnico-Economico e nel Piano Dettagliato delle Attività (PDA) e si articola in tre fasi che possono essere così sintetizzate:

- Acquisizione e archiviazione dei dati di base;
- Elaborazione delle carte tematiche di studio e di pianificazione;
- Definizione degli interventi strutturali e non strutturali.

Le diverse attività sono state relative sia all'assetto di versante che all'assetto idraulico.

La fase di acquisizione dei dati di base è stata curata assieme alla Segreteria Tecnico - Operativa dell'Autorità di Bacino. Si è quindi proceduto alla informatizzazione e omogeneizzazione di quanto raccolto.

Nella fase di elaborazione delle carte tematiche di studio e di pianificazione sono state condotte le attività per la predisposizione del quadro conoscitivo e sono state avviate le elaborazioni necessarie alla fase di definizione degli interventi.

Nella fase di definizione degli interventi strutturali e non strutturali si è proceduto sulla base delle elaborazioni condotte nella fase precedente a definire gli interventi strutturali per la messa in sicurezza valutandone il costo relativo e gli interventi non strutturali che si concretizzano nelle Norme di Piano per l'uso del territorio e nelle attività di monitoraggio.

## 2 ACQUISIZIONE E ARCHIVIAZIONE DEI DATI DI BASE

L'acquisizione, come previsto al capitolo 2 del PDA, ha riguardato:

1. materiale cartografico di base;
2. modelli digitali del territorio;
3. limiti amministrativi e di competenza di Enti territoriali;
4. documenti di pianificazione territoriale;
5. studi esistenti attinenti a problematiche di rischio idrogeologico-idraulico;
6. programmi di intervento degli Enti territoriali;
7. rilievi esistenti di corsi d'acqua;
8. dati idrologici;
9. dati sulle opere idrauliche presenti;
10. dati sulle concessioni del demanio fluviale;
11. dati su eventi storici.

### 2.1 MATERIALE CARTOGRAFICO DI BASE

Sono state acquisite le seguenti basi cartografiche e cartografie tematiche:

Denominazione	Produttore	Scala nominale	Formato	Coordinate
Carta Tecnica Regionale (CTR)	Regione Molise	1:5.000	Digitale (raster TIFF) georeferenziata	Gauss Boaga Fuso E
Carta d'Italia	IGMI	1.25.000	Digitale (raster TIFF) georeferenziata	UTM ED50 Fuso 33
Rilievo Aereo-fotogrammetrico	P. OO. PP PUGLIA - BARI	1.5.000	Digitale (raster TIFF) georeferenziata	UTM ED50 Fuso 33
Rilievo Aereo-fotogrammetrico	Consorzio Bonifica per la Capitanata	1:5.000	Digitale (raster TIFF) georeferenziata	UTM ED50 Fuso 33
Carta Tecnica Regionale (CTR)	Regione Campania	1:5.000	Digitale (raster TIFF) georeferenziata	Gauss Boaga Fuso O

Si è provveduto ad omogeneizzare ed archiviare ciascuno degli elementi di detto patrimonio cartografico secondo le seguenti specifiche in modo da poterlo inserire all'interno di un unico Sistema Informativo Geografico:

- Formato digitale georeferenziato TIFF o SHP
- Coordinate UTM ED50 Fuso 33

Le basi cartografiche sono contenute nel supporto digitale **I.AB.4.3**, la carta tecnica Regionale e la cartografia IGM della Campania sono contenute nel supporto digitale **I.AB.4.20**.

Sono state acquisite le seguenti riprese aeree:

Denominazione	Produttore	Scala nominale	Formato	Coordinate
Ortofoto aeree Regione Molise	AGEA	1:10.000	Digitale (raster TIFF) georeferenziata	Gauss Boaga Fuso E
Ortofoto aeree Regione Campania	Servizio Cartografico Reg. Campania	1:10.000	Digitale (aster TIFF) georeferenziata	UTM ED50 Fuso 33
Ortofoto aeree Regione Puglia	AGEA	1:10.000	Digitale (raster TIFF) georeferenziata	Gauss Boaga Fuso E
Foto aeree in stereoscopia	Regione Molise (1992 / 1954)	1:13.000	Digitale (tif)	-
Foto aeree in stereoscopia	Consorzio Bonifica Capitanata		Digitale (tif)	
Foto aeree in stereoscopia	Regione Campania	1:13.000	Digitale (tif)	

Le ortofoto AGEA sono contenute nel supporto digitale **I.AB.4.2**. Le foto aeree in stereoscopia della Regione Molise sono contenute nel supporto digitale **I.AB.4.4.1-2** mentre quelle fornite dalla Capitanata sono contenute nel supporto digitale **I.AB.4.5.1-2**, le immagini aeree della Regione Campania sono contenute nel supporto digitale **I.AB.4.21**.

La carta tecnica regionale scala 1:5000 della Regione Puglia non è stata prodotta e non sono state fornite le immagini aeree per il territorio Pugliese alla Provincia di Foggia.

Sono state acquisite inoltre le seguenti cartografiche tematiche:

Denominazione	Produttore	Scala nominale	Formato	Coordinate Originarie
Carta geologica Molise, Campania, Puglia	Servizio Geologico Nazionale	1:100.000	Digitale (TIF)	---
Carta geologica Molise	Servizio Geologico Nazionale	1:25.000	Digitale (ECW)	---
Carta litologica	Regione Molise (Ass. Agricoltura e Foreste)	1:100.000	Digitale (vettoriale SHP) georeferenziata	Gauss-Boaga Fuso E
Carta morfologica	Regione Molise (Ass. Agricoltura e Foreste)	1:100.000	Digitale (vettoriale SHP) georeferenziata	Gauss-Boaga Fuso E
Carta dell'uso del suolo	Regione Molise (Ass. Agricoltura e Foreste)	1:100.000	Digitale (vettoriale SHP) georeferenziata	Gauss-Boaga Fuso E
Carta geomorfologica	Regione Molise	1:25.000	Digitale (vettoriale SHP) georeferenziata	Gauss-Boaga Fuso E

Carta dell'uso del suolo	Regione Molise	1:10.000	Digitale (vettoriale SHP) georeferenziata	Gauss-Boaga Fuso E
Carta geomorfologica	Comunità Montana "Fortore Beneventano"	1:50.000	Digitale (TIF)	---
Carta dell'utilizzazione agricola del suolo	Regione Campania	1:50.000	Digitale (vettoriale SHP) georeferenziata	Gauss-Boaga Fuso E
Carta dei limiti amministrativi Strati prioritari	Regione Molise	1:10.000	Digitale (vettoriale SHP) georeferenziata	Gauss-Boaga Fuso E
Carta dei limiti amministrativi Strati prioritari	Regione Puglia	1:10.000	Digitale (vettoriale SHP) georeferenziata	Gauss-Boaga Fuso E
Carta dei limiti amministrativi Strati prioritari	Regione Campania	1:10.000	Digitale (vettoriale SHP) georeferenziata	Gauss-Boaga Fuso E
Carta dei centri abitati Strati prioritari	Regione Molise	1:10.000	Digitale (vettoriale SHP) georeferenziata	Gauss-Boaga Fuso E
Carta dei centri abitati Strati prioritari	Regione Puglia	1:10.000	Digitale (vettoriale SHP) georeferenziata	Gauss-Boaga Fuso E
Carta dei centri abitati Strati prioritari	Regione Campania	1:10.000	Digitale (vettoriale SHP) georeferenziata	Gauss-Boaga Fuso E
Viabilità stradale e ferroviaria Strati prioritari	Regione Molise	1:10.000	Digitale (vettoriale SHP) georeferenziata	Gauss-Boaga Fuso E
Viabilità stradale e ferroviaria Strati prioritari	Regione Puglia	1:10.000	Digitale (vettoriale SHP) georeferenziata	Gauss-Boaga Fuso E
Viabilità stradale e ferroviaria Strati prioritari	Regione Campania	1:10.000	Digitale (vettoriale SHP) georeferenziata	Gauss-Boaga Fuso E
Idrografia Strati prioritari	Regione Molise	1:10.000	Digitale (vettoriale SHP) georeferenziata	Gauss-Boaga Fuso E
Idrografia Strati prioritari	Regione Puglia	1:10.000	Digitale (vettoriale SHP) georeferenziata	Gauss-Boaga Fuso E
Idrografia Strati prioritari	Regione Campania	1:10.000	Digitale (vettoriale SHP) georeferenziata	Gauss-Boaga Fuso E
Altimetria Strati prioritari	Regione Molise	1:10.000	Digitale (vettoriale SHP) georeferenziata	Gauss-Boaga Fuso E
Carta delle sorgenti e dei pozzi	Ministero LL.PP.	1:100.000	cartaceo	---
SIGRIA	INEA		Digitale (vettoriale SHP)	UTM ED50 Fuso 33

			georeferenziata	
Elettrodotti	Terna	1:100.000	Digitale (vettoriale SHP)	UTM ED Fuso 33
Elettrodotti CTR	Regione Molise	1:10.000	Digitale (vettoriale SHP) geor.	UTM ED Fuso 33
Metanodotti	Snam Rete Gas	1:10.000	Digitale (vettoriale SHP) georeferenziata	UTM ED50 Fuso 33
Infrastrutture Idriche	Consorzio per la Bonifica della Capitanata	1:50.000	Digitale (vettoriale SHP) georeferenziata	UTM ED50 Fuso 33
Infrastrutture Idriche	Serv. Risorse Idriche della Regione Molise	1:10.000	Digitale (vettoriale SHP) georeferenziata	UTM ED50 Fuso 33
Adduttrici	ATO Puglia	1:250000	Digitale vettoriale	
Adduttrici	ATO 1 Calore Irpino	1:100000	Digitale vettoriale	

Le carte geologiche, geomorfologiche, litologiche e di uso del suolo sono riportate nel supporto digitale **I.AB.4.6**, gli Strati Prioritari sono contenuti nel supporto digitale **I.AB.4.7**, il SIGRIA è riportato nel supporto digitale **I.AB.4.8**, i Piani di Ambito sono contenuti nel supporto digitale **I.AB.9**. Il censimento dei pozzi e delle sorgenti è contenuto nel supporto digitale **I.AB.10**, mentre la carta geomorfologica del Fortore Beneventano e la carta di utilizzazione agricola della Regione Campania sono contenute nel supporto digitale **I.AB.18**.

Si è provveduto ad omogeneizzare ed archiviare gli elementi principali di detto patrimonio cartografico secondo le seguenti specifiche in modo da poterlo inserire all'interno di un unico Sistema Informativo Geografico:

- Formato digitale georeferenziato TIFF o SHP
- Coordinate UTM ED50 Fuso 33

## 2.2 MODELLI DIGITALI DEL TERRITORIO

E' stato acquisito il seguente modello digitale del terreno (DTM):

Produttore	Passo	Formato	Coordinate
Servizio Geologico Nazionale – AGIP	250 m	Digitale georeferenziato	Geografiche

Come previsto dal PDA è stata inoltrata richiesta per l'acquisizione del DTM 20, da utilizzarsi nella modellazione idraulica nella parte di territorio pugliese a valle della diga dell'Occhito, presso il Ministero dell'Ambiente Direzione Generale Servizi Cartografici. In seguito è stato appurato che detto modello digitale nel territorio Pugliese è stato prodotto a partire dalla cartografia scala 1:25000. Si ritiene pertanto che la precisione del modello non sia omogenea a quella delle sezioni fluviali e che pertanto esso risulti di fatto inutilizzabile. Si è pertanto provveduto alla

digitalizzazione delle curve di livello e dei punti quotati della carta prodotta dal rilievo aerofotogrammetrico (P. OO.PP. Puglia – Bari 1986), eseguito nell'ambito del Piano di Bacino del Fiume Fortore, e alla successiva elaborazione di un DTM con celle di dimensioni 25m x 25m.

Anche i DTM saranno omogeneizzati e archiviati con le seguenti specifiche:

- Formato ascii georeferenziato
- Coordinate UTM ED50 Fuso 33

## **2.3 LIMITI AMMINISTRATIVI E DI COMPETENZA DEGLI ENTI**

### **2.3.1 Regioni, Province e Comuni**

Si è provveduto all'acquisizione dei limiti amministrativi nelle Regioni Molise, Puglia e Campania per quanto riguarda Province e Comuni contenuti negli strati informativi del Data Base Topografico DB Prior 10K predisposti in coordinate UTM fuso 33.

Sono stati comunque acquisiti anche gli strati informativi del SINA predisposti a copertura nazionale in coordinate UTM fuso 32 per regioni, province e comuni.

### **2.3.2 Altri enti operanti sul territorio**

L'elenco dei comuni classificati in base alle Comunità Montane di appartenenza è stato reperito dall'Autorità. Sono stati inoltre acquisiti i limiti dei Consorzi di Bonifica.

In particolare le comunità montane presenti sono:

- Comunità montana Cigno Valle Biferno;
- Comunità montana Fortore Molisano;
- Comunità montana Molise centrale;
- Comunità montana del Matese;
- Comunità montana del Fortore;
- Comunità montana Monti Dauni Sett.li;
- Comunità montana Alto Tamaro;

I Consorzi di Bonifica presenti nel bacino sono i seguenti:

- Consorzio di Bonifica per la Capitanata;
- Consorzio di Bonifica Larinese.

## **2.4 DOCUMENTI DI PIANIFICAZIONE TERRITORIALE**

### **2.4.1 Piani straordinari ex D.L. 180/98**

È stato acquisito il Piano Straordinario delle aree “a rischio idrogeologico molto elevato” redatto dall’Università degli Studi del Molise per conto dell’Autorità di Bacino in attuazione dell’art. 1 comma 1bis D.L. 180/89 .

Tale documento è comunque già stato inserito (per quanto riguarda gli elementi più salienti) all’interno del SIT allestito nel corso dello *Studio del Rischio Idrogeologico nella Regione* della Regione Molise, studio anch’esso acquisito come detto in seguito.

Per quanto riguarda la regione Puglia il Piano straordinario è stato acquisito solo relativamente all’assetto di versante. La parte relativa all’assetto idraulico sarà fornita dal sig. Gigi D’Elia della Difesa del Suolo della Regione Puglia.

La Regione Campania non ha prodotto il Piano Straordinari ex D.L. 180/98.

### **2.4.2 Carta delle aree soggette al vincolo idrogeologico**

E’ stata acquisita la cartografia con la perimetrazione delle zone vincolate ai sensi del R.D. 30/12/1923 n. 3267, presso: gli uffici del Corpo Forestale dello Stato “Settore Provinciale Foreste di Benevento” (referente Dott. Rodolfo Di Maria). Tale perimetrazione è inoltre riportata sul PTCP della Provincia di Benevento (vedi 1.4.4., Tav. A3.4.2.3. Vincolo Idrogeologico).

Per quanto concerne la Regione Molise, i dati in oggetto sono disponibili unicamente su supporto cartaceo presso l’Assessorato all’Agricoltura e Foreste e riguardano l’intero territorio regionale. E’ stata inoltrata formale richiesta (Referente Dott. Falasca) per poter scansionare e georiferire i supporti cartacei. Alla data odierna si è ancora in attesa di comunicazioni.

Lo stesso materiale è stato richiesto all’Ispettorato Dipartimento Foreste della Regione Puglia (referente Dott. Antonio Ursitti). Alla data odierna si è ancora in attesa di comunicazioni.

### **2.4.3 Strumenti urbanistici generali**

Sono state inoltrate le richieste di acquisizione dei PRG o PdF presso la regione Molise Direzione Generale IV^ Servizio Gestione Urbanistico Territoriale (referente Geom. Moriello) e presso tutti gli Uffici Tecnici dei comuni molisani ricadenti nel bacino del F. Fortore.

Tali documenti sono stati acquisiti direttamente presso l’ufficio regionale sopra indicato tramite ripresa fotografica in formato digitale delle tavole in oggetto.

Sono state inoltrate le richieste di acquisizione dei PRG o PdF presso la regione Puglia Settore Urbanistica (referente Dott. Giordano) e presso tutti gli Uffici Tecnici dei comuni pugliesi ricadenti nel bacino del F. Fortore.

Non avendo avuto risposta presso le sedi regionali si è provveduto ad acquisire i piani di programmazione urbanistica direttamente presso i rispettivi uffici tecnici comunali tramite ripresa fotografica in formato digitale.

Per quanto riguarda la regione Campania, a seguito della richiesta inoltrata nell'ambito del Progetto di Piano stralcio per l'assetto idrogeologico dei fiumi Trigno, Biferno e minori, Saccione, sono state indicate le Comunità Montane, in particolare Comunità Montana Zona del Fortore e Comunità Montana Zona Alto Tammaro come interlocutrici per l'acquisizione del materiale sopra indicato. Le sopraindicate comunità montane, contattate per vie brevi hanno indicato i comuni quali interlocutori per l'acquisizione del materiale in oggetto.

Sono state inoltrate le richieste di acquisizione dei PRG o PdF presso tutti gli Uffici Tecnici dei comuni campani ricadenti nel bacino del F. Fortore. Gli strumenti urbanistici per i comuni della provincia di Benevento sono stati altresì acquisiti in forma indiretta, tramite la consultazione del materiale predisposto nell'ambito del PTCP, in particolare gli elaborati grafici A1.4.1 relativi ai PRG (supporto digitale **I.AB.4.14**) ad eccezione di quello del comune di Castelvete in Valfortore per il quale è stata effettuata una ripresa fotografica .

Tali dati, disponibili in formato .jpg e .dwg, sono stati riportati nel supporto digitale **I.AB.4.16**, suddivisi per provincia e comune. Quelle più significative successivamente sono state georeferenziate sulla base della cartografia disponibile e raccolte in un quadro d'unione di riferimento.

#### **2.4.4 Piani territoriale di coordinamento provinciale**

Sono stati acquisiti il PTCP della provincia di Benevento e di Foggia.

In particolare per il PTCP della provincia di Benevento è stato acquisito nella sua versione integrale e definitiva, mentre quello della Provincia di Foggia è stato reperito nella versione di bozza, esclusivamente per i documenti pubblicati nel sito [www.territorio.provincia.foggia.it/Bozza/Frame%20PTCP\\_2.htm](http://www.territorio.provincia.foggia.it/Bozza/Frame%20PTCP_2.htm). La provincia di Campobasso, ad oggi, non dispone di un PTCP.

Il materiale è contenuto nei supporti digitali **I.AB.4.14** e **I.AB.4.15**.

#### **2.4.5 Piani paesistici, parchi e aree protette**

Nell'ambito dell'attività di raccolta del materiale del PAI Trigno, Biferno e minori e Saccione, sono stati acquisiti presso l'Ufficio Cartografico della Regione Molise, sotto forma di Cover Arc/Info gli otto Piani Paesistici riguardanti la Regione Molise. Da questi sono stati estratti i layer ritenuti più significativi per le finalità dello studio: perimetrazioni degli strumenti urbanistici vigenti, aree soggette a vincolo idrogeologico e vincolo sismico. I dati acquisiti sono stati analizzati ed associati ad una legenda (campo label dello shape) per una più agevole consultazione. Sono

allegati alla presente su supporto digitale sia le Cover Arc/Info originali fornite dal Centro Cartografico della Regione Molise sia i layer estratti in formato shape georeferenziato UTM-Ed 50 fuso 33.

Il materiale riguardante la Regione Molise è contenuto nel supporto digitale **I.AB.4.10**.

Nel PTCP della Provincia di Benevento (Tav. A1.1.6.1c) sono riportati i seguenti Siti di Interesse Comunitario, censiti all'interno del lavoro Bioitaly Natura 2000 (ENEA):

- SIC 26 – Bosco in Castelfranco in Mescano
- SIC 28 – Bosco di Castelvetero in Valfortore;
- SIC 32 – Sorgente Alta Valle del Fiume Fortore.

Il materiale riguardante la Provincia di Benevento è contenuto nel supporto digitale **I.AB.4.14**.

Nel PTCP della Provincia di Foggia (Tav. 5 Aree Protette) è riportata la delimitazione del Parco Nazionale del Gargano che interessa in bacino del F. Fortore oltre all'individuazione dei SIC e delle zone di protezione speciale (ZPS). E' stata inoltre inoltrata una richiesta alla Provincia di Foggia per l'acquisizione degli elaborati informatizzati del PTC.

Il materiale riguardante la Provincia di Foggia è contenuto nel supporto digitale **I.AB.4.15**.

## **2.5 STUDI ESISTENTI**

### **2.5.1 Studio del Rischio Idrogeologico della Regione Molise**

Lo studio del Rischio Idrogeologico della Regione Molise, redatto da Europrogetti & Finanza S.p.A, Consorzio Suggest e Physis S.r.l. nel 2001, rappresenta un primo importante punto sulla situazione del rischio da frana e da alluvione su tutto il territorio della Regione Molise.

In esso sono contenute e omogeneizzate numerose informazioni provenienti da studi precedenti e fonti varie (quali ad esempio i Piani Straordinari ex D.L. 180/98 delle due Autorità di Bacino operanti nella Regione Molise, gli Eventi AVI, alcune carte di sintesi redatte dalla Regione Molise), ed è stato eseguito uno specifico studio idrologico-idraulico ai fini della definizione degli idrogrammi di piena e della pericolosità e del rischio da inondazione sulle aste fluviali attraversanti le aree più urbanizzate.

Il suddetto lavoro è contenuto nei supporti digitali **I.AB.4.11** e **I.AB.4.12**

### **2.5.2 Piano di Bacino del Fiume Fortore**

Il Piano di Bacino del Fiume Fortore (Legge 26-2-1982 n° 53) è stato eseguito dal Ministero dei Lavori Pubblici, Provveditorato alle opere pubbliche per la Puglia – Bari nell'anno 1988.

I documenti acquisiti sono in particolare:

- RS Relazione di sintesi
- A0 Modello matematico idrologico – Idraulico
- A1 Caratteristiche climatologiche ed idrologiche
- A4 Caratteristiche idrauliche della rete idrografica
- A5 Assetto della rete idrografica
- A6 Possibilità estrazione Inerti in relazione alla regimazione dei corsi d'acqua
- C1 Proposta tecnica programmatica di intervento.

Previa autorizzazione del P. OO.PP. Puglia - Bari è stato possibile reperire presso il Consorzio di Bonifica per la Capitanata il rilievo aereofotogrammetrico in formato cartaceo, scala 1:5000 per tutta l'asta del F. Fortore e per i principali affluenti. Le carte sono state digitalizzate e restituite in formato .tif con il relativo file di georeferenziazione con estensione .tfw.

Sono state acquisite inoltre 345 sezioni fluviali relative al F. Fortore e ai principali suoi affluenti in formato cartaceo. Le carte sono state digitalizzate e restituite in formato .dxf.

### **2.5.3 Studio sull'Ipotesi di collasso dello sbarramento d'Occhito**

E' stato acquisito lo studio "Sbarramento di Occhito sul Fiume Fortore – Ipotesi di collasso e ipotesi di apertura scarichi" relativo alle verifiche teoriche eseguite ai sensi delle circolari del Ministero LL.PP. n. 1125/86 e n. 852/87. Tale studio è stato eseguito dal Consorzio per la Bonifica della Capitanata nel febbraio del 1991.

E' stato inoltre acquisito il Foglio di Condizioni per l'Esercizio e la Manutenzione redatto dal Servizio Nazionale Dighe.

### **2.5.4 Progetto speciale VAPI**

E' stato acquisito il progetto speciale VAPI (Valutazione Piene) disponibile per la Regione Puglia. Il progetto è stato redatto dal Gruppo Nazionale per la Difesa dalle Catastrofi Idrogeologiche (GNDCI) del CNR, patrocinato dal Ministero della Protezione Civile. Si propone di fornire una guida tecnica sulla valutazione delle piene, destinata a tutti gli operatori del settore dell'Ingegneria idraulica e della difesa del suolo.

Per quanto riguarda la Regione Campania, il progetto speciale risulta pubblicato mentre per la Regione Molise non ancora concluso.

### **2.5.5 Altri studi disponibili**

Sono stati acquisiti gli studi esistenti presso i comuni della regione Molise e a quelli della regione Puglia e Campania ricadenti nei bacini di interesse; inoltre sono stati acquisiti gli studi d'interesse presso l'Ispettorato Ripartimento Foreste della Regione Puglia e il Settore Provinciale del Genio Civile di Foggia.

Sono stati acquisiti presso la Regione Molise Servizio Risorse Idriche gli studi disponibili sulle sorgenti.

Vario materiale informatizzato è riportato nel supporto digitale **I.AB.4.19**.

## **2.6 PROGRAMMI DI INTERVENTO**

E' stata acquisita per la regione Molise la seguente documentazione presso l'Autorità di Bacino:

- interventi ammessi al finanziamento con i fondi ex D.L. 180/98 - L.267/98;
- interventi ammessi al finanziamento con i fondi ex L. 183/89
- interventi ammessi al finanziamento con i fondi ex L. 445/08;
- interventi ammessi al finanziamento con i fondi ex D.P.R. 331/01.
- interventi della Regione Molise a seguito dell'evento del gennaio 2003 (Ordinanza P.C..M. 3268 del 12 marzo 2003) (non sono specificati gli interventi idraulici nel bacino del fiume Fortore) .

Per la Regione Campania sono stati acquisiti:

- interventi della Regione Campania a seguito dell'evento del gennaio 2003 (Ordinanza P.C..M. 3322 del 2003);
- programma interventi della Regione Campania – Difesa del Suolo (leggi 183/89, 267/98 e 179/2002);

Per la Regione Puglia sono stati acquisiti:

- interventi della Regione Puglia (Accordo di programma quadro per la difesa del suolo) (non sono specificati gli interventi idraulici nel bacino del fiume Fortore);

Inoltre sono stati acquisiti gli interventi della delibera CIPE 17/2003.

Sono state anche acquisite alcune informazioni, circa i danni segnalati e gli interventi di riduzione del rischio eventualmente eseguiti nei rispettivi territori, raccolte presso l'Autorità di Bacino relative alle Amministrazioni Comunali, alle Comunità Montane, ai Consorzi di Bonifica, alla Regione Molise, alle Province, al Provveditorato OO.PP e alla Protezione Civile.

Le Amministrazioni Comunali ricadenti nei bacini d'interesse hanno fornito diverse informazioni durante le visite e i sopralluoghi in campagna.

## **2.7 RILIEVI ESISTENTI DI CORSI D'ACQUA**

### **2.7.1 Sezioni trasversali recenti**

Alla luce delle informazioni finora disponibili esistono, per i corsi d'acqua in esame i seguenti rilievi fluviali:

- quelli eseguiti nel 1982 dal Provveditorato alle Opere Pubbliche della Puglia – Bari – per la realizzazione degli interventi sul fiume Fortore, disponibili presso il Consorzio di Bonifica per la Capitanata, per un totale di 182 sezioni trasversali; (in tali sezioni non sono rilevati gli attraversamenti fluviali);
- quelli eseguiti nel 1986 dal Provveditorato alle Opere Pubbliche della Puglia – Bari sul fiume Fortore e sui principali affluenti per un totale di:
  - Fiume Fortore 30 sezioni, delle quali 5 a valle della diga di Occhito e le restanti 25 a monte della diga di Occhito;
  - Torrente Tona 37 sezioni;
  - Vallone Santa Croce 21 sezioni;
  - Vallone Santa Maria 22 sezioni;
  - Torrente Sente 22 sezioni;
  - Torrente Cigno 10 sezioni;
  - Torrente Tappino 69 sezioni;
  - Torrente Fezzano 7 sezioni;
  - Torrente Succida 20 sezioni;
  - Torrente Carapello 15 sezioni;
  - Torrente Fiumarello 18 sezioni;
  - Torrente San Nicola 8 sezioni;
  - Vallone Scarafone 9 sezioni;
  - Torrente La Catola 23 sezioni;
  - Torrente Taverone 6 sezioni;
  - Torrente Cervaro 16 sezioni;
  - Torrente Zucariello 14 sezioni.
- quelli eseguiti dal Genio Civile, Ufficio di Foggia riportanti rilievo dei ponti e viadotti sul fiume Fortore a valle della diga di Occhito sino alla foce, acquisiti

presso il Consorzio di Bonifica per la Capitanata, per un totale di 6 sezioni trasversali di infrastrutture;

- quelli eseguiti dal Consorzio di Bonifica per la Capitanata nel lavoro "Rilievi topografici di 16 sezioni trasversali sull'asta del F. Fortore", a valle delle diga di Occhito;
- quelli eseguiti dal Consorzio di Bonifica per la Capitanata nell'ambito del progetto esecutivo "Diga di Piano dei Limiti sul Fiume Fortore", per un totale di 38 sezione tra la Diga di Occhito e Ponte di Civitate;

Tali rilievi sono riportati del supporto digitale **I.AB.4.17**.

### **2.7.2 Monografie di capisaldi**

Le monografie dei capisaldi utilizzati per il rilievo delle sezioni fluviali sono contenute all'interno degli studi ivi menzionati.

### **2.7.3 Rilievi sedimentologici**

I rilievi sedimentologici sono disponibili per il bacino del Fiume Fortore come riportato in dettaglio nell'Attività A.6. del *Piano di bacino del Fiume Fortore*, inerente alle analisi granulometriche del materiale in alveo per un totale di 31 campioni sul Fiume Fortore, 1 sul T. Staina, 2 sul T. La Catola e 2 sul T. Tappino.

## **2.8 DATI IDROLOGICI**

### **2.8.1 Dati di portata**

Sono già contenuti in maniera completa sotto forma di tabelle delle portate al colmo massime annuali registrate alle stazioni del S.I.M.N. all'interno dello *Studio del Rischio Idrogeologico*.

Sono stati digitalizzati i tracciati idrometrici disponibili presso la sede di Pescara del S.I.M.N. in formato di microfish, relativi alle stazioni di misura di "Fortore a Civitate" e "Fortore a Ponte Casale" per quanto riguarda i seguenti eventi:

- 23 - 26 ottobre 1955;
- 15 - 18 gennaio 1961;
- 15 - 18 dicembre 1963.

Sono state acquisite inoltre le misure idrometriche per le stazioni "Fortore a Ponte Barrea" e "Fortore a Ponte Ripalta" per quanto riguarda l'evento di piena del 23-26

gennaio 2003 e per la stazione di "Fortore a Ponte Ripalta" per quanto riguarda l'eventi di piena del 04-05 marzo 2005.

I dati raccolti sono riportati nell'allegato **I.B.2.2**.

### **2.8.2 Dati di pioggia**

I dati di pioggia sono contenuti sia nello *Studio del Rischio Idrogeologico* sia all'interno dei *Progetto di P.A.I., del Biferno, Saccione e Trigno..*

Le serie storiche sono state estese e integrate per il periodo precedente il 1960 per quanto riguarda le piogge di massima intensità annuali per durate di 1, 3, 6, 12, 24 ore.

Le serie estese sono riportate nell'allegato **I.B.2.1**.

E' stato inoltre acquisito come precedentemente riportato, il rapporto VAPI della regione Puglia.

Sono stati digitalizzati i tracciati pluviometrici, disponibili presso la sede di Pescara del S.I.M.N. in formato di microfish, relativi alle stazioni di misura presenti nel bacino in studio e restituite in formato di testo per quanto riguarda i seguenti eventi:

- 23 - 26 ottobre 1955;
- 15 - 18 gennaio 1961;
- 15 - 18 dicembre 1963.

Sono state acquisite le registrazioni pluviometriche delle stazioni delle stazioni di misura presenti nel bacino in studio per quanto riguarda l'eventi di piena del 23-26 gennaio 2003 e l'evento del 04-05 marzo 2005.

I dati raccolti sono riportati nell'allegato **I.B.2.2**.

## **2.9 DATI SULLE OPERE IDRAULICHE**

Sono state acquisite le schede del censimento delle opere idrauliche contenute nel lavoro Piano di Bacino del Fiume Fortore (Attività A5, Allegato 1 a,b). Le opere sono state georeferenziate e archiviate in formato .shp.

Si è proceduto all'integrazione e all'aggiornamento del censimento sulla base delle foto aeree AIMA (risalenti al 1998-99) e della carta tecnica 1:5.000 della Regione Molise e su quelle disponibili dallo studi del 1982 e del 1986; hanno fatto seguito sopralluoghi per accertare caratteristiche difficilmente desumibili tramite fotointerpretazione, quali lo stato di manutenzione, i materiali costruttivi e alcune caratteristiche dimensionali, nonché per eseguire fotografie e verificare l'esistenza di eventuali opere non rilevate tramite l'analisi delle foto aeree. Le fotografie più rappresentative sono riportate nell'Allegato **II.B.2.5**.

## **2.10 DATI SULLE CONCESSIONI DEMANIALI**

E' stato acquisito all'Ufficio del Demanio presso la Regione Molise il data-base relativo al demanio idrico e le relative planimetrie.

E' stato acquisito all'Ufficio del Settore Provinciale del Genio Civile di Benevento il data- base relativo al demanio idrico.

Sono stati richiesti analoghi dati presso il Settore Provinciale del Genio Civile di Foggia (referente Geom. Farace)

I dati raccolti sono riportati nella TABELLA 1.

Num.	Provincia	Ditta	Comune	Riferimenti catastali	Sup. mq.
0001	Campobasso	LUCIANO Carmine	Tufara	Fg. 1 e 5 p.lle n. 134/a e 127/a	16000
0002	Campobasso	VENDITTI Giovanni Antonio	Tufara	Fg. 1 p.lle n. 132p -133p-134p-135p-136p-137p, Fg. 5 p.lle n. 127p-128p	120000
0003	Campobasso	D'ALESSANDRO Filomena	Tufara	Fg. 1 p.la 132 (parte)	6900
0004	Campobasso	DI RENZO Michele	Tufara	Fg. 17 p.la 214 (parte)	7227
0005	Campobasso	ANDREOLA Giovanni	Tufara	Fg. 9 p.la n. 136 (parte), Fg. 17 p.lle n. 212/a e 213/a	10197
0006	Campobasso	DI RENZO Pasquale	Tufara	Fg.17 p.lle n. 212 (parte) e 214 (parte)	9716
0007	Campobasso	IALONARDI Luigi	Tufara	Fg. 9 p.lle n. 176-178/a	8050
0008	Campobasso	PETRUCCELLI Vincenzo	S.Croce di Magliano	Fg. 36 p.la n. 180	5400
0009	Campobasso	MOFFA Salvatore	Gambatesa	Fg. 9 p.la n. 377 (parte)	4000
0010	Campobasso	FERRUCCI Giuseppina	Tufara	Fg. 17 p.la n. 216 (parte)	9535
0011	Campobasso	LOMBARDI Alessandro	Tufara	Fg. 9 p.lle n. 166/a-b, 170/a - 167	33130
0012	Campobasso	Com. Mon. Fortore Molisano	Riccia	Fg. 6	2310
0013	Campobasso	SPADA Giovanni	Tufara	Fg. 9 p.la n. 166/c-d	2260
0014	Campobasso	TESTA Anna Maria	Gambatesa	Fg. 16 p.lle n. 436-438-437p	65530
0015	Campobasso	BARREA Giovanni (25-07-1947)	Tufara	Fg. 17 p.lle n. 221/b-213b	4900
0016	Campobasso	COLELLA Salvatore	Tufara	Fg. 24 p.la 336	4200
0017	Campobasso	SCA.CE. Srl	Gambatesa	Fg. 10 p.lle 318-319	18610
0018	Campobasso	ENEL DISTRIBUZIONE S.p.a.	Gambatesa	Fg. 10 p.lle 320	
0019	Campobasso	LECCESE Giovanni	Tufara	Fg. 17 p.lle n. 216p-224p	9760
0020	Campobasso	DI CRISCIO Salvatore	Gambatesa	Fg. 13 p.lle n. 25-214	
0021	Campobasso	IACOVELLI Salvatore	Gambatesa	Fg. 13 p.la 250	4480
0022	Campobasso	FLORIO Vincenzo	S.Croce di Magliano	Fg. 45 p.la 51 (parte)	9920
0023	Campobasso	FORTE Giovanni	Tufara	Fg. 9 p.la n. 182/e	1840
0024	Campobasso	IALONARDI Antonio Natale	Tufara	Fg. 9 p.lle n. 179-b-c-d, Fg. 6 p.lle n. 83-b1-c1 e n. 84-a-b	18790
0025	Campobasso	ABIUSO Pasquale	Gambatesa	Fg.10 p.la 323p, Fg. 9 p.la 375p	11480
0026	Campobasso	GROSSO Giovanni	Tufara	Fg. 9 p.la 170/b	6100

0027	Campobasso	BIBBO' Salvatore	Tufara	Fg. 25 p.lle n. 181p-182p	20260
0028	Campobasso	IADAROLA Luigi	Gambatesa	Fg. 10 p.la 323 (parte)	
0029	Campobasso	D'UVA Giovanni Antonio	Gambatesa	Fg. 10 p.la n. 322p	10200
0030	Campobasso	MARINO Giuseppe	Tufara	Fg. 1 p.la 132b	2527
0031	Campobasso	ABIUSO Michele	Gambatesa	Fg. 16 p.la n. 337	
0032	Campobasso	LECCESE Giovanni	Tufara	Fg. 9 p.la n. 173p	4600
0033	Campobasso	BARREA Giovanni (25-07-1947)	Tufara	Fg. 9 p.lle n. 182/d e 166/f	13727
0034	Campobasso	IALONARDI Michele	Tufara	Fg. 9 p.lle 177-178b e Fg. 17 p.la 214/c	18990
0035	Campobasso	RUGGIERO Giovannina	Tufara	Fg. 17 p.la n. 214/d	5200
0036	Benevento	D'ANDREA Vincenzo	San Bartolomeo in Galdo	Fg. 43 p.la 69-70	
0037	Benevento	PACIFICO Angelo	San Bartolomeo in Galdo	Fg. 73 p.la 286	

*Tabella 1 - Dati sulle concessioni demaniali*

## **2.11 DATI SULLE MAPPE CATASTALI NUMERICHE**

Sono stati richiesti i dati cartografici numerici relativi ai fogli catastali presso l'Agenzia del Territorio Ufficio Provinciale di Campobasso, Benevento e Foggia.

E' stata inoltrata richiesta presso la Direzione Centrale dell'Agenzia del Territorio di Roma, per l'acquisizione delle mappe catastali digitali georeferenziate disponibili presso l'A.G.E.A. (Agenzia per le Erogazioni in Agricoltura).

## **2.12 DATI SU EVENTI STORICI**

### **2.12.1 Segnalazioni dei vari enti e Comuni**

Sono state inoltrate ai Comuni, Consorzi di Bonifica, Regioni, Province, ricadenti nel bacino oggetto di studio, richieste di informazioni dettagliate sulle aree che nel passato hanno subito eventi di inondazione, nonché sui danni subiti e sulle ordinanze di protezione civile emanate a seguito di tali eventi

Le informazioni raccolte, anche se distribuite su un orizzonte temporale limitato, sono state riportate sulla cartografia di base, vedi carta delle aree inondate **II.B.3.5.1-30** e allegato dei danni segnalati **II.B.2.6**

### **2.12.2 Catalogo AVI delle inondazioni storiche e degli eventi franosi**

È stato acquisito il Catalogo degli Eventi sotto forma di tabelle Access, e la Relazione Finale, redatti nell'ambito del *Progetto AVI* del CNR – Gruppo Nazionale di Difesa dalle Catastrofi Idrogeologiche. Tale catalogo, nella maggior parte dei casi, riporta tuttavia solo indicazioni sommarie riguardo alla localizzazione ed estensione delle aree inondate e puntuali relativamente alla ubicazione dei fenomeni di dissesto per frana.

È stata peraltro acquisita, in quanto già informatizzata sotto forma di shape Arc-view all'interno del SIT dello *Studio del Rischio Idrogeologico nella Regione Molise*, la carta degli Eventi AVI redatta nell'ambito del *Piano straordinario* predisposto dall'Autorità di Bacino ai sensi del D.L. 180/98; la georeferenziazione è tuttavia da intendersi come puramente indicativa.

Sono stati inoltre acquisiti le relazioni finali dei progetti AVI (Aree vulnerate da calamità idrogeologiche) per la regione Molise. Il primo redatto dalla Unità Operativa n. 7 Gheos servizi geologici.

### **2.12.3 Inventario IFFI**

E' stato acquisito l'inventario nazionale dei fenomeni franosi (IFFI) costituito da elementi puntuali, lineari e poligonali georiferiti e gerarchizzati sulla base delle

corrispondenti tipologie di frana in particolare per le regioni Molise, Campania e Puglia.

L'inventario IFFI è contenuto nel supporto digitale **I.AB.13**.

#### **2.12.4 Altre fonti di informazione**

È stata acquisita, in quanto già informatizzata all'interno dello *Studio del Rischio Idrogeologico nella Regione Molise*, la "*Carta Regionale del Rischio Idrografico*" allestita dalla Regione Molise – Assessorato ai LL.PP., in cui sono riportati i tratti fluviali soggetti a dissesto e le aree storicamente inondate: anche in questo caso, come per gli Eventi AVI, le estensioni delle aree sono da riguardarsi come assolutamente approssimative.

E' stata acquisita la carta delle aree inondabili della Provincia di Foggia redatta nell'ambito del PTCP (Tav. 07) nella quale sono riportate in particolare le aree di interesse per il bacino del F. Fortore da valle della diga dell'Occhito sino alla foce.

### **2.13 AREA DI STUDIO DEL RISCHIO IDRAULICO**

Parallelamente all'attività di acquisizione e informatizzazione dati, è stata anche effettuata, in accordo con la Direzione dei Lavori, la delimitazione dell'Area di Studio del rischio idraulico.

Tale ambito è anche quello su cui è stato condotto il censimento per la redazione del Catasto delle Opere Idrauliche.

Come previsto, le aree oggetto di studio del rischio idraulico vengono divise tra:

- aree per le quali si procederà alla definizione della pericolosità su base idraulica, e cioè tramite modellazione idrologico - idraulica;
- aree per le quali si procederà alla definizione della pericolosità su base geomorfologico – storico - inventariale e cioè sulla base dei risultati della fotointerpretazione, dei sopralluoghi e delle eventuali informazioni in merito a passate inondazioni.

#### **2.13.1 Aree per le quali è previsto lo studio su base idraulica**

Come stabilito nel PDA, vengono ricomprese in quest'ambito tutte quelle aree di fondovalle attraversate dalle aste fluviali per le quali sono disponibili rilievi recenti o ne sono stati effettuati di nuovi, e cioè i corsi d'acqua di seguito riportati (Tavola **I.B.3.1.1-2**):

- Fiume Fortore;
- Torrente Tona;
- Vallone Santa Croce;

- Vallone Santa Maria;
- Torrente Sente;
- Torrente Cigno;
- Torrente Tappino;
- Torrente Fezzano;
- Torrente Succida;
- Torrente Carapello;
- Torrente Fiumarello;
- Torrente San Nicola;
- Vallone Scarafone;
- Torrente La Catola;
- Torrente Taverone;
- Torrente Cervaro;
- Torrente Zucariello.

I tratti per i quali era prevista la campagna di rilievo topografico integrativo sono i seguenti (Tav. **I.B.3.2.1-8**):

- Fiume Fortore tra la foce e il bacino della Diga di Occhito: 20 sezioni, di cui 10 relative ad infrastrutture;
- Fiume Fortore tra il bacino della Diga di Occhito e la sorgente: 9 sezioni, di cui 3 relative ad infrastrutture;
- Torrente Tappino tra la confluenza con il F. Fortore e la sorgente: 18 sezioni di cui 9 relative ad infrastrutture;
- Fiume Staina esclusivamente nei pressi della confluenza con il F. Fortore: 3 sezioni.

Erano inoltre previsti per i tratti in oggetto di studio dei rilievi speditivi relativi alle infrastrutture esistenti per un totale di circa 150 sezioni a integrazione dei rilievi strumentali disponibili.

### **2.13.2 Aree per le quali è previsto lo studio su base geomorfologica**

Sono state studiate su semplice base geomorfologica – storico - inventariale quelle aree di fondovalle, non già oggetto di studio idraulico, identificate dal punto di vista litologico come:

- "alluvioni recenti";
- "depositi alluvionali dei terrazzi fluviali di 3° e 4°ordine";
- "depositi lacustri".

per le quali era comunque disponibile la cartografia tecnica del Ministero dei Lavori Pubblici.

Nel dettaglio si tratta delle aree attraversate dai seguenti corsi d'acqua:

- Fiume Staina;
- Torrente Celone;
- Vallone San Pietro;
- Torrente Senape;
- Torrente Ruviano.

Erano previste per i tratti in oggetto dello studio geomorfologico e storico inventariale rilievi relativi alle infrastrutture esistenti per un totale di 35 sezioni.

### **3 ELABORAZIONE DELLE CARTE TEMATICHE DI STUDIO E DI PIANIFICAZIONE**

#### **3.1 ATTIVITÀ DI STUDIO E PIANIFICAZIONE COMUNI ALL'ASSETTO IDRAULICO E DI VERSANTE**

##### **3.1.1 Analisi dei dati acquisiti**

Si è trattato sostanzialmente della raccolta, dello spoglio e dell'analisi critica sia dei numerosi dati pervenuti all'Autorità di Bacino dai vari Enti Locali, sia delle informazioni e del materiale (cartografie, elaborati progettuali, ecc.) pervenuti direttamente dagli Enti.

La DD.LL. ha provveduto periodicamente ad aggiornare il quadro complessivo dei dati che via via si rendevano disponibili per l'esame da parte della scrivente Società affidataria. Nelle relazioni specifiche inerenti le singole attività di seguito descritte relative alla fase conoscitiva e di pianificazione sono stati descritti quali degli elementi acquisiti sono stati reputati utili ai fini della redazione del Progetto di Piano Stralcio.

##### **3.1.2 Redazione della carta degli elementi a rischio**

L'interazione delle fenomenologie morfoevolutive e alluvionali con le attività ed i beni (territorio antropizzato e beni storico-culturali, architettonici, etc.) costituisce l'elemento di debolezza nella pianificazione territoriale in relazione alle calamità naturali.

La riduzione del rischio, di fatto, dipende dalla mitigazione del danno atteso sugli elementi esposti al fenomeno naturale oppure dalla riduzione della probabilità di accadimento del fenomeno stesso.

In tale ottica gli elementi a rischio rappresentano il livello sul quale vanno a sovrapporsi gli elementi probabilistici di analisi del dissesto. Laddove essi contengono un alto valore sociale (essenzialmente vite umane) o economico (strutture e infrastrutture di servizio o produttive) l'impatto dell'evento naturale produce un'inevitabile turbamento nell'equilibrio creato tra ambiente antropico e ambiente naturale. Le conseguenze dell'impatto sono variabili e dipendenti da numerosi fattori tra cui l'intensità minima che può produrre il danno, la compatibilità delle opere con il probabile evento e la capacità di reazione del sistema antropico rispetto all'evento naturale (tra cui la capacità delle comunità di reagire agli stati di emergenza).

Come appare chiaro la problematica è estremamente complessa e nelle valutazioni degli scenari di rischio (classificazione del territorio in funzione della probabilità di evento e della presenza di elementi a rischio) un ruolo essenziale viene giocato proprio da questi ultimi. Più dettagliata è la mappa degli elementi a rischio, più

concreto sarà lo scenario di rischio che viene a configurarsi in relazione alla tipologia di eventi naturali attesi.

La cartografia degli elementi a rischio realizzata è stata impiegata sia per la mappatura del Rischio da Frana, sia per quella del Rischio Idraulico, a parte alcune piccole modifiche, che scaturiscono da una diversa dinamica dei fenomeni e che pertanto vengono adottate ai fini di una più corretta valutazione dei due tipi di rischio.

La base dati da cui si è partiti per l'elaborazione della carta degli elementi a rischio è rappresentata dalla carta d'uso del suolo realizzata da interpretazione di immagini satellitari. Le carte dell'uso del suolo utilizzate sono le seguenti:

- Carta dell'uso del suolo della Regione Molise scala 1:10000;
- Carta dell'uso del suolo della Regione Puglia (CORINE) scala 1:100000;
- Carta dell'uso del suolo della Regione Campania (CORINE) scala 1:100000.

Al fine di rendere la base dati acquisita rispondente alle finalità dello studio è stata integrata con informazioni estratte dalle seguenti fonti:

- Strati prioritari (centro abitati, viabilità stradale e ferroviaria, idrografia);
- Carta Tecnica Regionale Molise (elettrorodotti, acquedotti, etc);
- Reti idriche (Piani d'Ambito);
- Metanodotti (SNAM);
- Elettrorodotti (Terna);
- Strumenti Urbanistici;
- Ortofoto AGEA;
- Rilievi diretti sul terreno.

Gli strumenti urbanistici sono stati acquisiti dalle basi cartacee provvedendo alla scansione delle carte, alla loro georeferenziazione e alla digitalizzazione. Le legende dei diversi piani regolatori o piani di fabbricabilità sono state omogeneizzate in una unica legenda dalla quale risultassero evidenti le aree di espansione residenziale e industriale sulla base di quella adottata per il PTC della Provincia di Benevento con le seguenti classi:

- Nuclei urbani storicamente consolidati;
- Aree di completamento;
- Aree di espansione;
- Aree commerciali – artigianali – industriali;
- Aree destinate ad attrezzature pubbliche e di pubblico interesse;
- Aree turistiche ricettive;

- Area di rispetto cimiteriale;
- Aree di rispetto paesistico;
- Area P.I.P..

Di seguito sono dettagliate le singole fasi del processo:

- codifica iniziale dei poligoni costituenti la base dati reperita
- verifica di congruità della base di dati esistente (controllo di aree non codificate, realizzazione di poligoni su aree non codificate mediante fotointerpretazione)
- modifica e/o correzione dei dati tipologici riferibili a ciascun poligono in relazione alle ortofoto digitali e rilievi diretti
- creazione di elementi a rischio di elevato valore sociale ed economico (essenzialmente infrastrutture a rete, vie di comunicazione e nuclei abitativi e produttivi)
- creazione di macroclassi.

In particolare a partire dalla carta dell'uso del suolo si è innanzi tutto proceduto a integrarne le informazioni con la fotointerpretazione delle foto AGEA. Va osservato che la carta disponibile per la Regione Molise ha un grado di dettaglio molto maggiore rispetto a quella disponibile per la Regione Puglia e per la Campania. Pertanto la fase di omogeneizzazione è risultata particolarmente onerosa in quanto di fatto è stata condotta alla scala 1:10000.

In particolare si è proceduto a integrare la carta con le case sparse e con una migliore differenziazione dei diversi usi del suolo.

La legenda di riferimento è quella del CORINE LAND COVER integrata per quelle classi necessarie per ottenere una carta degli elementi rischio è riportata nella TABELLA 2.

Codice	Descrizione
1111	Aree edificate urbane continue
1112	Aree di completamento
1121	Zone edificate discontinue con edifici di più appartamenti prevalentemente senza giardini
1122	Zone edificate discontinue con case famigliari con giardino
1123	Zone densamente edificate discontinue con aree verdi
1124	Zone di nuova espansione
1211	Unità industriali o commerciali
1212	Installazioni speciali
1213	Zone di espansione industriali / commerciali
1221	Rete stradale e aree associate
12211	Autostrade
12212	Strade Statali
12213	Strade Provinciali
12214	Strade Comunali e Poderali
1222	Rete ferroviaria e aree associate
1223	Rete elettrica
1224	Metanodotti
1225	Acquedotti
1312	Cave
1322	Discariche
1411	Parchi
1412	Cimiteri
1413	Siti per i nuovi cimiteri
1421	Cimiteri
1422	Aree per il tempo libero
1423	Aree di espansione destinate ad attrezzature pubbliche e di pubblico interesse
2110	Terre arabili non irrigue
2111	Terre arabili principalmente senza vegetazione dispersa (non irrigue)
2112	Terre arabili con vegetazione sparpagliata (non irrigue)
2113	Serre
2121	Terre arabili principalmente senza vegetazione dispersa (irrigue)
2211	Vigneti
2221	Frutteti
2231	Oliveti
2311	Prati prevalentemente senza alberi e arbusti
2312	Prati con alberi e arbusti
2411	Colture annuali associate a colture permanenti
2421	Sistemi colturali complessi senza presenza di edifici
2422	Sistemi colturali complessi con presenza di edifici
2431	Zone agricole con porzioni significative di vegetazione naturale, con prevalenza di superfici arabili
2432	Zone agricole con porzioni significative di vegetazione naturale, con prevalenza di prateria
2433	Zone agricole con porzioni significative di vegetazione naturale, con prevalenza di vegetazione sparsa
2434	Zone agricole con porzioni significative di vegetazione naturale, con prevalenza di colture permanenti
2441	Aree agro forestali
3111	Piantagione di pioppo
3112	Altre foreste di latifoglie con copertura continua
3113	Altre foreste con latifoglie con copertura discontinua
3121	Foreste di conifere con copertura continua
3122	Foreste di conifere con copertura discontinua
3131	Boschi misti derivati dall'alternanza di alberi
3132	Boschi misti derivati dall'alternanza di gruppi di alberi

3211	Praterie naturali prevalentemente senza alberi e arbusti
3212	Praterie naturali con alberi e arbusti
3213	Vegetazione ripariale
3214	Tratturi
3221	Brughiera e landa
3241	Rimboschimenti seguenti al taglio o agli sfoltimenti
3242	Rimboschimenti naturali
3243	Boschi cespugliati
3244	Vivai forestali
3311	Spiagge
3312	Dune
3313	Sponde di fiumi
3321	Rocce nude
3331	Vegetazione sparsa su sabbia
3332	Vegetazione sparsa su roccia
3333	Vegetazione sparsa su altri suoli
4111	Paludi interne con acqua dolce
4121	Torbiere
5111	Fiumi
5112	Canali
5113	Opere idrauliche
5121	Corpi d'acqua naturali
5122	Serbatoi e bacini idrici
5211	Lagune costiere
5221	Estuari

*Tabella 2 – Legenda della carta degli elementi a rischio*

Una volta completata la parte di fotointerpretazione sono stati inseriti i centri abitati, e la viabilità proveniente dagli strati prioritari, le reti idriche, i metanodotti e gli elettrodotti.

Infine sono stati inseriti i Piani Regolatori integrando le aree e perfezionando la perimetrazione delle aree urbane e aggiungendo le aree di espansione.

Ciò ha consentito di aggiornare ed incrementare la banca dati relativa sia alle infrastrutture a rete e vie di comunicazione sia alle aree urbanizzate (tessuto urbano continuo e discontinuo) e a quelle di previsione urbanistica.

Seguendo le indicazioni contenute nel D.P.C.M. 29 settembre 1998, successivamente integrate da valutazioni specifiche sulla realtà sociale ed economica dell'area, sono state individuate otto macroclassi di elementi a rischio cui afferiscono tutti gli elementi censiti.

Le macroclassi sono diversamente definite per l'assetto di versante e per l'assetto idraulico. Nelle TABELLE 3 e 4 sono riportati gli elementi inseriti in ciascuna macroclasse.

<b>Classi</b>	<b>Elementi a rischio</b>
1	Aree edificate urbane continue, Unità industriali o commerciali, Autostrade, Strade Statali, Rete ferroviaria e aree associate, Metanodotti
2	Zone edificate discontinue con edifici di più appartamenti prevalentemente senza giardini, Zone edificate discontinue con case famigliari con giardino, Zone densamente edificate discontinue con aree verdi, Zone di espansione industriali / commerciali, Strade Provinciali, Cave, Parchi, Cimiteri, Impianti sportivi, Aree per il tempo libero
3	Aree di completamento, Zone di nuova espansione, Installazioni speciali Rete stradale e aree associate, Strade Comunali e Poderali, Rete elettrica, Acquedotti, Discariche, Siti per i nuovi cimiteri, Aree di espansione destinate ad attrezzature pubbliche e di pubblico interesse, Serre, Tratturi, Opere idrauliche
4	Oliveti, vigneti e frutteti
5	Paludi interne con acqua dolce, Torbiere, Fiumi, Canali, Corpi d'acqua naturali, Serbatoi e bacini idrici, Lagune costiere, Estuari
6	Terre arabili non irrigue, Terre arabili principalmente senza vegetazione dispersa (non irrigue), con vegetazione sparpagliata (non irrigue), principalmente senza vegetazione dispersa (irrigue), Prati prevalentemente senza alberi e arbusti e con alberi e arbusti, Colture annuali associate a colture permanenti, Sistemi colturali complessi senza presenza di edifici e con presenza di edifici, Zone agricole con porzioni significative di vegetazione naturale, con superfici arabili, con vegetazione naturale, con prateria, con vegetazione sparsa, con colture permanenti
7	Aree agro forestali, Piantagione di pioppo, Altre foreste di latifoglie con copertura continua, Altre foreste con latifoglie con copertura discontinua, Foreste di conifere con copertura continua, Foreste di conifere con copertura discontinua, Boschi misti derivati dall'alternanza di alberi, Boschi misti derivati dall'alternanza di gruppi di alberi, Rimboschimenti seguenti al taglio o agli sfoltimenti, Rimboschimenti naturali, Sponde di fiumi
8	Praterie naturali prevalentemente senza alberi e arbusti, Praterie naturali con alberi e arbusti, Vegetazione ripariale, Brughiera e landa, Boschi cespugliati, Vivai forestali, Spiagge, Dune, Rocce nude, Vegetazione sparsa su sabbia, Vegetazione sparsa su roccia, Vegetazione sparsa su altri suoli

*Tabella 3 – Classificazione dell'uso del suolo per l'assetto di versante*

<b>Classi</b>	<b>Elementi a rischio</b>
1	Aree edificate urbane continue, Unità industriali o commerciali, Autostrade, Strade Statali, Rete ferroviaria e aree associate
2	Zone edificate discontinue con edifici di più appartamenti prevalentemente senza giardini, Zone edificate discontinue con case famigliari con giardino, Zone densamente edificate discontinue con aree verdi, Zone di espansione industriali / commerciali, Strade Provinciali, Parchi, Cimiteri, Impianti sportivi, Aree per il tempo libero
3	Metanodotti, Cave, Aree di completamento, Zone di nuova espansione, Installazioni speciali, Rete stradale e aree associate, Strade Comunali e Poderali, Rete elettrica, Acquedotti, Discariche, Siti per i nuovi cimiteri, Aree di espansione destinate ad attrezzature pubbliche e di pubblico interesse, Serre, Tratturi
4	Oliveti, vigneti, frutteti
5	Opere idrauliche, Paludi interne con acqua dolce, Torbiere, Fiumi, Canali, Corpi d'acqua naturali, Serbatoi e bacini idrici, Lagune costiere, Estuari, Sponde di fiumi, Vegetazione ripariale, Spiagge, Dune
6	Sistemi colturali complessi senza presenza di edifici, Sistemi colturali complessi con presenza di edifici

7	Aree agro forestali, Piantagione di pioppo, Altre foreste di latifoglie con copertura continua, Altre foreste con latifoglie con copertura discontinua, Foreste di conifere con copertura continua, Foreste di conifere con copertura discontinua, Boschi misti derivati dall'alternanza di alberi, Boschi misti derivati dall'alternanza di gruppi di alberi, Rimboschimenti seguenti al taglio o agli sfoltimenti, Rimboschimenti naturali
8	Terre arabili non irrigue, principalmente senza vegetazione dispersa (non irrigue), con vegetazione sparpagliata (non irrigue), principalmente senza vegetazione dispersa (irrigue), Prati prevalentemente senza alberi e arbusti, con alberi e arbusti, Colture annuali associate a colture permanenti, Zone agricole con porzioni significative di vegetazione naturale, con superfici arabili, con prateria, con vegetazione sparsa, con colture permanenti, Praterie naturali prevalentemente senza alberi e arbusti e con alberi e arbusti, Brughiera e landa, Boschi cespugliati, Vivai forestali, Rocce nude, Vegetazione sparsa su sabbia, Vegetazione sparsa su roccia Vegetazione sparsa su altri suoli

Tabella 4 – Classificazione dell'uso del suolo per l'assetto idraulico

L'elaborazione successiva pone in relazione gli elementi vulnerabili con la probabilità di accadimento di un dato evento con caratteristiche note. Ciò significa che tutti gli elementi infrastrutturali, ambientali e gli areali di espansione urbanistica previsti dagli strumenti urbanistici, esistenti nell'area del bacino del fiume Biferno e Minori, sono stati accorpati per macroclassi omogenee sulla base del valore socio-economico o paesaggistico-ambientale stimato sulla scorta della seguente scala decrescente di valori:

- presenza di vite umane in maniera continua o altamente probabile
- presenza di attività produttive ad alto valore economico
- presenza di linee infrastrutturali strategiche
- presenza di elementi urbanistici discontinui
- presenza di attività produttive e commerciali di più basso valore economico
- presenza di elementi di alto valore etico/morale
- presenza di infrastrutture di servizio
- presenza di beni storico-architetturati
- presenza di colture ad elevato reddito
- presenza di una rete idrografica naturale
- presenza di colture a più basso reddito
- presenza di essenze vegetali sotto forma di bosco
- assenza di elementi e di colture agrarie

Circa la realizzazione delle macroclassi appare opportuno sottolineare che la scelta di otto macroclassi deriva essenzialmente dalle indicazioni che stanno emergendo dalla comunità scientifica che si sta occupando intensamente di tale tipo di problematica. La logica con cui sono state realizzate le macroclassi è legata, *in primis*, alla presenza continua o meno delle vite umane (valore massimo) e, solo successivamente, ad una classifica in termini esclusivamente economici delle attività o dei beni esposti all'evento naturale

Nella TABELLA 5 si riporta l'associazione tra le classi del CORINE e le macroclassi prima definite.

Classe assetto di versante	Classe assetto idraulico	Classe CORINE	Descrizione
1	1	1111	Aree edificate urbane continue
1	1	1211	Unità industriali o commerciali
1	1	12211	Autostrade
1	1	12212	Strade Statali
1	1	1222	Rete ferroviaria e aree associate
1	3	1224	Metanodotti
2	2	1121	Zone edificate discontinue con edifici di più appartamenti prevalentemente senza giardini
2	2	1122	Zone edificate discontinue con case famigliari con giardino
2	2	1123	Zone densamente edificate discontinue con aree verdi
2	2	1213	Zone di espansione industriali / commerciali
2	2	12213	Strade Provinciali
2	2	1411	Parchi
2	2	1412	Cimiteri
2	2	1421	Impianti sportivi
2	2	1422	Aree per il tempo libero
2	3	1312	Cave
3	3	1112	Aree di completamento
3	3	1124	Zone di nuova espansione
3	3	1212	Installazioni speciali
3	3	1221	Rete stradale e aree associate
3	3	12214	Strade Comunali e Poderali
3	3	1223	Rete elettrica
3	3	1225	Acquedotti
3	3	1322	Discariche
3	3	1413	Siti per i nuovi cimiteri
3	3	1423	Aree di espansione destinate ad attrezzature pubbliche e di pubblico interesse
3	3	2113	Serre
3	3	3214	Tratturi
3	5	5113	Opere idrauliche
4	4	2211	Vigneti
4	4	2221	Frutteti
4	4	2231	Oliveti
5	5	4111	Paludi interne con acqua dolce
5	5	4121	Torbiera
5	5	5111	Fiumi
5	5	5112	Canali
5	5	5121	Corpi d'acqua naturali
5	5	5122	Serbatoi e bacini idrici
5	5	5211	Lagune costiere
5	5	5221	Estuari
6	6	2421	Sistemi colturali complessi senza presenza di edifici
6	6	2422	Sistemi colturali complessi con presenza di edifici
6	8	2110	Terre arabili non irrigue
6	8	2111	Terre arabili principalmente senza vegetazione dispersa (non irrigue)
6	8	2112	Terre arabili con vegetazione sparpagliata (non irrigue)
6	8	2121	Terre arabili principalmente senza vegetazione dispersa (irrigue)

6	8	2311	Prati prevalentemente senza alberi e arbusti
6	8	2312	Prati con alberi e arbusti
6	8	2411	Colture annuali associate a colture permanenti
6	8	2431	Zone agricole con porzioni significative di vegetazione naturale, con prevalenza di superfici arabili
6	8	2432	Zone agricole con porzioni significative di vegetazione naturale, con prevalenza di prateria
6	8	2433	Zone agricole con porzioni significative di vegetazione naturale, con prevalenza di vegetazione sparsa
6	8	2434	Zone agricole con porzioni significative di vegetazione naturale, con prevalenza di colture permanenti
7	5	3313	Sponde di fiumi
7	7	2441	Aree agro forestali
7	7	3111	Piantagione di pioppo
7	7	3112	Altre foreste di latifoglie con copertura continua
7	7	3113	Altre foreste con latifoglie con copertura discontinua
7	7	3121	Foreste di conifere con copertura continua
7	7	3122	Foreste di conifere con copertura discontinua
7	7	3131	Boschi misti derivati dall'alternanza di alberi
7	7	3132	Boschi misti derivati dall'alternanza di gruppi di alberi
7	7	3241	Rimboschimenti seguenti al taglio o agli stoltimenti
7	7	3242	Rimboschimenti naturali
8	5	3213	Vegetazione ripariale
8	5	3311	Spiagge
8	5	3312	Dune
8	8	3211	Praterie naturali prevalentemente senza alberi e arbusti
8	8	3212	Praterie naturali con alberi e arbusti
8	8	3221	Brughiera e landa
8	8	3243	Boschi cespugliati
8	8	3244	Vivai forestali
8	8	3321	Rocce nude
8	8	3331	Vegetazione sparsa su sabbia
8	8	3332	Vegetazione sparsa su roccia
8	8	3333	Vegetazione sparsa su altri suoli

*Tabella 5 – Tabella di associazione classi elementi a rischio - macroclassi*

Il sistema informativo prevede i campi riportati nella TABELLA 6.

<b>Campo</b>	<b>Descrizione campo</b>
CLASSE	indicazione della classe di uso del suolo per mezzo della codifica riportata nella tabella 1
ORIGINE	indicazione della fonte da cui è stato tratto il dato
DESC	descrizione sintetica dell'uso del suolo reale
COD_GEO	macroclasse assetto di versante
COD_IDR	macroclasse assetto idraulico

*Tabella 6 – Campi dello strato informativo*

Gli elementi a rischio sono riportati nelle tavole **II.B.3.6.1-11** in scala 1:25000 realizzati su base topografica IGM. Nella FIGURA 1 si riporta la legenda adottata

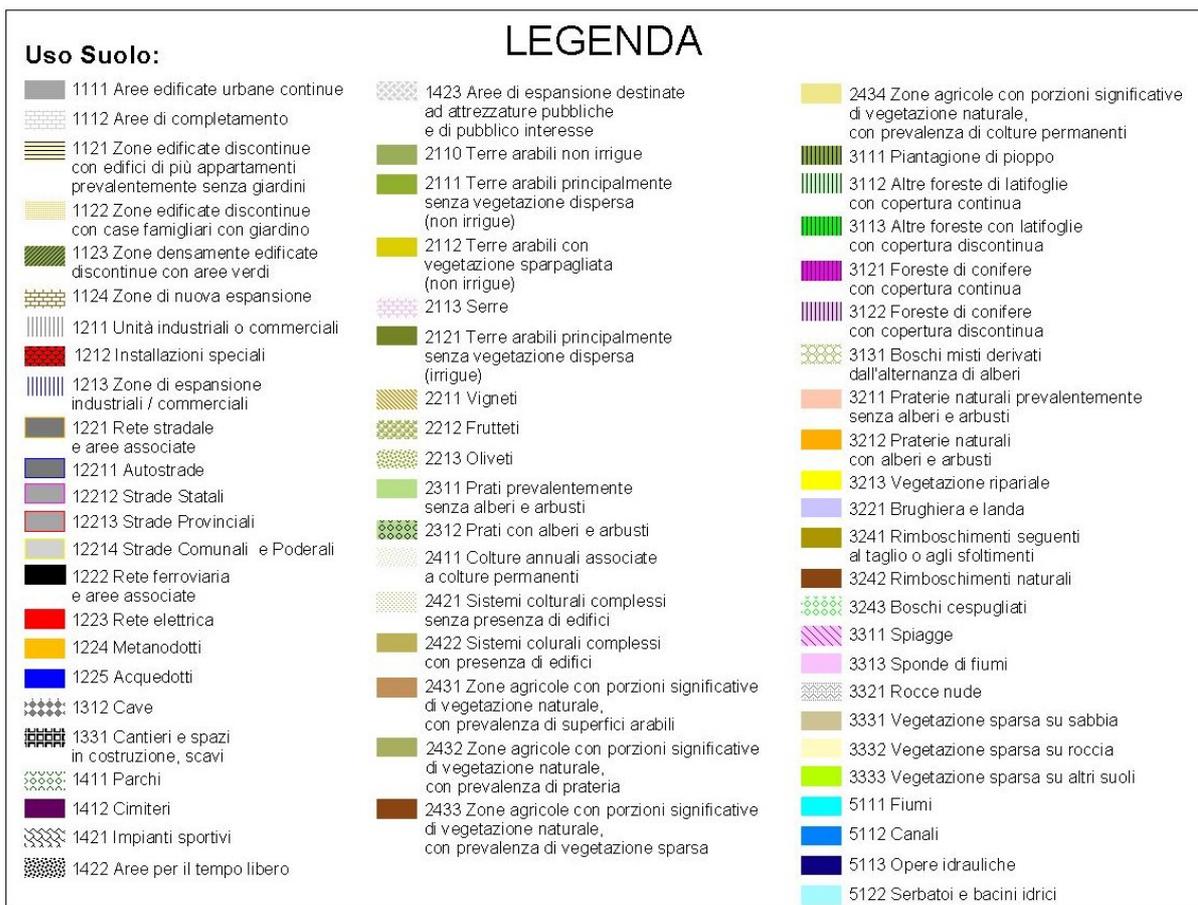


Figura 1 – Legenda della carta degli elementi a rischio

## **3.2 ATTIVITÀ STUDIO E PIANIFICAZIONE RELATIVE ALL'ASSETTO DI VERSANTE**

Il lavoro svolto per la redazione del *Piano Stralcio* ha avuto come obiettivo primario quello di individuare e perimetrare le aree di pericolosità e rischio presenti nella porzione di bacino in studio, al fine di progettare le “norme e misure di salvaguardia”, indispensabili per la gestione e pianificazione del territorio, e determinare le “priorità d'intervento” volte alla mitigazione o rimozione dello stato di rischio.

In tale ottica l'acquisizione di conoscenze organiche e il più possibile complete, relativamente alla stabilità dei versanti, costituisce una base imprescindibile per la redazione del *Piano Stralcio*. Particolare attenzione è stata rivolta a quelle situazioni di dissesto idrogeologico che, per stato di attività, ubicazione ed evoluzione spazio-temporale, interagiscono o potrebbero interagire negativamente con gli elementi infrastrutturali e paesaggistici vulnerabili.

Lo studio è stato strutturato secondo due fasi principali e sequenziali: la prima condotta con criteri analitici ha consentito di definire gli scenari di riferimento e le carte tematiche di base che costituiscono la banca dati ed il substrato del *Piano Stralcio*; la seconda condotta su basi programmatiche costituisce lo strumento attuativo del *Piano Stralcio*.

L'organizzazione e la progettazione del lavoro è stata indirizzata alla predisposizione di attività e procedure ripetibili nel tempo, in tal modo l'ente committente A.d.B. potrà disporre di uno strumento estremamente complesso ma flessibile e implementabile sulla base dell'aggiornamento di variabili note.

E' importante sottolineare che lo studio ha attinto le prime informazioni dal patrimonio di conoscenze esistente e reperibile presso gli enti Regionali, Provinciali, Comunali, A.d.B., Università e Istituti di ricerca operanti nel territorio di studio. Il bagaglio di conoscenze acquisito è stato approfondito focalizzando l'attenzione alle finalità dello studio. Pertanto, le conclusioni del *Piano Stralcio* non sempre concordano integralmente con quanto espresso dagli studi e strumenti di gestione del territorio precedentemente realizzati, ciò in relazione sia al diverso grado di approfondimento raggiunto sia alle finalità dello studio.

### **3.2.1 Considerazioni sulle metodologie di analisi**

La struttura logica del lavoro, per quanto concerne il rischio da frana, può essere sintetizzata in nove attività essenziali, sequenziali ed interdipendenti, che possono essere così riassunte:

- reperimento di fonti cartografiche, dati e studi pregressi;
- realizzazione di carte tematiche di base: geolitologica, geomorfologica, coperture relative ai terreni sciolti;
- realizzazione della carta inventario dei dissesti idrogeologici;

- realizzazione della cartografia della pericolosità d'evento;
- realizzazione della cartografia degli elementi a rischio da frana;
- realizzazione della carta dei danni segnalati;
- realizzazione della cartografia del rischio da frana;
- proposta di norme e misure di salvaguardia;
- proposta di individuazione delle priorità d'intervento.

La ricerca di uno standard di lavoro unico, dettato da norme e da criteri tecnico-scientifici ben definiti, ha consentito, comunque, di ottenere un buon livello di informazioni alla scala dello studio, omogeneo per qualità e quantità di informazioni. Ciò dà garanzia di uniformità di criteri e consente ai tecnici della A.d.B. di predisporre opportune azioni volte al miglioramento ed all'aggiornamento della base di dati così realizzata.

Lo studio, che ha per oggetto l'individuazione degli elementi di criticità idrogeologica e la classificazione del livello di rischio connesso, è stato realizzato da un gruppo di lavoro tecnicamente e scientificamente qualificato, che ha posto particolare attenzione agli aspetti di multidisciplinarietà. Ciò ha consentito di individuare in forma esplicita le molteplici interrelazioni esistenti fra le dinamiche che determinano l'instaurarsi delle condizioni di rischio.

Il gruppo di lavoro ha approfondito gli aspetti connessi con l'individuazione delle fenomenologie franose ed erosive, con la definizione dei diversi gradi di pericolosità geomorfologica e, infine, con il rischio specifico. Il grado di approfondimento dello studio ed il dettaglio ottenuto scaturiscono da valutazioni di equilibrio fra le esigenze operative del gruppo di lavoro e le aspettative della Committenza.

Il gruppo tecnico ha operato la sua scelta sulla base delle seguenti considerazioni:

- congruenza con le richieste della A.d.B.;
- congruenza con gli strumenti normativi nazionali e regionali;
- valenza tecnico-scientifica della metodologia utilizzata (SGN/DSTN/GNDCI);
- massimo grado di affidabilità per la zonazione del territorio;
- utilizzo di scale di rappresentazione (1:25.000);
- superamento della situazione di frammentarietà ed incompletezza delle informazioni esistenti;
- facilità di apprendimento e di utilizzo nella consultazione del GIS;
- capacità del GIS di interfacciarsi con altri GIS (SINA/SIU/AbR).

In relazione con le caratteristiche geologiche e morfologiche del territorio si è ritenuta indispensabile una metodologia di perimetrazione degli eventi franosi basata su rilievi diretti "in campo", per implementare la banca dati esistente, per rappresentare al meglio la variabilità e la complessa dinamica morfoevolutiva del territorio in esame.

Grazie all'impiego di tecnici specializzati, è stato possibile individuare, classificare, codificare e perimetrare oltre 3000 eventi di frana s.s. e/o di erosione accelerata, in parte già individuati e rappresentati nell'ambito di studi pregressi. La scala di maggior dettaglio e la conoscenza specifica dei territori oggetto di approfondimenti ha consentito di evidenziare una situazione certamente molto delicata nella quale

occorre esaminare con attenzione gli aspetti specifici di ciascun fenomeno, soprattutto in relazione con gli elementi a rischio presenti. A tale proposito buona parte delle attività svolte dal gruppo di lavoro ha riguardato la redazione di una cartografia degli elementi a rischio presenti. D'altro canto l'interazione delle fenomenologie franose con gli elementi a rischio esprime direttamente il livello di rischio cui è esposto il bene o l'attività, e tale aspetto costituisce l'obiettivo primario del *Piano Stralcio* che è alla base della pianificazione e programmazione degli interventi sul territorio.

La vivacità stessa del dibattito scientifico sull'argomento ed il quadro normativo in continuo fermento, testimoniano quanto sia forte l'esigenza di un'attenzione particolare all'argomento. Gli stessi principi contenuti nella L. 183/89 e scaturiti a valle di una consistente attività scientifica e di regolamentazione appaiono quanto mai attuali ed applicabili. L'accelerazione normativa degli ultimi tre anni generata dall'emergenza prodotta da catastrofi naturali forse evitabili riapre un acceso dibattito sull'importanza della pianificazione e, dunque, della prevenzione.

### **3.2.2 Le fonti**

L'individuazione delle fonti e il reperimento dati hanno impegnato la scrivente Società affidataria nelle fasi iniziali dello studio; in particolare va sottolineata la difficoltà incontrata nel reperimento di una cartografia topografica di base omogenea ed aggiornata per tutti i bacini oggetto dello studio; ciò ha condotto alla scelta, concordata con l'A.d.B., di utilizzare la cartografia dell'I.G.M.I. in scala 1:25.000 per tutte le basi tematiche.

La scrivente Società ha acquisito presso il centro cartografico della Regione Molise e presso la stessa Autorità di Bacino le seguenti basi cartografiche in formato cartaceo:

- Carta Tecnica Regione Molise in scala 1:5.000
- cartografia IGMI scala 1:25.000
- foto aeree stereocoppia Molise 1992
- foto aeree stereocoppia Campania 1998
- foto aeree stereocoppia Capitanata
- carta d'uso del suolo Regione Molise in scala 1:25.000
- data-base topografico DB Prior 10k delle regioni Molise, Campania e Puglia
- carta dei Piani Paesistici
- carta dei Siti di Interesse Comunitario
- ortofoto digitali AGEA scala 1:10.000 volo 1998(.tiff georeferenziato Gauss-Boaga)
- ortofoto digitali Regione Campania scala 1:10.000 volo 1998 (tiff georeferenziato UTM ED50 Fuso 33)

- carta geomorfologica scala 1:25.000 formato digitale (coverage arcinfo)
- carta geolitologica della regione Molise formato digitale (.shp)

Per quanto riguarda l'acquisizione di studi e dati inerenti l'area di studio si è fatto riferimento a molteplici fonti compresi gli studi e lavori professionali realizzati in precedenza dagli scriventi nell'area in studio. Inoltre è stata utilizzata come base primaria di riferimento: la cartografia geologica ufficiale scala 1:100.000, il "*Piano Straordinario del bacino del Fiume Biferno e Minori*" redatto dall'Università degli Studi del Molise Facoltà di scienze MM. FF. NN. e lo Studio del Rischio Idrogeologico nella Regione Molise (2000).

La Regione Molise ha consentito la consultazione degli atti relativi ad indagini geologiche, programmi d'intervento e attività realizzate in seguito ad Ordinanza della Protezione Civile, inerenti l'area oggetto di *Piano Stralcio*.

Infine sono stati acquisiti ed inventariati tutti i dati forniti dalle Amministrazioni Comunali, con territorio ricadente nell'area di pertinenza dello studio, relativamente alle segnalazioni di fenomeni franosi e danni alle infrastrutture.

### **3.2.3 Fase di studio**

Il quadro delle conoscenze circa le problematiche di dissesto idrogeologico dell'area appare consistente ma carente sotto il profilo dell'omogeneità e della disponibilità delle informazioni. Ad oggi gli elementi di conoscenza disponibili appaiono, pertanto, frammentari e dispersi e, comunque, non consentono una visione della problematica in termini di pericolosità e di rischio specifico.

Uno degli aspetti che è stato privilegiato nell'ambito del presente studio, infatti, è legato alla coerenza delle informazioni ed alla omogeneità dei risultati.

In particolare, sono stati eseguiti:

- rilievo di dettaglio delle forme e dei processi di dissesto del territorio, compresa la valutazione del loro grado di attività;
- verifica diretta degli eventi ritenuti di maggior interesse da parte di geologi esperti mediante rilievi di campagna ed analisi specifiche nei casi in cui l'evoluzione del fenomeno possa potenzialmente coinvolgere centri abitati e infrastrutture di primaria importanza sociale ed economica;
- rilievo di dettaglio alla scala 1:10.000 delle frane ritenute più significative sotto il profilo geomorfologico e più interessanti per quanto attiene alla loro pericolosità ed al potenziale coinvolgimento di elementi a rischio.

Le carte tematiche di studio, realizzate in scala 1:25.000, costituiscono il substrato conoscitivo del territorio di studio indispensabile per affrontare lo svolgimento del *Piano Stralcio* in un'ottica di corretta analisi tecnico-scientifica. Tutte le carte tematiche costituiscono un *layer* informativo del SIT progettato nell'ambito del *Piano Stralcio*. Ciò consente di poter interrogare ogni singolo elemento ed ottenere informazioni complete che non sempre emergono integralmente nei formati cartacei rappresentativi dei singoli strati:

- *Carta geolitologica*
- *Carta geomorfologica*
- *Carta delle coperture relativa ai terreni sciolti*
- *Carta delle infrastrutture e dei beni storico culturali*
- *Carta dei danni segnalati*
- *Carta inventario dei fenomeni franosi e valanghivi*

### **3.2.3.1 Carta geolitologica**

La conoscenza della fenomenologia naturale, relativamente alle dinamiche che regolano l'evoluzione dei versanti naturali, non può prescindere dalla conoscenza degli scenari geologici, geomorfologici ed idrogeologici nei quali essi si calano. Negli studi di previsione delle catastrofi naturali per frana particolare interesse rivestono gli assetti spaziali dei corpi geologici e, in particolare, gli spessori e la consistenza degli strati più superficiali, generalmente alterati. Nonostante tale fattore non sia, da solo, responsabile dell'evoluzione dei versanti per frana, una buona conoscenza geolitologica di base consente di predisporre scenari evolutivi grazie ai quali avviare azioni di prevenzione.

Premesso che l'elaborazione di una cartografia che contenga elementi utili per la predisposizione di scenari alla scala dell'evento o del suo bacino di alimentazione richiede un'attenta fase di rilievo in campagna che esula dagli obiettivi del presente lavoro, la "Carta geolitologica", realizzata in scala 1:25.000, contiene gli elementi necessari ad una conoscenza di massima, a livello di bacino, e non può ritenersi esaustiva per i futuri approfondimenti a scale maggiori a quella della rappresentazione. Ciò in quanto l'elaborato cartografico rappresenta una sintesi delle conoscenze acquisite ed è basata su considerazioni di geologia regionale, sull'analisi di cartografie tematiche di riferimento e su esperienze personali confortate da dati ed analisi puntuali. Il limite dell'elaborato proposto, pertanto, risiede nella stessa scala di lavoro (ambito di bacino), utile per un inquadramento geolitologico delle fenomenologie, ma che ha richiesto uno sfoltimento di informazioni ed una sintesi di merito che consentisse di elaborare un modello coerente con gli altri elaborati proposti nell'ambito del lavoro in questione.

La carta geolitologica, come si diceva, è stata realizzata partendo dalle basi di dati disponibili in letteratura; approfondimenti significativi e verifiche di coerenza sono state possibili grazie alla consultazione dei Fogli 154, 155, 162, 163, 173 e 174 della Carta Geologica d'Italia in scala 1:100.000 edita dal Servizio Geologico Nazionale e di lavori scientifici e professionali riguardanti l'area bacinale. Tutti i lavori consultati forniscono rappresentazioni del territorio a scala regionale o di bacino (con scale comprese tra 1:50.000 e 1:25.000). I dati di letteratura sono stati integrati ed aggiornati mediante controlli diretti sul terreno condotti da geologi specializzati.

La carta contiene le principali classi litologiche cui sono stati ascritti i terreni presenti in affioramento nel territorio del Bacino del Fiume Fortore; ciascuna classe contiene diverse tipologie litologiche accorpate per affinità deposizionali, di ambiente paleogeografico o per età. Le caratteristiche fisiche e meccaniche di ciascuna classe sono estremamente variabili alla scala dell'affioramento (nelle sequenze fliscioidi il

parametro di attrito interno tra i grani può essere compreso tra più decine di unità). Le caratteristiche delle formazioni geologiche affioranti in gran parte del bacino, infatti, sono quelle dei terreni strutturalmente complessi che, come è noto, presentano parametri fisici e meccanici estremamente variabili anche nell'ambito dello stesso affioramento (alternanze di facies pelitiche con facies marnose e/o sabbiose). Inoltre i parametri meccanici sono diretta funzione della storia tensionale subita dai corpi geologici e, soprattutto, dal grado di rimaneggiamento delle coltri superficiali dovuto ai movimenti gravitativi e/o all'azione operata dagli agenti esogeni. Infine le formazioni che caratterizzano il bacino di studio presentano solo raramente spiccati caratteri giacitureali e il rilevamento giacitureale dei giunti di discontinuità è stato possibile solo in corrispondenza dei pochi affioramenti dei fronti rocciosi presenti spesso sotto forma di olistoliti (o olistostromi) o delle sequenze di chiusura di cicli sedimentari. Nella TABELLA 7 vengono proposti gli intervalli di variabilità dei parametri fisici e meccanici che hanno, pertanto, un valore puramente orientativo. La carta riporta i principali elementi strutturali lineari (faglie, assi di pieghe, fronti di sovrascorrimento) e le giaciture degli strati, laddove rilevate alla scala dell'affioramento o dedotte dalla cartografia geologica ufficiale (S.G.N.). Nessuna indicazione cartografica supplementare può essere fornita riguardo ai "giunti di discontinuità" (faglie, fratture e superfici di stratificazione) che richiederanno un'analisi specifica sui fronti esposti mediante un rilievo geomeccanico di dettaglio condotto secondo le norme di riferimento (ISRM) e confortato dai dati di RQD derivanti dalla ricostruzione di profili stratigrafici per fori di sondaggio opportunamente ubicati.

CLASSE LITOLOGICA	$\gamma_n^3$ (t/m <sup>3</sup> )	$D_r^1$ (%)	$c^2$ (kg/cm <sup>2</sup> )	$\phi^3$ (°)
CUMULI DI FRANE	1.2÷1.5	-	0.0-0.1	8÷12
SABBIE DELLE SPIAGGE ATTUALI: sabbie e sabbie ghiaiose	1.6÷2.1	45÷65	0.0	28÷35
DEPOSITI FLUVIALI ATTUALI E RECENTI: ghiaie e sabbie degli alvei attuali; alluvioni limoso-argilloso-ghiaiose dei terrazzi recenti (III e IV ordine di terrazzi)	1.7÷2.1	40÷70	0.0÷0.1	18÷35
DEPOSITI SABBIOSI: depositi sabbiosi recenti di elaborazione litorale, con lenti di ciottoli (piane costiere)	1.8÷2.2	40÷80	0.0	28÷45
DETRITO DI FALDA SCIOLTO O POCO CEMENTATO	1.2÷2.1	40÷60	0.0÷0.1	25÷45
DETRITO DI CONOIDE DI DEIEZIONE	1.5÷2.2	30÷50	0.0	18÷45
DEPOSITI FLUVIALI ANTICHI (II ordine di terrazzi): limi argilloso-sabbiosi con lenti di ghiaie, talvolta leggermente cementate	1.4÷1.9	50÷75	0.0÷0.1	20÷40
DEPOSITI FLUVIO-LACUSTRI ANTICHI (I ordine di terrazzi): ghiaie sabbiose leggermente cementate, intercalate da strati e lenti di argille sabbiose	1.4÷2.0	45÷70	0.0÷0.1	18÷35
DEPOSITI FLUVIO-LACUSTRI E PALUSTRI DELLE AREE INTERNE: limi argillosi e argille sabbiose varvate con lenti di ghiaia e livelli torbosi o lignitiferi; riempimenti detritici delle conche intermontane con coperture di limi e sabbie lacustri-palustri	1.1÷2.2	15÷80	0.0÷0.2	10÷38
TRAVERTINI DA LITOIDI A TERROSI	1.7÷2.5	-	0.1÷...	20÷...
CONGLOMERATI: conglomerati sabbiosi (puddinghe), generalmente poco cementati	1.9÷2.5	50-70	0.0÷0.1	28÷45
SABBIE E ARENARIE: sabbie e arenarie poco cementate, intercalate da argille sabbiose e lenti di sabbie conglomeratiche	1.7÷2.4	50÷80	0.0÷...	20÷...
COMPLESSO ARGILLOSO-SABBIOSO: argille marnose siltoso-sabbiose, intercalate da sabbie argillose e lenti di sabbie conglomeratiche	1.7÷2.3	50÷75	0.0÷0.1	18÷35
COMPLESSO GESSOSO SOLFIFERO: calcari gessosi e gessi cristallini o pulverulenti	1.9÷2.6	-	-	-
ARENARIE: arenarie in strati e banchi, con rare intercalazioni di marna argillosa	-	-	-	-
COMPLESSO ARENACEO-PELITICO: arenarie variamente cementate alternate ad argille marnose e marne argillose grigie	-	-	-	-
COMPLESSO PELITICO-ARENACEO: argille marnose e marne argillose grigie intercalate o alternate ad arenarie variamente cementate, talora prevalenti	1.6÷2.1	-	0.1÷0.3	15÷30
COMPLESSO CALCAREO-MARNOSO: alternanza di calcari marnosi, calcilutiti, calciruditi, marne e marne argillose	1.7÷2.5	-	0.1÷0.5	15÷30
COMPLESSO MARNOSO-CALCAREO: alternanza di argille marnose, marne e marne calcaree, con orizzonti di calcareniti e calciruditi	1.6÷2.2	-	0.1÷0.4	15÷30
ORIZZONTI CALCAREI DISCONTINUI: calcari, calcareniti e calciruditi, talora in associazione con marne e marne calcaree; olistoliti di prevalente natura carbonatica inglobati nel Complesso Caotico delle Argille Varicolori	2.2÷2.7	-	-	-
COMPLESSO CAOTICO DELLE ARGILLE VARICOLORI: argille e argille marnose, policrome e scagliose, in assetto caotico, con intercalazioni discontinue di calcari marnosi e calcareniti; nell'ammasso argilloso sono frequenti blocchi o pacchi di strati scompaginati	1.6÷2.1	-	0.1÷0.3	13÷28
COMPLESSO CALCAREO-DOLOMITICO: calcari, calcareniti, calciruditi, calcari dolomitici e dolomie, da stratificati a massivi	2.1÷2.7	-	-	-

**Tabella 7 - Intervalli di variazione dei parametri fisici e meccanici dei litotipi appartenenti alle diverse classi litologiche individuate (vengono proposti il limite minimo e quello massimo di variazione del parametro).**

1 - parametro riferito alla frazione grossolana

2 - parametro riferito alla frazione fine

3 - parametro riferito sia ai materiali a comportamento coesivo (min) che granulare (max)

Al fine di fornire una valutazione qualitativa dello stato fisico degli ammassi rocciosi gli affioramenti lapidei sono stati classificati in funzione dell'indice volumetrico delle discontinuità ( $J_v$ ) in relazione alle dimensioni dei blocchi (TABELLA 8).

Il dato fornito, anche in questo caso, è puramente indicativo perché la caratterizzazione degli ammassi rocciosi secondo il Q-System di Barton, Lien & Lunde (1974) o l'RMR System (Rock Mass Rating System) di Bieniawsky (1973) necessita di procedure tecniche su ciascun fronte che dovranno necessariamente essere rimandate alle fasi di approfondimento delle condizioni di stabilità dei fronti esposti, anche attraverso il test speditivo di Markland ed in funzione della geometria dei tagli antropici che si andranno realizzando nel tempo.

Per gli affioramenti caratterizzati da variabilità dei caratteri tipologici dell'ammasso si farà riferimento a quelli medi, intendendo per medi quelli arealmente più frequenti.

<b>Tipo di ammasso</b>	<b>J<sub>v</sub> (giunti/m<sup>3</sup>)</b>
Massiccio	< 0.2
A blocchi	0.2 ÷ 1
A Blocchi grandi	1 ÷ 3
A blocchi di dimensione media	3 ÷ 10
A blocchi piccoli	10 ÷ 30
A blocchi molto piccoli	30 ÷ 60
Frantumato	> 60

*Tabella 8- Classificazione qualitativa degli ammassi rocciosi sulla base dell'indice volumetrico delle discontinuità stimato.*

Gli elaborati cartografici, realizzati su base topografica (Carta Tecnica Regionale), rappresentano la sintesi grafica delle informazioni contenute nel SIT. Al fine di rendere leggibile e sintetica la rappresentazione è stata elaborata la specifica legenda di seguito riportata nella FIGURA 2.

## LEGENDA

	1 - Coperture Eluvio-Colluviali				
	2 - DETRITO SCIOLTO				
	3 - DETRITO DI FRANA				
	4 - SABBIE (depositi di spiaggia e di piana costiera)				
	6a - GHIAIE CON INTERCALAZIONI SABBIOSO-LIMOSE (alluvioni attuali)				
	6b - SABBIE E LIMI CON INTERCALAZIONI DI GHIAIE(alluvioni recenti)				
	6c - GHIAIE CON INTERCALAZIONI SABBIOSO-LIMOSE (depositi alluvionali terrazzati)				
	7 - DEPOSITI DEL SUBSTRATO - CONGLOMERATI				
	8 - DEPOSITI DEL SUBSTRATO - SABBIE E ARENARIE				
	9 - DEPOSITI DEL SUBSTRATO - ARGILLE				
	10 - ARENARIE E PELITI				
	11 - ARGILLE E MARNE				
	12 - CALCARI E MARNE				
	13 - COMPLESSO CAOTICO DELLE ARGILLE VARICOLORI AUCTORUM				
	13a - COMPLESSO CAOTICO DELLE ARGILLE VARICOLORI AUCTORUM - Facies argillosa				
	13b - COMPLESSO CAOTICO DELLE ARGILLE VARICOLORI AUCTORUM - Facies calcareo-marnosa				
	13c - COMPLESSO CAOTICO DELLE ARGILLE VARICOLORI AUCTORUM - Facies calcareo-detritica				
	Faglia		Sovrascorrimento		Limiti comunali
	Faglia presunta		Giaciture		Limite di bacino
	Sorgenti				
	Pozzi				
	Cave				

Figura. 2 – Legenda della Carta Geolitologica (Tavola II.A.1.1.a)

### 3.2.3.2 Carta geomorfologica

La carta geomorfologica deve contenere tutti gli elementi, desunti attraverso attività di rilevamento di campagna, integrate da dati di laboratorio, interpretazione di fotografie aeree e di immagini telerilevate, nonché dal confronto con la cartografia geologica di riferimento.

La carta geomorfologica realizzata nell'ambito del presente lavoro è stata strutturata sulla base degli indirizzi contenuti nel quarto volume dei "Quaderni serie III del Servizio Geologico Nazionale: Carta geomorfologica d'Italia – 1:50.000 – Guida al rilevamento" e fa riferimento alla "Proposta di legenda geomorfologica ad indirizzo applicativo" contenuta in *Geografia Fisica e Dinamica Quaternaria*, vol. 16 (2) del 1993, elaborata da una apposita commissione tecnica istituita in seno al GNGFG (Gruppo Nazionale Geografia Fisica e Geomorfologia)<sup>1</sup>.

L'elaborato cartografico è volto alla definizione ed alla interpretazione dei principali processi evolutivi che hanno determinato l'attuale quadro morfologico dell'area ed alla individuazione delle forme presenti nel territorio di studio con specifico riferimento all'agente morfogenetico che le ha prodotte, ai meccanismi ed al loro stato di attività. Particolare attenzione è stata dedicata alla cartografazione delle forme, dei processi e dei depositi gravitativi di versante.

Anche in questo caso, come per la Carta geolitologica, l'elaborato contiene le informazioni di sintesi coerenti con la scala della rappresentazione. Un approfondimento significativo sarebbe stato possibile ad una scala di rilievo di dettaglio (1:10.000÷1.5.000) mediante numerosi dati puntuali la cui disponibilità avrebbe richiesto un impegno specifico che esula dagli obiettivi del presente lavoro.

L'elaborato, pertanto, è da intendersi rappresentativo delle principali forme del paesaggio senza che i dati in esso contenuti possano intendersi esaustivi per gli studi di dettaglio che dovessero essere avviati successivamente alla stesura definitiva del presente Piano.

Gli elaborati cartografici, realizzati su base topografica (Carta Tecnica Regionale), rappresentano la sintesi grafica delle informazioni contenute nel SIT. Al fine di rendere leggibile e sintetica la rappresentazione è stata elaborata la specifica legenda di seguito riportata nella FIGURA. 3.

---

<sup>1</sup> PELLEGRINI G.B., CARTON A., CASTALDINI D., CAVALLIN A., D'ALESSANDRO L., DRAMIS F., GENTILI B., LAURETI L., PRESTININZI A., RODOLFI G., SAURO U., SORRISO VALVO M. & SPAGNA V.

## LEGENDA

	Soliflussi		
	Area a franosità diffusa		
	Crolli		
	Conoide di deiezione inattivo		
	Conoide di deiezione attivo		
	Nicchia e corpo di frana		
	Dolina		
	Forme di erosione e degradazione		
	Area esondabile		
	Area interessata da diffusi fenomeni carsici		
	Superficie con forme di dilavamento prevalentemente concentrato		
	Superficie con forme di dilavamento prevalentemente diffuse		
	Dune		
	Bacino idrico artificiale		
	Cava attiva		
	Cava inattiva		
	Area intensamente modellata da interventi umani		
	Alveo con sponda in erosione		Orlo di scarpata di terrazzo
	Alveo con sponda in erosione		Argine artificiale
	Linea di costa		Cresta
	Foce armata		Meandro abbandonato
	Orlo di scarpata di terrazzo degradato		Vallecola a V
	Orlo di terrazzo marino		Vallecola a conca
	Limiti comunali		Limite di bacino

Figura. 3 – Legenda della Carta Geomorfologica (Tavola II.A.1.1.b)

### **3.2.3.3 Carta delle coperture relative ai terreni sciolti coesivi ed incoerenti**

La perimetrazione degli areali di affioramento dei terreni sciolti e la redazione della specifica cartografia tematica risulta di notevole ausilio per l'individuazione delle aree a diverso grado di *pericolosità*. E' noto, infatti, che la probabilità di accadimento di un fenomeno di dissesto è strettamente connessa alla natura ed allo stato fisico e meccanico dei litotipi che caratterizzano un versante naturale, nonché alle caratteristiche geometriche del profilo ed al regime nel tempo delle pressioni neutre all'interno delle masse di terreno. La stesura della *Carta delle coperture relative ai terreni sciolti coesivi ed incoerenti* ha seguito cronologicamente la preparazione e la redazione della carta geolitologica, ed è stata preceduta da un attento studio delle foto aeree. I numerosi rilievi diretti sul terreno e i dati raccolti presso gli enti locali e regionali, relativamente ad indagini geognostiche eseguite in passato, hanno consentito di arricchire il quadro delle conoscenze acquisito attraverso studi pregressi che hanno direttamente o indirettamente trattato della problematica specifica. La legenda della carta in questione è stata ottenuta attraverso un'esemplificazione di quella della carta geolitologica, mantenendo validi gli accorpamenti in essa contenuti.

Gli elaborati cartografici, realizzati su base topografica (Carta Tecnica Regionale), rappresentano la sintesi grafica delle informazioni contenute nel SIT. Al fine di rendere leggibile e sintetica la rappresentazione è stata elaborata la specifica legenda di seguito riportata nella FIGURA 4.

## LEGENDA

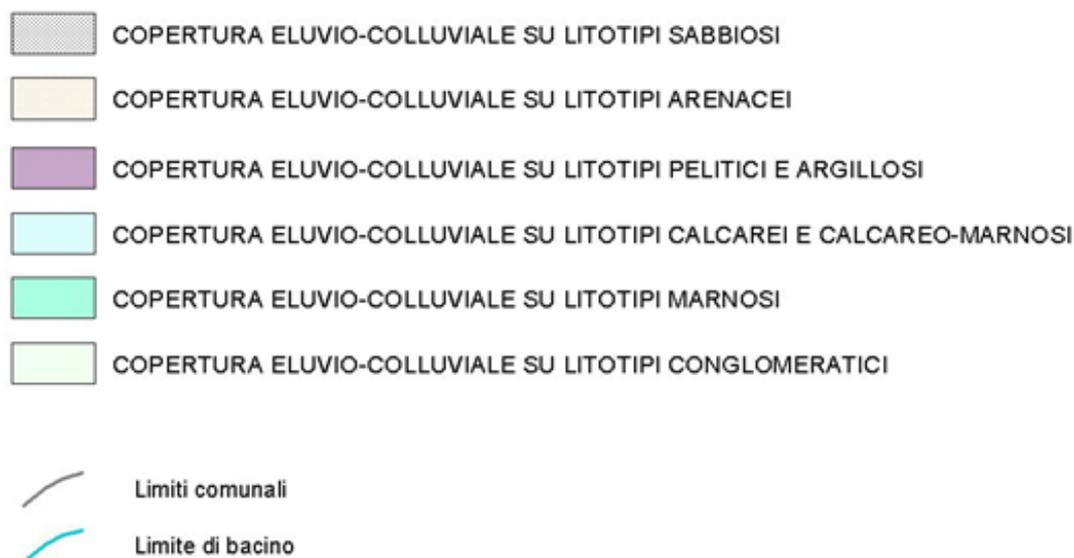


Figura 4 – Legenda della Carta delle coperture relative ai terreni sciolti coesivi e incoerenti (Tavola. II.A.1.1.c)

### 3.2.3.4 La carta delle infrastrutture e dei beni storico culturali

L'elaborato "Carta degli insediamenti urbani ed infrastrutturali e carta dei beni storico culturali e ambientali" ha come finalità il censimento e la localizzazione delle infrastrutture e delle aree con particolare rilevanza socio-economica, storico-culturale ed ambientale. L'elaborato contiene la base di dati che, nella successiva fase di analisi, consentirà di individuare gli scenari che necessitano di priorità d'intervento al fine di mitigarne il rischio.

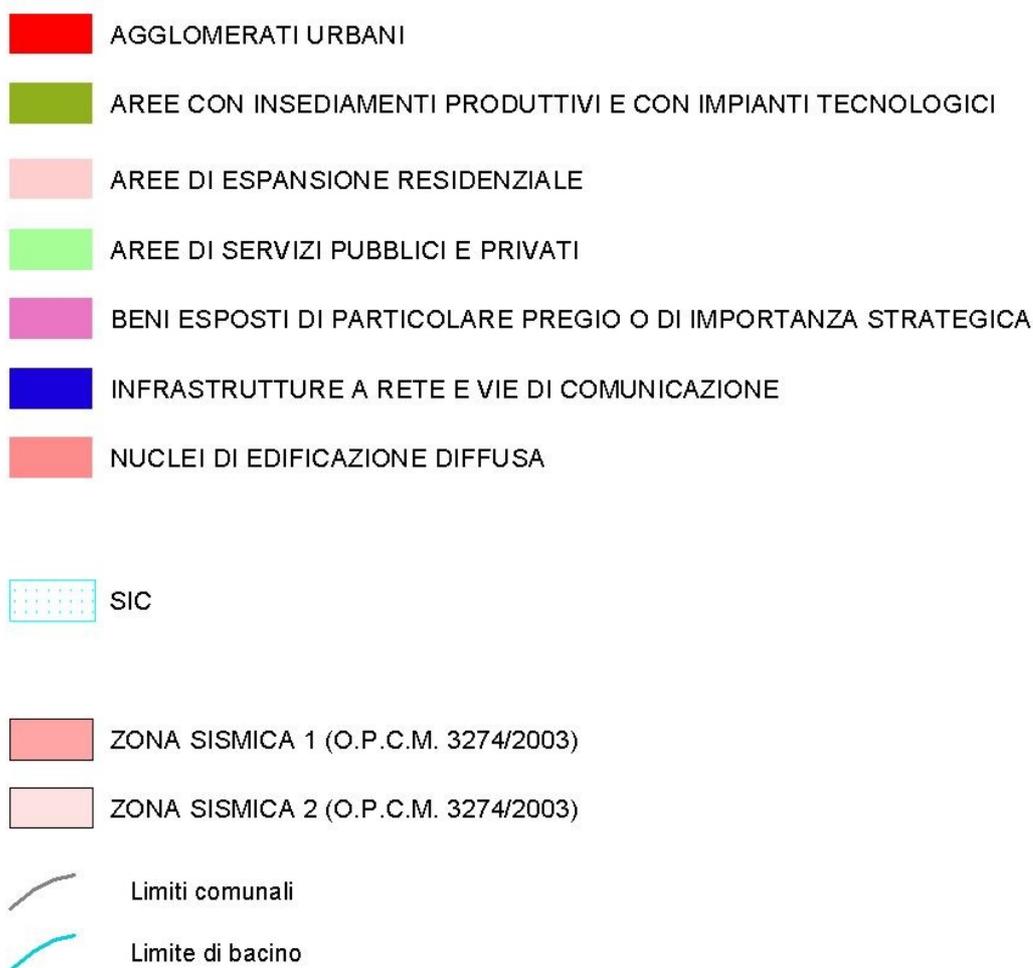
Gli elementi riportati nell'elaborato cartografico rappresentano la base di dati iniziale necessaria per la redazione della "Carta degli elementi a rischio". Per la realizzazione dell'elaborato sono state individuate, in accordo con la Segreteria Tecnico Operativa dell'Autorità di Bacino, le seguenti categorie di elementi:

- Agglomerati urbani
- Nuclei di edificazione diffusa
- Aree con insediamenti produttivi e con impianti tecnologici
- Aree di espansione residenziale
- Aree di servizi pubblici e privati
- Beni esposti di particolare pregio o di importanza strategica

- Infrastrutture a rete e vie di comunicazione
- Siti d'interesse comunitario (SIC)
- Nuova zonazione sismica dei comuni rientranti nel territorio bacinale

Durante le fasi di acquisizione della cartografia tematica di riferimento sono state consultate le seguenti basi di dati (cartacee e digitali): Piani Territoriali Paesistici Ambientali di Area Vasta della Regione Molise, Carta d'uso del suolo della Regione Molise, della Regione Puglia e della Regione Campania, cartografie delle aree soggette a vincolo (S.I.C.). I dati acquisiti sono stati integrati da fotointerpretazione, rilievi diretti e perimetrazioni eseguite direttamente dagli scriventi. Gli elaborati cartografici, realizzati su base topografica della Carta Tecnica Regionale e riprodotti in scala 1:25.000, rappresentano la sintesi grafica delle informazioni contenute nel SIT. Al fine di rendere leggibile e sintetica la rappresentazione è stata elaborata la specifica legenda di FIGURA 5.

## LEGENDA



*Figura. 5 – Legenda della Carta delle infrastrutture e dei beni storico culturali (Tavola II.A.1.2.a)*

### 3.2.3.5 La carta dei danni segnalati

L'elaborato "Carta dei danni segnalati" rappresenta un'utile base di partenza per l'individuazione delle aree di maggior interesse relativamente allo stato di rischio, in quanto evidenzia le situazioni di dissesto conclamate che hanno già arrecato danni alle infrastrutture.

L'elaborato "Carta dei danni segnalati" contiene l'aggiornamento delle segnalazioni di danno ricevute dagli Enti operanti sul territorio, arricchite con informazioni originali raccolte direttamente durante la realizzazione dello studio.

Gli elaborati cartografici, realizzati su base topografica I.G.M.I. in scala 1:25.000, rappresentano la sintesi grafica delle informazioni contenute nel SIT. Al fine di rendere leggibile e sintetica la rappresentazione è stata elaborata la specifica legenda riportata nella FIGURA 6.



Figura. 6 – Legenda della Carta dei danni segnalati (Tavola II.A.1.3.a)

### 3.2.3.6 Inventario dei fenomeni franosi

L'inventario dei fenomeni franosi rappresenta il documento di conoscenza indispensabile su cui è fondata la successiva fase di individuazione e perimetrazione delle aree a diverso grado di pericolosità.

L'inventario e la Carta inventario derivata contengono informazioni circa lo stato di dissesto del territorio in esame senza fornire alcuna interpretazione dei fenomeni e/o sintesi di natura geomorfologico-applicativa. Nella Carta, pertanto, sono rappresentati tutti i fenomeni di instabilità dei versanti verificatisi nel passato, o attualmente in evoluzione, distinti, sulla base di apposita simbologia che descriva la tipologia del movimento ed il suo stato di attività<sup>2</sup>.

Ciascun fenomeno viene descritto attraverso la scheda di censimento proposta dal S.G.N.. Per la compilazione della scheda il geologo ha dovuto seguire le indicazioni contenute nella Miscellanea VII del S.G.N. (1996)<sup>3</sup>.

---

<sup>2</sup> G.N.G.F.G. (1993) – Proposta di legenda geomorfologica ad indirizzo applicativo. *Geografia Fisica e Dinamica Quaternaria*, vol. 16 (2)

<sup>3</sup> PRESIDENZA DEL CONSIGLIO DEI MINISTRI – DIP. TO PER I SS.TT.NN. – SERVIZIO GEOLOGICO (1996) – *Miscellanea VII: Guida al censimento dei fenomeni franosi ed alla loro archiviazione*. Istituto Poligrafico e Zecca dello Stato, Libreria dello Stato.

Per gli eventi ritenuti di particolare significato ai fini del rischio (probabili R3 e R4) ciascun rilevatore ha redatto una breve relazione descrittiva del fenomeno contenente indicazioni circa il movimento, gli elementi a rischio coinvolti o potenzialmente coinvolgibili e la presenza di interventi di consolidamento.

La realizzazione della carta inventario ha costituito il momento più delicato dell'intero studio; la presenza di errori interpretativi, omissioni o stime errate in questa fase dello studio avrebbero potuto determinare un flusso di eventi a catena capaci di condizionare direttamente le elaborazioni successive connesse alla fase di elaborazione dello Piano Stralcio.

Le procedure di rilievo e censimento sono state esposte nel Piano di lavoro proposto ed approvato dal Committente e sono conformi a quanto indicato dal S.G.N.<sup>4</sup>. La scelta di seguire linee guida attualmente accettate da gran parte della comunità scientifica garantisce la conformità terminologica e l'adozione di standard classificativi. Per contro può produrre interpretazioni e/o classificazioni differenti da quelle espresse in passato nell'ambito di studi specifici.

Gli eventi franosi e le aree in dissesto censiti, sono stati perimetrati, codificati ed inseriti nel S.I.T.. Le caratteristiche tipologiche di ciascun evento, insieme alle altre informazioni che verranno di seguito descritte sono contenute sia nel database collegato al SIT, sia nel database appositamente progettato e realizzato utilizzando il software Microsoft Access al fine di consentire una rapida consultazione anche ad coloro che non siano in possesso di un *software* GIS. Va sottolineato che, come previsto dal S.G.N., a ciascun evento di frana possono essere riferite due tipologie di movimento: la prima relativa al movimento posto a quota più elevata, o cronologicamente precedente; la seconda al movimento posto a quota più bassa, o cronologicamente successivo. Nella cartografia cartacea, per via dell'impossibilità di racchiudere in un unico simbolo la combinazione delle due tipologie di movimento è indicata, per convenzione, la tipologia del movimento più antico ovvero quello posto a quota più elevata. La consultazione completa del database, quindi, è possibile solo attraverso il SIT o l'archivio digitale realizzato in Access.

La perimetrazione di ciascun fenomeno è stata effettuata su base cartografica in scala 1:25.000 georeferenziata nel sistema di riferimento UTM ED-50. L'errore di rappresentazione dei perimetri in dissesto è stato contenuto entro i 25 m reali (1 mm nella Carta inventario definitiva).

Anche in questa circostanza il lavoro condotto è partito da una base di dati piuttosto ampia (Studio del Rischio Idrogeologico nella Regione Molise, Progetto IFFI, PTCP, etc.e) che è stata integrata dalle fasi di approfondimento. Il censimento dei fenomeni franosi è stato realizzato secondo la sequenza di seguito indicata:

1. analisi preliminare effettuata sulla base di dati acquisiti (studi precedenti)
2. analisi fotointerpretativa delle foto aeree in coppie stereografiche realizzate in epoche successive e delle ortofoto digitali
3. ricognizione sul terreno

---

<sup>4</sup> SERVIZIO GEOLOGICO NAZIONALE (1996) -*Guida al censimento dei fenomeni franosi ed alla loro archiviazione*. Miscellanea VII. Istituto Poligrafico e Zecca dello Stato.

4. perimetrazione dei fenomeni fotointerpretati e verifica diretta in campagna
5. digitalizzazione su base raster CTR
6. collegamento dell'elemento grafico ad un database alfanumerico e creazione di un codice identificativo composto come segue:

### 16\_xx-nnnnn-yyyyy-zzzz

Codice AdB	Bacino	Sottobacino	Codice ISTAT comune	Progressivo
16	xx	Nnnnn	yyyyy	zzzz
Identificativo dell'AdB competente	Varia tra 1 e 9 secondo quanto esposto nella tabella seguente	Nel presente lavoro è stato posto pari a 00000	Codice ISTAT del comune nel quale ricade il punto identificativo del fenomeno	Progressivo numerico dell'evento censito nel bacino di riferimento

Il codice dell'Autorità di Bacino è unico ed è stato fornito dalla stessa; i bacini minori (oltre quello del Biferno, Trigno, Saccione e Fortore) sono stati individuati di concerto con la AdB e codificati come riportato in TABELLA 9:

Codice	Bacino/Fiume
1	Trigno
2	Mergola
3	Tecchio
4	Sinarca
5	Rio Vivo
6	Biferno
7	Vallone delle Canne
8	Saccione
9	Fortore

Tabella 9 – Codici dei sottobacini

Le attività di inventario hanno consentito di individuare oltre 3000 aree in dissesto tra frane s.s., aree a franosità diffusa, aree soggette ad erosione concentrata o diffusa e aree calanchive.

L'elaborato cartografico riproduce, su base topografica, le informazioni geometriche degli areali in dissesto censite. Inoltre fornisce informazioni circa le caratteristiche delle singole aree e degli elementi morfologici individuati, mediante i simbolismi riportati nella FIGURA 7. L'apparente mancanza di sovrapposizione tra gli elementi lineari della carta geomorfologica e la carta inventario (orli di scarpata fluviale o di terrazzo, etc.) deriva dal differente significato attribuito allo stesso. Mentre nella carta geomorfologica, infatti, l'elemento è descrittivo di una forma e, dunque, del processo che lo ha generato, nella carta inventario l'elemento è stato inserito unicamente con lo scopo di richiamare l'attenzione su possibili fenomeni di crollo e/o ribaltamento

che, sebbene non attivi allo stato attuale delle conoscenze, potrebbero manifestarsi per via della elevata energia di rilievo<sup>5</sup>. I campi utilizzati sono riportati nella TABELLE 8-13.



Figura 7 – Legenda della Carta inventario dei fenomeni franosi e valanghivi (Tavola. II.A.1.4.a)

<b>Tipologia di dissesto - DISSESTO</b>
Frana
Erosione diffusa
Area calanchiva
Gruppo di frane non cartografabili

Tabella 8

<sup>5</sup> PRESTININZI A. (2000) – *La valutazione del rischio da frana: metodologie e applicazione al territorio della Regione Lazio*. Dipartimento di Scienze della Terra dell'Università degli Studi di Roma "La Sapienza".

<b>Tipologia di movimento – MOVIMENTO1/2</b>
n.d.
crollò
ribaltamento
debris flow
scivolamento traslativo
scivolamento rotazionale
colata in terra
Soliflusso - deformazione viscosa del suolo
DGPV

Tabella 9

<b>STATO</b>
Attivo
Quiescente
Stabilizzato

Tabella 10

<b>STILE</b>
n.d.
singolo
complesso
composito
successivo
multiplo

Tabella 11

<b>Tipologia di movimento</b>	<b>Cinematica</b>
n.d.	n.d.
crollò	rapida
ribaltamento	
debris flow	
scivolamento traslativo	moderata
scivolamento rotazionale	lenta
colata in terra	
Soliflusso - deformazione viscosa del suolo	estremamente lenta
DGPV	

Tabella 12

<b>ELEMENTO</b>
Orlo di scarpata in degradazione
Orlo di scarpata fluviale o di terrazzo

Tabella 13

### **3.2.4 Fase programmatica**

La sintesi dello studio è costituita dalla definizione delle porzioni di territorio classificati a diverso grado di pericolosità e rischio, vincolati sulla base delle norme e misure di salvaguardia del Piano Stralcio, tra questi inoltre sono state individuate le priorità d'intervento.

Ciò consente di impostare le basi dei criteri indispensabili per la corretta pianificazione e difesa del territorio oltre che la definizione di tutti gli interventi necessari alla riduzione dello stato di rischio.

In tale ottica si è scelto, in accordo con l'A.d.B., di applicare le norme e misure di salvaguardia relativamente alla classificazione del territorio in areali di pericolosità e non relativamente alla carta del rischio, in quanto quest'ultimo rappresenta una fotografia istantanea dello stato di rischio del territorio relativamente al momentaneo utilizzo antropico dello stesso. Al contrario la pericolosità fornisce uno strumento di valutazione completamente distaccato dagli elementi a rischio presenti attualmente sul territorio, connesso in maniera univoca con l'effettivo grado di pericolosità intrinseco nel territorio in relazione alle fenomenologie di dissesto idrogeologico presenti. Ciò risulta indispensabile per una corretta pianificazione territoriale ed una valida impostazione delle fasi di progettazione preliminare.

La classificazione di rischio del territorio costituisce invece la base di valutazione per gli interventi miranti alla mitigazione del rischio e consente di definire una prima griglia di priorità d'interventi da realizzare sulla base delle conoscenze sin qui acquisite.

#### **3.2.4.1 Classificazione e zonazione della pericolosità da frana**

Sulla scorta delle informazioni acquisite durante le attività di fotointerpretazione e di rilievo diretto si è passati alla successiva fase di valutazione del grado di pericolosità relativa attraverso una classificazione secondo classi crescenti (vedi PDA):

- Pf1) pericolosità moderata
- Pf2) pericolosità elevata
- Pf3) pericolosità estremamente elevata

Il parametro di maggiore rilievo adottato per la valutazione del grado di pericolosità è senza dubbio l'indice di attività del fenomeno censito: attivo (fenomeno in cui sono presenti evidenti segni di riattivazione entro gli ultimi due cicli stagionali), quiescente (fenomeno che può essere riattivato dalle cause originali) e stabilizzato (fenomeno che non può essere riattivato dalle cause originali nell'attuale quadro morfoclimatico o risulta stabilizzato artificialmente attraverso opere di sistemazione e consolidamento).

Inoltre nella classe dei fenomeni quiescenti è stata eseguita una ulteriore suddivisione basata su due *range* di tempi di ritorno stimati ( $1 \text{ anni} < t < 100 \text{ anni}$  e  $t > 100 \text{ anni}$ ).

Per fornire indicazioni circa l'intensità del fenomeno è stato, inoltre, adottato un "coefficiente correttivo" che ha prodotto una mitigazione della probabilità statistica di evento in termini di possibile impatto sulle opere e sulle vite umane. In tal modo fenomeni altamente probabili ma poco intensi hanno un peso statistico inferiore di fenomeni mediamente probabili ma molto intensi. Per intensità in termini statistici ci si è riferiti prioritariamente al parametro velocità di evoluzione del fenomeno.

In questa sede appare opportuno evidenziare come la Carta della pericolosità da frana costituisca l'unico documento di riferimento per un'analisi del territorio a fini pianificatori. Mentre la Carta inventario rappresenta, di fatto, "un'istantanea" della situazione alla data dei rilievi e non contiene alcun riferimento alle cause ed alle condizioni di predisposizione al dissesto, la Carta della pericolosità pone, in termini probabilistici, le condizioni che possono condurre alla riattivazione di fenomeni esistenti (frane di seconda generazione) o all'insorgenza di nuovi eventi (frane di neoformazione o di prima generazione).

L'attribuzione delle aree oggetto di approfondimenti all'una o all'altra classe di pericolosità avviene attraverso una sintesi delle stime relative ai seguenti parametri:

- *Previsione spaziale*
- *Previsione temporale*
- *Previsione tipologica*
- *Previsione dell'intensità*
- *Previsione dell'evoluzione*

Nell'analisi di sintesi della pericolosità si tenga presente che è fondamentale associare alla zonazione spaziale della pericolosità le informazioni desunte dalla previsione temporale; in seconda battuta si possono differenziare gli eventi dei quali si vuole determinare la pericolosità sulla base della tipologia, dell'intensità e dell'evoluzione.

Una valutazione concreta della pericolosità deriva da una buona conoscenza delle aree oggetto dello studio, da una puntuale classificazione degli eventi in termini tipologici e di intensità e dal principio assoluto che un fenomeno di frana avviene con maggior frequenza laddove si è già verificato in passato.

Tale ultima asserzione trova conforto nel fatto che il numero di frane di nuova generazione (o di prima attivazione) è statisticamente di gran lunga inferiore a quello delle frane di riattivazione (o di seconda generazione) e tale dato è verificato regolarmente nell'Appennino centro-meridionale<sup>6</sup>.

Ma la pericolosità come funzione della sola probabilità di accadimento di un fenomeno franoso non fornisce alcuna indicazione circa l'entità delle masse in gioco e la velocità di propagazione del fenomeno (quindi l'intensità).

---

<sup>6</sup> Canuti P. & Casagli N. (1994) – Considerazioni sulla valutazione del rischio di frana. Atti del Convegno "Fenomeni franosi e centri abitati" – Bologna 27 maggio 1994.

Una stima più corretta della pericolosità, di fatto, deve tenere in debito conto tale fattore in quanto il danno atteso sull'elemento a rischio dipende strettamente dall'intensità del fenomeno franoso.

#### **3.2.4.2 Analisi del rischio da frana**

Utilizzando l'approccio proposto dalla normativa vigente, incrociando il dato di pericolosità con quello relativo alla presenza di elementi a rischio, sono state perimetrare le aree attribuibili alle quattro classi di rischio da frana così come definite dalla L. 180/98:

- Rf1) Rischio moderato: per il quale i danni sociali, economici e al patrimonio ambientale sono marginali;
- Rf2) Rischio medio: per il quale sono possibili danni minori agli edifici, alle infrastrutture e al patrimonio ambientale che non pregiudicano l'incolumità delle persone, l'agibilità degli edifici e la funzionalità delle attività economiche;
- Rf3) Rischio elevato: per il quale sono possibili problemi per l'incolumità delle persone, danni funzionali agli edifici e alle infrastrutture con conseguente inagibilità degli stessi, la interruzione di funzionalità delle attività socio-economiche e danni rilevanti al patrimonio ambientale;
- Rf4) Rischio molto elevato: per il quale sono possibili la perdita di vite umane e lesioni gravi alle persone, danni gravi agli edifici, alle infrastrutture e al patrimonio ambientale, la distruzione di attività socio-economiche.

Le classi di rischio individuate vengono proposte come indicato dalle norme in vigore (180/98, 267/98, etc.), in dettaglio i criteri per la valutazione del diverso grado di rischio attribuito alle aree individuate nello studio discendono direttamente da quanto espresso nell'*Atto d'Indirizzo e coordinamento per l'individuazione dei criteri relativi agli adempimenti di cui all'art. 1, commi 1 e 2, del decreto-legge 11 giugno 1998, n. 180.*

L'attribuzione di ciascun elemento ad una classe di rischio o all'altra è stata effettuata sulla scorta della pericolosità (intesa come funzione della probabilità di accadimento di un fenomeno franoso e dell'intensità attesa) e dell'elemento a rischio coinvolto.

Il risultato che ne scaturisce è una fotografia istantanea del territorio condizionata comunque da fattori estremamente variabili nel tempo. Da ciò deriva la considerazione che la carta del rischio elaborata necessita di un periodico aggiornamento in relazione sia all'evoluzione geomorfologica del territorio che alle variazioni di uso del territorio.

#### **3.2.4.3 La carta della pericolosità da frana**

La Carta della pericolosità da frana rappresenta uno degli elaborati di sintesi previsti dall'Atto d'indirizzo e coordinamento (DPCM 29/09/98) che consente all'Autorità di Bacino e alle singole Regioni di "adottare idonee norme al fine di delineare un utilizzo idoneo a una corretta gestione del territorio". La carta della pericolosità da frana, in effetti, rappresenta uno dei possibili elaborati di sintesi utile ai fini pianificatori in

quanto descrive, in termini squisitamente probabilistici, la vocazione di un territorio al dissesto per frana a prescindere dall'attuale uso del suolo e, dunque, dalla presenza di elementi potenzialmente esposti ad un danno.

La configurazione del connotato di pericolosità (che esprime la misura della probabilità di evento), però, necessita di informazioni estremamente dettagliate ed omogenee su tutto il bacino, riguardanti la ricorrenza temporale dei fenomeni franosi e la relazione esistente tra fenomeno naturale e cause innescanti (precipitazioni, sismi, erosione ed azioni antropiche). L'analisi, pertanto, deve essere spinta a livello di versante per la definizione dello sviluppo e della distribuzione spaziale dei movimenti di massa attraverso un approccio statistico-probabilistico basato sui dati derivanti da un'accurata lettura delle forme e dall'interpretazione dei processi esistenti e/o possibili. Nell'ipotesi che l'attuale configurazione di ciascun versante sia dipendente dall'azione combinata, nel tempo, delle caratteristiche geologiche (litologiche, geotecniche, tettoniche, idrogeologiche, etc.), del quadro climatico e vegetazionale e dell'attività antropica sul "sistema", lo studio delle forme e dei processi esistenti consente di individuare i parametri necessari alla creazione di un modello evolutivo in termini probabilistici<sup>7</sup>.

I modelli statistici proposti in letteratura non consentono una stima numerica della pericolosità in quanto, quasi sempre, mancano gli elementi di ricorsività temporale degli eventi oppure le serie storiche riguardanti fattori innescanti quali la pioggia o i sismi oppure, ancora, la caratterizzazione fisico-meccanica dei terreni affioranti.

La tendenza attuale, pertanto, è quella di evitare la realizzazione di una carta elaborata su criteri statistico-probabilistici fornendo, invece, una valutazione del grado di pericolosità secondo classi molto generali in cui è possibile una definizione dei caratteri di attività del fenomeno e una stima dei tempi di ritorno attraverso classi molto ampie. La Carta della pericolosità proposta, pertanto, non presuppone un'analisi di merito dei fattori che entrano in gioco nella definizione della franosità (fattori naturali predisponenti: geologici, morfologici e idrogeologici; fattori determinanti: climatici, vegetazionali e antropici)<sup>8</sup>. Un'analisi di tale tipo, che condurrebbe alla definizione della suscettibilità a franare di una data porzione di territorio, esula dagli obiettivi del presente lavoro in quanto richiede analisi specifiche che possono essere condotte con buoni risultati a livello di comprensorio o di unità paesaggistica e, dunque, in ambiti decisamente più ristretti di quelli di un bacino.

La definizione della pericolosità scaturisce innanzitutto dalla localizzazione delle aree già interessate da fenomenologie di dissesto (essenzialmente frane), dalla loro classificazione tipologica e da una valutazione probabilistica del verificarsi o meno del fenomeno nel tempo. Le esemplificazioni concettuali che vengono adottate in

---

<sup>7</sup> NATOLI S., PRESTININZI A. & ROMAGNOLI C. (1994) – Determinazione della pericolosità da frana: un esempio di applicazione di una nuova metodologia. *Geologica Romana*, XXX. Roma.

<sup>8</sup> ESU F. (1984) – Fattori che governano il comportamento dei pendii ed il verificarsi delle frane e loro valutazione in termini geotecnici. *Lineamenti di geologia regionale e tecnica. Ricerche e studi Formez*. FORMEZ, Napoli.

PELLEGRINO A. (1987) – L'analisi dei movimenti franosi per la progettazione degli interventi di stabilizzazione (relazione generale). *Atti del XVI Convegno Nazionale di Geotecnica*, Volume 3. Associazione Geotecnica Italiana, Roma.

fase di redazione dell'elaborato cartografico sono necessarie ed accettate dalla comunità scientifica. Tali esemplificazioni trovano conforto nell'osservazione sistematica del principio secondo cui la maggioranza delle frane rilevabili nel territorio di studio si è attivata su aree precedentemente interessate da fenomenologie di dissesto o, comunque, in aree interessate da processi erosivi spinti. E' questo il motivo per cui l'Inventario dei fenomeni franosi assume un particolare rilievo (anche in senso normativo) e rappresenta la base di conoscenza imprescindibile per la definizione dei successivi areali di evoluzione dei dissesti presenti nel territorio di studio<sup>9</sup>.

Anche la presenza di fattori fisici predisponenti al dissesto (litologia, caratteristiche geotecniche dei materiali, struttura e giacitura dei corpi geologici, processi di degradazione meteorica, dinamica geomorfologica in atto) ha consentito di differenziare, in termini probabilistici, gli areali con una seppur minima possibilità di innesco di un evento di prima generazione da quelli in cui tali fattori non sono stati rilevati e, dunque, non si presuppone il generarsi di alcun fenomeno.

Appare evidente il limite congenito di una Carta della pericolosità così concepita. Le indicazioni che essa fornisce sono necessarie ed esaustive per la definizione degli scenari di rischio attuali (ovvero la configurazione delle condizioni che hanno determinato o possono determinare, in tempi brevi, la perdita di beni esistenti) ma mal si adattano ad un uso pianificatorio per gli areali che presuppongono un'evoluzione dei versanti per eventi di prima generazione.

D'altro canto la volontà del legislatore (D.L. 180/98 e successive modifiche ed integrazioni) era volta alla tutela dell'esistente attraverso azioni mirate alla riduzione del rischio derivante dall'impatto degli eventi naturali sulle vite umane e sulle opere in un'ottica dell'emergenza che spesso ha dettato norme ed indirizzi che spostavano il livello di attenzione su piani diversi. Le attività di pianificazione a livello di bacino, invece, dovevano scaturire da un'approfondita base conoscitiva del contesto fisico, ambientale ed antropico di riferimento con riguardo alle condizioni del suolo, del clima, delle acque (in termini di quantità e di qualità), così come previsto dalla L. 183/89 e nei successivi DPCM 23/03/1990 e legge 7/08/1990 n° 253 per la definizione dei Piani di bacino (nazionali, interregionali e regionali).

Per la definizione del termine "pericolosità" ci si è rifatti ai contenuti del rapporto UNESCO (1984).

- *Natural Hazard = H – The probability of occurrence, within a specific period of time in a given area, of a potential damaging phenomenon of nature*<sup>10</sup>.

Analogamente si rimanda alle definizioni contenute nel medesimo documento per quanto concerne i termini *Vulnerability* (vulnerabilità = V), *Elements at risk* (elementi a rischio = E), *Specific risk* (rischio specifico = R<sub>s</sub>) e *Total risk* (Rischio totale = R<sub>t</sub>).

---

<sup>9</sup> PRESTININZI A. (2000) – *La valutazione del rischio da frana: metodologie e applicazione al territorio della Regione Lazio*. Dipartimento di Scienze della Terra dell'Università degli Studi di Roma "La Sapienza".

<sup>10</sup> Pericolosità naturale - E' la probabilità di accadimento, in un determinato intervallo di tempo e in una data area, di un fenomeno naturale potenzialmente dannoso. E' espressa in una scala percentuale tra 0% (nessuna probabilità di accadimento) e 100% (certezza di accadimento).

Una valutazione completa della pericolosità dovrebbe tener conto di una previsione spaziale (dove può determinarsi il fenomeno), di una previsione temporale (quando può determinarsi un fenomeno di una data intensità), di una previsione tipologica (che tipo di fenomeno può avvenire), di una previsione in termini di intensità (quale possono essere la velocità, le dimensioni e l'energia del fenomeno franoso), di una previsione in termini di evoluzione (distanza di propagazione, limiti laterali e di retrogressione del fenomeno).

Il carattere sintetico del parametro pericolosità contiene un margine di incertezza che diventa inaccettabile solo se si tenta una stima quantitativa ed esatta dello stesso. Le valutazioni condotte nell'ambito del presente studio hanno esclusivamente carattere qualitativo.

Sulla scorta delle informazioni acquisite durante le attività di fotointerpretazione e di rilievo diretto si è passati alla successiva fase di valutazione del grado di pericolosità relativa dei diversi areali. L'elaborato cartografico scaturisce da una sintesi qualitativa dei seguenti elementi:

- presenza di fenomeni franosi o erosivi in atto (in cui sono presenti evidenti segni di riattivazione entro gli ultimi 2 anni);
- presenza di fenomeni franosi o erosivi quiescenti (che possono essere riattivati per effetto delle cause naturali originali con tempi di ritorno compresi nell'intervallo 2÷100 anni oppure con tempi di ritorno > 100 anni);
- presenza di fenomeni franosi stabilizzati naturalmente o artificialmente (che non possono riattivarsi per effetto delle cause naturali originali o risultano stabilizzati artificialmente attraverso opere di sistemazione e consolidamento);
- presenza di indicatori geomorfologici che possano ritenersi precursori di fenomeni di instabilità e configurazione di scenari evolutivi per ciascun fenomeno (possibilità di estensione del fenomeno agli areali prossimi ad esso);
- presenza di caratteri fisici che rappresentano i fattori predisponenti al dissesto (tettonica, litologia, acclività, assetti giaciture, presenze di coperture detritiche e/o sciolte).

Per la zonazione si è fatto riferimento al concetto di "area/bacino di pericolosità" ovvero all'areale in cui sono riunite le condizioni che stanno alla base del meccanismo di instabilità. Spesso tale unità è limitata all'estensione di un versante o alla porzione di esso omogenea sotto il profilo delle condizioni predisponenti ma, in alcuni casi, può estendersi addirittura ad un bacino in senso idrografico.

La zonazione della pericolosità è stata realizzata mediante le seguenti tre classi:

**Pf1** PERICOLOSITÀ MODERATA

appartengono a tale classe le aree a moderata pericolosità per frana, valutabile come tale sulla base dei caratteri fisici (litologia e caratteristiche geotecniche dei terreni, struttura e giacitura dei corpi geologici, processi di degradazione meteorica, dinamica geomorfologica in atto, etc.), vegetazionali e di uso del suolo, prive, al momento, di indicazioni morfologiche di fenomeni superficiali e/o profondi che possano riferirsi a movimenti gravitativi veri e propri. Appartengono a tale classe le aree di probabile evoluzione spaziale dei fenomeni censiti con stato di attività quiescente. Appartengono a tale classe di

pericolosità tutti i fenomeni che non hanno alcuna possibilità di riattivarsi per effetto delle cause naturali originali (frane stabilizzate naturalmente).

**Pf2** PERICOLOSITÀ ELEVATA

appartengono a tale classe le aree con elevata pericolosità da frana evidenziate dalla presenza di elementi distintivi del carattere di quiescenza e da indicatori geomorfologici diretti quali la presenza di corpi di frana preesistenti e di segni precursori di fenomeni gravitativi (ondulazioni, contropendenze, fratture di trazione, aperture anomale nei giunti di discontinuità, rigonfiamenti, etc.). Appartengono a tale classe le aree di probabile evoluzione spaziale dei fenomeni censiti con stato attivo. Rientrano in tale classe anche fenomeni di dissesto superficiali (soliflussi e/o deformazioni viscosi dei suoli per i quali è scontata l'attività continua nel tempo o, al più, il carattere stagionale) censite come frane s.s. anche se tali non possono considerarsi (Canuti & Esu, 1995; Cruden, 1991<sup>11</sup>) e le frane sulle quali sono stati realizzati interventi di consolidamento (frane stabilizzate artificialmente). Appartengono a tale classe, inoltre, gli areali che, sulla base dei caratteri fisici (litologia e caratteristiche geotecniche dei terreni, struttura e giacitura dei corpi geologici, processi di degradazione meteorica, dinamica geomorfologica in atto, etc.), vegetazionali e di uso del suolo sono privi, al momento, di indicazioni morfologiche di fenomeni franosi superficiali e/o profondi ma che potrebbero evolvere attraverso fenomenologie di frana a cinematica rapida (crolli, ribaltamenti, *debris flow*). Tale ultima indicazione assume carattere cautelativo, volto a scongiurare l'insorgere di nuove condizioni di rischio e a mitigare quelle già esistenti.

**Pf3** PERICOLOSITÀ ESTREMAMENTE ELEVATA

appartengono a tale classe le aree a pericolosità da frana estremamente elevata in cui sono presenti movimenti di massa attivi, con cinematismi e caratteri evolutivi che mirano o meno all'estensione areale del fenomeno (frane attive, frane sospese, frane di seconda generazione, etc.). Rientrano in tale classe le deformazioni gravitative profonde di versante (DGPV).

Nella TABELLA 14 viene esplicitata la classificazione adottata in termini di pericolosità in relazione ai due parametri presi in considerazione: "stato di attività" e "tipologia di dissesto".

Dissesto	Stato di attività	Attivo	Quiescente		Stabilizzato		Aree di 1 <sup>a</sup> generazione
			2 < t <sub>r</sub> < 100 anni	t <sub>r</sub> > 100 anni	Artificialmente	Naturalmente	
Crolli		PF3	PF2	PF2	PF2	PF1	PF2
Ribaltamenti		PF3	PF2	PF2	PF2	PF1	PF2
Debris		PF3	PF2	PF2	PF2	PF1	PF2
Scivolamenti traslativi		PF3	PF2	PF2	PF2	PF1	PF1
Colate in terra		PF3	PF2	PF1	PF2	PF1	PF1
Scivolamenti rotazionali		PF3	PF2	PF1	PF2	PF1	PF1
DGPV		PF3	-	-	-	-	-

<sup>11</sup> CANUTI P. & ESU F. (1995) – Glossario Internazionale per le frane. *Rivista Italiana di Geotecnica*, 29(2).  
 CRUDEN D.M. (1991) – A simple definition of a landslide. *IAEG Bulletin*, 43.

Soliflussi - deformazioni vischiose dei suoli	PF2	-	-	PF1	PF1	PF1
Forme di erosione e degradazione	PF1	-	-	PF1	-	-
Area di probabile evoluzione	PF2	PF1	PF1	-	-	-
Aree con fattori predisponenti	-	-	-	-	-	PF2/PF1

Tabella 14 – Classificazione della pericolosità da frana

Risulta evidente che tutti i fenomeni di frana s.s. classificati come attivi risultano con massimo grado di pericolosità.

Gli elaborati cartografici sono stati realizzati su base topografica della Carta Tecnica Regionale e riprodotti in scala 1:25.000, secondo la specifica legenda riportata in FIGURA 8.

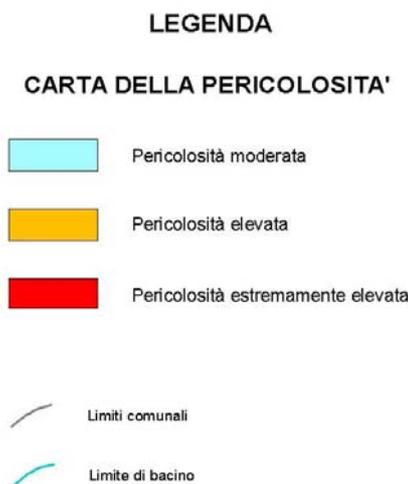


Figura. 8 – Legenda della Carta della pericolosità da frana (Tavola. II.A.2.1.a)

### 3.2.4.4 La carta del rischio da frana

La Carta del rischio da frana rappresenta l'elaborato di sintesi dello studio che consente di tradurre in termini di rischio l'interazione tra il fenomeno naturale (evento franoso esistente o potenziale) e l'elemento a rischio ad oggi esistente.

Utilizzando l'approccio proposto dalla normativa vigente, incrociando il dato di pericolosità con quello relativo alla presenza di elementi a rischio, sono state perimetrare le aree a cui è stato attribuito un diverso grado di rischio secondo le quattro classi di rischio da frana e valanga indicate nel D.P.C.M. 29 settembre 1998:

<b>R1</b>	Rischio moderato: per il quale i danni sociali, economici e al patrimonio ambientale sono marginali;
<b>R2</b>	Rischio medio: per il quale sono possibili danni minori agli edifici, alle infrastrutture e al patrimonio ambientale che non pregiudicano l'incolumità delle persone, l'agibilità degli edifici e la funzionalità delle attività economiche;
<b>R3</b>	Rischio elevato: per il quale sono possibili problemi per l'incolumità delle persone, danni

	funzionali agli edifici e alle infrastrutture con conseguente inagibilità degli stessi, la interruzione di funzionalità delle attività socio-economiche e danni rilevanti al patrimonio ambientale;
<b>R4</b>	Rischio molto elevato: per il quale sono possibili la perdita di vite umane e lesioni gravi alle persone, danni gravi agli edifici, alle infrastrutture e al patrimonio ambientale, la distruzione di attività socio-economiche.

Tabella 15 - Definizione delle classi di rischio

Le classi di rischio individuate (TABELLA 15) vengono proposte come indicato dalle norme in vigore e, nel dettaglio, i criteri per la valutazione del diverso grado di rischio attribuito alle aree individuate nello studio discendono direttamente da quanto espresso nell'Atto d'indirizzo e coordinamento per l'individuazione dei criteri relativi agli adempimenti di cui all'art. 1, commi 1 e 2, del decreto-legge 11 giugno 1998, n. 180 (D.P.C.M. 29 settembre 1998).

L'attribuzione di ciascun elemento ad una classe di rischio o all'altra è stata effettuata sulla scorta della classe di pericolosità (intesa come funzione della probabilità di accadimento di un fenomeno franoso) e dell'elemento a rischio coinvolto. Laddove la classe di pericolosità risultasse indeterminata il livello di rischio connesso risulterebbe nullo oppure indefinibile. Nelle TABELLE 16 - 23 vengono proposte le matrici di rischio suddivise per classe di elemento a rischio, per avere più chiara l'interpretazione delle stesse consultare anche le TABELLE 2 e 15 relative alla suddivisione in otto classi degli elementi a rischio e alla matrice di pericolosità:

**CLASSE ELEMENTI A RISCHIO 1**

Stato di attività	Attivo	Quiescente		Stabilizzato	
		$2 < t_r < 100$ anni	$t_r > 100$ anni	artificialmente	naturalmente
<b>Dissesto</b>					
Crolli	R4	R4	R2	R2	R2
Ribaltamenti	R4	R4	R2	R2	R2
Debris	R4	R4	R2	R2	R2
Scivolamenti traslativi	R4	R3	R2	R2	R2
Colate in terra	R4	R3	R2	R2	R1
Scivolamenti rotazionali	R4	R3	R2	R2	R1
DGPV	R4	-	-	-	-
Soliflussi / def. Viscose dei suoli	R3	-	-	R2	-
Forme di erosione e degradazione	R2	-	-	-	-
Area di probabile evoluzione	R3	R2	R1	-	-
Aree con fattori predisponenti	-	-	-	-	-

Tabella 16

**CLASSE ELEMENTI A RISCHIO 2**

Stato di attività	Attivo	Quiescente		Stabilizzato	
		$2 < t_r < 100$ anni	$t_r > 100$ anni	artificialmente	naturalmente
<b>Dissesto</b>					
Crolli	R4	R3	R2	R2	R1
Ribaltamenti	R4	R3	R2	R2	R1
Debris	R4	R3	R2	R2	R1
Scivolamenti traslativi	R4	R3	R2	R2	R1

Colate in terra	R4	R3	R2	R2	R1
Scivolamenti rotazionali	R4	R3	R2	R2	R1
DGPV	R4	-	-	-	-
Soliflussi / def. Viscose dei suoli	R3	-	-	R1	-
Forme di erosione e degradazione	R1	-	-	-	-
Area di probabile evoluzione	R3	R2	R1	-	-
Aree con fattori predisponenti	-	-	-	-	-

Tabella 17

### CLASSE ELEMENTI A RISCHIO 3

Stato di attività	Attivo	Quiescente		Stabilizzato	
		$2 < t_r < 100$ anni	$t_r > 100$ anni	artificialmente	naturalmente
<b>Dissesto</b>					
Crolli	R3	R2	R2	R2	-
Ribaltamenti	R3	R2	R2	R2	-
Debris	R3	R2	R2	R2	-
Scivolamenti traslativi	R3	R2	R1	R1	-
Colate in terra	R3	R2	R1	R1	-
Scivolamenti rotazionali	R3	R2	R1	R1	-
DGPV	R3	-	-	-	-
Soliflussi / def. Viscose dei suoli	R2	-	-	-	-
Forme di erosione e degradazione	-	-	-	-	-
Area di probabile evoluzione	R2	R1	-	-	-
Aree con fattori predisponenti	-	-	-	-	-

Tabella 18

### CLASSE ELEMENTI A RISCHIO 4

Stato di attività	Attivo	Quiescente		Stabilizzato	
		$2 < t_r < 100$ anni	$t_r > 100$ anni	artificialmente	naturalmente
<b>Dissesto</b>					
Crolli	R3	R2	R1	R1	-
Ribaltamenti	R3	R2	R1	R1	-
Debris	R3	R2	R1	R1	-
Scivolamenti traslativi	R2	R2	-	R1	-
Colate in terra	R2	R2	-	R1	-
Scivolamenti rotazionali	R2	R2	-	R1	-
DGPV	R2	-	-	-	-
Soliflussi / def. Viscose dei suoli	R2	-	-	-	-
Forme di erosione e degradazione	-	-	-	-	-
Area di probabile evoluzione	R1	-	-	-	-
Aree con fattori predisponenti	-	-	-	-	-

Tabella 19

### CLASSE ELEMENTI A RISCHIO 5

Stato di attività	Attivo	Quiescente		Stabilizzato	
		2 < t <sub>r</sub> < 100 anni	t <sub>r</sub> > 100 anni	artificialmente	naturalmente
<b>Dissesto</b>					
Crolli	R3	R2	R1	R1	-
Ribaltamenti	R3	R2	R1	R1	-
Debris	R3	R2	R1	R1	-
Scivolamenti traslativi	R2	R2	-	-	-
Colate in terra	R2	R2	-	-	-
Scivolamenti rotazionali	R2	R2	-	-	-
DGPV	R2	-	-	-	-
Soliflussi / def. Viscose dei suoli	R2	-	-	-	-
Forme di erosione e degradazione	-	-	-	-	-
Area di probabile evoluzione	R1	-	-	-	-
Aree con fattori predisponenti	-	-	-	-	-

Tabella 20

### CLASSE ELEMENTI A RISCHIO 6

Stato di attività	Attivo	Quiescente		Stabilizzato	
		2 < t <sub>r</sub> < 100 anni	t <sub>r</sub> > 100 anni	artificialmente	naturalmente
<b>Dissesto</b>					
Crolli	R2	R2	-	-	-
Ribaltamenti	R2	R2	-	-	-
Debris	R2	R2	-	-	-
Scivolamenti traslativi	R2	R1	-	-	-
Colate in terra	R2	R1	-	-	-
Scivolamenti rotazionali	R2	R1	-	-	-
DGPV	R2	-	-	-	-
Soliflussi / def. Viscose dei suoli	R1	-	-	-	-
Forme di erosione e degradazione	-	-	-	-	-
Area di probabile evoluzione	R1	-	-	-	-
Aree con fattori predisponenti	-	-	-	-	-

Tabella 21

### CLASSE ELEMENTI A RISCHIO 7

Stato di attività	Attivo	Quiescente		Stabilizzato	
		2 < t <sub>r</sub> < 100 anni	t <sub>r</sub> > 100 anni	artificialmente	naturalmente
<b>Dissesto</b>					
Crolli	R2	R1	-	-	-
Ribaltamenti	R2	R1	-	-	-
Debris	R2	R1	-	-	-
Scivolamenti traslativi	R2	R1	-	-	-
Colate in terra	R2	R1	-	-	-
Scivolamenti rotazionali	R2	R1	-	-	-
DGPV	R2	-	-	-	-
Soliflussi / def. Viscose dei suoli	R1	-	-	-	-

Forme di erosione e degradazione	-	-	-	-	-
Area di probabile evoluzione	R1	-	-	-	-
Aree con fattori predisponenti	-	-	-	-	-

Tabella 22

**CLASSE ELEMENTI A RISCHIO 8**

Stato di attività	Attivo	Quiescente		Stabilizzato	
		$2 < t_r < 100$ anni	$t_r > 100$ anni	artificialmente	naturalmente
<b>Dissesto</b>					
Crolli	R2	-	-	-	-
Ribaltamenti	R2	-	-	-	-
Debris	R2	-	-	-	-
Scivolamenti traslativi	R1	-	-	-	-
Colate in terra	R1	-	-	-	-
Scivolamenti rotazionali	R1	-	-	-	-
DGPV	R1	-	-	-	-
Soliflussi / def. Viscose dei suoli	-	-	-	-	-
Forme di erosione e degradazione	-	-	-	-	-
Area di probabile evoluzione	-	-	-	-	-
Aree con fattori predisponenti	-	-	-	-	-

Tabella 23

Tale suddivisione in classi è frutto di valutazioni che pongono la massima attenzione sulle situazioni in cui l'incolumità pubblica è in potenziale pericolo e sulle condizioni di dissesto che comportano costi e danni elevati per la collettività sia sotto il profilo strettamente economico sia sotto quello paesaggistico o storico-culturale.

Tali presupposti conducono alla perimetrazione degli scenari di rischio ed in particolare hanno consentito l'individuazione degli scenari classificati come Rischio molto elevato o elevato. Il risultato che ne scaturisce è un'istantanea del territorio condizionata comunque da fattori estremamente variabili nel tempo. Da ciò deriva la considerazione che la carta del rischio elaborata necessita di un periodico aggiornamento in relazione sia all'evoluzione geomorfologica del territorio che alle variazioni di uso dello stesso.

Gli elaborati cartografici, realizzati su base topografica Carta Tecnica Regionale e riprodotti alla scala 1:25.000, rappresentano la sintesi grafica delle informazioni contenute nel tematismo per mezzo di poligoni. Al fine di rendere leggibile e sintetica la rappresentazione è stata elaborata la specifica legenda riportata nella FIGURA 9.

## LEGENDA



*Figura. 9 – Legenda della Carta del rischio da frana (Tavola. **II.A.2.2.a**)*

Per gli scenari di rischio R4 e R3 sono state compilate delle schede di approfondimento riportate nell'Elaborato **II.A.2.2.b**

### **3.3 ATTIVITÀ DI STUDIO E PIANIFICAZIONE RELATIVE ALL'ASSETTO IDRAULICO**

Le attività relative a questa sezione sono volte alla definizione della pericolosità e del rischio da inondazione fluviale per quelle zone ricadenti nell'Area di Studio definita assieme alla Autorità di Bacino.

La fase conoscitiva ha compreso:

- rilievi topografici e altre attività di campagna;
- formazione del catasto delle opere idrauliche.
- analisi idrologica;
- analisi idraulica;
- analisi geomorfologico-storico-inventariale;
- allestimento del sistema informativo territoriale;

La fase della pianificazione ha riguardato invece:

- classificazione delle aree a differente pericolosità idraulica;
- mappatura del rischio idraulico.

#### **3.3.1 Rilievi topografici e altre attività di campagna**

La conoscenza della geometria del corso d'acqua si rende necessaria per quelle aste fluviali sulle quali la definizione della pericolosità da inondazione si basa su risultati di modellazione idrologico-idraulica. L'utilizzo di tale metodologia è generalmente auspicabile per quei tratti di corsi d'acqua attraversanti zone in cui sono temibili danni rilevanti.

In particolare, le aree del bacino del fiume Fortore per le quali è stato condotto lo studio su base idrologico-idraulica, così come definite nel Piano Dettagliato delle Attività – PDA, risultano:

- Fiume Fortore ;
- Torrente Tona ;
- Vallone Santa Croce;
- Vallone Santa Maria ;
- Torrente Sente ;
- Torrente Cigno ;
- Torrente Tappino ;
- Torrente Fezzano ;
- Torrente Succida ;
- Torrente Carapello ;

- Torrente Fiumarello ;
- Torrente San Nicola ;
- Vallone Scarafone ;
- Torrente La Catola ;
- Torrente Taverone ;
- Torrente Cervaro ;
- Torrente Zucariello .

Tali aree sono quelle per le quali era disponibile un rilievo topografico realizzato negli studi condotti dal Provveditorato alle OO.PP. di Bari negli anni 1982 e 1986. I rilievi disponibili non comprendevano gli attraversamenti pertanto si è proceduto in primo luogo a colmare tale lacuna. In particolare sono stati condotti rilievi strumentali sui corsi d'acqua Fortore e Tappino mentre sugli altri corsi d'acqua sono stati condotti dei rilievi speditivi. Il rilievo strumentale si è svolto materializzando per primi i capisaldi necessari al suo inquadramento geografico e successivamente realizzando le sezioni trasversali delle aste fluviali.

Per le restanti porzioni del territorio, preventivamente individuate come aree meno suscettibili a danni rilevanti, e comunque ritenute di importanza minore nella mappatura del rischio idraulico e nella definizione degli interventi per la sua riduzione, vengono condotti studi su base geomorfologica e storico-inventariale finalizzati ad una valutazione empirica della pericolosità. A tale scopo è stata comunque necessaria, anche in questo caso, un'attività di rilievo, meno accurata ma comunque prodiga di informazioni utili e per questo definita "speditiva".

I corsi d'acqua interessati sono i seguenti:

- T. Celone ;
- T. Ruviato ;
- C. S. Pietro ;
- T. Senape ;
- T. Staina ;
- V.ne. San Pietro .

Si è provveduto infine all'elaborazione del rilievo ai fini del suo impiego nel modello idraulico utilizzato, assegnando inoltre una codifica particolare ad ogni sezione per la sua corretta archiviazione.

Le attività di rilievo speditivo, propedeutiche alla definizione della pericolosità idraulica su base geomorfologica storico-inventariale, sono consistite principalmente nel rilievo degli attraversamenti e dei tratti arginati tramite cordella metrica e asta graduata, al fine di definirne forma e dimensioni che, seppure in modo approssimato, consentono tuttavia di dedurre, tramite una locale verifica idraulica in ipotesi

semplificate, informazioni utili sul livello di officiosità nei riguardi delle portate di piena.

Anche le sezioni rilevate speditivamente sono state elaborate e codificate.

Naturalmente, nell'occasione dei sopralluoghi, sono state scattate numerose fotografie, poi georeferenziate a scopo di inserimento nel Sistema Informativo Territoriale su uno specifico strato informativo.

I sopralluoghi hanno riguardato in modo particolare le zone soggette ad allagamento durante gli eventi del marzo 2005.

### **3.3.1.1 Rilievi topografici**

I corsi d'acqua del bacino del fiume Fortore per i quali era previsto di eseguire una campagna di rilievi topografici integrativi rispetto a quelli già disponibili, sono i seguenti:

- Fiume Fortore tra la foce e il bacino della Diga di Occhito: 20 sezioni, di cui 10 relative ad infrastrutture;
- Fiume Fortore tra il bacino della Diga di Occhito e la sorgente: 9 sezioni, di cui 3 relative ad infrastrutture;
- Torrente Tappino tra la confluenza con il F. Fortore e la sorgente: 18 sezioni di cui 9 relative ad infrastrutture;
- Fiume Staina esclusivamente nei pressi della confluenza con il F. Fortore: 3 sezioni.

Tali rilievi integrano quelli disponibili nello studio *“Piano di Bacino del Fiume Fortore”* (Ministero dei Lavori Pubblici – Provveditorato Regionale alle Opere Pubbliche per la Puglia e nello studio del 1982 condotto sempre dal Provveditorato alle Opere Pubbliche della Puglia – Bari – per la realizzazione degli interventi sul fiume Fortore.

#### **3.3.1.1.1 Caratteristiche del rilievo**

I rilievi plano-altimetrici sono stati eseguiti nei mesi da novembre 2004 a maggio 2005.

Il rilievo è stato condotto con l'uso di strumentazione GPS e di distanziometro elettronico (stazione totale). Sono stati materializzati per primi i caposaldi e successivamente realizzate le sezioni trasversali delle aste fluviali.

Durante le operazioni di rilievo, parte delle quali svolte dopo l'evento del marzo 2005, si sono riscontrate alcune difficoltà soprattutto relative ai seguenti fattori:

- inaccessibilità di alcuni tratti a seguito dell'evento del marzo 2005 che ha reso non praticabili alcune strade campestri di accesso all'alveo;
- inaccessibilità di alcune sezioni per la presenza di vegetazione (ponte della ferrovia Ancona – Bari).

Pertanto le sezioni effettivamente rilevate sono così ripartite:

- Fiume Fortore tra la foce e il bacino della Diga di Occhito: 19 sezioni, di cui 8 relative ad infrastrutture;
- Fiume Fortore tra il bacino della Diga di Occhito e la sorgente: 8 sezioni, di cui 3 relative ad infrastrutture;
- Torrente Tappino tra la confluenza con il F. Fortore e la sorgente: 20 sezioni di cui 7 relative ad infrastrutture.

La lunghezza complessiva della aste ove sono disponibili rilievi strumentali è riportata nella TABELLA 24.

Nome	Lunghezza [m]
Fiume Fortore	120280
Torrente Carapello	8397
Torrente Cervaro	13670
Torrente Cigno	15576
Torrente Fezzano	3840
Torrente Fiumarello	12149
Torrente La Catola	13413
Torrente San Nicola	5960
Torrente Sente	13033
Torrente Succida	12260
Torrente Tappino	42279
Torrente Teverone	2999
Torrente Tona	30891
Torrente Zucariello	8407
Vallone Santa Croce	10042
Vallone Santa Maria	9672
Vallone Scarafone	5476

Tabella 24 – Consistenza dei tratti con rilievo topografico strumentale

#### 3.3.1.1.2 Realizzazione inquadramento geografico

Si è proceduto in primo luogo a realizzare l'inquadramento geografico del rilievo delle sezioni trasversali, attraverso le seguenti attività preliminari:

- a) Reperimento di 4 punti IGM95 presso l'IGM di Firenze per il riferimento del lavoro sulla rete nazionale;
- b) Realizzazione di poligonale di collegamento fra i punti IGM95 per l'inquadramento del rilievo nella rete nazionale con il posizionamento dei capisaldi.

Durante le attività di inquadramento sono stati ricercati i capisaldi di sezione disponibili dallo studio *"Piano di Bacino del Fiume Fortore"* (Ministero dei Lavori Pubblici – Provveditorato Regionale alle Opere Pubbliche). Purtroppo non è stato possibile rintracciare i capisaldi nonostante attenti sopralluoghi nelle aree indicate nelle monografie.

Le monografie dei capisaldi sono contenute nell'Allegato **II.B.2.2**.

#### 3.3.1.1.3 Esecuzione del rilievo delle sezioni trasversali

L'ubicazione dei rilievi topografici è stata individuata sulla base delle caratteristiche morfologiche del corso d'acqua nonché in funzione della presenza di opere di attraversamento o di opere in alveo, con particolare riguardo ai tratti fluviali connessi a zone maggiormente esposte a condizioni di rischio idraulico. Ogni sezione trasversale è stata rilevata mediante una serie di punti, caratterizzati ciascuno dalle tre coordinate spaziali x, y, z, tali da descrivere adeguatamente la morfologia della sezione ai fini dei fenomeni idraulici considerati; in particolare i punti sono stati battuti sui cambi di pendenza e sui manufatti presenti.

I punti rilevati per la realizzazione delle sezioni sono stati battuti con strumentazione GPS NAVCOM Ricevitori a doppia frequenza completo di ricevitore GNSS2 GPS, EGNOS a 25Hz, antenna con choke ring esterna, memoria interna 64Mb, demodulatore Gipsy integrato, modem su banda satellitare L, porta pps, Event marker, firmware RTK e batterie esterne. Le coordinate calcolate combinate con le quote dei capisaldi esistenti hanno permesso di eseguire il rilievo GPS.

Nel caso di ponti e traverse sono stati battuti tutti i punti necessari per disegnare l'opera. Inoltre tutte le sezioni sono state estese a coprire lunghezze trasversali idonee a sopperire, ove necessario, alla mancanza di un sufficiente grado di dettaglio delle basi cartografiche. Per i ponti a valle della diga dell'Occhito si è anche fatto riferimento ai prospetti degli attraversamenti forniti dal Genio Civile di Foggia.

L'ubicazione delle sezioni fluviali rilevate è riportata nelle Tavole **II.B.3.4** con la codifica di seguito descritta. Gli elaborati relativi al rilievo topografico, unitamente ai capisaldi appositamente utilizzati sono riportati nell'Allegato **II.B.2.2**.

#### 3.3.1.1.4 Archiviazione dei rilievi

Le sezioni topografiche sono state acquisite, archiviate e informatizzate attribuendo una codifica successivamente utilizzata all'interno del modello idraulico in moto vario.

In particolare, ogni sezione è descritta da un codice a 8 caratteri così composto:

- i primi due caratteri sono alfabetici ed indicano, in sigla, il nome dell'asta fluviale; nel caso specifico, considerando anche i corsi d'acqua per i quali sono stati semplicemente acquisiti i vecchi rilievi, abbiamo:
  - CA per Carapello;
  - CE per Cervaro;
  - CI per Cigno;
  - CL per Celone
  - FE per Fezzano;
  - FI per Fiumarello;
  - FO per Fortore;
  - LC per La Catola;
  - SC per Santa Croce;
  - SM per Santa Maria;
  - SN per San Nicola;
  - SR per Scarafone;
  - SE per Sente;
  - SU per Succida;
  - TA per Tappino;
  - TE per Teverone;
  - TO per Tona;
  - ZU per Zuccariello.
- il terzo è numerico e contraddistingue la campagna di rilievo a cui appartiene la sezione (nel caso specifico, si è convenuto di indicare con 7 la campagna di rilievo integrativa sul Fortore e sul torrente Tappino);
- i successivi tre sono numerici e contraddistinguono la sezione (normalmente viene attribuita una numerazione progressiva da monte verso valle)
- il penultimo è normalmente vuoto (carattere \_ ) ma può essere costituito da lettera alfabetica, per identificare una sezione addizionale resasi per un qualsiasi motivo necessaria nell'ambito di un rilievo già eseguito (es. una sezione duplicata a breve distanza da un'altra, per migliorare la stabilità numerica del modello idraulico);
- l'ultimo è normalmente vuoto (carattere \_ ), ma è costituito da lettera alfabetica nel caso che la sezione si riferisca ad un'opera trasversale, per la cui rappresentazione è necessaria più di una sezione (tipicamente: *m* per la sezione di monte di una traversa o briglia, *v* per quella di valle, *a*, *b*, *c*, *d* rispettivamente per la sezione di monte, filo impalcato monte, filo impalcato valle, di valle riguardo ad un opera di attraversamento).

Così, ad esempio, la sezione *FO7021\_B* individua la sezione filo impalcato monte del ponte rilevato come sezione 010 sul fiume Biferno nell'ambito della campagna di rilievo del novembre 2004 – maggio 2005 eseguita per il presente studio.

Naturalmente tale criterio di codifica va inteso come generale, potendosi comunque verificare casi particolari (es. ponte con briglia, caso peraltro non raro).

L'informazione, è stata archiviata in file ASCII di estensione \*.SEZ con una struttura che permette la utilizzazione ai fini della modellazione idraulica successiva. Ogni file al suo interno si presenta composto delle seguenti righe:

- NF eventuale descrizione del corso d'acqua cui la sezione si riferisce
- NS nome della sezione (coincide in genere col nome del file)
- DS eventuale descrizione della sezione
- DP distanza progressiva (in m) lungo l'asta fluviale a partire da uno zero arbitrario
- QR quota di riferimento (in m s.l.m.) dei punti che compongono la sezione
- LI livello idrometrico dell'acqua (in m rispetto a QR) al momento del rilievo
- DA data del rilievo
- LB numero del punto che identifica l'argine sinistro
- RB numero del punto che identifica l'argine destro
- LA numero del punto che identifica il limite sinistro dell'alveo di piena
- RA numero del punto che identifica il limite destro dell'alveo di piena
- LL numero del punto che identifica il limite sinistro dell'area di calcolo
- RL numero del punto che identifica il limite destro dell'area di calcolo
- NP numero dei punti che compongono la sezione

cui fa seguito un set di righe, uno per ogni punto della sezione, così composto

- PX progressiva interna del punto a partire da uno zero arbitrario
- PY quota del punto (in m rispetto a QR)
- PB quota dell'intradosso del ponte se esiste (in m rispetto a QR)
- PE quota dell'estradosso del ponte se esiste (in m rispetto a QR)
- PC coefficiente di scabrezza standard secondo Gauckler-Strickler (fissato pari a  $30 \text{ m}^{1/3} \text{ s}^{-1}$ )

### 3.3.1.2 Attività di rilievo speditivo

Le attività di rilievo speditivo hanno riguardato sia i corsi d'acqua privi di sezioni rilevate negli studi del 1982 e del 1986 oggetto di analisi geomorfologico-storico-inventariale che in generale anche tutti gli altri corsi d'acqua per il rilievo delle sezioni degli attraversamenti (fatta eccezione per quelli oggetto di rilievo topografico). I corsi d'acqua oggetto di valutazione del rischio su base geomorfologica e storico-inventariale ove sono stati condotti i rilievi speditivi sono riportati nella TABELLA 25.

Nome	Lunghezza [m]
Torrente Celone	6012
Canale San Pietro	7754
Fiume Staina	21882
Torrente Ruviato	3627
Torrente Senape	3571
Vallone S. Pietro	3739

Tabella 25 – Consistenza dei tratti con rilievo esclusivamente speditivo

Per tali corsi d'acqua si è proceduto alla rilevazione delle principali opere e delle sezioni significative ai fini del deflusso. In particolare le opere sono state rilevate in

via speditiva tramite livello ottico, cordella metrica e asta graduata al fine di definirne forma e dimensioni che, seppure in modo approssimato, consentono tuttavia di dedurre, tramite l'analisi idraulica, informazioni utili sul livello di officiosità nei riguardi delle portate di piena.

In totale sono state rilevate 137 sezioni fluviali poi informatizzate come le sezioni rilevate ottenute dai rilievi topografici e archiviate nel Sistema Informativo Territoriale con un codice analogo, ma su uno strato informativo diverso.

I primi due caratteri della sezione, che identificano il corso d'acqua di appartenenza, sono i seguenti:

- CL per Celone;
- RU per Ruviato;
- PI per San Pietro;
- SP per Senape;
- ST per Staina;
- SO per Vallone San Pietro;

Inoltre sono state, nell'occasione, scattate numerose fotografie, poi georeferenziate e inserite nel Sistema Informativo Territoriale su uno specifico strato informativo. Le fotografie più rappresentative, a titolo di campione, sono state inserite nell'Allegato **II.B.2.5**.

### **3.3.1.3 Formazione del catasto delle opere idrauliche**

Il "catasto" delle opere idrauliche è stato realizzato al fine di ottenere una banca dati facilmente consultabile e aggiornabile che costituisca strumento per la conoscenza ed il controllo delle opere esistenti sul territorio finalizzate alla riduzione del rischio (es. difese di sponda, argini, pennelli) ovvero direttamente coinvolgibili in caso di piena per il loro stretto rapporto col fiume (es. traverse, ponti, opere di presa).

Tale banca dati è stata realizzata tramite un metodico lavoro di censimento condotto per l'Area di Studio del Rischio Idraulico.

#### **3.3.1.3.1 Acquisizione dati**

In primo luogo per la predisposizione di un Catasto delle Opere Idrauliche si è fatto riferimento ai dati disponibili nello studio "*Piano di Bacino del Fiume Fortore*" (Ministero dei Lavori Pubblici – Provveditorato Regionale alle Opere Pubbliche per la Puglia).

Dati sulle opere idrauliche sono stati richiesti ai diversi Enti preposti alla gestione del territorio (Comuni, Comunità Montane, ecc.). In particolare si segnala la collaborazione del Consorzio di Bonifica della Capitanata che ha fornito il materiale in suo possesso relativo alle opere idrauliche a valle della diga dell'Occhito e i dati dimensionali della diga stessa.

La Comunità Montana del Fortore Molisano aveva inviato dati circa interventi di carattere idraulico sui corsi d'acqua di sua competenza.

Il comune di Ferrazzano aveva a suo tempo inviato dati circa alcune opere idrauliche sui corsi d'acqua Tappino e Scarafone.

Infine, presso l'Autorità di Bacino è stato reperito il seguente materiale relativo agli interventi in materia idraulica finanziati o da finanziare nel bacino del fiume Fortore:

- interventi della Regione Molise nel periodo 1985-2000 (TABELLA 26);
- interventi della Regione Molise a seguito dell'evento del gennaio 2003 (Ordinanza P.C..M. 3268 del 12 marzo 2003) (non sono specificati gli interventi idraulici nel bacino del fiume Fortore) ;
- interventi della Regione Campania a seguito dell'evento del gennaio 2003 (Ordinanza P.C..M. 3322 del 2003) (TABELLA 27);
- interventi della Regione Puglia (Accordo di programma quadro per la difesa del suolo) (non sono specificati gli interventi idraulici nel bacino del fiume Fortore);
- interventi delibera CIPE 17/2003 (TABELLA 28);
- programma interventi della Regione Campania – Difesa del Suolo (leggi 183/89, 267/98 e 179/2002) (TABELLA 29).

In ragione della generale scarsità dei dati reperiti presso gli Enti competenti si è proceduto alla identificazione delle opere sulla base foto aeree AIMA (risalenti al 1998-99) e della carta tecnica 1:5.000 della Regione Molise e su quelle disponibili dallo studi del 1982 e del 1986, cui hanno fatto seguito sopralluoghi per accertare caratteristiche difficilmente desumibili tramite fotointerpretazione, quali lo stato di manutenzione, i materiali costruttivi e alcune caratteristiche dimensionali, nonché per eseguire fotografie e accertare l'esistenza di eventuali opere non rilevate tramite l'analisi delle foto aeree. Le fotografie più rappresentative sono riportate nell'Allegato **II.B.2.5.**

Per numerose opere, non è stato possibile acquisire le informazioni in merito all'epoca di realizzazione e al soggetto realizzatore trattandosi di dati che possono scaturire essenzialmente dalle conoscenze e dalla disponibilità alla collaborazione degli Enti preposti alla gestione del territorio.

Località	Intervento	Anno	Importo
Mirabello Sannitico	Sistemazione idraulica T. Tappino	1995	L. 70,000,000.00
Gildone	Sistemazione idraulica agro di Gildone	1995	L. 50,000,000.00
Ferrazzano	Sistemazione idraulica T. Tappino	1996	L. 180,000,000.00
Gambatesa	Sistemazione idraulica T. Succida e V. Iacovilli	1997	L. 300,000,000.00
	Manutenzione idraulica T. Saccione, V. ne La Terra e T. Tona	1997	L. 144,000,000.00
Tufara	Sistemazione idraulica Fiume Fotore	1997	L. 600,000,000.00
	Manutenzione idraulica T. Tappino	2000	L. 114,000,000.00
	Sistemazione idraulica tratto F. Fortore	2000	L. 209,000,000.00

*Tabella 26 – Elenco interventi di sistemazione idraulica nel bacino del Fortore molisano  
(fonte Autorità di Bacino e Regione Molise)*

Località	Intervento	Anno	Importo richiesto
Baselice	Sistemazione idrogeologica Serra Carraia	2003	€ 22.786,00
Castelvetero V.F.	Sistemazione alveo fiume Fortore e vallone La Terra e Chiusa	2003	€ 780.000,00
Foiano V.F.	Sistemazione idraulica Torrente Zucariello	2003	€ 95.000,00
Montefalcone V.F.	Sistemazione idraulica del torrente Ginestra	2003	€ 77.470,00
S. Bartolomeo in Galdo	Consolidamento risanamento idrogeologico (Pozzo Grande)	2003	€ 750.000,00
San Giorgio La Molara	Non sono indicati interventi idraulici	-	-

*Tabella 27– Elenco interventi di sistemazione idraulica nel bacino del Fortore campano a seguito dell'evento del gennaio 2003  
(Ordinanza P.C..M. 3322 del 2003)*

Località	Intervento	Anno	Importo richiesto
Regione Puglia (Fortore, La Catola, Fosso Tufara, S. Pietro, Pisciareello, Canale Don Nicola, Canale Fontana, Fosso Maiorana, Canale della Botte, S. Maria, S. Lucia, Canale del Bosco)	Sistemazioni fluviali	2003	€ 1.386.000,00

*Tabella 28 – Elenco interventi di sistemazione idraulica nel bacino del Fortore anni 2005-2007  
(Delibera CIPE 17/2003)*

Località	Intervento	Anno	Importo richiesto
Comunità Montana Fortore (BN)	int. n. 92 (183/FO/001 1-2/FO183/89-96)- Sistemazione idraulica e bonifica del fiume Fortore – 1 Lotto (concluso)	1989-1996	€ 297.479,17
Comunità Montana Fortore (BN).	int. n. 93 (183/FO/002 1-3/FO183/89-96)- Sistemazione idraulica e bonifica del fiume Fortore – 2 Lotto (concluso)	1989-1996	€ 202.089,58
Comunità Montana Fortore (BN).	int. n. 94 (183/FO/003 1-4/FO183/89-96)- Intervento di manutenzione del fiume Fortore (concluso)	1989-1996	€ 102.103,32
Comunità Montana Fortore (BN).	int. n. 95 (183/FO/004 1-5/FO183/89-96)- Progetto di bonifica e sistemazione idraulica fiume Fortore con opere speciali – IV lotto (concluso)	1997-1999	€ 214.277,97

Comunità Montana Fortore (BN).	int. n. 96 (ST/FO/04 1-4/FOPS/01)- Sistemazione idraulica fiume Fortore ed affluenti e consolidamento centri abitati (50%)	2001	€ 3.470.590,40
Foiano di Val Fortore.	int. n. 180 (267/FO/009 2-3/FO27/01)- Sistemazione idrogeologica versante montagna 3° lotto (gara in corso)	2001	€ 516.456,90
Foiano di Val Fortore.	int. n. 181 (183/FO/006 1-6/FO183/00)- Sistemazione idrogeologica versante montagna – 1° lotto (concluso)	2000	€ 85.215,40
Foiano di Val Fortore.	int. n. 182 (183/FO/006bis 1-6bis/FO183/99)- Sistemazione idrogeologica versante montagna – 2° lotto (concluso)	1999	€ 103.241,38
Montefalcone in Val Fortore.	int. n. 245 (183/FO/010 2-4/FO183/02-03)- Sistemazione idrogeologica versante montagna – 2° lotto (nomina R.P.)	2002 - 2003	€ 80.002,00
Montefalcone in Val Fortore.	int. n. 246 (183/FO/011 2-5/FO183/01)- Sistemazione idraulica e idrogeologica del torrente Molino Vecchio (concluso)	2001 - 2002	€ 40.283,63
Montefalcone in Val Fortore.	int. n. 247 (183/FO/011ter 2-5ter/FO183/03)- Sistemazione idraulica e idrogeologica del torrente Molino Vecchio (nomina R.P.)	2003	€ 45.000,00

Tabella 29 – Elenco interventi nella Regione Campania – Difesa del Suolo (legge 183/89, 267/98 e 179/2002)

### 3.3.1.3.2 Codifica delle opere

Le opere idrauliche sono state codificate una ad una con una sequenza alfanumerica che permetta di distinguere la loro tipologia e l'asta fluviale di appartenenza. Il codice è formato da 8 caratteri ed è strutturato molto semplicemente come segue:

- i primi due caratteri sono alfabetici e individuano la classe, secondo l'usuale schema di classificazione delle opere idrauliche:
  - TR = opere trasversali (soglie, briglie, traverse);
  - LO = opere longitudinali (argini, difese di sponda);
  - RE = opere repellenti (pennelli);
  - AT = opere di attraversamento in elevazione (ponti, viadotti, passerelle);
  - GU = attraversamenti a raso (guadi)
  - PU = opere puntuali (opere di presa e derivazione).
  - DC = opere di difesa costiera (pennelli, scogliere soffolte o emergenti)
- il terzo e il sesto sono in bianco (carattere \_ );
- il quarto e il quinto sono alfabetici ed individuano l'asta fluviale, secondo la seguente codifica:
  - CA per Carapello;
  - CE per Cervaro;
  - CI per Cigno;
  - FE per Fezzano;
  - FI per Fiumarello;
  - FO per Fortore;
  - LC per La Catola;
  - SC per Santa Croce;

- SM per Santa Maria;
  - SN per San Nicola;
  - SR per Scarafone;
  - SE per Sente;
  - SU per Succida;
  - TA per Tappino;
  - TE per Teverone;
  - TO per Tona;
  - ZU per Zuccariello;
  - CL per Celone;
  - RU per Ruviato;
  - PI per San Pietro;
  - SP per Senape;
  - ST per Staina;
  - SO per Vallone San Pietro.
- gli ultimi quattro sono numerici ed individuano il numero progressivo dell'opera nell'insieme delle opere della stessa classe e pertinenti alla stessa asta fluviale; l'attribuzione del progressivo non rispecchia necessariamente alcun criterio topografico, cronologico, ecc. ma solo l'ordine con cui l'opera è stata inserita all'interno del catasto.

Ad esempio, il codice *AT\_FO\_0001* identifica l'opera di attraversamento del fiume Fortore caratterizzata dal progressivo 0001.

### 3.3.1.3.3 Informazioni contenute nel catasto

Le opere idrauliche accatastate sono riportate nelle Tavole **II.B.3.4.1-30** divise per tipologia ma senza il relativo codice per semplicità (il codice è ovviamente riportato all'interno del Sistema Informativo Territoriale).

Le opere complessivamente censite sono circa 1160.

Le informazioni introdotte nel database delle opere sono le seguenti:

- *codice dell'opera*: secondo il metodo di codifica già illustrato al paragrafo precedente;
- *classe*: macrocategoria a cui appartiene l'opera (opere trasversali / longitudinali / repellenti / di attraversamento / puntuali);
- *tipo*: tipologia dell'opera (es. nel caso delle opere trasversali: traversa, briglia, soglia);
- *materiale*: materiale di cui è prevalentemente costituita l'opera;
- *ente*: soggetto realizzatore dell'opera (dato acquisito solo in rari casi);
- *epoca*: anno o periodo di realizzazione dell'opera (dato acquisito solo in rari casi);
- *funzionalità*: giudizio sull'efficienza dell'opera a svolgere la funzione per la quale è stata realizzata; questa informazione è stata in buona parte fornita a verifiche idrauliche eseguite;
- *stabilità*: giudizio sullo stato in cui versa l'opera, negativo ad esempio se questa si presenta crollata o fortemente sottoscavata;

- *note*: commenti per eventuali descrizioni non inquadrabili negli altri campi;
- *sponda*: se destra o sinistra (tranne che per le opere trasversali e di attraversamento)
- *Comune*
- *località*: desunta dalla cartografia IGM 1:25.000
- *bacino*: campo banalmente occupato dall'informazione "Trigno" ma creato allo scopo di un eventuale sviluppo del database a comprendere le opere dei bacini idrografici contermini posti sotto la stessa Autorità;
- *asta*: nome dell'asta fluviale cui attiene l'opera
- *data di acquisizione*: data dell'ultimo aggiornamento del record.

Premesso che solo attraverso il il Sistema Informativo Territoriale si può usufruire appieno del contenuto del Catasto, si è comunque ritenuto utile fornire in Allegato **II.B.2.4** la lista completa delle opere censite.

### **3.3.2 Analisi idrologica**

Obiettivo dell'analisi idrologica è la caratterizzazione delle piene fluviali, in termini di portate al colmo e di forma degli idrogrammi, per tutta l'area di studio.

Riferimento fondamentale è stato lo "*Studio del rischio idrogeologico nella Regione*" (Regione Molise, 2001) e i successivi approfondimenti condotti sia nel "*Progetto di Piano stralcio per l'assetto idrogeologico del bacino del fiume Trigno – parte abruzzese*" (Autorità di Bacino Trigno, Biferno e Minori, Saccione, Fortore, 2001) sia nel "*Progetto di Piano stralcio per l'assetto idrogeologico del bacino del fiume Trigno – parte molisana, del fiume Biferno e minori e del fiume Saccione*" (Autorità di Bacino Trigno, Biferno e Minori, Saccione, Fortore, 2002)..

E' stato inoltre documento di ausilio il "*Piano di Bacino del Fiume Fortore*" (Ministero dei Lavori Pubblici – Provveditorato Regionale alle Opere Pubbliche per la Puglia – Bari, 1988).

Sulla base di tali studi è stato condotto in questa sede un ulteriore approfondimento, volto soprattutto ad affinare la caratterizzazione pluviometrica, utilizzando sempre il modello probabilistico TCEV (modello di valore estremo a doppia componente), e a rimuovere alcuni errori riscontrati.

La scelta di caratterizzare le portate fluviali di piena a partire dai dati di pioggia trova giustificazione nella miglior qualità e maggior numerosità spazio-temporale di questi ultimi rispetto ai dati di portata.

Il ricorso al modello statistico TCEV è giustificato dalla necessità di operare a scala di bacino per ricavare una funzione di distribuzione valida per una certa area. È infatti possibile effettuare un'efficace stima dei parametri di tipo regionale ovvero determinare i parametri utilizzando tutti i dati registrati nelle stazioni interne a una data regione, detta omogenea, nella quale si dimostra che tali parametri sono costanti.

La metodologia di determinazione dei parametri è stata articolata in modo gerarchico al fine di definire dapprima le zone omogenee al 1° livello di regionalizzazione, poi quelle al 2° per procedere infine alla stima dei parametri al 3° livello che completano la caratterizzazione pluviometrica di una data località. Nel caso in esame è stata ottenuta una zona omogenea unica sia al 1° che al 2° livello.

La scelta di caratterizzare le portate fluviali di piena a partire dai dati di pioggia trova giustificazione nella miglior qualità e maggior numerosità spazio-temporale di questi ultimi rispetto ai dati di portata.

A tal fine è stato necessario utilizzare un modello idrologico afflussi/deflussi, in grado di generare le portate per preassegnati tempi di ritorno nelle sezioni di interesse dei corsi d'acqua considerati a partire dalle CPP (curve di possibilità pluviometrica).

La scelta è ricaduta sul modello di tipo distribuito messo a punto nei due suddetti studi, che, una volta tarato su eventi reali, permette la ricostruzione degli idrogrammi di piena, per assegnati tempi di ritorno, di una qualsivoglia sezione fluviale a partire dalle CPP (curve di possibilità pluviometrica).

Risultato finale dell'analisi è la definizione degli idrogrammi di piena da impiegare successivamente nel modello idraulico di inondazione e in analisi locali. Per completezza sono state elaborate anche formule speditive (curve inviluppo) per la stima delle portate al colmo.

Anche in questa sede, sono stati assunti gli stessi valori dei parametri di taratura già ricavati allora. Solo per il grado di saturazione iniziale del suolo è stato ritenuto opportuno modificare il valore originario.

La moderna modellistica a parametri distribuiti consente l'analisi delle principali dinamiche che si verificano nel bacino idrografico applicando, a livello distribuito, le equazioni di base del bilancio idrologico.

Con tale approccio, adottando la schematizzazione spaziale a griglia (*raster*), si attribuisce ad ogni cella le informazioni relative alla morfologia del bacino, allo sviluppo del reticolo idrografico, alle caratteristiche del suolo, agli afflussi meteorici, che vengono successivamente utilizzate nelle varie equazioni di bilancio e di trasferimento per il calcolo dei deflussi nella varie sezioni dei corsi d'acqua.

Risultato finale dell'analisi è la definizione degli idrogrammi di piena da impiegare successivamente nel modello idraulico di inondazione e in analisi locali. Per completezza sono state elaborate anche formule speditive (curve inviluppo) per la stima delle portate al colmo.

A seguito degli eventi del febbraio - marzo 2005 è stata inoltre condotta una analisi dell'evento dei primi giorni di marzo 2005 tesa a verificare i parametri del modello idrologico e a valutare i contributi di piena nel tratto a valle della diga dell'Occhito per poter procedere a una ricostruzione idraulica dell'evento.

A tale scopo sono stati acquisiti i dati disponibili di pluviometria e di idrometria presso i seguenti Enti:

- Ufficio Idrografico di Pescara;
- Autorità di Bacino dei fiumi Trigno, Biferno e minori, Saccione e Fortore.

Inoltre è stata acquisita la ricostruzione dell'evento alla diga dell'Occhito condotta dal Consorzio di Bonifica della Capitanata.

Sulla base dei dati raccolti in primo luogo è stato applicato il modello idrologico con i parametri utilizzati per la valutazione degli idrogrammi di piena per i vari tempi di ritorno. Successivamente è stata condotta una taratura di alcuni parametri al fine di migliorare l'adattamento agli idrogrammi registrati a valle della diga dell'Occhito.

Per la generazione degli idrogrammi di piena si è fatto ricorso a idrogrammi di tipo Chicago.

Le statistiche eseguite direttamente sui dati misurati agli idrometri per tutti gli anni di loro funzionamento sono risultate in buon accordo con quanto fornito dal modello, il che ci consente di fare affidamento sul suo utilizzo.

### **3.3.2.1 Definizione del quadro conoscitivo**

#### 3.3.2.1.1 Studi esistenti

Come già accennato in premessa, il presente studio ha preso le mosse dai seguenti lavori fondamentali:

- 1) *“Studio del rischio idrogeologico nella Regione Molise”* (Regione Molise, 2001)
- 2) *“Progetto di Piano stralcio per l'assetto idrogeologico del bacino del fiume Trigno – parte abruzzese”* (Autorità di Bacino Trigno, Biferno e Minori, Saccione, Fortore, 2001).
- 3) *“Progetto di Piano stralcio per l'assetto idrogeologico del bacino del fiume Trigno – parte molisana, del fiume Biferno e minori e del fiume Saccione”* (Autorità di Bacino Trigno, Biferno e Minori, Saccione, Fortore, 2002).
- 4) *“Piano di Bacino del Fiume Fortore”* (Ministero dei Lavori Pubblici – Provveditorato Regionale alle Opere Pubbliche per la Puglia – Bari, 1988).

Oltre ai dati territoriali e idrologici di cui ai paragrafi successivi, dagli studi suddetti sono state tratte le informazioni per la messa a punto del modello idrologico di trasformazione afflussi/deflussi, nonché tutte le elaborazioni statistico-probabilistiche condotte con la metodologia TCEV (Two Component Extreme Value) sui dati di pioggia e sulle portate di piena.

#### 3.3.2.1.2 Dati territoriali

I dati territoriali utilizzati per l'analisi idrologica sono i seguenti, già omogeneizzati in coordinate UTM ED-50:

- 1) Modello digitale del terreno con passo 250x250m per la predisposizione del modello idrologico e l'individuazione del reticolo fluviale sintetico (già utilizzato negli studi citati);
- 2) Carta geologica del SINA per la caratterizzazione idrologica dei bacini (già utilizzata negli studi citati);
- 3) Carta dell'Uso del Suolo del Progetto CORINE Land Cover (già utilizzata negli studi condotti dalla Regione Molise e relativa a tutto il bacino del Trigno).

Gli strati informativi al punto 2 e 3 sono stati trasformati in mappe digitali al pari dello strato informativo 1 per essere impiegate utilmente nel modello idrologico. Le tre mappe digitali sono riportate a stampa nelle Tavole **II.B.3.1**, **II.B.3.2** e **II.B.3.3**.

#### 3.3.2.1.3 Dati idrologici

Sono stati utilizzati i dati delle piogge di massima intensità annuale per durate di 1, 3, 6, 12, 24 ore pubblicati con cadenza annuale (ultimi dati disponibili: anno 1996) dal Servizio Idrografico e Mareografico Nazionale.

Le stazioni pluviometriche registratrici prese in esame sono 105, e coprono tutti i bacini idrografici che interessano la Regione Molise (Sangro, Trigno, Biferno e minori, Saccione, Fortore e Volturno). I dati relativi sono contenuti nell'allegato **I.B.2.1** mentre la posizione geografica delle stazioni, limitatamente a quelle di interesse per il bacino oggetto di studio, è riportata nella Tavola **II.B.3.1**.

Si tratta di dati in massima parte estratti dagli studi citati al paragrafo 2.1, integrati con quelli di alcune stazioni pluviometriche precedentemente non prese in considerazione e completati estendendo le serie storiche al periodo antecedente al 1960.

#### 3.3.2.1.4 I dati idro-pluviometrici dell'evento 2005

I dati idro-pluviometrici raccolti per l'evento del marzo 2005 sono i seguenti:

- Dati idro-pluviometrici dell'Ufficio Idrografico di Pescara;
- Dati idro-pluviometrici ERSAM;
- Dati idrometrici Consorzio di Bonifica della Capitanata.

Le stazioni pluviometriche utilizzate per la ricostruzione dell'evento nel bacino del fiume Fortore sono riportate in TABELLA 30.

<b>Codice</b>	<b>Nome</b>
35515	FROSOLONE-ERSAM
35656	CAMPITELLO MATESE-ERSAM
35675	CANTALUPO-ERSAM
35710	VINCHIATURO
35735	CAMPOBASSO-ERSAM
35815	LARINO-ERSAM
35830	CASACALANEDA
35855	SAN MARTINO IN PENSILIS-ERSAM
35860	SERRACAPRIOLA
35920	VOLTURARA_APPULA
35945	JELSI-ERSAM
35950	RICCIA
35960	GAMBATESA
35965	GAMBATESA-ERSAM
35980	S_ELIA_A_PIANISI
35985	SANT'ELIA-ERSAM
36035	MELANICO-ERSAM
37595	SEPINO-ERSAM

*Tabella 30– Elenco delle stazioni utilizzate*

Per quanto riguarda i dati idrometrici sono stati utilizzati i seguenti dati:

- portata affluita all'invaso dell'Occhito (dati Consorzio della Capitanata);
- portata scaricata dall'invaso dell'Occhito (dati Consorzio della Capitanata);
- livelli idrometrici alla stazione di Ripalta;

Le stazioni idro-pluviometriche sono riportate nella FIGURA 10.

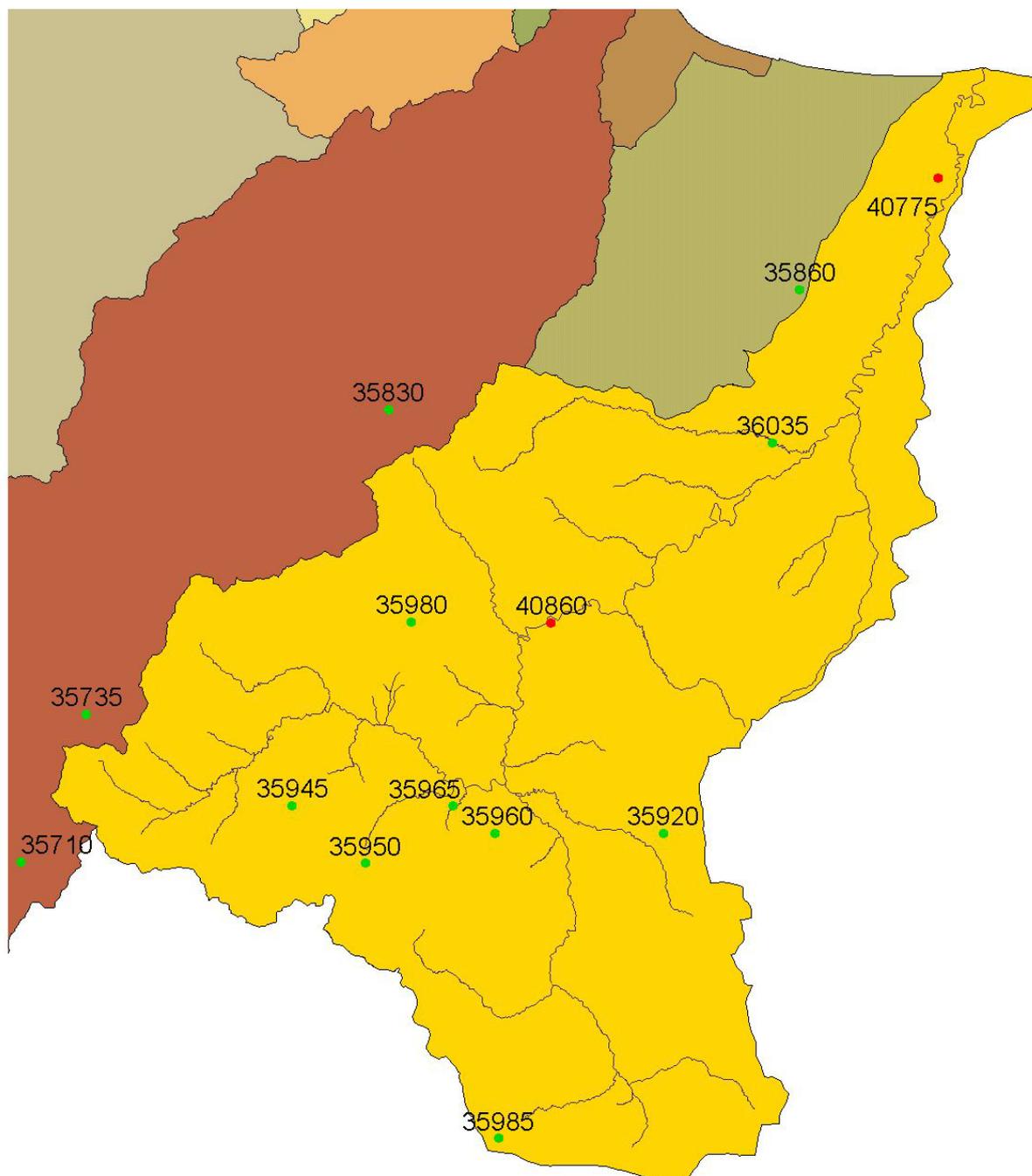
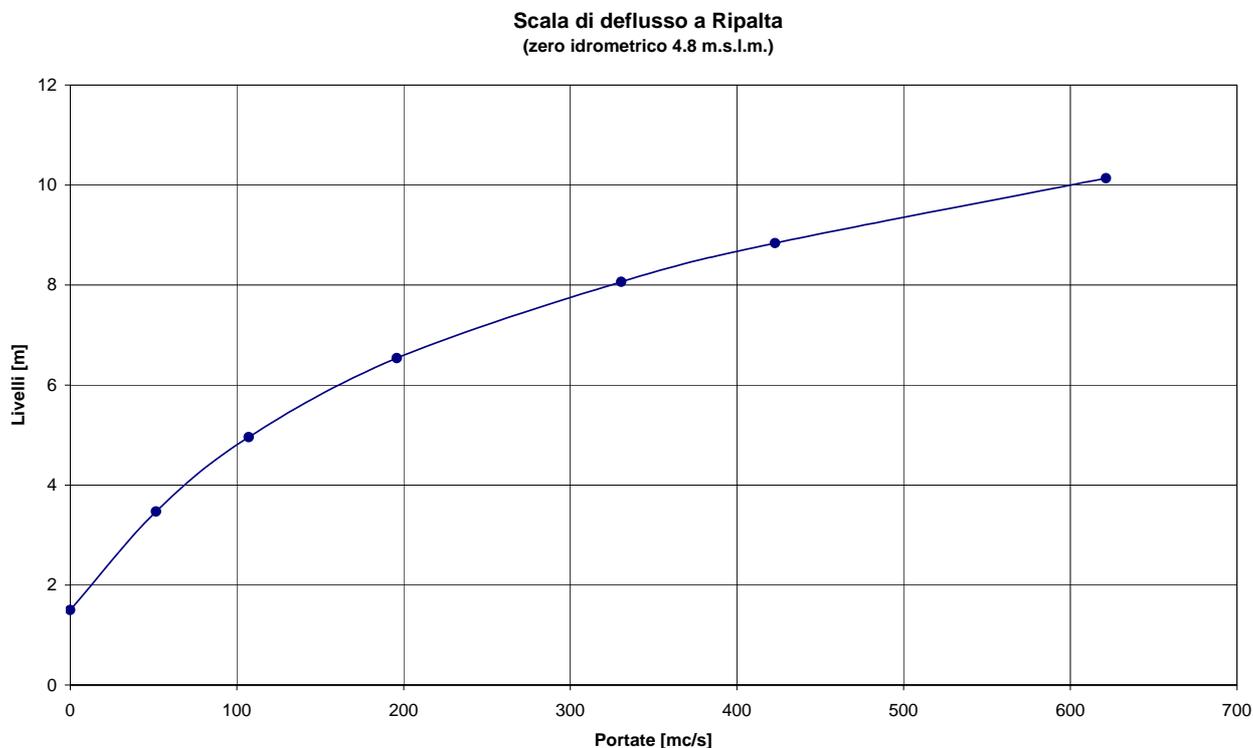


Figura 10 – Le stazioni idro-pluviometriche utilizzate

Le portate alla stazione di Ripalta sono state ricavate sulla base dei livelli misurati all'idrometro. Per la stazione l'Ufficio idrografico di Pescara non fornisce lo zero idrometrico che pertanto è stato ricavato in via indiretta sulla base del rilievo della sezione del ponte e delle misure condotte durante il sopralluogo del 09/03/2005 alle ore 18 circa. Il livello idrometrico in quel momento si trovava a 7.6 m al disotto dell'estradosso del ponte e lo strumento registrava 6.0 m. Se ne evince che lo zero idrometrico è posto a 13.6 m al disotto dell'estradosso del ponte che è posto a una quota di 18.4 m s.l.m. e pertanto a una quota di 4.8 m s.l.m. .

Sulla base dei risultati della modellazione in moto vario del fiume Fortore a valle della diga dell'Occhito condotta per l'evento del marzo 2005 è stato possibile ricavare una scala di deflusso che si riporta nella FIGURA 11. Si osservi che la scala di deflusso tiene già conto delle portate esondate che aggirano il ponte di Ripalta.



*Figura 11 – Scala di deflusso a Ripalta*

Come già accennato le portate su cui è stata calcolata la scala di deflusso sono comprensive del contributo delle esondazioni che aggirano il ponte di Ripalta che incidono per circa il 10% sulla portata complessiva.

Le portate stimate ad Altopantano sono quelle riportate nella FIGURA 12.

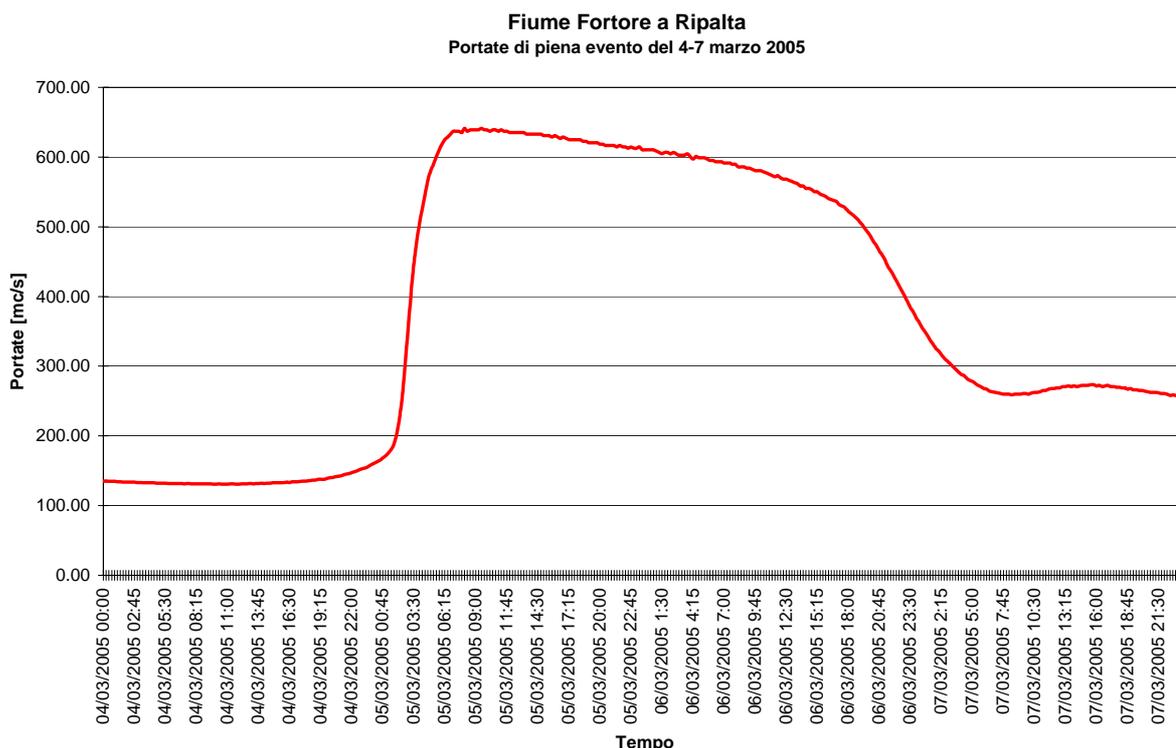


Figura 12 – Idrogramma di piena a Ripalta

### 3.3.2.2 Analisi dei dati pluviometrici a scala regionale

Per l'analisi statistica a livello regionale finalizzata alla determinazione delle curve di possibilità pluviometrica (CPP) è stato utilizzato il modello TCEV (*modello di valore estremo a doppia componente*) messo a punto nell'ambito del progetto VAPI-CNR e già impiegato nei tre Studi citati.

Può essere utile ricordare che nello *Studio del rischio idrogeologico nella Regione*:

- 1) furono raccolti i dati delle piogge di massima intensità annuale di 94 stazioni pluviometriche registratrici e per ognuna furono ottenute 5 distinte serie storiche (una per ogni durata di pioggia considerata);
- 2) furono selezionate le 49 stazioni aventi serie storiche di almeno 15 anni di lunghezza, ritenendole sufficientemente significative al fine di poter procedere, con l'inferenza statistica, alla determinazione della cosiddetta *curva di crescita*, ossia la legge che esprime il ritmo con cui l'altezza di pioggia di assegnata durata cresce al crescere al tempo di ritorno dell'evento (1° e 2° livello di regionalizzazione);
- 3) successivamente furono prese in considerazione le 66 stazioni aventi serie storiche di almeno 10 anni di lunghezza, ritenendole sufficientemente significative per la determinazione delle *altezze di pioggia indici*, ossia il valore atteso della pioggia massima annuale di assegnata durata in ogni stazione (3° livello di regionalizzazione);

- 4) per ognuna delle suddette 66 stazioni fu così possibile ricavare finalmente la relativa CPP (*curva di probabilità pluviometrica*): formula che sintetizza le caratteristiche climatiche locali in riguardo agli eventi estremi di pioggia e alla loro probabilità di manifestarsi.

Nel successivo "Progetto di Piano stralcio per l'assetto idrogeologico del bacino del fiume Trigno – parte abruzzese" fu adottata la stessa curva di crescita già calcolata nello Studio precedente, ma furono estese le serie storiche delle stazioni afferenti al bacino del Trigno comprendendovi i dati antecedenti al 1960, al fine di raffinare il calcolo delle altezze di pioggia indici e quindi in ultima analisi delle CPP di tali stazioni.

Nel "Progetto di Piano stralcio per l'assetto idrogeologico del bacino del fiume Trigno – parte molisana, del fiume Biferno e minori e del fiume Saccione":

- 1) è stata ancora una volta adottata la curva di crescita ricavata nel primo Studio al 2° livello di regionalizzazione;
- 2) col nuovo set di dati pluviometrici ampliato e completato per un totale di 105 stazioni, è stato possibile selezionare ben 79 stazioni aventi serie storiche di almeno 10 anni di lunghezza, al fine della determinazione delle *altezze di pioggia indici* (3° livello di regionalizzazione);
- 3) per ognuna delle suddette 79 stazioni sono state calcolate le CPP.

In questa sede sono state adottate le informazioni pluviometriche già acquisite nei precedenti studi in quanto ritenute ampiamente adeguate sia in termini di qualità che di quantità. La posizione geografica delle stazioni pluviometriche di interesse per il bacino oggetto di studio è riportata nella tavola **II.B.3.1**, evidenziando le stazioni per le quali è stata calcolata la CPP.

#### 3.3.2.2.1 Cenni sul modello TCEV

Per quanto la parte fondamentale dell'inferenza statistica, e cioè la determinazione dei parametri al 1° e 2° livello di regionalizzazione, sia stata condotta nei due Studi precedenti ai quali si rimanda per ogni approfondimento, si ritiene opportuno ricordare in breve gli aspetti essenziali del modello TCEV.

Un modello statistico TCEV è particolarmente indicato quando si deve operare a scala di bacino per ricavare una funzione di distribuzione valida per una certa area. È infatti possibile effettuare un'efficace stima dei parametri di tipo regionale ovvero determinare i parametri utilizzando tutti i dati registrati nelle stazioni interne a una data regione, detta *omogenea*, nella quale si dimostra che tali parametri sono *costanti*. A tale scopo per la stima dei parametri si adotta uno stimatore ML (massima verosimiglianza) di tipo regionale.

La metodologia di determinazione dei parametri è articolata in modo gerarchico al fine di definire dapprima le zone omogenee al 1° livello di regionalizzazione, poi quelle al 2° per procedere infine alla stima dei parametri al 3° livello che completano la caratterizzazione pluviometrica di una data località.

Presupposto del modello TCEV è che i valori registrati durante gli eventi provengano da due distinte popolazioni, la prima detta *componente di base*, la seconda detta *componente straordinaria*. La componente straordinaria dà origine a quei valori che si verificano raramente ma con intensità vistosamente superiore rispetto alla media. In presenza di tali valori i coefficienti di asimmetria delle serie storiche risultano talmente elevati che i classici modelli di tipo Gumbel non possono adattarsi con successo.

Il modello TCEV e' caratterizzato da 4 parametri,  $\Lambda_1$  e  $\theta_1$ , relativi alla componente di base (rispettivamente numero di eventi medio annuo e media della componente di base),  $\Lambda_2$  e  $\theta_2$ , relativi alla componente straordinaria. La funzione di distribuzione di probabilità cumulata (*PDF*) del modello ha la seguente espressione:

$$P(x_d) = \exp(-\Lambda_1 \exp(-x_d/\theta_1) - \Lambda_2 \exp(-x_d/\theta_2))$$

dove:

- $P(x_d)$  = probabilità di avere un evento di intensità minore di  $x_d$ ;
- $x_d$  = altezza di pioggia massima annuale di assegnata durata  $d$ ;
- $\Lambda_1, \theta_1, \Lambda_2$  e  $\theta_2$  sono i quattro parametri della TCEV.

Si dimostra che il *coefficiente di asimmetria*  $G$  dipende solo dai parametri  $\Lambda^*$  e  $\theta^*$  così definiti:

$$\Lambda^* = \Lambda_2/(\Lambda_1^{1/\theta^*})$$

$$\theta^* = \theta_2/\theta_1.$$

mentre il *coefficiente di variazione*  $CV$  dipende, in aggiunta, anche dal parametro  $\Lambda_1$ .

Sulla base della stima regionale dei parametri è possibile definire delle zone all'interno delle quali il valore dell'asimmetria  $G$  viene assunto come costante e risultano quindi costanti anche i parametri  $\Lambda^*$  e  $\theta^*$  che lo determinano. Tali zone sono dette *zone omogenee al 1° livello di regionalizzazione*. All'interno di tali zone omogenee si possono individuare delle sottoregioni in cui anche il valore del coefficiente di variazione  $CV$  risulta costante: si definiscono così le *sottozone omogenee al 2° livello di regionalizzazione*.

È dimostrabile che il rapporto tra la variabile aleatoria "altezza di pioggia massima annuale di assegnata durata"  $X_d$  ed il suo valore atteso  $E[X_d]$  (*pioggia indice*) risulta identicamente distribuito in una sottozona omogenea al 2° livello. Tale rapporto, esplicitato rispetto al *tempo di ritorno*  $T$  così definito:

$$T = \frac{1}{1 - P(X_d)}$$

rappresenta la cosiddetta *curva di crescita*  $K_T$ :

$$K_T = \frac{X_d(T)}{E[X_d]}$$

la quale indica il ritmo con cui le piogge si fanno più intense all'aumentare del tempo di ritorno. Pertanto ogni sottozona omogenea è caratterizzata da una propria curva di crescita.

La verifica della ipotesi di omogeneità viene condotta in genere confrontando le distribuzioni, campionarie e teoriche, dell'asimmetria G e del coefficiente di variazione CV, sia al primo che al secondo livello di regionalizzazione. Per la stima della distribuzione teorica del coefficiente di asimmetria e del coefficiente di variazione si ricorre a tecniche di generazione del tipo Montecarlo.

### 3.3.2.2 L'inferenza statistica regionale

Nel citato "Studio del rischio idrogeologico nella Regione", l'analisi statistica a livello regionale dimostrò la validità dell'ipotesi che tutta l'area esaminata costituisce una unica zona omogenea tanto al 1° quanto al 2° livello di regionalizzazione, caratterizzata quindi da un unico set di parametri  $\Lambda^*$ ,  $\theta^*$ ,  $\Lambda_1$  e conseguentemente da un'unica curva di crescita  $K_T$ . Tali parametri sono quelli riportati nella TABELLA 31.

$\Lambda^*$	$\theta^*$	$\Lambda_1$
0.13	2.40	20.39

Tabella 31– Parametri del modello TCEV delle piogge al 1° e 2° livello di regionalizzazione

I valori dei parametri ricavati sono in accordo anche con quanto fu in precedenza ricavato nel "Piano Straordinario delle Aree a Rischio Idrogeologico Molto Elevato" dell'Autorità di Bacino dei fiumi Trigno, Biferno e Minori, Saccione e Fortore.

La curva di crescita è tabulata per alcuni tempi di ritorno caratteristici nella TABELLA 32.

Tempo di ritorno (anni)	$K_T$
1.33	0.723
2	0.918
10	1.494
30	1.911
100	2.471
200	2.849
500	3.389
1000	3.811
5000	4.806

Tabella32– Valori del parametro  $K_T$  delle piogge al variare del tempo di ritorno

Si rimanda ai grafici contenuti nello "Studio del rischio idrogeologico nella Regione" per la dimostrazione della bontà dell'adattamento del modello alla realtà.

Nell'allegato **II.B.2.1** sono riportati i valori dei parametri  $\Lambda_1, \theta_1, \Lambda_2, \theta_2$  e il valore dei percentili per vari tempi di ritorno, calcolati per le 79 stazioni analizzate al 3°livello.

### 3.3.2.2.3 Calcolo delle curve di possibilità pluviometrica

Sulla base dei risultati dell'analisi statistica sono state ricavate per ciascuna stazione analizzata al 3°livello le *curve di possibilità pluviometrica* (CPP).

Dalla definizione di  $K_T$  si ha:

$$x_d(T) = K_T E[X_d]$$

e pertanto, approssimando le espressioni della curva di crescita  $K_T$  e della pioggia indice  $E[X_d]$  a leggi di potenza nella forma:

$$\begin{aligned} K_T &= a' T^m \\ E[X_d] &= a'' d^n \end{aligned}$$

si ottiene l'espressione monomia delle CPP:

$$x(d,T) = a' a'' d^n T^m$$

dove  $d$  è la durata della pioggia in ore,  $T$  il tempo di ritorno in anni,  $x(d,T)$  la corrispondente altezza di pioggia,  $a=(a'a'')$ ,  $n$  ed  $m$  parametri della località considerata che vengono pertanto ricavati per ciascuna stazione.

La stima di  $a'$  ed  $n$  per ciascuna stazione avviene per regressione lineare sulle piogge indici di durate da 1 a 24 ore per ciascuna stazione. Le piogge indici e i parametri  $a'$  ed  $n$  di ciascuna stazione sono tabulati in allegato **II.B.2.1**.

La stima di  $a''$  ed  $m$ , parametri comuni a tutte le stazioni in quanto è unica la zona omogenea al 2°livello e la curva di crescita, avviene parimenti per regressione lineare sui valori di  $K_T$  (vedi TABELLA 32) relativi al campo di tempi di ritorno di interesse per la successiva modellazione idrologico-idraulica (da 10 a 500 anni). Tali parametri sono riportati nella TABELLA 33.

<b>a''</b>	<b>m</b>
0.9297	0.2101

Tabella 33 – Valori dei parametri della curva di crescita delle piogge  $K_T$

La curva  $K_T$  e la sua retta di regressione sono riportate nella FIGURA 13.

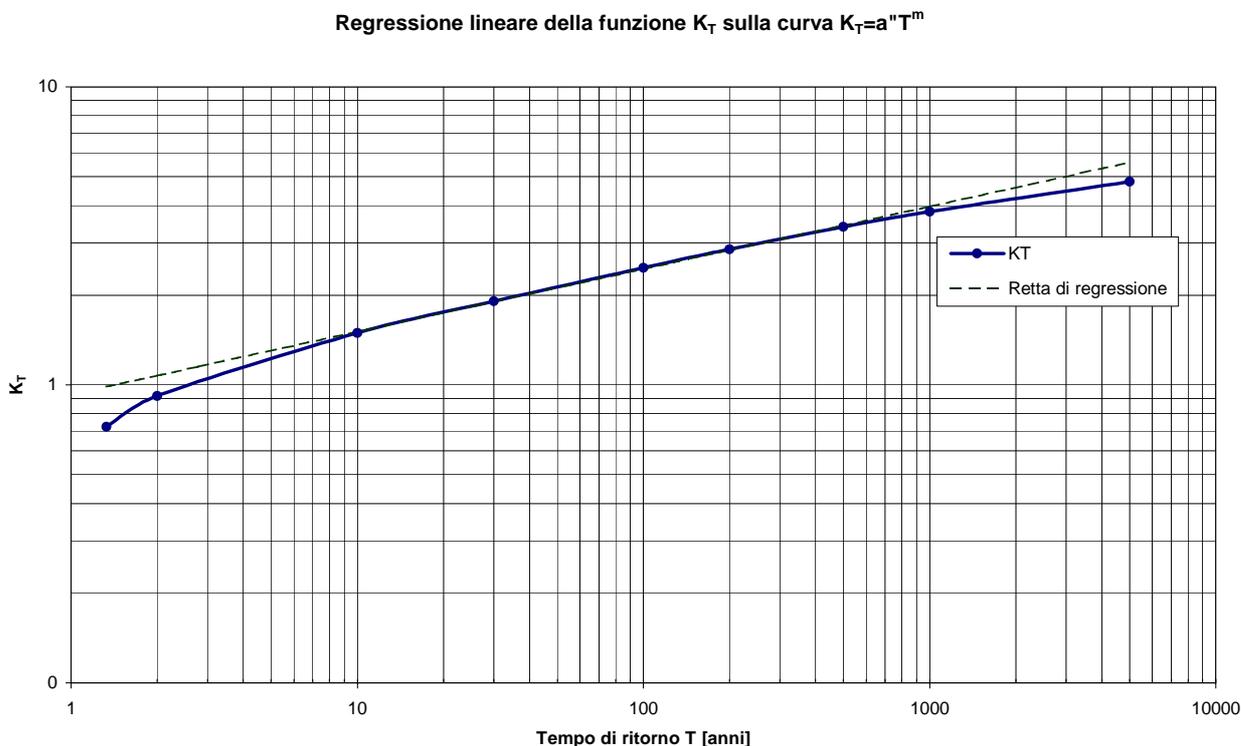


Figura 13 – Curva di crescita delle piogge e sua regressione lineare

Nell'allegato **II.B.2.1** si riportano i valori dei parametri delle CPP per durate superiori all'ora per tutte le 79 stazioni pluviometriche considerate in questo studio.

### 3.3.2.3 Analisi dei dati idrometrici a scala regionale

I dati sulle piene fluviali misurate (portate al colmo massime annuali registrate agli idrometrografi), riportati nell'allegato **II.B.2.1**, non sono stati oggetto di ulteriore elaborazione rispetto a quella eseguita nel contesto dello "Studio del rischio idrogeologico nella Regione" poiché sostanzialmente già completi e non necessitanti di integrazioni.

Pertanto, per l'analisi statistica delle portate al colmo di piena massime annuali dei dati idrometrici a scala regionale si rimanda al citato Studio per ogni approfondimento. In questa sede ci limitiamo a descrivere brevemente le principali evidenze dello Studio.

Anche in questo caso, come per i dati di pioggia, si procedette all'applicazione del modello TCEV e precisamente:

- 1) furono complessivamente censite 26 stazioni, localizzate sulle aste principali dei bacini molisani e confinanti (Sangro, Trigno, Biferno, Fortore, Volturno);
- 2) delle suddette ne furono selezionate 18 ai fini dell'inferenza statistica al 1° e 2° livello (calcolo delle *curve di crescita delle portate*), ossia quelle le cui serie

- storiche avessero una lunghezza di almeno 10 anni, ritenendole sufficientemente significative;
- 3) furono infine selezionate 22 stazioni idrometriche, le cui serie fossero lunghe almeno 5 anni, ritenute sufficientemente significative ai fini del calcolo della *portata indice*, e di esse furono ricavati i parametri al 3° livello.

La posizione geografica delle stazioni idrometriche, limitatamente a quelle di interesse per il bacino oggetto di studio, è riportata nella Tavola **II.B.3.1**

Per l'espressione della TCEV, le definizioni di *portata indice* e di *curva di crescita delle portate*, si faccia riferimento a quanto corrispondentemente indicato al precedente paragrafo per le piogge, con l'avvertenza di considerare, in luogo della variabile aleatoria  $X_d$  la variabile  $Q$  (*portata al colmo di piena massima annuale*).

### 3.3.2.3.1 L'inferenza statistica regionale

Nello Studio anzi citato fu riscontrata valida l'ipotesi di una unica zona omogenea tanto al 1° quanto al 2° livello, e quindi di un'unica *curva di crescita delle portate*. I parametri della TCEV per le portate ricavati nell'ambito dello al 1° e 2° livello di regionalizzazione sono riportati nella TABELLA 34.

$\Lambda^*$	$\theta^*$	$\Lambda_1$
0.12	3.29	7.85

Tabella 34 – Parametri della TCEV portate al 1° e 2° livello di regionalizzazione

La curva di crescita è tabulata per alcuni tempi di ritorno caratteristici nella TABELLA 35.

Tempo di ritorno (anni)	$K_T$
1.33	0.613
72	0.869
10	1.666
30	2.365
100	3.479
200	4.223
500	5.228
1000	5.987

Tabella 35– Valori del parametro  $K_T$  delle portate al variare del tempo di ritorno

Si rimanda ai grafici contenuti nello “Studio del rischio idrogeologico nella Regione” per la dimostrazione della validità dell'adattamento del modello alla realtà.

Come per i parametri della TCEV piogge, anche in questo caso i risultati dello Studio sono sostanzialmente in linea con quelli degli studi per la redazione del “Piano Straordinario delle Aree a Rischio Idrogeologico Molto Elevato” condotto dall'Autorità di Bacino dei fiumi Trigno, Biferno e Minori, Saccione e Fortore a seguito dell'emanazione del D.L. 180/98. Le leggere discrepanze derivano dal fatto che nel

Piano ex D.L. 180/98 la base di dati era più larga, comprendendovi numerose stazioni idrometriche abruzzesi, mediando quindi le particolarità dei bacini molisani con quelle dei bacini abruzzesi.

Nell'allegato **II.B.2.1** sono riportati i valori dei percentili per vari tempi di ritorno, calcolati per le 22 stazioni analizzate al 3° livello.

### **3.3.2.4 La modellistica idrologica**

La simulazione dei fenomeni idrologici è stata condotta mediante la modellistica a parametri distribuiti che consente l'analisi delle principali dinamiche che si verificano nel bacino idrografico applicando, a livello distribuito, le equazioni di base del bilancio idrologico.

Con tale approccio, adottando la schematizzazione spaziale a griglia (*raster*), si attribuisce ad ogni cella le informazioni relative alla morfologia del bacino, allo sviluppo del reticolo idrografico, alle caratteristiche del suolo, agli afflussi meteorici, che vengono successivamente utilizzate nelle varie equazioni di bilancio e di trasferimento per il calcolo dei deflussi nella varie sezioni dei corsi d'acqua.

A differenza dei modelli classici di tipo integrato, i modelli di tipo distribuito consentono una rappresentazione dei fenomeni idrologici più corretta da un punto di vista fisico, conservandone le caratteristiche di variabilità spazio-temporale; per contro, necessitano di un livello informativo molto più dettagliato e oneri di calcolo maggiori.

Di seguito si descrive il modello adottato per l'analisi idrologica del bacino considerato, premettendo quanto segue:

- il livello informativo disponibile consente l'applicazione del modello a parametri distribuiti su tutto il bacino in esame;
- il modello necessita delle operazioni di *taratura* su eventi reali, attraverso le quali vengono determinati i valori dei *parametri* che consentono al modello di interpretare al meglio la risposta idrologica del bacino;
- una volta tarato, il modello può essere utilizzato per la simulazione di scenari idrologici che, sulla base delle curve di possibilità pluviometrica, consentono il calcolo degli idrogrammi di piena per i prefissati tempi di ritorno in una qualsivoglia sezione del reticolo idrografico.

#### **3.3.2.4.1 Il modello idrologico distribuito**

Come già richiamato, il modello necessita di una serie di mappe relative alle grandezze idrologiche e geomorfologiche. La redazione delle mappe relative alle grandezze idrologiche viene in genere condotta a partire dalla geolitologia del bacino attribuendo a ciascun tipo di suolo o formazione geologica dei valori di riferimento e una data variabilità spaziale. Per i dati geografici si utilizza un modello digitale del terreno (DTM) di maglia adeguata a consentire l'individuazione delle linee di impluvio e una corretta individuazione dei bacini imbriferi.

Il modello riceve in input i dati di precipitazione in una serie di stazioni ricadenti nel bacino o limitrofe ad esso. Tali dati puntuali possono essere distribuiti spazialmente con diverse metodologie (es. metodo dei topoieti).

La taratura del modello viene effettuata sulla base di eventi noti ove, oltre alle precipitazioni, siano disponibili i dati di portata in una o più sezioni del bacino.

Il modello idrologico utilizzato può essere classificato come *distribuito* in quanto i parametri sono definiti per ognuna delle singole celle. Dal punto di vista concettuale il modello valuta dapprima la formazione del deflusso superficiale mediante la simulazione del fenomeno dell'intercettazione e, successivamente, il trasferimento di tale deflusso sino alla sezione di chiusura.

Il modello che simula il fenomeno dell'intercettazione calcola il deflusso superficiale di ciascuna cella, considerando sia la capacità di ritenuta del suolo che la velocità di infiltrazione a saturazione. Il modello mette in conto anche la componente di deflusso ipodermico che raggiunge il reticolo con tempi maggiori rispetto al deflusso superficiale.

La simulazione delle modalità di trasferimento del deflusso superficiale si basa sulla schematizzazione del fenomeno mediante una componente di tipo cinematico e su una di tipo "serbatoio lineare" (modello tipo *Clark*).

Il tempo di trasferimento per ciascuna cella, dipendente da entrambi i fenomeni sopra richiamati, è stimato in funzione della sua distanza dalla foce.

#### 3.3.2.4.2 Le caratteristiche geografiche e idrologiche

Come accennato in precedenza, il modello richiede la conoscenza della precipitazione per ciascuna cella del bacino. Poiché le precipitazioni sono note come valori puntuali alle stazioni di misura, è necessario procedere alla definizione di una distribuzione spaziale della precipitazione. Un criterio classico è rappresentato dal metodo dei topoieti o di Thiessen.

Le basi di dati territoriali, richiamate già in precedenza, sono costituite da:

- modello digitale del terreno (DTM) 250x250 m, al fine del calcolo del raster dei puntatori;
- mappa digitale 250x250 m dell'uso del suolo ricavata dal Progetto CORINE Land Cover;
- mappa digitale 250x250 m delle formazioni geo-litologiche del SINA.

Il *raster* dei puntatori idrologici e dei tempi di trasferimento sono stati elaborati a partire dal DTM 250x250m. Il *raster* dei puntatori indica la direzione del deflusso superficiale e viene ricavato assumendo che ogni cella versi nella cella vicina a quota minore.

I tempi di trasferimento sono stati valutati nella ipotesi che la velocità di trasferimento nella singola sezione sia proporzionale all'area del bacino a monte elevata all'esponente 0.3 come ricavato nella fase di taratura del modello idrologico.

Il legame funzionale è quindi del tipo:

$$v = MT A^{0.3}$$

dove  $v$  è la velocità di trasferimento in m/s,  $A$  è l'area del bacino a monte espresso in  $\text{km}^2$  mentre  $MT$  è un parametro di scala stimato in fase di taratura del modello (vedi oltre).

Sulla base delle coordinate UTM-E e UTM-N delle stazioni pluviometriche utilizzate per la stima delle curve di possibilità pluviometrica è stata ricavata la mappa dei topoi.

Dalle mappe della geo-litologia e dell'uso del suolo, attraverso la stima dei parametri idraulici delle diverse formazioni corrette in base alle diverse coperture del suolo, vengono ricavate le mappe distribuite riguardanti la capacità di massima ritenuta del suolo  $SC$  e la velocità di infiltrazione a saturazione  $K_s$ .

Tale procedimento, seppur basato su tabelle riportate in letteratura, presenta lati evidentemente deboli, dato che le caratteristiche idrauliche del suolo dipendono da un'ampia gamma di fattori, e presentano una propria variabilità spaziale così alta da mascherare correlazioni e dipendenze con altre caratteristiche fisiche.

Malgrado tale incertezza, la derivazione a livello distribuito dei parametri idraulici rappresenta comunque un miglioramento rispetto all'assegnazione o alla taratura di valori *lumped*, cioè validi a livello di intero bacino, in quanto permette un'efficace riproduzione della varianza delle grandezze idrologiche che è dimostrato influenzare soprattutto la risposta del bacino agli eventi meteorici critici. Ci si svincola cioè da una visione eccessivamente deterministica delle caratteristiche idrauliche del suolo, descrivendone in senso spaziale la dispersione intorno ai valori medi.

La capacità di ritenuta del suolo (indicata con  $SC$ , *Storage Capacity*), ossia il volume di potenziale accumulo idrico viene inizialmente stimata in funzione delle caratteristiche geo-litologiche. La TABELLA 36 permette l'associazione ad ogni classe geo-litologica del valore medio ( $SC$  media) e della sua deviazione standard ( $SC$  std dev).

Classe	Descrizione della geolitologia	SC media [mm]	SC std.dev. [mm]
1	Accumuli detritici, depositi alluvionali e fluviolacustri, spiagge attuali (Olocene)	0.01	0.01
2	Alluvioni terrazzate (Olocene)	100	100
3	Accumuli detritici, depositi alluvionali, fluviolacustri e fluvioglaciali (Pleistocene)	100	100
4	Sabbie e conglomerati (Pleistocene)	80	80
5	Argille [es. argille di Bradano, argille subappennine] (Pleistocene)	60	60
6	Depositi prevalentemente lacustri e fluviolacustri [Villafranchiano Auct. p.p.] (Pleistocene-Pliocene)	80	80

7	Argille (Pleistocene-Pliocene)	60	60
8	Sabbie e conglomerati [es.sabbie gialle] (Pliocene)	80	80
9	Argille e marne, a luoghi con olistromi [es. argille azzurre, argille subappennine] (Pliocene)	60	60
10	Arenarie (anche torbiditiche) ed argille, a luoghi con evaporiti [es.formazione del Toma] (Miocene Superiore)	60	60
11	Formazione gessoso-solfifera (Miocene Superiore)	0.01	0.01
12	Calcari organogeni e biodetritici e calcareniti di facies neritica e di piattaforma (Miocene medio-inferiore)	250	250
13	Arenacee e marnose arenacee e [es.arenarie di Caiazzo] (Miocene medio-inferiore)	60	60
14	Calcareo-marnose [es. formazione della Daunia] (Miocene medio-inferiore)	200	200
15	Marne e marne calcaree con apporti detritici, di facies di scarpata (Paleocene)	100	100
16	Argillose ed argilloso-calcaree [es.argille varicolori] (Paleocene)	100	100
17	Calcari e calcari marnosi, talora con selce, con apporti detritici di facies di scarpata (Paleocene-Cretacico sup.)	40	40
18	Calcari organici e biodetritici, talvolta dolomitici, di facies di piattaforma carbonatica (Cretacico Superiore)	500	500
19	Calcari e calcari biodetritici di facies neritica e di piattaforma (Cretacico Superiore)	500	500
20	Calcari e calcari biodetritici di facies di piattaforma carbonatica (Cretacico-Giurassico Superiore)	500	500
21	Calcari e subordinatamente dolomie cristalline di facies di piattaforma carbonatica (Giurassico)	160	160
22	Laghi e Ghiacciai	0.01	0.01

Tabella 36 – Capacità di ritenuta (SC) per ciascuna classe geo-litologica

Alla capacità di ritenuta propria del suolo SC, ricavata in base della precedente tabella, viene aggiunta un'ulteriore quota di potenziale accumulo  $SC_u$  riconducibile al fattore uso del suolo. Tale contributo rispecchia prevalentemente la capacità di intercettazione propria della vegetazione: non si tratta quindi di una modificazione della capacità di accumulo del suolo precedentemente stimata, quanto piuttosto di una possibile quantificazione di un fenomeno legato alla copertura vegetale. L'effetto è comunque, nell'ottica del modello idrologico utilizzato, equivalente ad una *maggiorazione* della capacità di ritenuta, e come tale viene computato. Anche in questo caso vengono riportati in TABELLA 37, per ogni classe, un valore medio e la sua deviazione standard.

Classe	Descrizione dell'uso del suolo	$SC_u$ media [mm]	$SC_u$ std.dev [mm]
1	Tessuto urbano continuo	0.01	0.01
3	Aree industriali o commerciali	0.01	0.01
3	Aree estrattive	0.01	0.01
4	Seminativi in arre irrigue	5	5
5	Aree prevalentemente occupate da colture agrarie con spazi naturali	8	8
76	Boschi di latifoglie	5	5
7	Aree a vegetazione boschiva ed arbustiva in evoluzione	7	7
9	Aree con vegetazione rada	5	5
8	Bacini di acqua	0.01	0.01

Tabella 37 - Capacità di ritenuta aggiuntiva  $SC_u$  per ciascuna classe di uso del suolo

Anche per quanto riguarda la velocità di infiltrazione a saturazione (indicata con  $K_s$ ), ossia la velocità con cui l'acqua accumulata nel suolo penetra negli strati profondi del sottosuolo, essa viene inizialmente stimata dalle caratteristiche geolitologiche. Di seguito viene riportata la TABELLA 38 che mette in relazione tali caratteristiche con i valori medi e la deviazione standard del suddetto fattore.

Classe	Descrizione della geolitologia	$K_s$ media [mm/h]	$K_s$ std.dev. [mm/h]
1	Accumuli detritici, depositi alluvionali e fluviolacustri, spiagge attuali (Olocene)	0.35	0.35
2	Alluvioni terrazzate (Olocene)	0.05	0.05
3	Accumuli detritici, depositi alluvionali, fluviolacustri e fluvioglaciali (Pleistocene)	0.15	0.15
4	Sabbie e conglomerati (Pleistocene)	0.3	0.3
5	Argille [es. argille di Bradano, argille subappennine] (Pleistocene)	0.5	0.5
6	Depositi prevalentemente lacustri e fluviolacustri [Villafranchiano Auct. p.p.] (Pleistocene-Pliocene)	0.1	0.1
7	Argille (Pleistocene-Pliocene)	0.45	0.45
8	Sabbie e conglomerati [es.sabbie gialle] (Pliocene)	0.3	0.3
9	Argille e marne, a luoghi con olistromi [es. argille azzurre, argille subappennine] (Pliocene)	0.1	0.1
10	Arenarie (anche torbiditiche) ed argille, a luoghi con evaporiti [es.formazione del Toma] (Miocene Superiore)	0.3	0.3
11	Formazione gessoso-solfifera (Miocene Superiore)	0.05	0.05
12	Calcari organogeni e biodetritici e calcareniti di facies neritica e di piattaforma (Miocene medio-inferiore)	0.6	0.6
13	Arenacee e marnose arenacee e [es.arenarie di Caiazzo] (Miocene medio-inferiore)	0.3	0.3
14	Calcareao-marnose [es. formazione della Daunia] (Miocene medio-inferiore)	0.55	0.55
15	Marne e marne calcaree con apporti detritici, di facies di scarpata (Paleocene)	0.3	0.3
16	Argillose ed argilloso-calcaree [es.argille varicolori] (Paleocene)	0.12	0.12
17	Calcari e calcari marnosi. talora con selce, con apporti detritici di facies di scarpata (Paleocene-Cretacico sup.)	0.6	0.6
18	Calcari organici e biodetritici, talvolta dolomitici, di facies di piattaforma carbonatica (Cretacico Superiore)	7.5	7.5
19	Calcari e calcari biodetritici di facies neritica e di piattaforma (Cretacico Superiore)	7.5	7.5
20	Calcari e calcari biodetritici di facies di piattaforma carbonatica (Cretacico-Giurassico Superiore)	7.5	7.5
21	Calcari e subordinatamente dolomie cristalline di facies di piattaforma carbonatica (Giurassico)	5.5	5.5
22	Laghi e Ghiacciai	0.01	0.01

*Tabella 38 – Velocità di infiltrazione a saturazione ( $K_s$ ) per ciascuna classe geolitologica*

La velocità di infiltrazione a saturazione così calcolata è stata corretta per tener conto della presenza/assenza di copertura vegetale ovvero di aree impermeabilizzate moltiplicandola per un fattore variabile  $K_{su}$  dipendente dall'uso del suolo come riportato nella TABELLA 39.

Classe	Descrizione dell'uso del suolo	$K_{S_u}$ media [-]	$K_{S_u}$ std.dev [-]
1	Tessuto urbano continuo	0.3	0.15
3	Aree industriali o commerciali	0.2	0.1
3	Aree estrattive	1	0.5
4	Seminativi in arre irrigue	1.3	0.65
5	Aree prevalentemente occupate da colture agrarie con spazi naturali	1.2	0.6
76	Boschi di latifoglie	1.2	0.6
7	Aree a vegetazione boschiva ed arbustiva in evoluzione	1	0.5
9	Aree con vegetazione rada	1	0.5
8	Bacini di acqua	0.01	0.005

Tabella 39 – Moltiplicatore  $K_{S_u}$  della velocità di infiltrazione per ciascuna classe di uso del suolo

### 3.3.2.4.3 Le fasi computazionali

Il calcolo viene condotto per ciascuna cella e per tutti i passi temporali secondo le seguenti fasi (FIGURA 14):

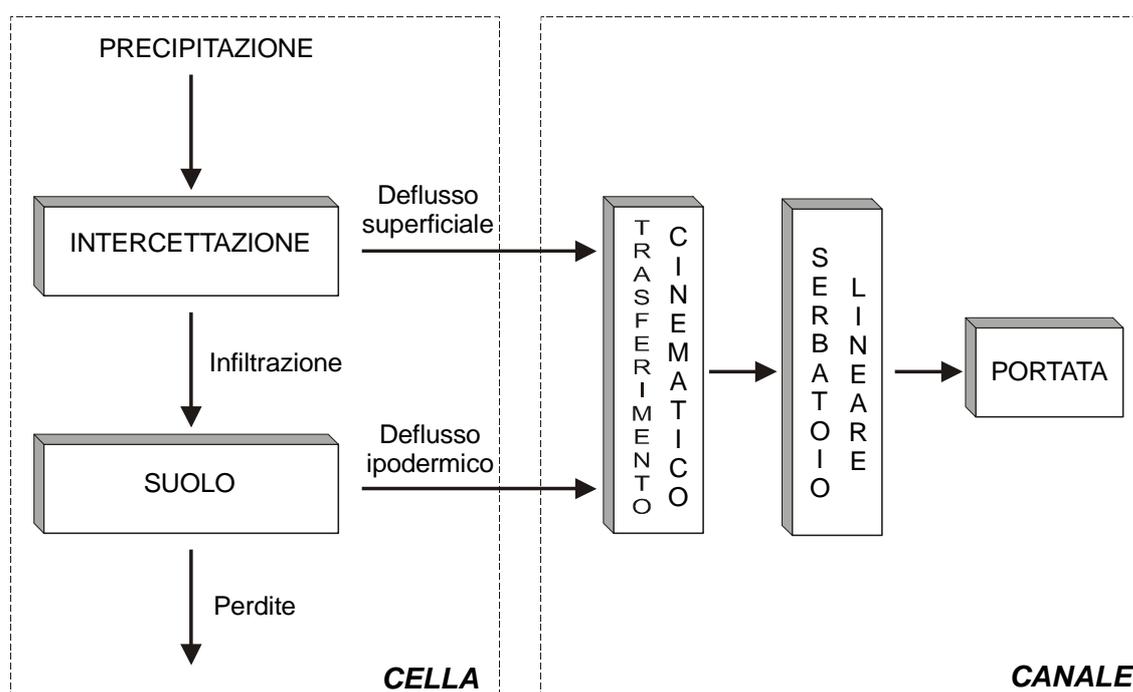


Figura 14- Schema del modello afflussi-deflussi

- *intercettazione*: in questa fase si effettua una stima della quantità di acqua che viene comunque sottratta al deflusso superficiale. La stima è riferita ad una componente iniziale che comprende le varie perdite per intercettazione (vegetazione, assorbimento del suolo) e ad una componente a regime riferita alla capacità di infiltrazione a saturazione.

- *suolo*: in questa fase si ricostruisce il bilancio idrologico del suolo, valutando la quantità d'acqua che va ad alimentare il volume profondo e la componente del deflusso ipodermico.
- *canale*: in questa fase si simula il trasferimento del deflusso superficiale e di quello ipodermico dalla singola cella alla sezione di chiusura.

All'inizio dell'evento di precipitazione una parte della pioggia si infiltra nel suolo, fino a saturare la capacità di ritenuta del suolo. Saturato tale volume, l'acqua continua a infiltrare nel suolo con un tasso definito dalla velocità di infiltrazione. Se l'afflusso eccede la velocità di infiltrazione si ha deflusso superficiale verso il canale. Tale deflusso contribuisce alla portata con un ritardo dettato dal modello di trasferimento.

Il bilancio del serbatoio "suolo" tiene pertanto conto da una parte dell'afflusso per infiltrazione, dall'altra delle perdite. Le perdite sono tali che per suolo saturo la quantità di acqua che si infiltra nel suolo sia pari alla velocità di infiltrazione.

Sulla base di quanto esposto, il modello necessita della definizione dei seguenti parametri validi su tutto il bacino:

- 1) *Grado di saturazione iniziale*: rappresenta la percentuale di acqua presente nel volume gravitazionale di suolo;
- 2) *Coefficiente di ripartizione cinematico- serbatoio lineare*: esprime il peso relativo del tempo di ritardo attribuibile alla componente cinematica e alla componente di serbatoio lineare;
- 3) *Velocità di trasferimento* [m/s]: rappresenta la velocità con cui il deflusso superficiale generato nella singola cella si trasferisce alla sezione di chiusura:

La *capacità di ritenuta* in [mm], ovvero la quantità di acqua che può essere immagazzinata nella parte gravitazionale del suolo (corrisponde al grado di saturazione uguale a 1) e la *velocità di infiltrazione a saturazione* [mm/h] che rappresenta la velocità di infiltrazione nel suolo in condizioni di saturazione (grado di saturazione uguale a 1) sono definite dalle mappe raster relative. Per quanto riguarda il deflusso ipodermico si assume che esso sia funzione della velocità di filtrazione a saturazione e della capacità di ritenuta.

Il modello prevede comunque parametri moltiplicativi per calibrare il valore medio di tali grandezze su tutto il bacino nella sola fase di taratura. A questi si aggiungono i coefficienti della formula per il ragguglio all'area che saranno definiti in seguito.

#### 3.3.2.4.4 Algoritmo di calcolo

Con riferimento alle variabili elencate nella TABELLA 40 si riportano di seguito i principali calcoli effettuati dal programma per ciascuna cella costituente il bacino:

Simbolo	Significato	unità di misura
$P_{ik}$	valore dell'afflusso (precipitazione) per la singola cella al passo k-esimo	[mm/h]
$\Delta t$	passo temporale	[h]
SC	valore del raster della capacità di ritenuta del suolo ( <i>storage capacity</i> )	[mm]
KL	valore del raster della velocità di infiltrazione a saturazione	[mm/h]
RI	coefficiente moltiplicativo del raster della capacità di ritenuta del suolo	[/]
IN	coefficiente moltiplicativo della velocità di infiltrazione a saturazione	[/]
IP	coefficiente moltiplicativo della componente ipodermica	[/]
T	valore del raster dei tempi di trasferimento	[h]
$T_c = CI T$	valore del raster dei tempi di trasferimento o di risposta secondo lo schema cinematico	[h]
$T_i = (1-CI) T/MT$	valore del raster dei tempi di trasferimento secondo lo schema di trasferimento di invaso	[h]
MT	coefficiente moltiplicativo della velocità di trasferimento	[/]
CI	coefficiente ripartizione cinematico-invaso	[/]
$\theta_{max} = RI SC$	valore distribuito della capacità di ritenuta massima del suolo (volume utile del suolo)	[mm]
$K_s = IN KL$	valore distribuito della velocità di infiltrazione a saturazione (o permeabilità)	[mm/h]
$\tau_c = T_c/MT$	valore distribuito dei tempi di trasferimento secondo il metodo cinematico	[h]
$\tau_i = T_i/MT$	valore distribuito dei tempi di trasferimento secondo il metodo dell'invaso	[h]
$C_s = 1/\tau_i$	valore distribuito della costante di esaurimento del serbatoio lineare	[1/h]
$\alpha_o$	frazione di volume di suolo inizialmente occupata da acqua (stato di umidità iniziale)	[/]
$\theta_o$	contenuto di acqua nel suolo nello stato iniziale	[mm]
$K = IP(1000KL/dx)$	coefficiente di deflusso ipodermico	[1/h]
Dx	Dimensioni della cella del raster	[m]
$\theta_k$	contenuto di acqua nel suolo al passo k-esimo	[mm]
$I_{eff}$	Infiltrazione effettiva	[mm/h]
$Q_{1k}$	Contributo verso il reticolo al passo k-esimo	[mm/h]
$\varphi_k$	volume d'acqua invasata nel reticolo	[mm]
$Q_k$	Contributo alla foce passo k-esimo	[mm/h]

Tabella 40 - Elenco delle variabili utilizzate dal modello afflussi-deflussi

- 1) L'afflusso sulla singola cella,  $P_{ik}$  [mm/h] è determinato con il metodo dei topoiati;
- 2) Il suolo è assimilato a un serbatoio lineare che si riempie in ragione della precipitazione (di intensità costante sul passo di bilancio) e si svuota in ragione della percolazione,  $K_s$  [mm/h], e del deflusso ipodermico regolato dal parametro  $K$ [1/h].
- 3) L'equazione di continuità, da cui si ricava il contenuto di acqua nel suolo da un passo a quello successivo, è esprimibile in forma differenziale nel seguente modo:

$$\Delta\theta = \theta_{k+1} - \theta_k = \left( P_i - K_s - K \cdot \frac{\theta_{k+1} + \theta_k}{2} \right) dt$$

$$\Rightarrow \frac{\theta_{k+1}}{dt} + \frac{K}{2} \cdot \theta_{k+1} = \frac{\theta_k}{dt} - \frac{K}{2} \cdot \theta_k + P_i - K_s$$

$$\theta_{k+1} = \left( \frac{\left( \frac{1}{dt} - \frac{K}{2} \right) \theta_k + Pi_k - K_s}{\frac{1}{dt} + \frac{K}{2}} \right)$$

- 4) Il contenuto di acqua nel suolo all'inizio  $\theta_0$  [mm] è uguale a  $\alpha_0 \theta_{max}$  dove  $\alpha_0$  è il grado di saturazione iniziale. Il valore del contenuto di acqua nel suolo è limitato tra 0 e  $\theta_{max}$ , pertanto si possono distinguere tre casi:

- *essiccamento del suolo:*

$$\begin{aligned} \theta_{k+1} &= 0 \\ Q_{1k} &= \theta_k / dt + Pi_k - K_s \\ I_{eff} &= K_s \end{aligned}$$

- *saturazione del suolo:*

$$\begin{aligned} \theta_{k+1} &= \theta_{max} \\ Q_{1k} &= 0 \\ I_{eff} &= \theta_k / dt + Pi_k \end{aligned}$$

- *caso intermedio:*

$$\begin{aligned} 0 &< \theta_{k+1} < \theta_{max} \\ Q_{1k} &= (\theta_k - \theta_{max}) + Pi_k - K_s \\ I_{eff} &= K_s \end{aligned}$$

Il modello di trasferimento nel reticolo è costituito da una componente di invaso e da una componente cinematica poste in serie. La componente di invaso è caratterizzata dalla seguente espressione:

$$\varphi_{k+1} = \left( \frac{\left( \frac{1}{dt} - \frac{C_s}{2} \right) \varphi_k + Q_{1k}}{\frac{1}{dt} + \frac{C_s}{2}} \right)$$

dove  $C_s$ . [1/h] è il parametro del serbatoio calcolato come  $1/\tau_i$  e  $\varphi_k$  il volume d'acqua nel reticolo (assunto inizialmente nullo). Il contributo verso la componente cinematica risulta

$$Q_k = C_s \frac{\varphi_{k+1} + \varphi_k}{2}$$

- 5) La componente cinematica trasla nel tempo il contributo  $Q_k$  di un fattore pari a  $\tau_c$ .

Il contributo complessivo alla sezione di chiusura avviene attraverso la convoluzione dei contributi delle singole celle.

Sulla base di quanto esposto, il modello necessita della definizione dei seguenti parametri validi su tutto il bacino:

- $\alpha_0$  frazione di volume di suolo inizialmente occupata da acqua (stato di umidità iniziale) [/]
- $Rl$  coefficiente moltiplicativo del raster della capacità di ritenuta del suolo [/]
- $IN$  coefficiente moltiplicativo della velocità di infiltrazione a saturazione [/]
- $IP$  coefficiente moltiplicativo della componente ipodermica [/]
- $MT$  coefficiente moltiplicativo della velocità di trasferimento [/]
- $CI$  coefficiente ripartizione cinematico-invaso [/]

Le seguenti opere di laminazione possono essere considerate nel modello idrologico:

- Invasi in linea con fessura;
- Invasi in linea con luce a battente;
- Invasi in derivazione.

L'*invaso in linea con fessura* è caratterizzato da una legge di riempimento che lega i volumi e i livelli del tipo:

$$V = a H^b$$

dove a e b sono parametri stimati dalla cartografia e H è l'altezza d'acqua dal fondo dell'invaso.

Gli invasi in linea con fessura sono caratterizzate dai seguenti parametri:

- b larghezza della fessura
- h altezza della soglia sfiorante
- $b_1$  larghezza della soglia sfiorante

La portata scaricata per H minore dell'altezza della soglia sfiorante h:

$$Q_s = 0.4bH\sqrt{2gH}$$

Per H maggiore della quota della soglia sfiorante

$$Q_s = 0.4bH\sqrt{2gH} + 0.4(b_1 - b)(H - h)\sqrt{2g(H - h)}$$

Gli *invasi in linea con luce a battente* sono caratterizzate dai seguenti parametri:

- b larghezza della luce a battente
- $h_1$  altezza della luce a battente
- h altezza della soglia sfiorante
- $b_1$  larghezza della soglia sfiorante

La portata scaricata per H minore dell'altezza della luce a battente  $h_1$ :

$$Q_s = 0.4bH\sqrt{2gH}$$

Per H compreso tra  $h_1$  e  $1.5h_1$  si applica una formula di raccordo con la seguente espressione valida per H compreso tra  $1.5 h_1$  e la quota della soglia sfiorante h:

Per H maggiore dell'altezza della soglia sfiorante h;

$$Q_s = 0.8bh_1\sqrt{2g(H - 0.5h_1)}$$

$$Q_s = 0.8bh_1\sqrt{2g(H - 0.5h_1)} + 0.4b_1(H - h_1)\sqrt{2g(H - h_1)}$$

Gli *invasi in derivazione* sono caratterizzate dai seguenti parametri:

- b larghezza della soglia sfiorante
- h altezza della soglia sfiorante
- a, b, c parametri della scala di deflusso in prossimità della soglia sfiorante, rappresentata dalla seguente espressione:  $Q=a (H_a-b)^c$  dove  $H_a$  è l'altezza d'acqua dal fondo della cassa.

La portata sfiorata nella cassa è funzione del livello in alveo calcolato con la scala di deflusso e quello nella cassa calcolato con la legge di riempimento. Nel caso di livello in alveo superiore a quello nella cassa e assumendo che il livello nella cassa sia superiore alla soglia sfiorante si applica la seguente formula per stramazzi rigurgitati:

$$Q_s = b(0.65(H - h) + 0.4(H_a - H))\sqrt{2g(H_a - H)}$$

Il modello idrologico calcola gli apporti alle opere di laminazione derivanti sia dai bacini principali che intermedi. Quindi calcola l'effetto di laminazione di ciascun intervento da monte verso valle provvedendo al trasferimento dei contributi in base al modello misto cinematico-invaso utilizzato per i calcoli idrologici. Un tale approccio consente di verificare in una unica soluzione gli effetti di complessi sistemi in cascata di opere di laminazione fornendo lo strumento per valutare la riduzione di portata non solo a valle dell'opera singola ma anche in prossimità di un obiettivo posto a valle della stessa.

Nel caso specifico è stato ritenuto opportuno considerare nel modello la presenza dell'invaso dell'Occhito sul fiume Fortore, di cui sono noti i principali parametri dimensionali compresi quelli delle opere di sfioro, acquisiti in parte sullo studio "*Sbarramento di Occhito sul Fiume Fortore – Ipotesi di collasso e ipotesi di apertura scarichi*" e in parte presso il Consorzio di Bonifica per la Capitanata; essi sono riportati nella TABELLA 41.

Invaso di Occhito sul F. Fortore	
Quota di sfioro inferiore soglia mobile	192.0 m s.l.m.
Quota di sfioro soglia fissa	195.0 m s.l.m.
Sviluppo soglia sfiorante mobile	38.1
Sviluppo soglia sfiorante fissa	110
Area specchio liquido alla quota di massima regolazione	13.7 km <sup>2</sup>

*Tabella 41 – Principali dati dell'invaso dell'Occhito*

#### 3.3.2.4.5 Taratura del modello

Si ricorda che il modello utilizzato in questa sede ha la stessa identica struttura del modello utilizzato nello "*Studio del Rischio idrogeologico nella Regione Molise*".

Nell'ambito del suddetto Studio la taratura fu effettuata a scala regionale in base a eventi significativi di piena registrati in varie stazioni idrometriche lungo l'asta del Biferno, utilizzando i dati ad alta risoluzione temporale forniti dall'Ufficio

Compartimentale di Pescara del S.I.M.I.. Si rimanda a tale studio per gli approfondimenti.

Nel presente studio sono stati analizzati i dati delle misure idro-pluviometriche di tre eventi a carattere eccezionale relativi agli anni 1955, 1961 e 1963 reperiti presso il S.I.M.I di Pescara.

I dati disponibili in formato di microfish e cartaceo, una volta acquisiti sono stati digitalizzati (vedi Allegato **I.B.2.2**).

Sono stati acquisiti i dati pluviometrici disponibili relativi alle stazioni di misura riportate in TABELLA 42.

Per la taratura del modello non è stato considerato l'invaso dell'Occhito perché nel periodo preso in esame non era ancora terminata la costruzione.

COD	NOME	X	Y	TIPO	Evento		
					18-31 nov 1955	10-23 gen 1961	12-23 dic 1963
3566	Boiano	456656	4592810	Pluviometro		x	
3574	Castropignano	464151	4607572	Pluviometro	x	x	
3581	Larino	494254	4629073	Pluviometro		x	
3588	Montefalco_V_F	501654	4576013	Pluviometro	x	x	x
3589	Roseto_V_F	508621	4579718	Pluviometro	x	x	x
3590	S_Bartolomeo_in_Galdo	501652	4585265	Pluviometro	x	x	x
3591	Castelvetero_V_F	494690	4587117	Pluviometro		x	
3594	Campolieto	480819	4609359	Pluviometro	x	x	x
3595	Riccia	486340	4592693	Pluviometro	x		x
3598	S_Elia_a_Pianisi	489145	4607491	Pluviometro	x		x
3601	Bonefro	494706	4616737	Pluviometro	x	x	x
3602	Masseria_Verrusio	507187	4620425	Pluviometro	x	x	x
3603	Castelnuovo_della_Daunia	509979	4603789	Pluviometro	x	x	
4070	Fortore_a_Civitate	518685	4625787	Idrometro	x	x	
4080	Fortore_a_Ponte_Casale	503756	4610811	Idrometro	x		x

Tabella 42 – Stazioni di misura utilizzate per la taratura del modello.

### 3.3.2.5 Eventi a carattere eccezionale

#### 3.3.2.5.1 Evento Anno 1955

L'evento di piena a carattere eccezionale verificatosi nel mese di novembre del 1955, concentrato particolarmente nei giorni del 23 e 24 ha interessato il bacino del fiume Fortore ma non i bacini limitrofi ad eccezione del basso bacino del fiume Biferno.

Le piogge che hanno interessato il bacino del Fortore non sono state rilevanti ma hanno trovato il terreno già saturo dalle precipitazioni cadute precedentemente.

La piena ha avuto inizio il giorno 23 all'altezza idrometrica di 0.94 m mentre il colmo si è verificato alle ore 18 del giorno 24 con un'altezza idrometrica di 9.6 m ed una portata di oltre 1300 mc/s. L'evento si è concluso il successivo giorno 30.

I dati disponibili sono relativi alla quasi totalità delle stazioni pluviometriche mentre per quanto riguarda la stazione di misura è stata funzionante esclusivamente quella posta a Ponte Civitate (4070 - Fortore a Civitate). L'idrogramma di piena relativo alla

stazione di Fortore a Ponte Casale è stato ricostruito in correlazione con quello registrato a Ponte Civitate.

Le scale di deflusso delle due stazioni idrometriche valide per il periodo relativo all'evento sono riportate nelle TABELLE 43 e 44.

Fortore a Ponte Casale - Scala numerica delle portate							
Altezza idrometrica [m]	Portata [mc/s]	Altezza idrometrica [m]	Portata [mc/s]	Altezza idrometrica [m]	Portata [mc/s]	Altezza idrometrica [m]	Portata [mc/s]
1.5	0.27	2.1	28	2.7	177	3.3	348
1.7	1.9	2.3	72	2.9	232	3.5	408
1.9	6.85	2.5	124	3.1	289	3.81	507
Per $H > 3.81$ $Q = 133.028 (H-1.37)^{3/2}$							

Tabella 43 – Scala numerica delle portate della stazione Fortore a Ponte Casale (1955).

Fortore a Ponte Civitate - Scala numerica delle portate							
Altezza idrometrica [m]	Portata [mc/s]	Altezza idrometrica [m]	Portata [mc/s]	Altezza idrometrica [m]	Portata [mc/s]	Altezza idrometrica [m]	Portata [mc/s]
0.3	0	0.7	1.35	1.1	6	1.9	29.4
0.35	0.01	0.75	1.82	1.2	7.46	2	35.4
0.4	0.04	0.8	2.31	1.3	9.11	2.1	44.1
0.45	0.1	0.85	2.81	1.4	11	2.2	52.2
0.5	0.18	0.9	3.31	1.5	13.5	2.3	61
0.55	0.35	0.95	3.83	1.6	16.5	2.4	70
0.6	0.6	1	4.45	1.7	20.3	2.5	79
0.65	0.95	1.05	5.18	1.8	24.6	2.6	88
Per $H > 2.6$ $Q = 53.445 (H-1.205)^{3/2}$							

Tabella 44 – Scala numerica delle portate della stazione Fortore a Ponte Civitate (1955 – 1961 – 1963).

La scala di deflusso della stazione di Fortore a Ponte Civitate ha validità oltre che per l'evento del 1955 anche per i successivi presi in esame relativi agli anni 1961 e 1963.

I parametri ottimali utilizzati per la ricostruzione dell'evento del 1955 del fiume Fortore a Ponte casale e a Ponte Civitate sono riportate nella TABELLA 45.

	Fortore a Ponte Casale	Fortore a Ponte Civitate
Alpha0 – Saturazione iniziale	0.65	0.8
IN - Infiltrazione	0.01	0.01
RI - Ritenuta	2.00	2.00
IP – Ipodermico	0.00	0.00
CI - Rapporto cinematico/invaso	0.6	0.95
MT - Velocità di trasferimento	0.28	0.28

Tabella 45 – Parametri ottimali del modello idrologico per la ricostruzione dell'evento del 1955

Gli idrogrammi relativi all'evento analizzato sono riportati nelle FIGURE 15 e 16.

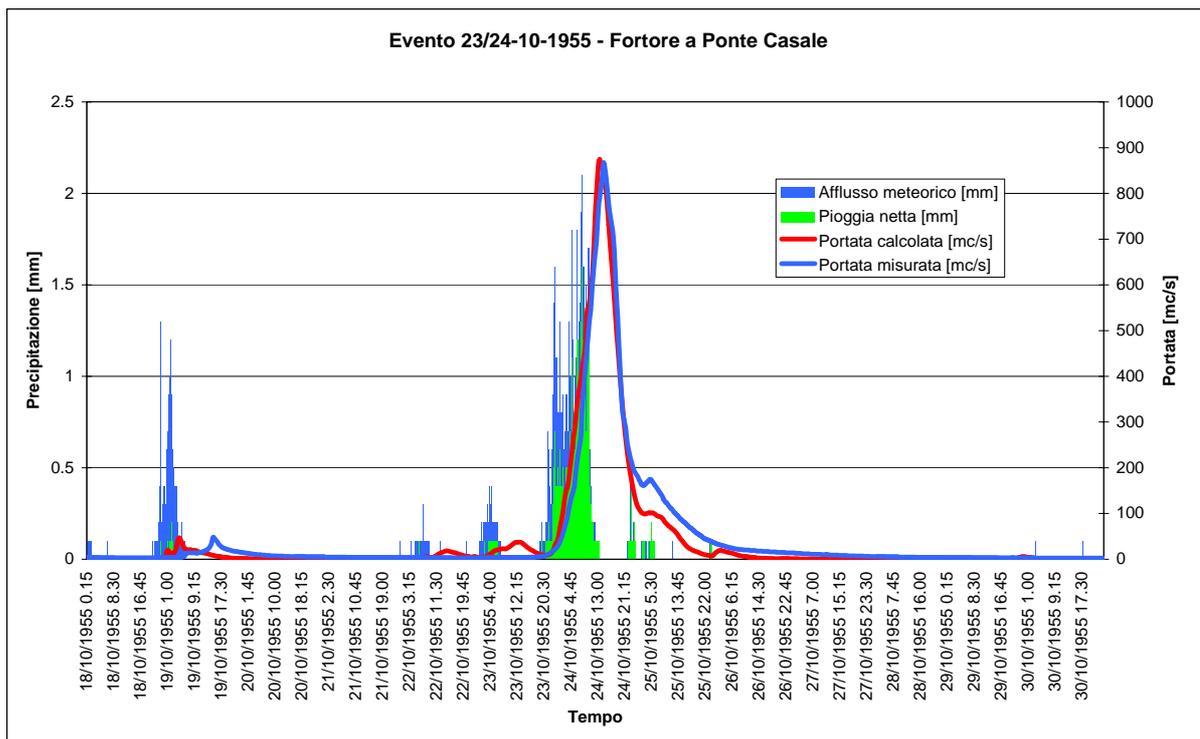


Figura 15 – Idrogramma di piena misurato e ricostruito a Fortore a Ponte Casale (1955).

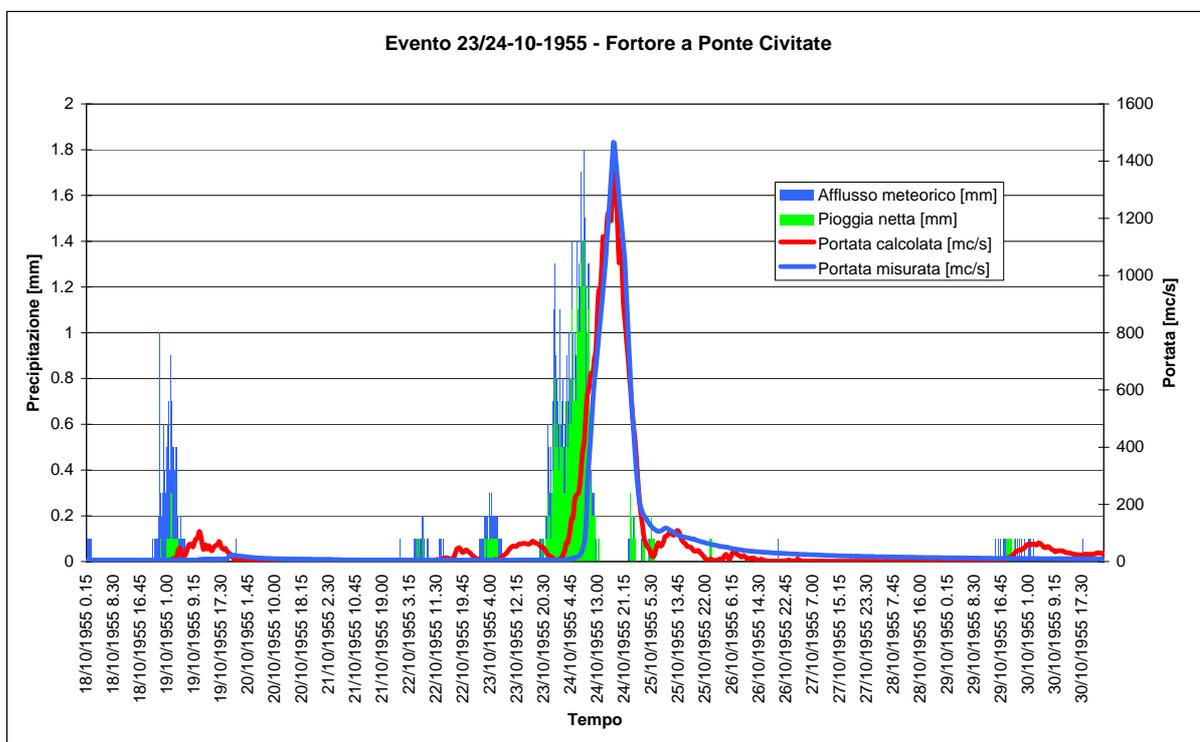


Figura 16 – Idrogramma di piena misurato e ricostruito a Fortore a Ponte Civitate (1955).

### 3.3.2.5.2 Evento Anno 1961

L'evento di piena a carattere eccezionale verificatosi nel mese di gennaio del 1961 si è concentrato particolarmente nei giorni del 15, 16 e 17.

I dati disponibili per questo evento sono quelli relativi alla maggior parte dei pluviometri ricadenti nel bacino e all'idrometro di Fortore a Ponte Civitate. La scala di deflusso valida per questa stazione di misura è quella riportata in TABELLA 44.

I parametri ottimali utilizzati per la ricostruzione dell'evento del 1961 del fiume Fortore a Ponte Civitate sono riportate nella TABELLA 46 mentre il rispettivo idrogramma è riportato in FIGURA 17.

Alpha0 – Saturazione iniziale	0.87
IN - Infiltrazione	0.01
RI - Ritenuta	2.00
IP – Ipodermico	0.00
CI - Rapporto cinematico/invaso	0.8
MT - Velocità di trasferimento	0.2

Tabella 46 – Parametri ottimali del modello idrologico per la ricostruzione dell'evento del 1961.

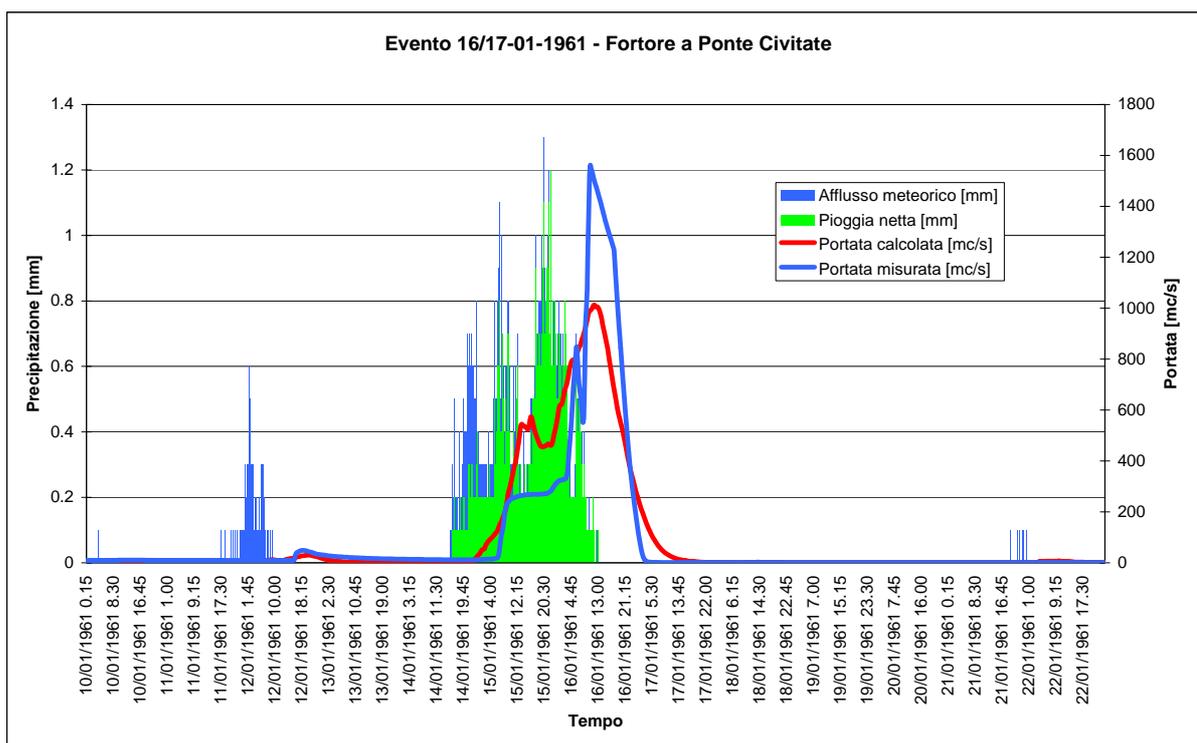


Figura 17 – Idrogramma di piena misurato e ricostruito a Fortore a Ponte Civitate (1961).

Come si può notare dalla figura 18 il picco di portata calcolata dal modello risulta di circa 1010 mc/s mentre quella misurata di circa 1560 mc/s. Quest'ultimo valore potrebbe essere affetto da errori in quanto come riportato anche nell'Annale Idrologico 1961 (Parte Seconda - Sezione F) ci sono state delle irregolarità nel

funzionamento dello strumento misuratore. Il dato riportato sulla raccolta citata desunto da rilievi di tracce di piena risulta di 1420 mc/s.

### 3.3.2.5.3 Evento Anno 1963

Tra gli eventi presi in esame quello relativo all'anno 1963 è ad intensità minore in quanto si stima una portata di picco a Fortore a Ponte Casale di circa 280 mc/s che risulta di circa 750 mc/s nella stazione di misura di Fortore a Ponte Civitate (questo ultimo dato è stato ricostruito nel lavoro "Piano di Bacino del Fiume Fortore").

I parametri ottimali utilizzati per la ricostruzione dell'evento del 1961 del fiume Fortore a Ponte Civitate sono riportate nella TABELLA 47 mentre i rispettivi idrogrammi sono riportati nelle figure 18 e 19.

	Fortore a Ponte Casale	Fortore a Ponte Civitate
Alpha0 – Saturazione iniziale	0.45	0.90
IN - Infiltrazione	0.01	0.01
RI - Ritenuta	2.00	2.00
IP – Ipodermico	0.00	0.00
CI - Rapporto cinematico/invaso	0.45	0.90
MT - Velocità di trasferimento	0.28	0.20

Tabella 47 – Parametri ottimali del modello idrologico per la ricostruzione dell'evento del 1963.

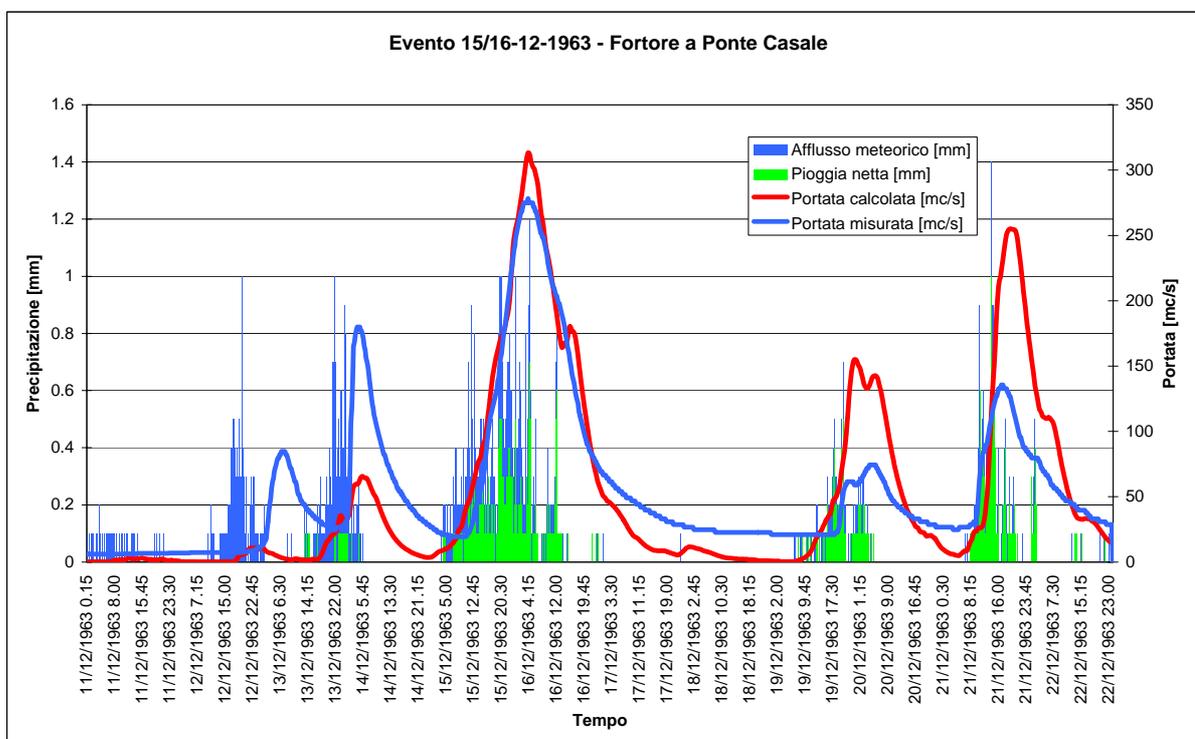


Figura 18 – Idrogramma di piena misurato e ricostruito a Fortore a Ponte Casale (1963).

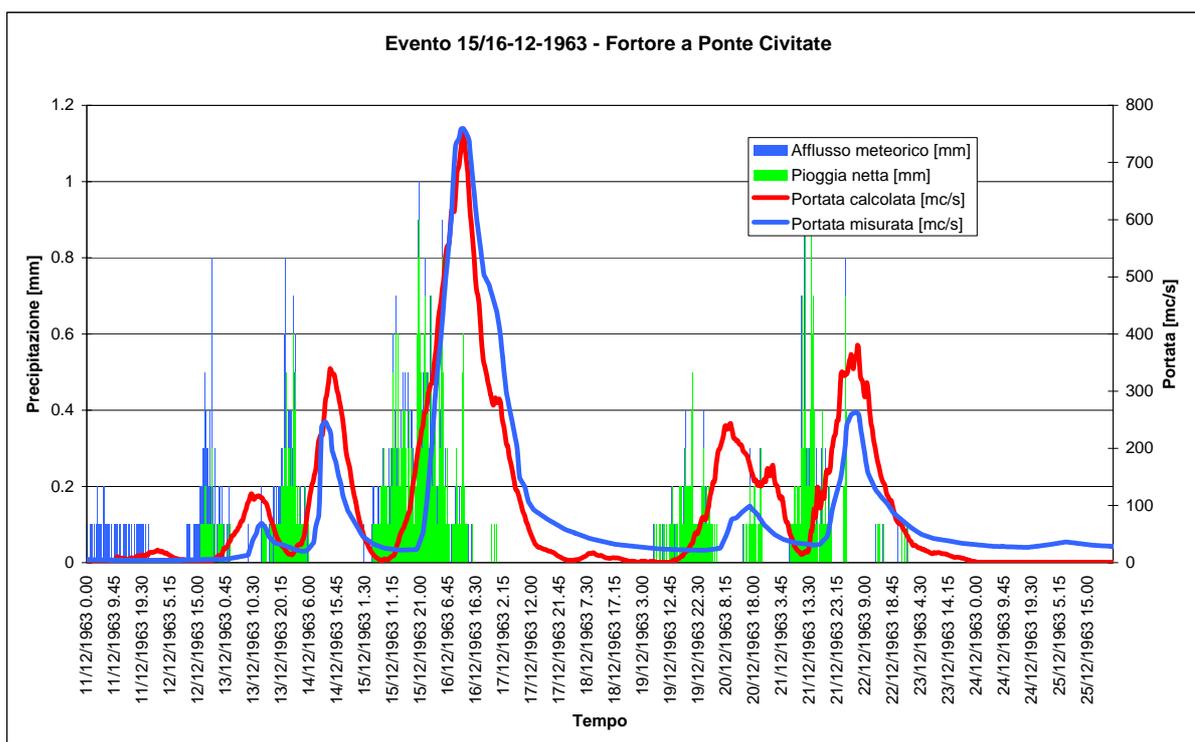


Figura 19 – Idrogramma di piena misurato e ricostruito a Fortore a Ponte Civitate (1963).

### 3.3.2.5.4 I parametri adottati nel modello idrologico

Nei precedenti punti sono stati individuati i parametri ottimali del modello idrologico per la ricostruzione degli eventi di piena presi in esame.

Evento	Stazione	Saturazione iniziale	IN Infiltrazione	RI Ritenuta	IP Ipodermico	CI Rapporto cinematico invaso	MT Velocità di trasferimento
1955	Fortore a P.te Casale	0.65	0.01	2	0	0.6	0.28
	Fortore a P.te Civitate	0.8	0.01	2	0	0.95	0.28
1661	Fortore a P.te Casale						
	Fortore a P.te Civitate	0.87	0.01	2	0	0.8	0.2
1663	Fortore a P.te Casale	0.45	0.01	2	0	0.45	0.28
	Fortore a P.te Civitate	0.9	0.01	2	0	0.9	0.2
Valori medi		0.73	0.01	2	0	0.74	0.25

Tabella 48 – Parametri medi del modello idrologico desunti dalle ricostruzioni degli eventi del 1955, 1961 e 1963.

Nella TABELLA 48 sono riassunti i risultati ottenuti e riportati i valori medi dei parametri.

I risultati ottenuti possono essere confrontati con il lavoro *“Studio del rischio idrogeologico nella Regione Molise”* nel quale sono stati individuati i parametri riportati in TABELLA 49 sulla base di eventi di piena registrati nelle stazioni idrometriche poste sull’asta del Fiume Biferno e successivamente .

Alpha0 – Saturazione iniziale	0.80
IN - Infiltrazione	0.01
RI - Ritenuta	2.00
IP – Ipodermico	0.00
CI - Rapporto cinematico/invaso	0.45
MT - Velocità di trasferimento	0.28

*Tabella 49– Parametri del modello idrologico del lavoro “Studio del rischio idrogeologico nella Regione Molise”.*

I parametri stimati per il bacino del Fiume Fortore non si discostano da quelli precedentemente individuati fatta eccezione per il rapporto cinematica/invaso che risulta pari a 0.45 per lo studio della Regione Molise e 0.7 nel presente lavoro.

Coerentemente con gli studi esistenti ed in particolare *“Studio del rischio idrogeologico nella Regione Molise”* e *“Progetto di Piano stralcio per l’assetto idrogeologico del bacino del fiume Trigno – parte abruzzese e parte molisana, del fiume Biferno e minori e del fiume Saccione”* sono stati utilizzati per la stima delle portate di piena nelle sezioni di interesse, i parametri assunti precedentemente. Sono state eseguite altresì simulazioni con differente grado di saturazione ed in particolare pari a 0.9 e 0.8.

Quest’ultimo parametro infatti, discende solo in linea di massima dalla taratura sugli eventi reali: si tratta di una variabile che, pur contribuendo a definire la risposta idrologica del bacino, non rappresenta una caratteristica intrinseca di quest'ultimo ma dipende essenzialmente dalla "storia idrologica" ante-evento. Nella pratica il valore di tale parametro viene fissato, una volta definita la forma dello ietogramma sintetico con l'obiettivo di rendere congruente la stima delle portate di piena per differenti tempi di ritorno tramite modello idrologico con quella ottenuta tramite la statistica diretta sulle stazioni di misura del S.I.M.N..

Utilizzando un grado di saturazione pari a 0.9 si ottengono valori di portata che risultano congruenti con quelli della statistica diretta per la stazione di misura di Fortore a Ponte Casale ma non per quella di Fortore a Ponte Civitate nella quale vengono sottostimati. Ciò nonostante è stato assunto un grado di saturazione pari a 0.8 che pur sottostimando la statistica diretta, permette di analizzare le caratteristiche idrologiche dell’intero territorio ricadente all’interno dell’Autorità di Bacino, con parametri modellistici omogenei, giungendo al set di valori riportato nella TABELLA 50.

Alpha0 – Saturazione iniziale	0.80
IN - Infiltrazione	0.01
RI - Ritenuta	2.00
IP – Ipodermico	0.00
CI - Rapporto cinematico/invaso	0.45
MT - Velocità di trasferimento	0.28

Tabella 50 - Parametri del modello idrologico

Nella TABELLA 51 si riporta, per alcuni tempi di ritorno di interesse, il confronto tra le portate dei vari modelli idrologici disponibili e quelle da statistica diretta sulle stazioni di misura del S.I.M.N.. Viene riportato anche il confronto tra le superfici dei bacini sottesi ricavate in via automatica dal DEM (e utilizzate quindi dal modello idrologico) e quelle dichiarate dal S.I.M.N. sulle proprie pubblicazioni.

Descrizione	Area del bacino sotteso (kmq)		Portata Tr = 30 [mc/s]				Portata Tr = 100 [mc/s]				Portata Tr = 200 [mc/s]			
	da DEM modello	da dati S.I.M.N.	SRM	MOD	TCEV	PDB	SRM	MOD	TCEV	PDB	SRM	MOD	TCEV	PDB
Fortore a P.te Casale	1114	1168	169 5	<b>125</b> 2	143 3	1181 *	256 7	<b>182</b> 4	211 3	128 3	322 1	<b>223</b> 6	256 5	138 0
Fortore a P.te Civitate	1507	1527	242 9	<b>153</b> 4	217 2	1463 *	358 4	<b>220</b> 7	320 3	158 8	442 6	<b>269</b> 4	388 8	170 9

Tabella 51 – Confronto tra portate da modello “Studio del rischio idrogeologico nella Regione Molise” (SRM), modello attuale (MOD), da statistica diretta (TCEV) e da modello “Piano di Bacino del Fiume Fortore” (PDB) per diversi tempi di ritorno

Dall'osservazione della TABELLA 51 si desume in generale un accordo molto buono tra modello e statistica diretta, per quanto riguarda la stazione di misura di Fortore a Ponte Civitate, migliore sia di quello ricavato all'epoca dello "Studio del rischio idrogeologico nella Regione", sia di quello utilizzato nel "Piano di Bacino del Fiume Fortore".

Per quanto riguarda la stazione di misura di Fortore a Ponte Civitate il modello ricostruisce delle portate di piena per i diversi tempi di ritorno che sono inferiori sia rispetto a quelle ricavate nello "Studio del rischio idrogeologico nella Regione", sia rispetto a quelle ricavate dalla statistica diretta. Le portate calcolate nel "Piano di Bacino del Fiume Fortore" risultano notevolmente più basse rispetto altre stime degli altri studi.

Si osserva altresì (TABELLA 52), che il contributo unitario del bacino sotteso alla sezione di chiusura di Fortore a Ponte Civitate, sia nello "Studio del rischio idrogeologico nella Regione" sia desunto dalla statistica diretta, è più alto rispetto a quello calcolato per la sezione di chiusura di Fortore a Ponte Casale, in contraddizione con i fenomeni fisici di propagazione delle piene che evidenziano la diminuzione del contributo unitario del bacino in funzione dell'aumento della superficie sottesa.

Descrizione	Area del bacino sotteso (kmq)		Contributo unitario Tr = 30 [mc/s kmq]				Contributo unitario Tr = 100 [mc/s kmq]				Contributo unitario Tr = 200 [mc/s kmq]			
	da DEM modello	da dati S.I.M.I.	SRM	MOD	TCEV	PDB	SRM	MOD	TCEV	PDB	SRM	MOD	TCEV	PDB
Fortore a P.te Casale	1114	1168	1.5	<b>1.1</b>	1.2	1.0	2.2	<b>1.6</b>	1.8	1.1	2.8	<b>2.0</b>	2.2	1.2
Fortore a P.te Civitate	1507	1527	1.6	<b>1.0</b>	1.4	1.0	2.3	<b>1.5</b>	2.1	1.0	2.9	<b>1.8</b>	2.5	1.1

Tabella 52– Confronto tra contributi unitari modello “Studio del rischio idrogeologico nella Regione Molise” (SRM), modello attuale (MOD), da statistica diretta (TCEV) e da modello “Piano di Bacino del Fiume Fortore” (PDB) per diversi tempi di ritorno

Le discordanze evidenziate derivano dal fatto che le misurazioni delle portate di piena straordinaria possono essere affette da errori anche notevoli in quanto le scale di deflusso per alti valori dei livelli idrometrici derivano talvolta da estrapolazioni poco affidabili. Ciò è avvalorato anche dalle analisi svolte nella fase di taratura del modello in particolar modo per l'evento del 1961 per la stazione di misura di Fortore a Civitate: nella ricostruzione dell'evento con in ingresso i contributi di pioggia derivanti dalle registrazioni pluviometriche, non è possibile raggiungere i valori di portata registrati all'idrometro (vedi FIGURA 17).

Utilizzando un modello a parametri distribuiti si ha altresì, un quadro omogeneo e indipendente da eventuali errori di misurazione.

### 3.3.2.5.5 Evento Anno 2005

Il modello idrologico è stato applicato alle seguenti sezioni:

- Diga dell'Occhito;
- Ripalta.

#### **Diga dell'Occhito:**

L'idrogramma di piena è stato stimato applicando i parametri adottati per la stima degli idrogrammi di piena per i diversi tempi di ritorno a meno del grado di saturazione che come noto è variabile da evento a evento.

I parametri sono riportati nella TABELLA 53

Parametri	
Saturazione	0.93
Infiltrazione	0.01
Ritenuta	2.00
Ipodermico	0.00
Trasferimento	0.28
Cinematico-invaso	0.45

Tabella 53 – Parametri del modello idrologico

Il risultato è riportato nella FIGURA 20.

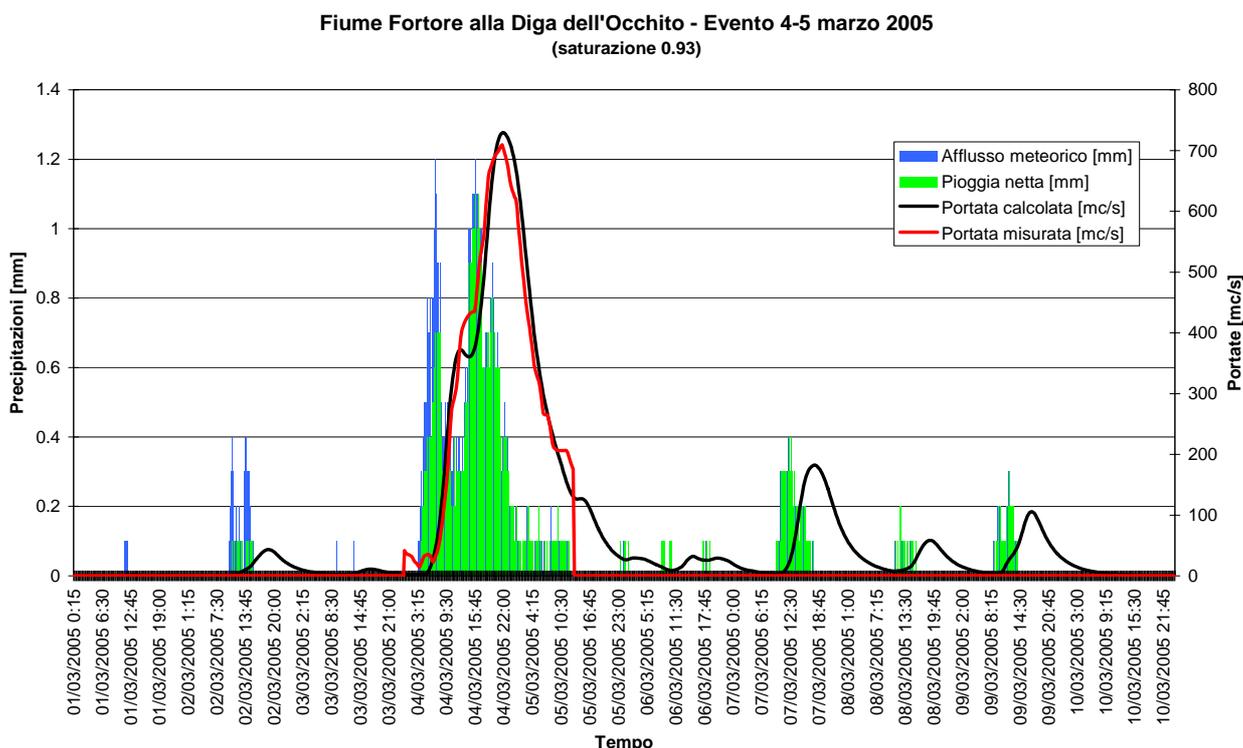


Figura 20 – Idrogramma di piena misurato e ricostruito con i parametri originari e saturazione 0.93

Si osservi il perfetto accordo tra le portate stimate dal modello e quelle ricostruite dal Consorzio di Bonifica della Capitanata. La portata al colmo risulta di circa 730 mc/s.

Si osserva che le portate al colmo, la fase, e il coefficiente di deflusso coincidono per l'idrogramma ricostruito e per quello "misurato".

**Ripalta:**

La ricostruzione dell'evento a Ripalta è stata condotta sulla base delle portate scaricate dalla diga dell'Occhito stimate dal Consorzio di Bonifica della Capitanata e degli apporti dell'interbacino (torrente Staina).

In questo caso sono stati applicati i parametri stimati per la valutazione degli idrogrammi di piena per i diversi tempi di ritorno riportati in TABELLA 53 modificando

però il parametro che regola il tempo di trasferimento al fine di tenere conto delle peculiari caratteristiche della propagazione dell'onda di piena a valle della diga dell'Occhito come è stato evidenziato anche in fase di modellazione idraulica.

Il parametro della velocità di trasferimento è stato assunto pari a 0.16 in luogo di 0.28.

Il deflusso dalla diga dell'Occhito è stato trasferito a Ripalta con lo stesso algoritmo di propagazione presente nel modello idrologico (trasferimento cinematico e componente di invaso)

Nella FIGURA 21 si riporta l'idrogramma stimato per l'interbacino, nella FIGURA 22 gli idrogrammi a Ripalta.

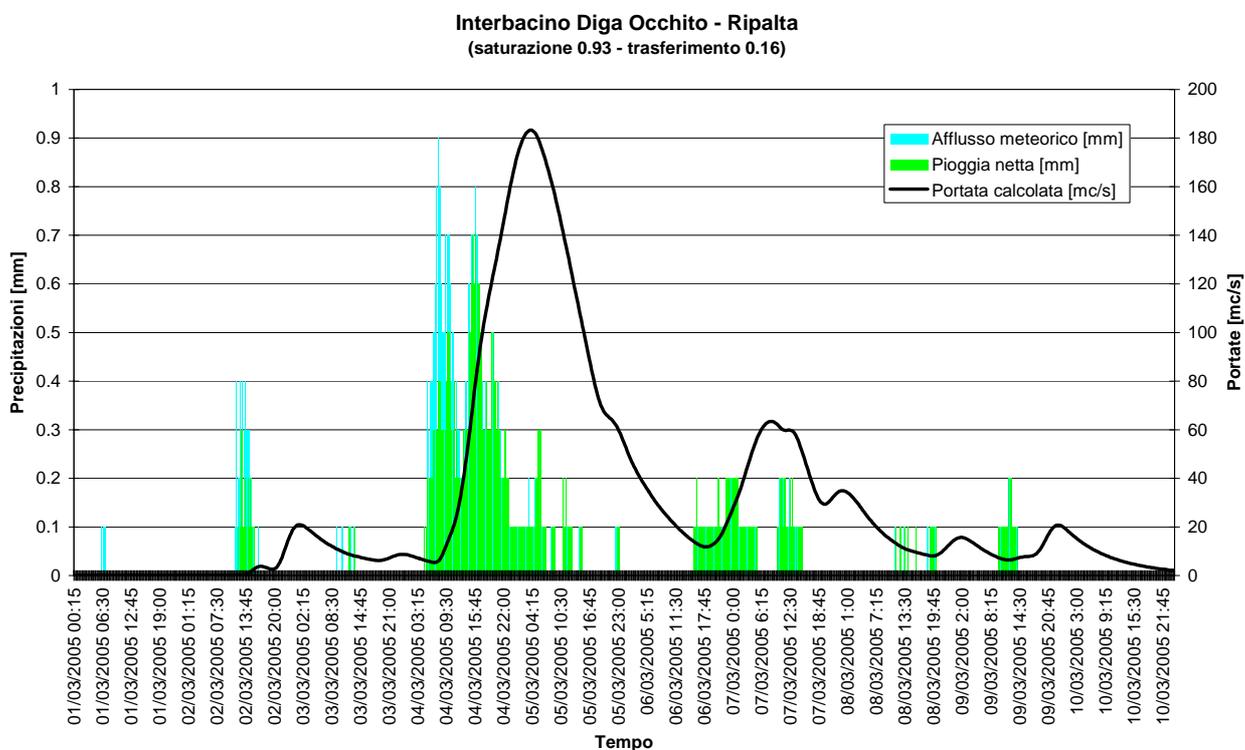


Figura 21 – Idrogramma interbacino Occhito - Ripalta

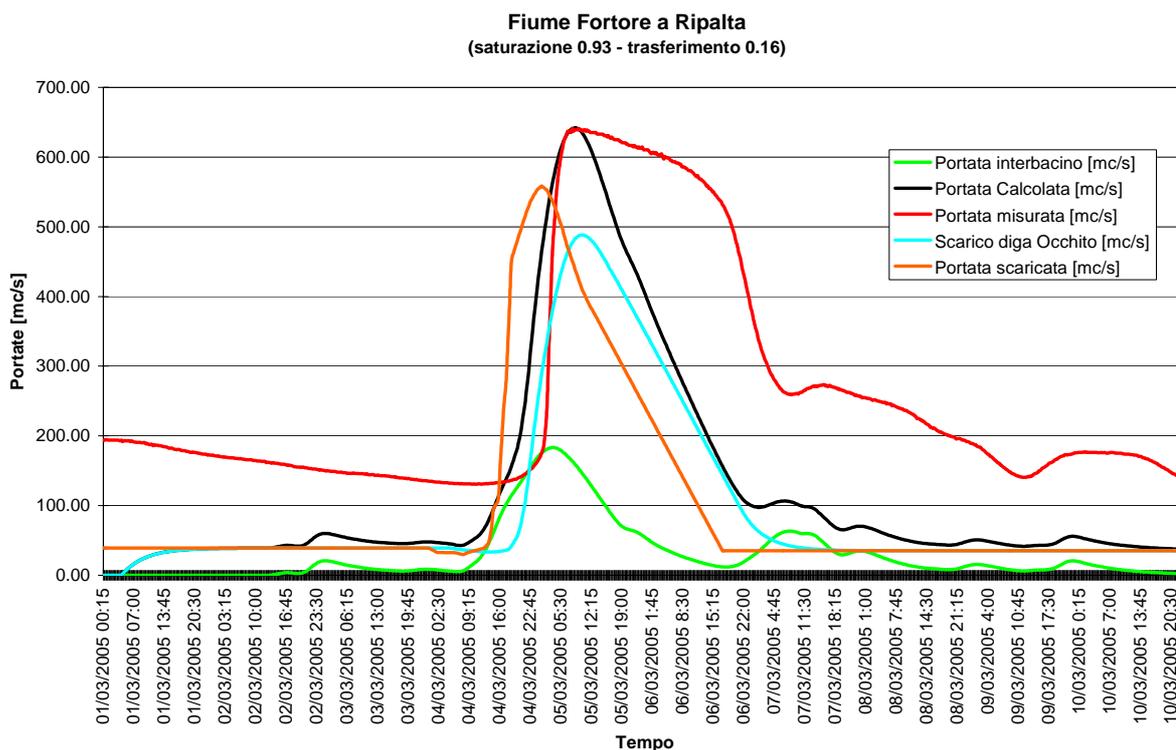


Figura 22 – Idrogrammi a Ripalta

Il contributo dell'interbacino è di circa 180mc/s. La portata scaricata dalla diga dell'Occhito è di circa 550 mc/s. La portata ricostruita a Ripalta è di circa 640 mc/s.

Si osservi che l'idrogramma trasferito dalla diga dell'Occhito risulta ben fasato con quello misurato a Ripalta nella parte di risalita. Inoltre si osservi anche come il contributo dell'interbacino risulti anticipato rispetto al colmo della piena proveniente da monte. Sulla base di tali dati si può affermare che la diga a contribuito a sfasare i due contributi posticipando il deflusso proveniente da monte.

L'idrogramma stimato dal modello idrologico e dagli scarichi dell'Occhito sembrerebbe sottostimare la piena transitata a Ripalta. In tal senso è stata condotta una verifica sui volumi complessivamente affluiti e defluiti nella sezione in modo particolare per quanto riguarda la fase calante dell'onda di piena.

Nella TABELLA 54 si riportano i volumi affluiti e transitati:

	Volumi [mc]
Idrogramma a Ripalta	131718387
Idrogramma scaricato dall'Occhito	62286028
Volume affluito all'interbacino (piogge)	27255540
Volume complessivamente affluito a Ripalta	89541568

Tabella 54 – Volumi affluiti e transitati a Ripalta

Dalla analisi della TABELLA 54, assumendo per buoni i volumi scaricati dalla diga dell'Occhito e quelli affluiti all'interbacino si evince che l'idrogramma a Ripalta ricostruito sulla base dei livelli misurati e della scala di deflusso risulta sovrastimato.

Tale discrepanza può essere dovuta ai seguenti fattori:

- inadeguatezza della scala di deflusso a descrivere il fenomeno di propagazione dell'onda di piena;
- variazione della sezione di deflusso durante l'evento a causa della movimentazione del materiale al fondo e conseguenti fenomeni di sovralluvionamento;
- effetti locali dovuti alla presenza della abbondante vegetazione in alveo.

### 3.3.2.6 Valutazione dei tempi di ritorno

#### 3.3.2.6.1 Le precipitazioni

La valutazione dei tempi di ritorno è stata condotta in primo luogo per le precipitazioni. La stima è stata condotta sulla base delle precipitazioni massime registrate durante l'evento per le diverse durate e sulla base delle curve di possibilità pluviometriche disponibili.

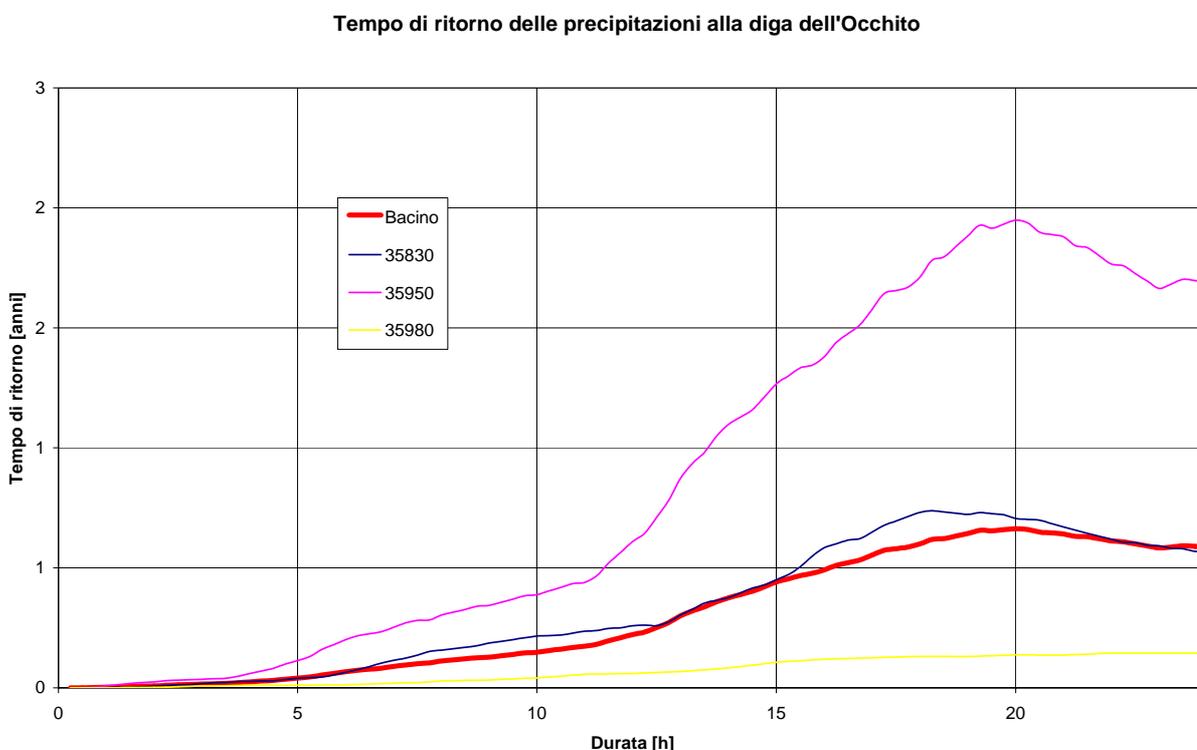
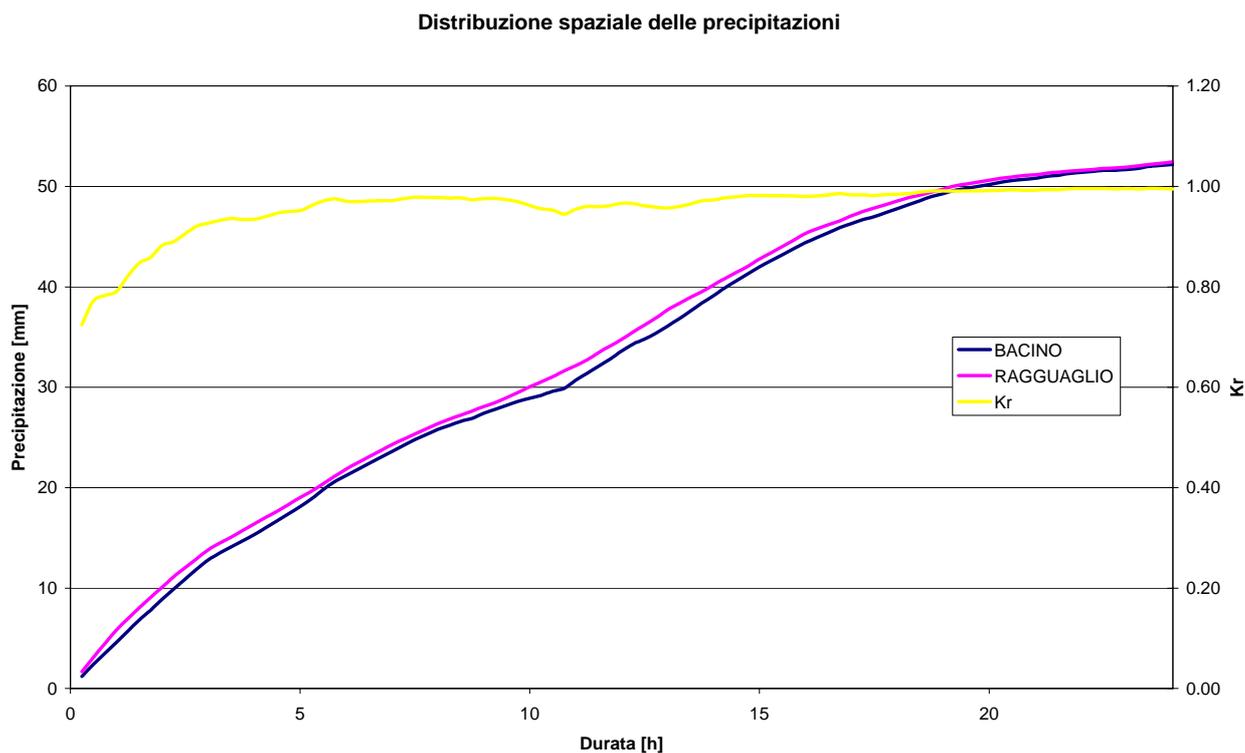


Figura 23 – Tempi di ritorno delle precipitazioni per le diverse durate a monte della diga dell'Occhito

Nella FIGURA 23 si riporta per le diverse durate il tempo di ritorno nelle stazioni dotate di CPP e medio sul bacino per la sezione del fiume Fortore a monte della diga dell'Occhito.

Nella FIGURA 24 si riporta il valore delle precipitazioni massime per le diverse durate calcolate come media sul bacino e ragguagliate e partire da quelle massime registrate nelle singole stazioni assieme al corrispondente valore del coefficiente di ragguaglio areale.



*Figura 24 – Precipitazioni massime per le diverse durate e Kr alla diga dell'Occhito*

Il tempo di ritorno medio di bacino si mantiene sotto un anno fino alla durata di 15 ore per poi diventare superiore a un anno per la durata di 24 ore.

Il coefficiente Kr si mantiene prossimo a uno per la totalità delle durate. Tali valori così elevati evidenziano una estrema uniformità della precipitazione a livello di bacino a fronte di una intensità non eccezionale. Da tenere presente che nella parte alta del bacino le precipitazioni del periodo avevano assunto anche carattere nevoso.

Nella FIGURA 25 si riporta per le diverse durate il tempo di ritorno nelle stazioni dotate di CPP e medio sul bacino per l'interbacino tra la diga dell'Occhito e Ripalta.

Nella FIGURA 26 si riporta il valore delle precipitazioni massime per le diverse durate calcolate come media sul bacino e ragguagliate e partire da quelle massime registrate nelle singole stazioni assieme al corrispondente valore del coefficiente di ragguaglio areale.

Il tempo di ritorno medio di bacino resta sempre inferiore a un anno.

Il coefficiente  $K_r$  si porta a valori superiori a 0.95 già per durate di 10 ore. L'omogeneità spaziale della precipitazioni risulta leggermente minore rispetto a quello riscontrata a monte della diga del Liscione.

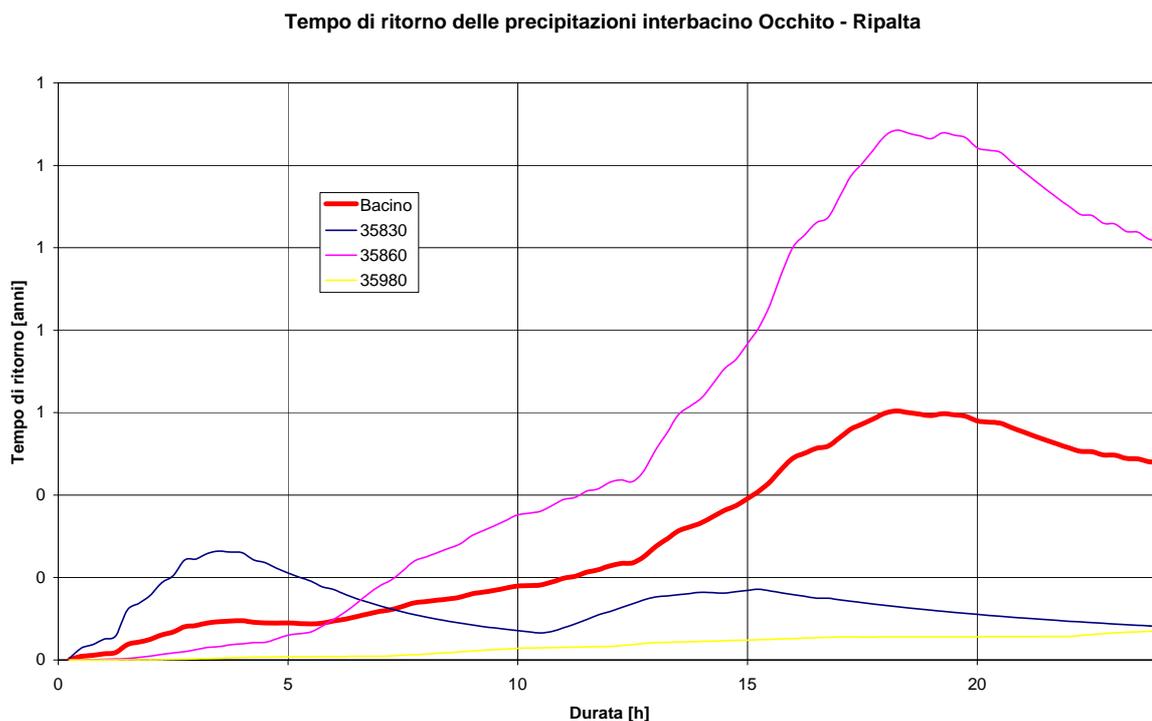


Figura 25 - Tempi di ritorno delle precipitazioni per le diverse durate a monte della diga dell'Occhito

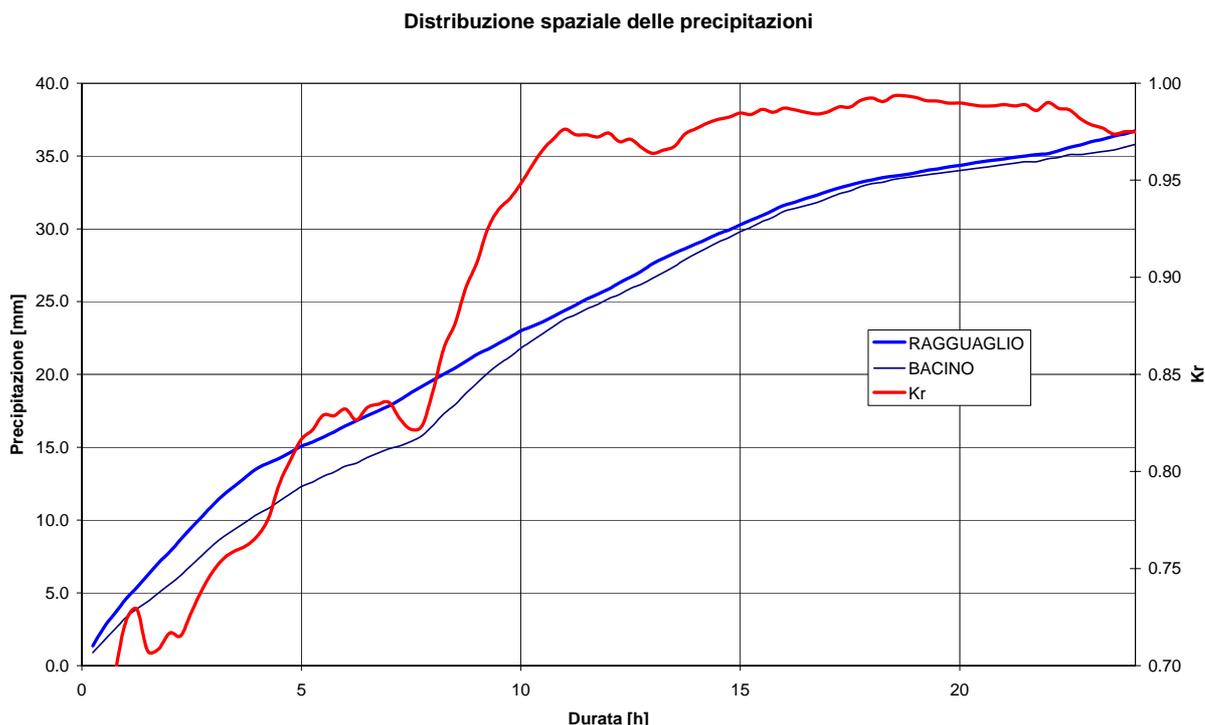


Figura 26 - Precipitazioni massime per le diverse durate e Kr interbacino tra la diga dell'Occhito e Ripalta

### 3.3.2.6.2 Le Portate

Le portate al colmo ricostruite dal modello idrologico sono riportate nella TABELLA 55.

Sezione	Evento 2005
Monte diga dell'Occhito	730 mc/s
Ripalta	640 mc/s

Tabella 55– Portate al colmo ricostruite idrologicamente per l'evento del marzo 2005

Il modello idrologico adottato nel PAI fornisce i seguenti valori delle portate nelle due sezioni per i diversi tempi di ritorno come riportato nella TABELLA 56.

Sezione	Tr 5	Tr 10	Tr 30	Tr 100	Tr 200	Tr 500
Monte diga dell'Occhito	615	795	1155	1692	2086	2701
Ripalta	690	821	1099	1536	1863	2392

Tabella56 – Portate [mc/s] per i diversi tempi di ritorno

Dalla analisi delle tabelle prima riportate si ricava che alla diga dell'Occhito e a Ripalta l'evento ha avuto un tempo di ritorno compreso **tra 5 e 10 anni** a monte della diga e **inferiore a 5 anni** a Ripalta.

### 3.3.2.6.3 Considerazioni sull'evento del marzo 2005

Per la ricostruzione idrologica dell'evento del marzo 2005 nel bacino del fiume Fortore sono state utilizzate tutte le stazioni disponibili nel bacino (Ufficio Idrografico, Consorzio della Capitananta, ERSAM) al fine di avere un quadro il più esauriente possibile circa la distribuzione spaziale e l'entità delle precipitazioni.

Le sezioni di verifica utilizzate sono quelle ove erano disponibili i dati di portata ovvero a monte della diga dell'Occhito e a Ripalta.

Le elaborazioni condotte hanno evidenziato che il modello idrologico adottando gli stessi parametri medi utilizzati per la stima delle portate di piena per i diversi tempi di ritorno (a meno del grado di saturazione) fornisce alla diga dell'Occhito valori della portata al colmo praticamente identici a quelli stimati dal Consorzio di Bonifica della Capitanata.

Alla sezioni di Ripalta l'idrogramma ricostruito con il modello idrologico presenta lo stesso picco di piena ma un minore deflusso complessivo. Un calcolo condotto sul volume complessivamente affluito e quello sotteso dall'idrogramma di piena indica che l'idrogramma a Ripalta fornisce valore del coefficiente di deflusso maggiore di 1 (e quindi non congruente). Tale fatto può essere spiegato sia dalla applicazione della scala di deflusso ricavata sulla base del modello idraulico che non consente di interpretare i fenomeni di rigurgito che dal possibile sovralluvionamento della sezione a seguito dell'evento che dalla presenza di vegetazione che può aver ostruito la sezione mantenendo elevati livelli. Quest'ultima ipotesi risulta probabilmente la più attendibile se si osserva che la sovrastima maggiore si ha proprio a valle del transito dell'onda di piena.

E' stata inoltre condotta una analisi dei tempi di ritorno delle precipitazioni e delle portate. Le precipitazioni presentano dei tempi di ritorno per le durate critiche per il bacino (15 -20 ore) intorno **a un anno** mentre le portate presentano un tempo di ritorno compreso **tra 5 e 10 anni** a monte della diga e **inferiore a 5 anni** a Ripalta

Ciò è spiegabile considerando che l'evento del marzo 2005 è stato caratterizzato da precipitazioni di modesta intensità ma assai omogenee sul territorio e a seguito di un periodo di continue precipitazioni (anche nevose) che hanno consentito la risposta unitaria di tutto il bacino.

### **3.3.2.7 Calcolo delle portate di piena**

#### 3.3.2.7.1 Definizione dell'input pluviometrico

L'*input* di precipitazione, in termini di ietogramma, è stato definito sulla base delle curve di possibilità pluviometrica (CPP) ottenute come descritto nei capitoli precedenti. È stato adottato un particolare ietogramma di intensità variabile, noto in letteratura scientifica come *ietogramma Chicago* (FIGURA 27). Lo ietogramma

Chicago prevede la seguente formulazione per la parte antecedente e successiva al picco di intensità della precipitazione:

$$i(t) = n(aT^m) \left( \frac{t_b}{r} \right)^{n-1} \quad \text{per } t \leq t_p$$

$$i(t) = n(aT^m) \left( \frac{t_a}{(1-r)} \right)^{n-1} \quad \text{per } t > t_p$$

dove:

- a, n, m      parametri della CPP ( $h = a d^n T^m$ );
- T              tempo di ritorno (anni) prescelto per l'evento
- t                tempo dall'inizio dell'evento;
- $t_p$             tempo di picco;
- $t_b$             tempo mancante al verificarsi del picco;
- $t_a$             tempo trascorso dal verificarsi del picco;
- d                durata dell'evento;
- r                fattore di fase (determina la posizione temporale del picco)

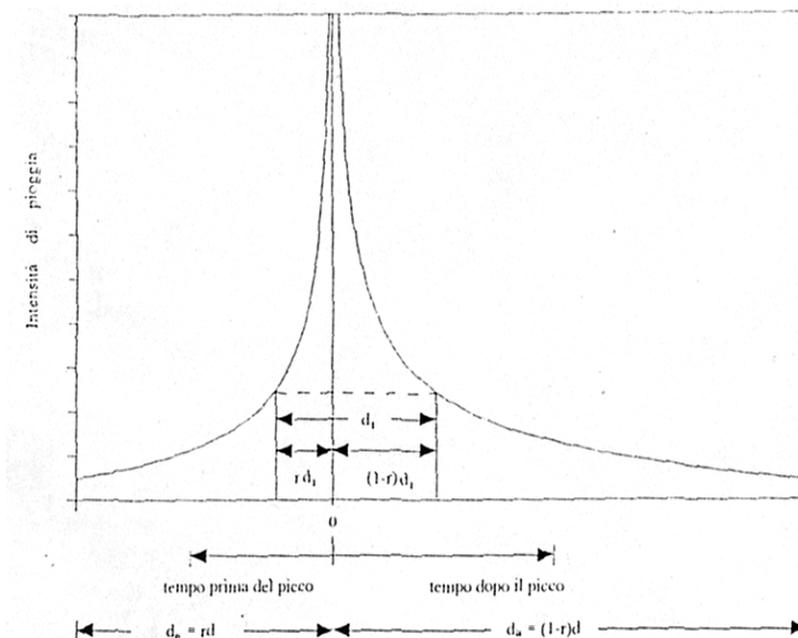


Figura 27– Schema dello ietogramma Chicago

La particolarità di questo ietogramma (che è anche la sua comodità), è quello di racchiudere al suo interno, per tutte le durate minori di quella complessiva  $t_b$ , eventi congruenti con la CPP, e quindi di sollecitare sicuramente in modo critico il bacino di volta in volta considerato.

La variabilità spazio-temporale della precipitazione è messa in conto attraverso un coefficiente di ragguglio areale,  $K_r$ , del tipo:

$$K_r = h_A(A, t) / h(t)$$

dove  $h_A(A, t)$  è l'altezza di pioggia di durata  $t$  raggugliata all'area  $A$  e  $h(t)$  l'altezza di pioggia di durata  $t$  nel centro di scroscio.

Il valore di  $K_r$  dipende da tre fattori:

- l'estensione dell'area investita dalla precipitazione;
- la durata considerata;
- l'altezza di pioggia;

Per la quantificazione di  $K_r$  si è fatto riferimento alla formula dell'USWB ove alcuni parametri sono modificati per tenere in conto delle caratteristiche del territorio italiano.

$$K_r = 1 - \exp(-\alpha t^\beta) + \exp(-\alpha t^\beta - \gamma A)$$

dove  $\alpha$ ,  $\beta$  e  $\gamma$  sono i parametri della formula,  $t$  [h] la durata della precipitazione e  $A$  [kmq] l'area del bacino.

Nel presente caso i parametri della formula adottata sono i seguenti

:

- $\alpha = 0.036 a T^m$ , dove  $a$ ,  $m$  sono i parametri della CPP,  $T$  il tempo di ritorno;
- $\beta = 0.25$ ;
- $\gamma = 0.01$ .

La applicazione del coefficiente di ragguglio areale allo ietogramma di tipo Chicago è stata condotta applicando la formula separatamente a ciascun intervallo di tempo a cavallo del picco di pioggia in modo da modificare la forma dello ietogramma di progetto in funzione dell'area del bacino a cui questo viene applicato.

Una tale applicazione consente di modificare automaticamente la forma dello ietogramma in considerazione del fatto che le piogge raggugliate per bacini piccoli mantengono alti valori di intensità che poi diminuiscono all'aumentare della dimensione del bacino fino a divenire assimilabili a precipitazioni di intensità costante per grandi bacini.

La generazione degli idrogrammi di piena è stata condotta utilizzando ietogrammi di durata pari a 24 ore (ossia sicuramente maggiore del tempo di corrivazione dell'intero bacino) e con  $r=0.4$ .

### 3.3.2.7.2 Le portate di piena nelle sezioni di interesse a scala regionale

Il modello è stato quindi applicato a un totale di 53 *sezioni di interesse* utilizzando eventi sintetici con tempi di ritorno di 20, 30, 100, 200 e 500 anni; le sezioni sono quelle utilizzate anche nel *“Piano di Bacino del Fiume Fortore”* e sono state così scelte:

- sui corsi d'acqua principali in corrispondenza delle principali confluenze;
- alla foce dei corsi d'acqua minori;
- in corrispondenza di opere di attraversamento o di regimazione per le quali è stata eseguita una verifica idraulica speditiva.

Dette sezioni d'interesse sono state identificate a mezzo di un codice.

Le sezioni scelte integrano quelle adottate all'interno *“Studio del Rischio idrogeologico nella Regione”*.

I valori delle portate al colmo, unitamente ad alcuni dati correlati quali ad esempio l'area del sottobacino e le coordinate riga-colonna (nella mappa raster) della sezione d'interesse a cui è riferito il calcolo sono tabulati nell'allegato **II.B.2.1**.

I risultati dell'applicazione del modello idrologico possono differire anche sensibilmente da quelli dello *“Studio del Rischio idrogeologico nella Regione”* in quanto in questa sede è stato – lo si ricorda – eseguito un affinamento della caratterizzazione pluviometrica dell'area in esame e del modello idrologico sulla base delle nuove tarature.

### 3.3.2.7.3 Curve di inviluppo

Le portate di piena valutate nelle sezioni di interesse costituiscono un campione di valori di una grandezza per la quale è evidente l'esistenza di una correlazione positiva con l'area del bacino idrografico sotteso.

Tale osservazione ci permette di poter derivare *curve inviluppo*, ossia semplici relazioni sperimentali tra portata al colmo ed area del bacino che forniscono in via speditiva una stima approssimata per eccesso della portata al colmo per qualunque corso d'acqua a qualunque sezione di chiusura; per l'esattezza, la stima con le curve inviluppo è da intendersi come quella di valore più basso tra tutte quelle per eccesso.

Le curve ricavate possono differire leggermente da quelle all'interno dello "Studio del Rischio idrogeologico nella Regione" oltre che per i motivi già esposti al precedente paragrafo anche per l'estensione del campione.

Nelle FIGURE 28, 29, 30, 31 e 32 sono rappresentate le curve inviluppo prima richiamate a confronto con i dati di portata desunti dalla modellazione idrologica.

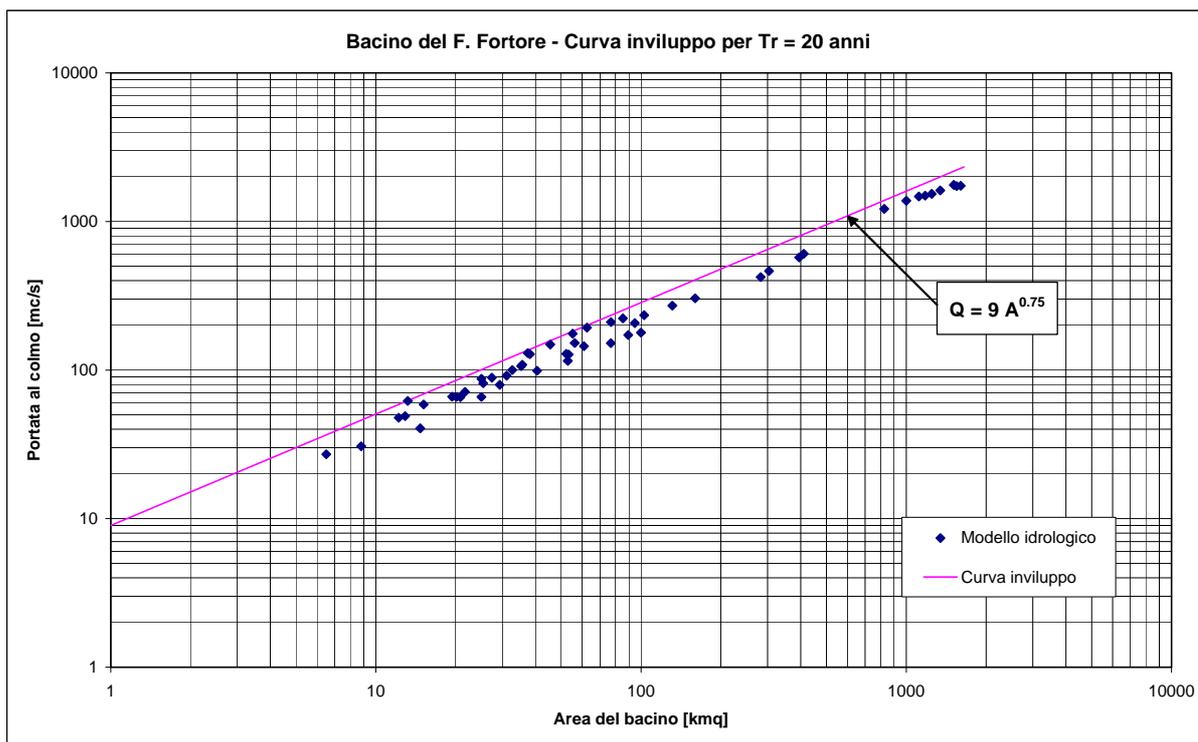


Figura 28 - Curva di inviluppo per Tr = 20 anni

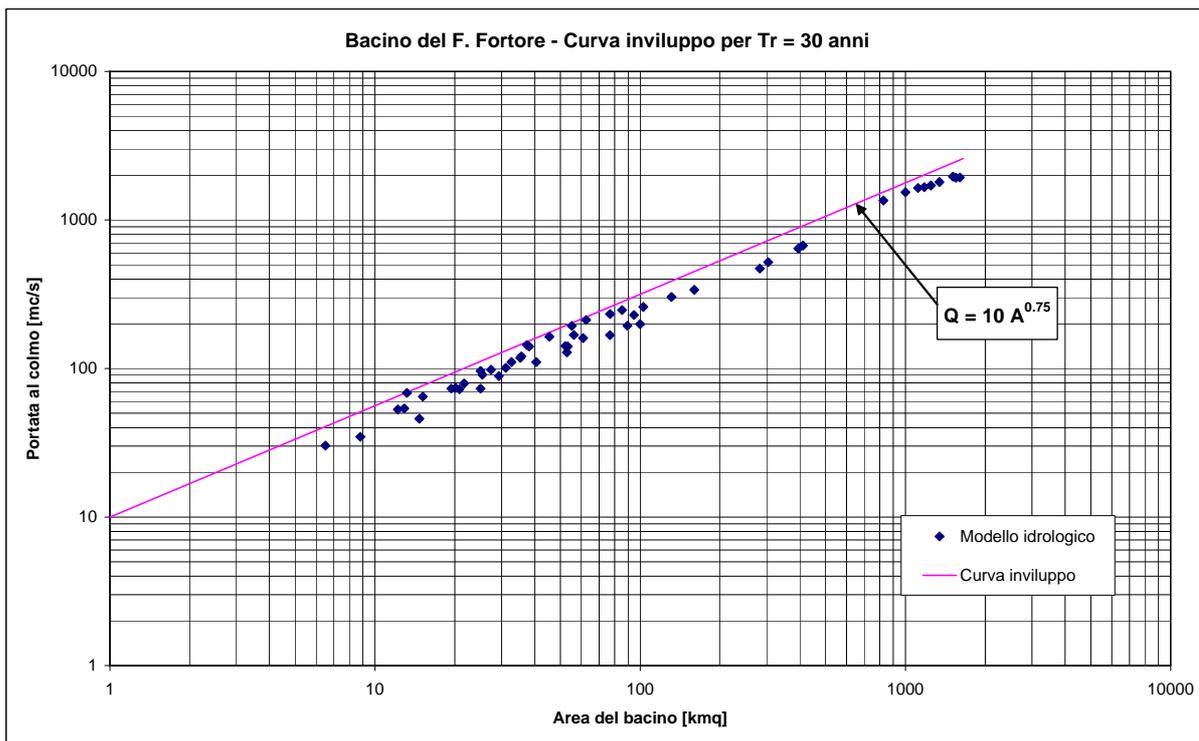


Figura 29 - Curva di inviluppo per  $Tr = 30$  anni

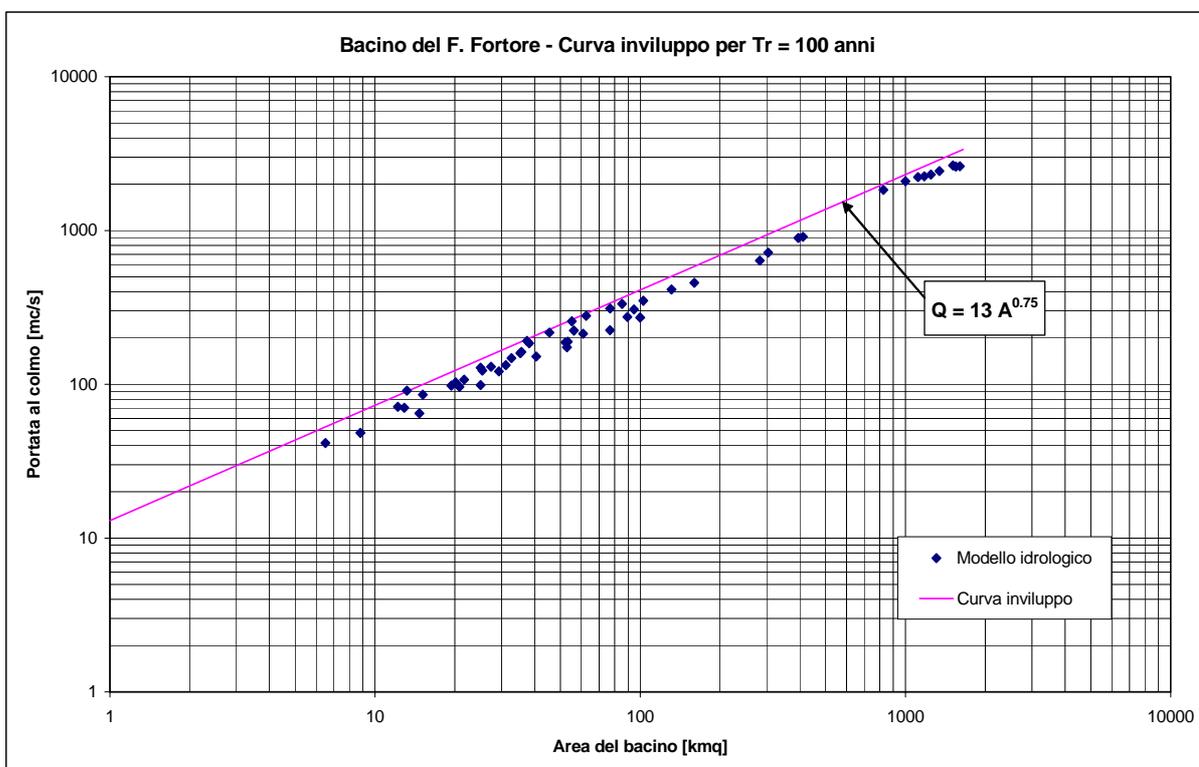


Figura 30 - Curva di inviluppo per  $Tr = 100$  anni

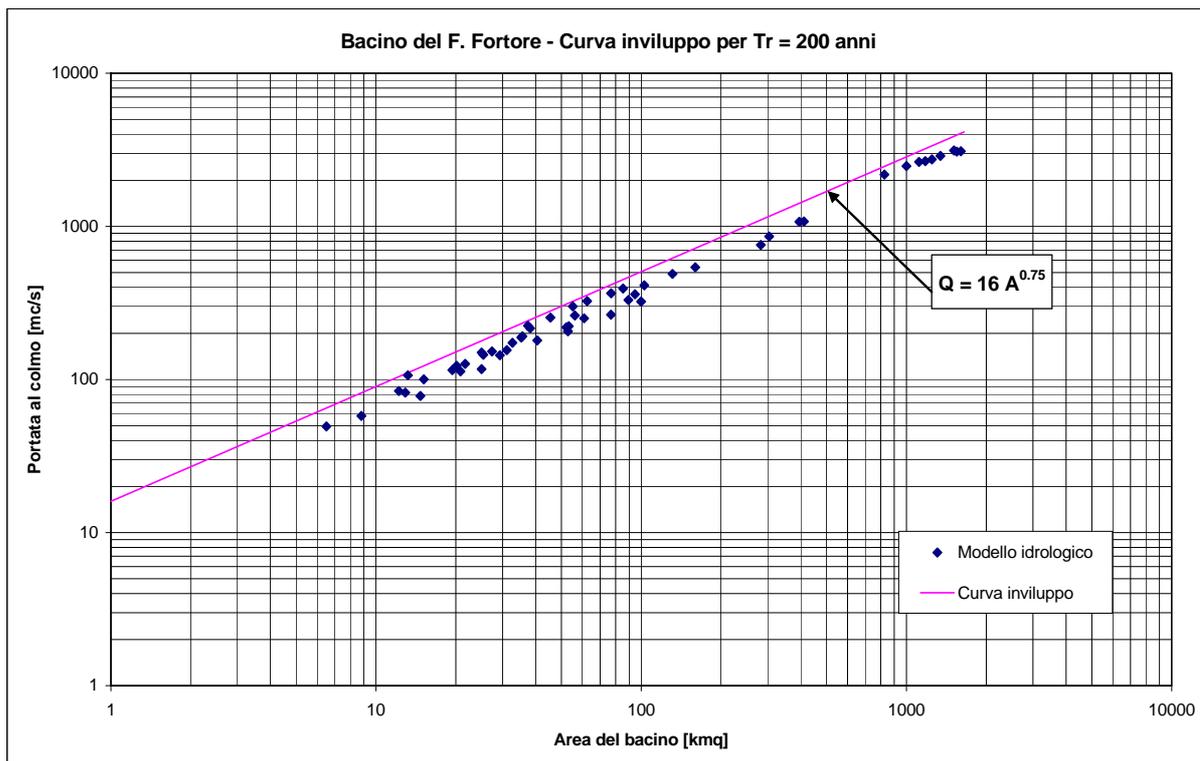


Figura 31 - Curva di inviluppo per  $Tr = 200$  anni

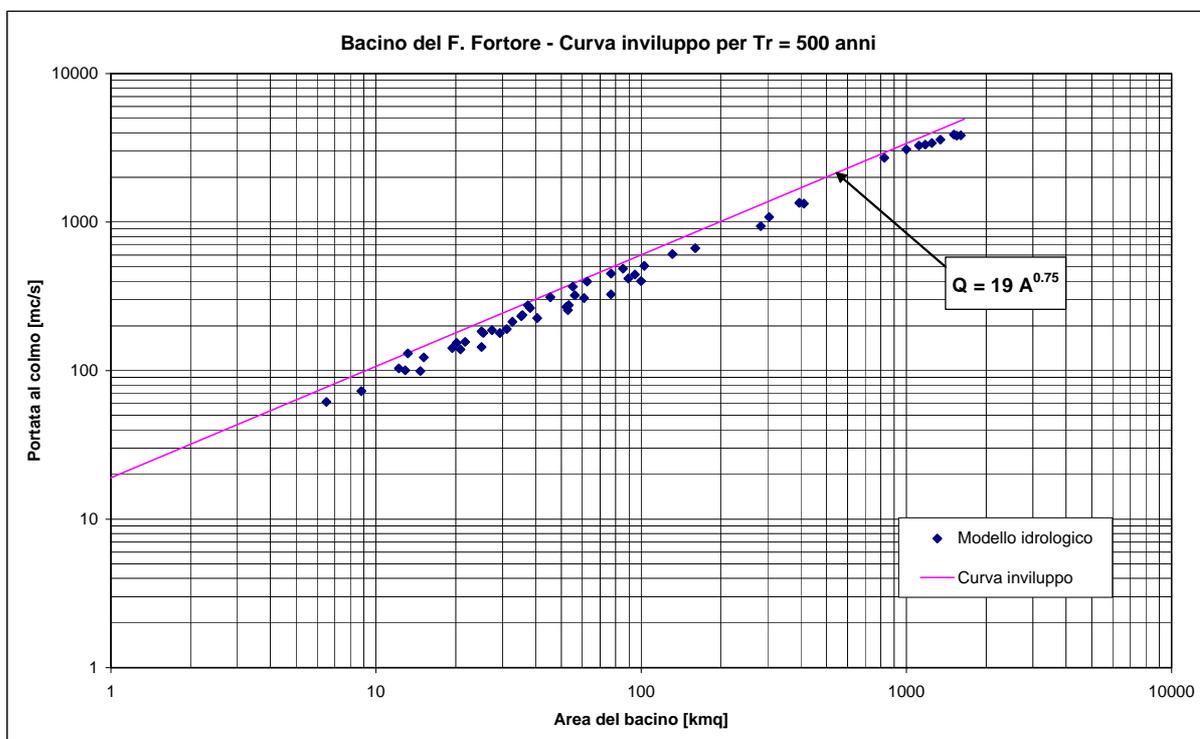


Figura 32 - Curva di inviluppo per  $Tr = 500$  anni

#### 3.3.2.7.4 Le portate di piena per le verifiche idrauliche

Oltre alle sezioni di interesse, il modello è stato ovviamente applicato a tutte quelle sezioni fluviali ove la successiva modellazione idraulica richiedeva un input: tipicamente, oltre che nelle sezioni di monte delle aste fluviali studiate idraulicamente, anche nelle sezioni in prossimità di importanti confluenze di corsi d'acqua minori.

Si rimanda al paragrafo sulla verifica idraulica per la conoscenza dei dettagli su tali idrogrammi di input, che sono stati ricavati ad hoc con regole particolari, tali da limitare di fatto alla predetta verifica idraulica il loro campo applicativo.

#### 3.3.2.7.5 Considerazioni finali circa l'affidabilità delle stime

E' opportuno ricordare che i valori delle portate al colmo di piena forniti dal modello idrologico per le sezioni di interesse, così come quelli utilizzati come input della successiva modellazione idraulica dei tratti fluviali oggetto di studio (fiume Fortore e affluenti), sono affetti dall'incertezza che caratterizza la stima di tutte le grandezze idrologiche in generale. L'entità di tale incertezza è il risultato, oltre che delle semplificazioni del modello teorico, anche di tutta la variabilità da cui sono affette le grandezze attraverso le quali si perviene alla stima finale della portata.

Al riguardo, si osservi che la stima delle portate di piena può essere condotta attraverso due strade completamente indipendenti: quella appunto della modellazione idrologica (stima indiretta) e quella della modellazione statistico-probabilistica (stima diretta).

La stima indiretta tramite modello distribuito presenta i seguenti inconvenienti:

- richiede un notevole numero di dati ed elaborazioni, tra cui quelle per ottenere le curve di probabilità pluviometrica
- i parametri necessitano di taratura su un certo numero di eventi reali
- necessita della definizione del valore del grado di saturazione iniziale del suolo e del coefficiente di ragguaglio areale delle precipitazioni

tuttavia ha notevoli pregi:

- l'omogeneità della stima distribuita della portata
- la possibilità di verificare la bontà delle misure di portata attraverso il controllo del bilancio idrologico e pertanto di mediare eventuali errori di misura
- l'utilizzo, come input, dei dati pluviometrici, i quali, oltre ad essere caratterizzati da buona distribuzione spaziale e da lunghe serie storiche, non sono affetti da sensibili errori di misura come i dati di portata e pertanto anche la statistica è più affidabile

La stima diretta, di converso, presenta solo il pregio di essere più veloce e, appunto, di essere diretta, possedendo invece numerosi difetti:

- la misura delle portate di piena è facilmente affetta da un errore peraltro non facilmente evidenziabile, in buona parte imputabile alla scala di deflusso utilizzata
- la stima, essenzialmente puntuale, è difficilmente estensibile, a causa della variabilità climatica e alla non-linearità della risposta idrologica, ad altre sezioni fluviali anche dello stesso bacino
- le serie dei dati di portata disponibili sono generalmente meno lunghe di quelle di precipitazione e questo determina un maggiore errore di stima probabilistica, in buona parte riducibile utilizzando metodi di regionalizzazione come la TCEV;

L'esistenza di due metodologie alternative indipendenti e parallele, per la stima delle portate, permette tuttavia di eseguire verifiche trasversali e di mettere quindi in luce eventuali errori di misura, come è stato riscontrato, ad esempio, per alcune stazioni idrometriche; permette inoltre, dal confronto delle curve probabilistiche di crescita della portata ottenute coi due metodi, di modulare opportunamente quei parametri del modello idrologico, come il coefficiente di ragguaglio areale ed il grado di saturazione iniziale da adottare che costituiscono due incognite di difficile valutazione.

Va peraltro osservato come la stima della portata sia finalizzata - come nel caso di questo studio - alla determinazione dei livelli idrometrici di piena e delle aree inondabili e che, a causa del particolare legame non lineare tra portate e livelli, ad errori di stima sulla portata corrispondono errori di stima sui livelli che, per portate alte, sono percentualmente molto minori.

### **3.3.3 Analisi idraulica e geomorfologica**

L'analisi idraulica e geomorfologica storico-inventariale è finalizzata a definire la vocazione del territorio ad esser soggetto ad inondazioni da parte dei corsi d'acqua che lo attraversano, ossia, in ultima analisi, il differente grado di pericolosità idraulica.

Gli approcci sono due e fra di loro complementari, per quanto non necessariamente si escludano a vicenda, in funzione delle informazioni disponibili:

- l'analisi idraulica è riservata alla parte più significativa dell'area di studio, in sostanza i fondovalle più urbanizzati, che coincidono con quelli più larghi e quelli ove i corsi d'acqua principali hanno subito maggiori processi di antropizzazione;
- l'analisi geomorfologica storico-inventariale, meno rigorosa della prima, è applicata invece ai restanti fondovalle ritenute degne di studio

Sia i tempi di ritorno esaminati per il primo tipo di analisi, sia la classazione geomorfologica per il secondo tipo, sono gli stessi utilizzati negli studi per i progetti di piano stralcio dei fiumi Trigno, Biferno e minori e Saccione già redatti dalla Autorità di Bacino.

Per l'analisi idraulica si è fatto uso della modellazione idrologica messa a punto e dei rilievi topografici esistenti e integrativi. Per quella geomorfologica storico-inventariale

si è fatto uso della fotointerpretazione, dei risultati dei sopralluoghi condotti, delle informazioni reperite presso la Pubblica Amministrazione e spesso anche della modellazione idrologica (ai fini di verifiche idrauliche speditive localizzate).

### **3.3.3.1 Definizione del quadro conoscitivo**

Preliminarmente alle analisi idrauliche e su base geomorfologica storico-inventariale si è provveduto ad esaminare il materiale reperito durante la fase di acquisizione onde estrarre le informazioni e i dati utili per questa fase di analisi.

A tal fine, l'attenzione si è focalizzata:

- sugli studi già eseguiti in merito alla inondabilità delle aree di fondovalle;
- sulle informazioni riguardanti le inondazioni storiche e i danni causati.

#### 3.3.3.1.1 Rilievi e dati territoriali

Per quanto riguarda i rilievi integrativi delle sezioni fluviali si fa rimando al paragrafo relativo.

Tra i rilievi esistenti, sono stati considerati meritevoli di considerazione solo i seguenti perché in possesso del grado di dettaglio richiesto:

- quelli eseguiti nel 1982 dal Provveditorato alle Opere Pubbliche della Puglia – Bari – per la realizzazione degli interventi sul fiume Fortore, disponibili presso il Consorzio di Bonifica per la Capitanata, per un totale di 182 sezioni trasversali; (in tali sezioni non sono rilevati gli attraversamenti fluviali);
- quelli eseguiti nel 1986 dal Provveditorato alle Opere Pubbliche della Puglia – Bari sul fiume Fortore e sui principali affluenti per un totale di:
  - Fiume Fortore 30 sezioni, delle quali 5 a valle della diga di Occhito e le restanti 25 a monte della diga di Occhito;
  - Torrente Tona 37 sezioni;
  - Vallone Santa Croce 21 sezioni;
  - Vallone Santa Maria 22 sezioni;
  - Torrente Sente 22 sezioni;
  - Torrente Cigno 10 sezioni;
  - Torrente Tappino 69 sezioni;
  - Torrente Fezzano 7 sezioni;
  - Torrente Succida 20 sezioni;
  - Torrente Carapello 15 sezioni;

- Torrente Fiumarello 18 sezioni;
  - Torrente San Nicola 8 sezioni;
  - Vallone Scarafone 9 sezioni;
  - Torrente La Catola 23 sezioni;
  - Torrente Taverone 6 sezioni;
  - Torrente Cervaro 16 sezioni;
  - Torrente Zucariello 14 sezioni.
- quelli eseguiti dal Genio Civile, Ufficio di Foggia riportanti rilievo dei ponti e viadotti sul fiume Fortore a valle della diga di Occhito sino alla foce, acquisiti presso il Consorzio di Bonifica per la Capitanata, per un totale di 6 sezioni trasversali di infrastrutture;
  - quelli eseguiti dal Consorzio di Bonifica per la Capitanata nel lavoro "Rilievi topografici di 16 sezioni trasversali sull'asta del fiume Fortore", a valle delle diga di Occhito;

Gli altri rilievi acquisiti non sono stati utilizzati perché da un loro esame è risultato che non possiedono un buon grado di dettaglio riguardo alle quote in alveo, oltre a far riferimento ad una situazione plano-altimetrica non compatibile con il resto delle informazioni acquisite..

Per la cartografia di base, ai fini soprattutto del tracciamento delle aree inondabili, è stato utilizzato il rilievo aerofotogrammetrico del P.OO.PP. Puglia – Bari scala 1:5000 sviluppato nell'ambito del "*Piano di Bacino del Fiume Fortore*" il quale è stato scansionato e georiferito. Il rilievo si estende per tutta l'asta principale del fiume Fortore e per gli affluenti principali.

Si è fatto inoltre uso della C.T.R. 1:5.000 della Regione Molise, che presenta un ottimo grado di dettaglio. A sussidio della CTR e soprattutto per il territorio e la Regione Puglia dove questa non è disponibile è stata utilizzata la serie delle Ortofoto AIMA 1:10.000.

Per la caratterizzazione altimetrica del terreno, non essendo disponibile nelle aree oggetto di studio quasi-bidimensionale un modello digitale del terreno con una risoluzione planimetrica e altimetrica adeguata da utilizzarsi nel modello idraulico di inondazione, è stato prodotto un DTM con celle di dimensioni di 25x25 m.

Tale modello risulta interessa il territorio a valle dell'invaso dell'Occhito ed è stato elaborato sulla base delle curve di livello e dei punti quotati della carta prodotta dal rilievo aerofotogrammetrico (P. OO.PP. Puglia – Bari 1986) integrato ove questo risultava mancare con la cartografia IGM scala .1:25000.

#### 3.3.3.1.2 Studi esistenti e dati storici

Sono stati analizzati i seguenti studi esistenti sul territorio relativi allo studio del rischio idraulico:

- Studio del Rischio Idrogeologico della Regione Molise:

Questo studio, redatto da Europrogetti & Finanza S.p.A, Consorzio Suggest e Physis S.r.l. nel 2001, rappresenta un primo importante punto sulla situazione del rischio da frana e da alluvione su tutto il territorio della Regione Molise.

Le principali informazioni disponibili nello studio sono:

- le aree storicamente inondate (le fonti sono differenti, ma sostanzialmente vengono attinte informazioni dal catalogo piene AVI del CNR-GNDICI e dalla Carta del Rischio Idrografico 1:100.000 redatta dalla Regione Molise);
- le perimetrazioni delle aree inondabili eseguite nel "Piano straordinario ex D.L. 180/98" dall'Autorità di Bacino per tempi di ritorno nel territorio molisano;
- data base degli eventi AVI;
- carte di sintesi redatte dalla Regione Molise.

Lo studio non contiene nessuna elaborazione idraulica nel bacino del fiume Fortore;

- Piano di Bacino del Fiume Fortore:

Il Piano di Bacino del Fiume Fortore (Legge 26-2-1982 n° 53) è stato eseguito dal Ministero dei Lavori Pubblici, Provveditorato alle opere pubbliche per la Puglia – Bari nell'anno 1988.

I documenti acquisiti sono in particolare:

- RS Relazione di sintesi
- A0 Modello matematico idrologico – Idraulico
- A1 Caratteristiche climatologiche ed idrologiche
- A4 Caratteristiche idrauliche della rete idrografica
- A5 Assetto della rete idrografica
- A6 Possibilità estrazione Inerti in relazione alla regimazione dei corsi d'acqua
- C1 Proposta tecnica programmatica di intervento.

Previa autorizzazione del Provveditorato OO.PP. Puglia - Bari è stato possibile reperire presso il Consorzio di Bonifica per la Capitanata il rilievo aereofotogrammetrico in formato cartaceo, scala 1:5000 per tutta l'asta del F. Fortore redatto nel 1982.

La cartografia è stata scannerizzata e georeferenziata.

Sono state acquisite inoltre 345 sezioni fluviali relative al F. Fortore e ai principali suoi affluenti in formato cartaceo;

- Studio sull'Ipotesi di collasso dello sbarramento di Occhito:

E' stato acquisito lo studio "Sbarramento di Occhito sul Fiume Fortore – Ipotesi di collasso e ipotesi di apertura scarichi" relativo alle verifiche teoriche eseguite ai sensi delle circolari del Ministero LL.PP. n. 1125/86 e n. 852/87. Tale studio è

stato eseguito dal Consorzio per la Bonifica della Capitanata nel febbraio del 1991

I suddetti studi, nel complesso, rappresentano già un buon punto di partenza per quanto riguarda i dati storici in quanto concentrano al loro interno numerose informazioni di base.

Sono stati peraltro richiesti gli studi esistenti ai comuni della regione Molise e a quelli della regione Puglia e Campania ricadenti nei bacini di interesse; inoltre sono stati richiesti gli studi d'interesse all'Ispettorato Dipartimento Foreste della Regione Puglia e al Settore Provinciale del Genio Civile di Foggia.

Ai fini della valutazione delle aree inondabili a valle della diga dell'Occhito a seguito dell'evento del marzo 2005 sono risultate particolarmente utili le foto da elicottero fornite dal Genio Civile di Foggia. Tali foto sono state inserite nel SIT.

Le informazioni addizionali raccolte, soprattutto in merito alle aree inondate e per le quali erano stati segnalati danni, sono state riportate per quanto possibile sulla cartografia di base, nella carta delle aree inondate **II.B.3.5.1-30** e nell'allegato dei danni segnalati **II.B.2.6**.

### **3.3.3.2 Analisi idraulica**

La modellazione idraulica ha riguardato tutte le aste fluviali per le quali erano già disponibili rilievi recenti o per le quali sono stati appositamente effettuati in questa sede rilievi integrativi. Si tratta in sintesi delle seguenti aste:

- Fiume Fortore dalla sorgente alla foce per una lunghezza di circa 111 km;
- Torrente Tona dalla confluenza con il F. Fortore per una lunghezza di 21 km;
- Vallone Santa Croce dalla confluenza con il F. Fortore per una lunghezza di 9 km;
- Vallone Santa Maria dalla confluenza con il F. Fortore per una lunghezza di 10 km;
- Torrente Sente dalla confluenza con il F. Fortore per una lunghezza di 10 km;
- Torrente Cigno dalla confluenza con l'invaso dell'Occhito per una lunghezza di 4.7 km ;
- Torrente Tappino dalla confluenza con il F. Fortore per una lunghezza di 34 km;
- Torrente Fezzano dalla confluenza con il T. Tappino per una lunghezza di 4.4 km;
- Torrente Succida dalla confluenza con il T. Tappino per una lunghezza di 12 km;
- Torrente Carapello dalla confluenza con il T. Tappino per una lunghezza di 7.5 km;
- Torrente Fiumarello dalla confluenza con il T. Tappino per una lunghezza di 10.5 km;
- Torrente San Nicola dalla confluenza con il T. Tappino per una lunghezza di 4.5 km;
- Vallone Scarafone dalla confluenza con il T. Tappino per una lunghezza di 5.5 km;

- Torrente La Catola dalla confluenza con il F. Fortore per una lunghezza di 13 km;
- Torrente Taverone dalla confluenza con il F. Fortore per una lunghezza di 3 km;
- Torrente Cervaro dalla confluenza con il F. Fortore per una lunghezza di 7 km;
- Torrente Zucariello dalla confluenza con il F. Fortore per una lunghezza di 8 km;

Entrando nel merito della modellistica idraulica, è stata generalmente adottata una schematizzazione mono-dimensionale di moto vario, per tener conto dei fenomeni di riduzione del colmo di piena dovuti alla naturale laminazione in alveo e alle eventuali esondazioni.

Un modello di moto permanente, meno oneroso, non è infatti in grado di simulare tali fenomeni, che invece possono essere rilevanti per quei corsi d'acqua che scorrono in alvei poco pendenti quali buona parte di quelli presi in esame.

Solo un modello di moto vario, inoltre, può simulare un evento di piena in un sistema idraulico complesso in cui ogni corso d'acqua ha tempi di risposta propri e pertanto sussistono sfasamenti temporali tra le onde di piena che talvolta possono risultare anche determinanti nelle modalità di svolgimento del fenomeno inondativo.

Si precisa che gli effetti laminativi dovuti a invasi artificiali eventualmente presenti lungo le aste fluviali sono già stati tenuti in debito conto, ed esplicitamente, nel modello idrologico.

La modellazione idraulica pertanto è stata eseguita in moto vario, ma secondo due schemi alternativi:

- ove il corso d'acqua esaminato non presenta arginature in rilevato ed il relativo fondovalle si presenta di larghezza contenuta, lo schema impiegato è stato quello del moto mono-dimensionale puro, utilizzando all'uopo sezioni trasversali sufficientemente estese per comprendere tutto l'alveo di piena straordinaria; nelle aree golenali si è generalmente fatta l'ipotesi che siano prevalenti i fenomeni di accumulo su quelli di trasporto: dette aree pertanto non partecipano al moto ma contribuiscono alla laminazione dell'onda di piena;
- ove il corso d'acqua presenta, al contrario, arginature in rilevato, oppure il suo fondovalle è sensibilmente largo, si è integrato il modello mono-dimensionale puro con un modello di esondazione a macro-celle, ottenendo così un modello quasi-bidimensionale tipo *Cunge*.

Le equazioni complete del moto vario, nella loro formulazione generale di De Saint Venant, esprimono le caratteristiche idrauliche (portata, carico piezometrico, altezza d'acqua, velocità) in funzione del tempo e dello spazio. Una opportuna equazione permette la stima delle dissipazioni energetiche sia a carattere concentrato sia di tipo distribuito.

La risoluzione dello schema di moto viene ottenuta per via numerica, discretizzando le equazioni nel dominio spazio-temporale mediante opportuni schemi numerici. La

soluzione viene pertanto ottenuta solo nei punti di discretizzazione (e non con continuità su tutto il dominio). Tali punti sono rappresentati dalle sezioni geometriche rilevate (*discretizzazione spaziale*) e dalla scansione temporale utilizzata nella rappresentazione dei fenomeni (*discretizzazione temporale*).

Il grado di risoluzione che si ottiene deriva quindi dalla densità delle sezioni rilevate e, per lo schema di moto vario, anche dal passo temporale adottato.

Una breve descrizione dei modelli impiegati è fornita nei paragrafi successivi.

### 3.3.3.2.1 Il modello di moto vario

Il modello si basa sulle equazioni di continuità e di moto per una corrente liquida incomprimibile e unidirezionale in condizioni non stazionarie; tali equazioni risultano, rispettivamente:

$$\frac{\partial A}{\partial t} + \frac{\partial Q}{\partial x} + q(x) = 0$$

$$\frac{\partial H}{\partial x} = -\frac{1}{g} \frac{\partial U}{\partial t} - J$$

in cui:

- A = area della sezione liquida;
- Q = portata;
- q(x) = portata laterale (positiva se entrante);
- H = carico totale della corrente;
- g = accelerazione di gravità;
- U = velocità media della corrente;
- J = perdite di carico effettivo per unità di lunghezza;
- x = ascissa corrente lungo l'alveo;
- t = tempo.

La perdita di carico effettivo può essere stimata con un'equazione analoga a quella adottata per il moto uniforme:

$$J = \frac{U|U|}{gC^2 R}$$

ove, oltre ai simboli già noti, R è il raggio idraulico e C il coefficiente di resistenza esprimibile nella forma:

$$C = \frac{KsR^{\frac{1}{6}}}{\sqrt{g}}$$

ove  $Ks [m^{\frac{1}{3}} s^{-1}]$  è il coefficiente dimensionale di scabrezza di Gauckler-Strickler.

Per includere nel modello gli effetti dissipativi indotti da variazioni di sezione, quali allargamenti o restringimenti, si sono valutate le perdite di carico effettivo addizionali,  $\Delta H$ , mediante la formula:

$$\Delta H = \frac{Q^2}{2g} \xi \Delta(\alpha / A^2)$$

ove  $\alpha$  è il coefficiente di ragguglio della energia cinetica e  $\xi$  può assumere valori compresi tra 0.1 e 0.8, maggiori nel caso di allargamento della sezione e minori nel caso di restringimento.

La risoluzione delle equazioni sopra descritte viene svolta per via numerica, discretizzandole opportunamente alle differenze finite, e associandovi appropriate condizioni al contorno.

Le precedenti equazioni sono state risolte in forma implicita approssimando alle differenze finite le derivate e operando una media pesata per gli altri termini. In particolare sono state utilizzate le seguenti formulazioni:

$$A = p_s p_t A_i^k + p_s (1 - p_t) A_i^{k+1} + (1 - p_s) p_t A_{i+1}^k + (1 - p_s) (1 - p_t) A_{i+1}^{k+1}$$

$$\frac{\partial A}{\partial s} = p_t \frac{A_{i+1}^k - A_i^k}{\Delta s} + (1 - p_t) \frac{A_{i+1}^{k+1} - A_i^{k+1}}{\Delta s}$$

$$\frac{\partial A}{\partial t} = p_s \frac{A_i^{k+1} - A_i^k}{\Delta t} + (1 - p_s) \frac{A_{i+1}^{k+1} - A_{i+1}^k}{\Delta t}$$

dove  $p_s$  è il peso della media spaziale e  $p_t$  il peso della media temporale (l'indice  $k$  è riferito al tempo e l'indice  $i$  allo spazio). I valori utilizzati per  $p_s$  e  $p_t$  sono rispettivamente di 0.5 e 0.45 che dalle prove effettuate risultano essere i più affidabili per la risoluzione del sistema.

Il modello fornisce la risoluzione delle equazioni in corrispondenza dei nodi di una griglia spazio-temporale ove, in corrispondenza delle sezioni fluviali predefinite, al variare del tempo si ricavano i valori delle grandezze idrauliche (portata, velocità, carico piezometrico, etc). A ciascun passo il programma bilancia le equazioni di moto e di continuità in modo iterativo fino al raggiungimento di una correzione su portate e livelli inferiore a una soglia prefissata.

Il modello consente la verifica in condizioni di corrente lenta ( $Fr < 1$ ), veloce ( $Fr > 1$ ) o mista veloce-lenta. Nella situazione reale, a causa di salti di fondo o di singolarità quali bruschi restringimenti di sezione, generalmente presenti su un corso d'acqua naturale o antropizzato che sia, il moto avviene in quest'ultimo regime di corrente, tuttavia è consigliato eseguire la simulazione in condizioni di corrente lenta, come è stato fatto nel caso in esame.

Lo schema di calcolo di corrente lenta è giustificato dal fatto di ottenere livelli idrometrici maggiori rispetto alla realtà, ponendoci quindi in condizioni di sicurezza

nei confronti anche di eventuali rigurgiti in alveo che si possono verificare a causa di ostruzioni dovute ai materiali trasportati dalla corrente.

Nell'ipotesi di corrente lenta, le condizioni al contorno da imporre al sistema prima definito possono consistere nella attribuzione di una scala di deflusso nella sezione di chiusura di valle, del tipo:

$$Q = a(h - h_0)^c + q_0$$

dove  $a$ ,  $b$ ,  $c$  e  $q_0$  sono i parametri della scala di deflusso, mentre nella sezione di testa (o le sezioni di testa, nel caso di tronchi fluviali tra loro connessi studiati come sistema unico) vengono definiti idrogrammi di portata.

In alternativa alla scala di deflusso, nella sezione di valle può essere imposto un livello costante o variabile nel tempo.

Nel caso di condizioni locali di corrente veloce, la profondità viene fissata sul valore critico: nei tabulati delle verifiche idrauliche (allegato **II.B.2.7**) il verificarsi di questa eventualità viene segnalato con un asterisco a fianco della sezione nella quale si è verificato il raggiungimento della condizione critica.

Qualora, com'è il caso di un corso d'acqua naturale, l'asta oggetto di modellazione riceve affluenti lungo il suo percorso, questi vengono tenuti in considerazione con immissioni di portata concentrate nella sezione fluviale immediatamente a valle della confluenza.

### 3.3.3.2.2 Il modello di inondazione

Nelle situazioni in cui si è fatto ricorso alla modellazione *mono-dimensionale pura* le quote di inondazione nelle aree adiacenti al corso d'acqua, e quindi i perimetri delle aree inondabili, si ottengono in modo banale per estensione dei livelli idrometrici in alveo.

Ove la modellazione non è possibile per i motivi già detti, si è invece impiegata la modellazione *quasi-bidimensionale tipo Cunge*, integrando cioè il modello mono-dimensionale con quello a macro-celle interconnesse. In questo secondo caso le quote di inondazione coincidono con le quote raggiunte nelle singole celle.

Nel modello tipo *Cunge* l'area potenzialmente inondabile (in genere viene considerata tale l'intera pianura alluvionale fino al piede della collina) viene immaginata composta da celle elementari connesse idraulicamente tra loro e con l'asta fluviale da soglie sfioranti. La suddivisione in celle delle aree di potenziale inondazione deve avvenire con criteri di massima verosimiglianza del modello alla realtà: pertanto ad ogni struttura di contenimento identificabile sul territorio (quali i rilevati stradali e ferroviari, muri e argini) deve corrispondere il bordo di una o più celle.

Il fenomeno dell'allagamento di ciascuna cella avviene in modo sincrono, cioè non viene messo in conto il tempo effettivo connesso alla reale propagazione sul terreno dei volumi esondati. Quest'ultimo è peraltro di difficile stima, soprattutto in casi di aree fortemente antropizzate, ove la presenza di strutture e infrastrutture condiziona la velocità e le direzioni lungo le quali l'allagamento di propaga.

La simulazione del fenomeno esondativo si basa inoltre sulle seguenti ipotesi.

- 1) I volumi idrici di inondazione si generano esclusivamente *per tracimazione* delle sommità arginali del corso d'acqua. Non sono considerati altri fenomeni quali, ad esempio, il collasso delle strutture arginali o fenomeni di rigurgito diversi da quelli già considerati nel presente studio; anche gli elementi infrastrutturali delimitanti le aree di potenziale inondazione, quali rilevati stradali, ferroviari, etc, si considerano, al pari degli argini fluviali, tracimabili senza collasso.
- 2) Il fenomeno dell'allagamento di ciascuna cella in cui sono suddivise le aree potenzialmente inondabili avviene con una legge di riempimento del tipo:

$$V = a (h-h_0)^b$$

ove  $V$  è il volume di riempimento,  $h$  è il livello idrico, mentre i parametri  $a$ ,  $b$  e  $h_0$  possono essere calcolati in base alle caratteristiche morfologiche dell'area.

- 3) Il trasferimento dei volumi di esondazione, sia alveo/cella sia cella/cella avviene con la legge degli stramazzi in parete grossa, con possibilità di funzionamento bidirezionale, in condizioni di deflusso libero oppure rigurgitato in funzione dei livelli a monte e a valle dello stramazzo; la legge di deflusso adottata è la seguente:

$$Q_{12} = L(\mu_1 h_2 + \mu_2 h_1) \sqrt{2gh_1}$$

dove  $L$  è la lunghezza della soglia,  $\mu_1$  e  $\mu_2$  sono pari rispettivamente a 0.65 e 0.4,  $h_1$  e  $h_2$  sono rispettivamente i livelli del pelo libero a monte e a valle, riferiti alla quota della soglia. Mentre la quota di sfioro delle connessioni alveo/cella o cella/cella è in generale ben definibile come la quota inferiore dell'elemento di contenimento che separa le aree stesse, invece la lunghezza del fronte di sfioro ha un valore dipendente in linea di massima dalla densità spaziale delle sezioni fluviali o dalla lunghezza dei lati delle macro-celle, in generale con valori compresi tra 5 e 50 m fissati dalla sensibilità e accortezza del modellatore in modo anche da evitare problemi di instabilità numerica.

La propagazione dei livelli idrici nelle celle avviene pertanto attraverso la sola legge di continuità dei volumi. A tale scopo è necessario considerare il volume accumulato nella singola cella e le sue variazioni dovute agli scambi di portata con le celle circostanti.

L'approssimazione adottata è tanto più accettabile quanto maggiore è il numero di celle in cui vengono suddivise le aree potenzialmente inondabili. Infatti, in tal modo, il riempimento di ciascuna cella è regolato dalle caratteristiche degli sfioratori di

collegamento tra le celle che, in funzione della quota e della lunghezza, influenzano la velocità di riempimento della cella successiva.

Ad ogni passo temporale l'equazione di continuità impone il bilancio tra i volumi netti transitati attraverso la cella e la variazione di volume locale, sotto le ipotesi che il volume accumulato in ciascuna cella sia univocamente correlato all'altezza idrica nella cella stessa, e che le portate scambiate siano funzione dei livelli a monte e a valle delle connessioni idrauliche. In particolare, l'equazione di continuità per la generica cella k-esima risulta la seguente:

ove  $A_{ck}$  rappresenta la superficie allagata nella cella k-esima,  $h_k$  è l'altezza d'acqua relativa,  $Q_{ki}$  è la portata scambiata con la cella i-esima adiacente in funzione delle

$$A_{ck} \frac{\partial h_k}{\partial t} = \sum_i Q_{ki}(h_k, h_i)$$

relative altezze idriche e la sommatoria è estesa a tutte le celle in comunicazione diretta con la cella k-esima.

### 3.3.3.2.3 Modello in moto permanente

Il modello integra l'equazione di continuità e l'equazione di moto che, in forma differenziale e nel caso di moto permanente, si riducono alla sola dipendenza dalla coordinata spaziale:

$$\frac{\partial Q}{\partial x} = 0$$

$$\frac{\partial H}{\partial x} = -J$$

dove

Q	portata liquida [mc/s]
H	carico totale della corrente [m]
J	perdite distribuite [m/m]
x	ascissa corrente [m]

La risoluzione delle equazioni viene condotta ricorrendo alla schematizzazione alle differenze finite e introducendo la formula di Manning per la stima delle resistenze distribuite:

$$U = k_s R^{2/3} J^{1/2}$$

dove:

U	velocità media della corrente = Q/Area [m/s]
R	raggio idraulico della corrente [m]
$k_s$	coefficiente di Gauckler-Strickler [ $m^{1/3}s^{-1}$ ]

Le perdite concentrate vengono computate proporzionalmente al carico di velocità, secondo l'espressione:

$$\Delta H = \xi \Delta(U^2/2g)$$

in cui  $\xi$  può variare in dipendenza del tipo di perdita (restringimento, allargamento, cambio di direzione, etc.). In questo caso sono stati utilizzati i seguenti coefficienti:

$\xi = 0.1$	per il restringimento
$\xi = 0.2$	per l'allargamento
$\xi = 0.3$	per il restringimento all'imbocco delle opere di attraversamento
$\xi = 0.5$	per l'allargamento allo sbocco delle opere di attraversamento

#### 3.3.3.2.4 Input idrologico del modello idraulico

Il modello idrologico ha fornito le condizioni al contorno di monte in termini di idrogrammi di portata in ingresso per la modellazione idraulica.

Tali idrogrammi sono applicati alla sezione di monte di ogni tronco fluviale oggetto di simulazione, nonché, come immissioni di portata laterali, in corrispondenza della confluenza con i maggiori affluenti.

Viene sintetizzato un evento di pioggia di durata fissata su tutto il bacino (24 ore nel nostro caso) e forma assegnata di ietogramma (tipo *Chicago*).

Il coefficiente di ragguglio areale  $K_r$  dipende come abbiamo visto dalla durata dell'evento e dall'area del bacino. Nella modellazione in moto vario è necessario conoscere i contributi di ciascun sottobacino afferente in modo da poter simulare la propagazione e l'attenuazione dell'onda di piena. Tali contributi non possono essere calcolati con un valore del  $K_r$  che consideri l'area del singolo sottobacino in quanto in tal caso si andrebbe a sovrastimare la portata complessiva nel modello di moto vario. Per questo il  $K_r$  viene fissato, per ciascun sottobacino scolante nell'asta modellata, pari a quello del bacino complessivo chiuso subito a valle dell'immissione del sottobacino stesso.

Per il calcolo di  $K_r$  viene utilizzata la formulazione già citata ponendo:

- la durata di evento prescelta;
- l'area del bacino sotteso dalla sezione subito a valle della sezione di confluenza;
- il coefficiente  $a$  delle linee segnalatrici, sempre mediato sul bacino principale.

Il coefficiente di ragguglio per calcolare il contributo di ciascun sottobacino  $K_a$  viene pertanto calcolato con la seguente formula:

$$K_a = \frac{K_v A_v - K_m A_m}{(A_v - A_m)}$$

dove:  $K_v$  = coefficiente di ragguglio areale per il bacino di valle;  $A_v$  = area del bacino di valle;  $K_m$  = coefficiente di ragguglio areale per il bacino di monte;  $A_m$  = area del bacino di monte.

Si ottiene così - e questo è esplicitamente l'obiettivo - la riproduzione di un evento di piena che sollecita in maniera critica l'asta principale nella sua interezza.

Gli idrogrammi di piena di input sono stati calcolati per tempi di ritorno di 30, 100, 200 e 500 anni.

#### 3.3.3.2.5 Applicazione del modello idraulico

La modellistica idraulica è stata così applicata nelle diverse parti del bacino:

- modello idraulico in moto vario quasi-bidimensionale per il fiume Fortore a valle della diga dell'Occhito;
- modello in moto vario per il fiume Fortore a monte della diga dell'Occhito;
- modello di moto permanente sui restanti affluenti e nelle verifiche degli attraversamenti nei tratti oggetto dei rilievi speditivi.

La risoluzione spaziale adottata è variabile secondo la disponibilità dei rilievi, mediamente una sezione ogni 500 m. In generale si è cercato di commisurare ove possibile la distanza tra due sezioni idrauliche consecutive alla larghezza del corso d'acqua, e comunque in modo da rappresentare idraulicamente tutte le maggiori discontinuità presenti quali attraversamenti, briglie, traverse, ecc.. Fenomeni localizzati a scala inferiore ai 500 m pertanto possono non risultare descritti, ma ciò è pienamente giustificato in considerazione della scala dello studio.

Il posizionamento planimetrico delle sezioni idrauliche utilizzate sono riportate sulle Tavole **II.B.3.4.1-30**.

Quanto alla risoluzione temporale, sono stati utilizzati idrogrammi a scansione di 30' e questa è anche la scala temporale della simulazione idraulica, che può considerarsi idonea date le ampiezze dei bacini idrografici e quindi i tempi di risposta tipici di questi sistemi.

E' stato utilizzato un coefficiente di resistenza idraulica di Gauckler-Strickler pari a  $K_s = 21 \text{ m}^{1/3} \text{ s}^{-1}$  per tutti i corsi d'acqua verificati con l'avvertenza che tali valori si riferiscono ai conci elementari in cui è discretizzata ogni sezione idraulica, e che il coefficiente  $K_s$  complessivo della sezione, ricostruibile a posteriori, può essere superiore anche del 30%, ottenendo valori che appaiono idonei a caratterizzare alvei di piena fortemente vegetati o con trasporto solido grossolano.

Si omette di descrivere le condizioni al contorno di monte, ossia tutti gli idrogrammi di portata in ingresso. Come già accennato, sono stati generati dal modello idrologico sia in testa alle singole aste, sia in corrispondenza delle principali immissioni laterali.

Come condizioni di valle, è stato imposto il livello nella diga dell'Occhito per la sezione finale del sistema Fortore B, mentre per il Fortore A si è ipotizzato un sovrizzo del livello del mare di 0.7 m in considerazione della forte eventualità di una concomitanza di condizioni meteomarine avverse. Per i restanti tronchi è stata assunta una condizione al contorno uguale al livello raggiunto nel ricevente con pari tempo di ritorno. Per le verifiche su sezioni isolate oggetto di rilievo speditivo è stata imposta la condizione critica su una sezione sufficientemente a valle da non influenzare i livelli di monte.

Nell'Allegato **II.B.2.7** sono riportati i tabulati delle verifiche idrauliche per i tempi di ritorno suddetti di 30, 100, 200, 500 anni, mentre nell'Allegato **II.B.2.8** sono riportate le sezioni fluviali con i livelli idrometrici per gli stessi tempi di ritorno.

Tra le risultanze della modellazione idrologico-idraulica è stato ritenuto interessante e utile mostrare l'efficacia laminativa degli invasi. Nelle FIGURE 33, 34, 35 e 36 si riportano gli idrogrammi di piena con tempo di ritorno di 30, 100, 200 e 500 anni in uscita e in ingresso all'invaso dell'Occhito.

E' stato assunto sulla base delle informazioni raccolte presso il Consorzio di Bonifica della Capitanata che le 3 portelle si abbattano completamente una volta che il livello nel lago raggiunge la quota di 195.5 ovvero con un battente di 0.5m sulla soglia fissa. Le quote sui grafici sono riferite alla soglia delle paratoie mobili poste a 192 m s.l.m.

Si notino:

- il forte sfasamento del picco (di circa 12 ore);
- la forte laminazione dell'onda di piena (di circa il 25%).

Le laminazioni indicate si riferiscono cautelativamente a condizioni iniziali di invaso pieno, pertanto nella realtà potrebbero essere anche maggiori qualora l'invaso si trovasse al disotto della soglia di sfioro fissa all'inizio dell'evento

Diga Occhito - Evento Tr 30

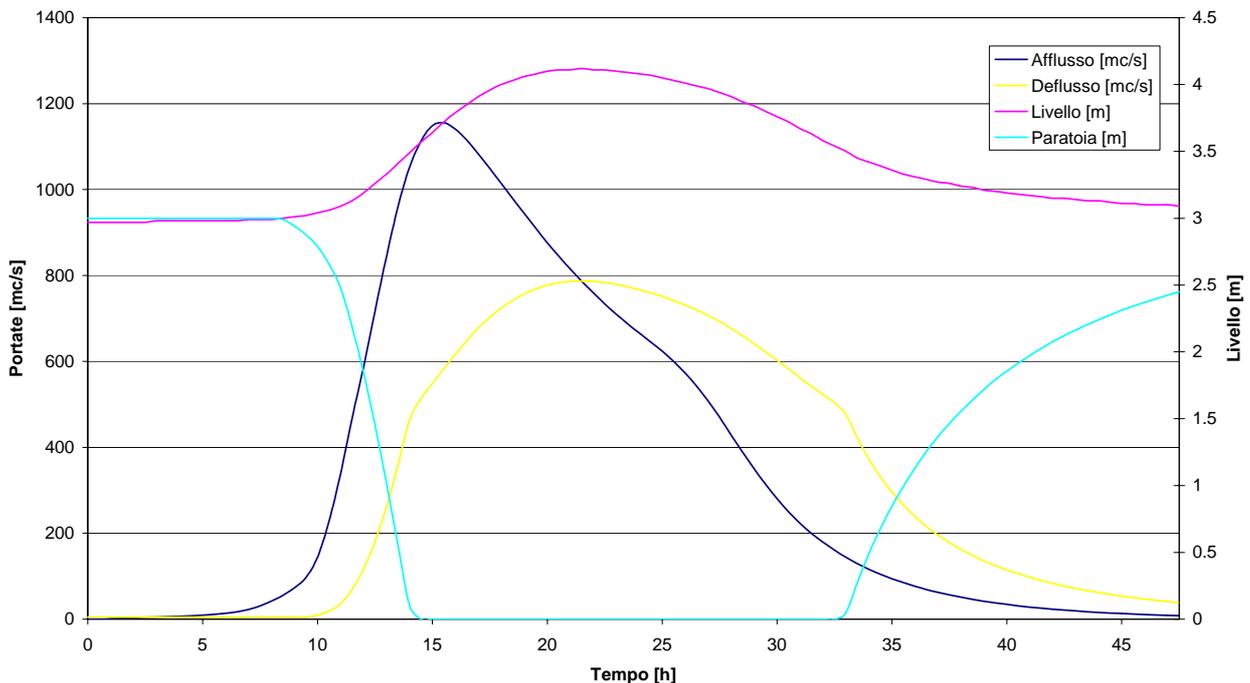


Figura 33 – Idrogrammi di piena in ingresso e uscita dall'Occhito per tempo di ritorno di 30 anni

Diga Occhito - Evento Tr 100

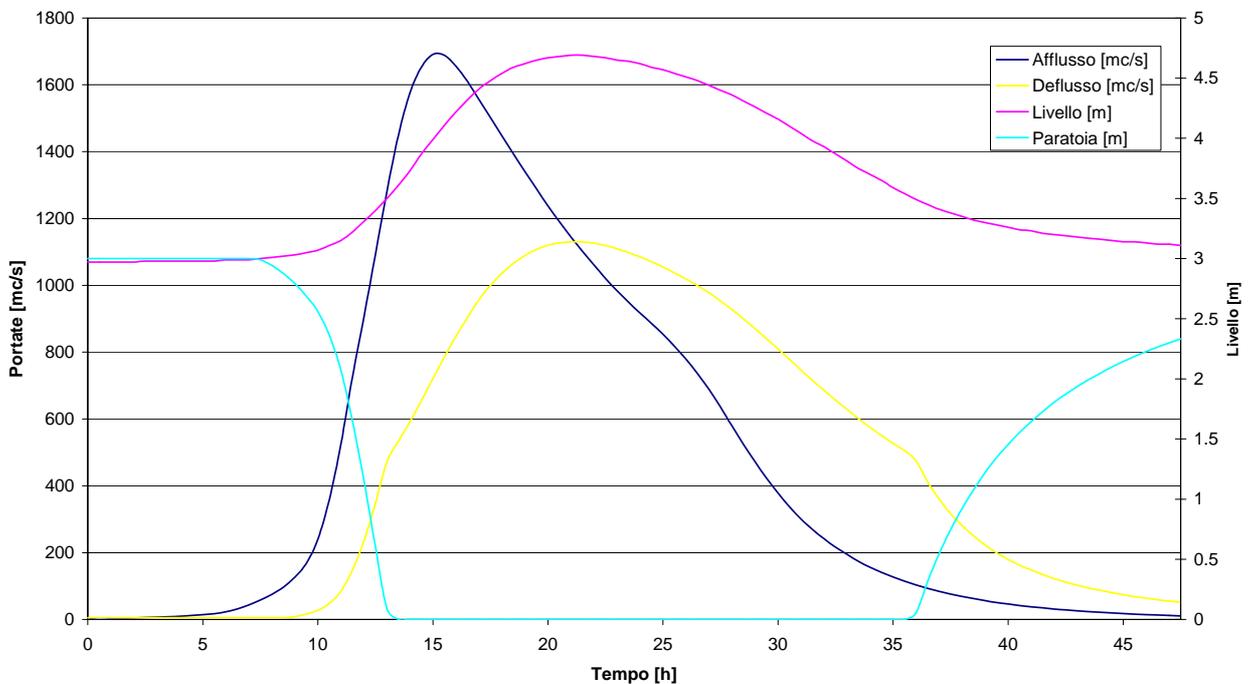


Figura 34 – Idrogrammi di piena in ingresso e uscita dall'Occhito per tempo di ritorno di 100 anni

Diga Occhito - Evento Tr 200

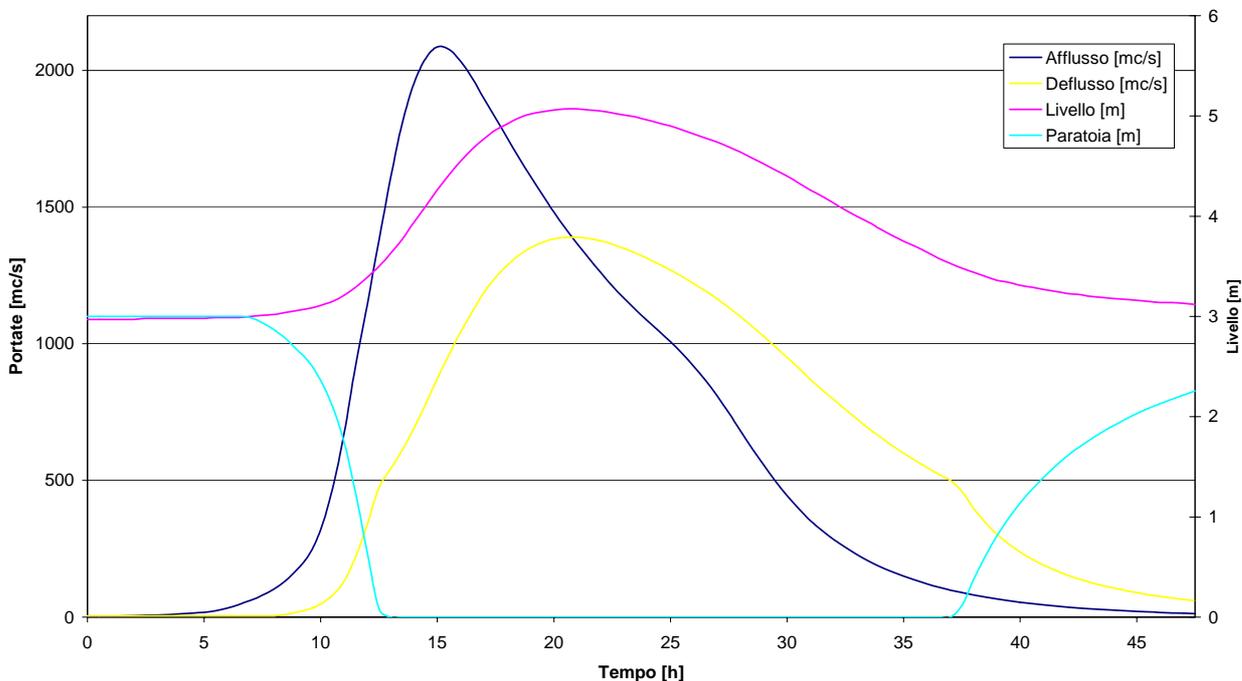


Figura 35 – Idrogrammi di piena in ingresso e uscita dall'Occhito per tempo di ritorno di 200 anni

Diga Occhito - Evento Tr 500

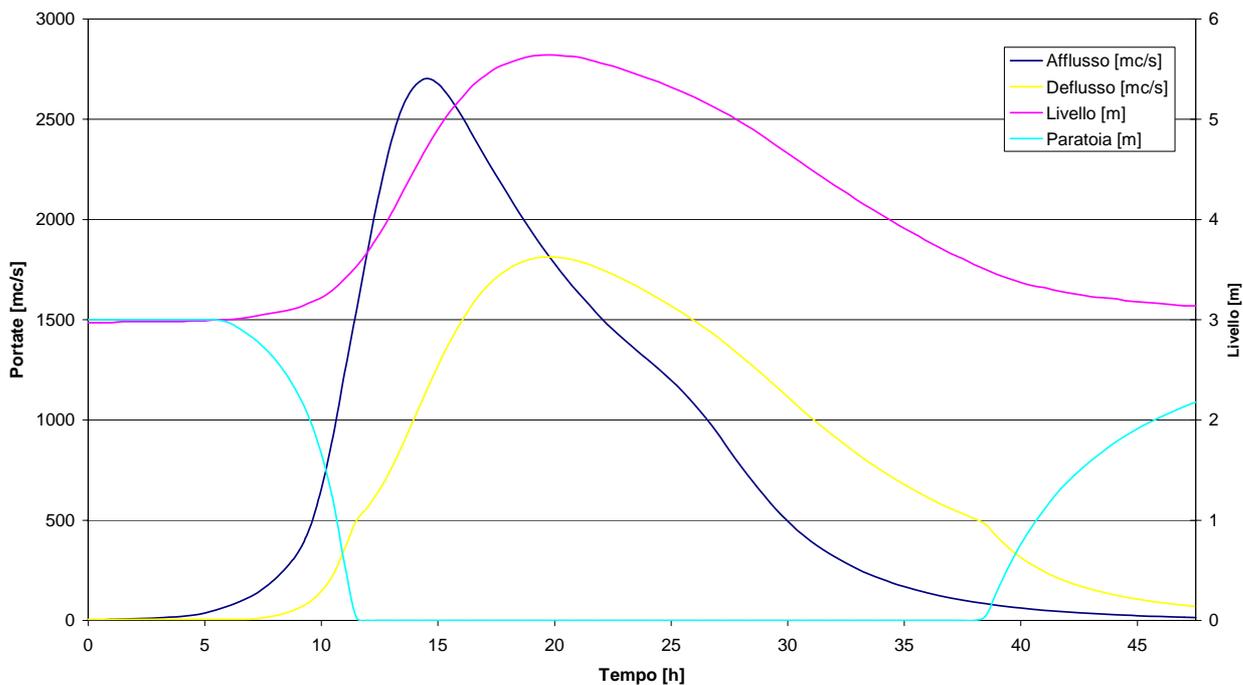


Figura 36 – Idrogrammi di piena in ingresso e uscita dall'Occhito per tempo di ritorno di 500 anni

### 3.3.3.2.6 Ricostruzione idraulica dell'evento 2005

Per l'evento del marzo 2005 erano disponibili informazioni dettagliate circa le aree inondate ricostruibili sulla base delle foto da elicottero fornite dal Genio Civile di Foggia che ha anche provveduto alla perimetrazione delle aree soggette a inondazione.

E' stato quindi possibile effettuare, oltre alla ricostruzione idrologica, una ricostruzione idraulica dell'evento che ha consentito anche la taratura del modello idraulico soprattutto per quanto riguarda la stima dei processi evolutivi delle sezioni a valle della diga di Occhito.

Preme ricordare che il maggior numero di sezioni disponibili a valle della diga dell'Occhito deriva dal rilievo condotto dal Provveditorato alle OO.PP: nel 1982. I rilievi più recenti disponibili sugli stessi allineamenti delle sezioni del 1982 hanno indicato le seguenti tendenze evolutive delle sezioni:

- sovralluvionamento del corso d'acqua mediamente di circa 1.5 m;
- restringimento delle sezioni stimabile intorno al 30% in termini di area della sezione alla quota del piano campagna.

Tale tendenza evolutiva può essere spiegata sulla base delle seguenti considerazioni:

- l'invaso dell'Occhito per le sue dimensioni rispetto al bacino sotteso presenta una forte capacità laminativa;
- negli anni di passati l'invaso si è di norma mantenuto a un livello inferiore alle soglie di sfioro laminando completamente le piene provenienti da monte (vedi evento del gennaio 2003);
- il bacino a valle della diga produce una notevole quantità di sedimenti che raggiunto il fiume Fortore attraverso gli affluenti non trovano un deflusso in grado di garantire una adeguata capacità di trasporto;
- negli ultimi anni sono cessate le attività estrattive di materiale inerte dal corso d'acqua.

I fattori prima elencati sono tutti a favore di una tendenza del corso d'acqua a sovralluvionare. E' peraltro vero che la diga dell'Occhito nello stesso periodo ha intrappolato completamente il trasporto solido proveniente da monte ma tale effetto è stato annullato dalla marcata riduzione delle portate.

Inoltre l'alveo del 1982 risentiva ancora delle attività estrattive risulta quindi naturale che una volta cessate tali attività il fiume abbia avuto la tendenza a ripristinare una pendenza maggiore con l'aumento delle quote del fondo.

E' utile inoltre osservare che tale tendenza al sovralluvionamento nel tratto terminale comporti un minore apporto di sedimenti alla parte fociva che infatti si presenta in forte arretramento.

Va inoltre segnalato che la riduzione di eventi di piena significativi a valle della diga dell'Occhito ha accentuato la crescita di vegetazione nell'alveo che allo stato attuale a valle di ponte Civitate si presenta quasi inaccessibile.

Le precedenti considerazioni sono state confermate durante la taratura dell'evento del marzo 2005. Infatti al fine di ottenere delle esondazioni confrontabili con quelle registrate durante l'evento è stato necessario modificare le sezioni del 1982 secondo i seguenti criteri:

- le sezioni sono state ristrette del 30%;
- il profilo del fondo è stato modificato sulla base delle sezioni rilevate nel corso del presente studio.

Nella FIGURA 37 si riporta il profilo longitudinale del tratto del fiume Fortore a valle della diga dell'Occhito ove è stato modificato il profilo del fondo.

Nell'Allegato **II.B.2.7** sono riportati i tabulati delle verifiche idrauliche per l'evento del marzo 2005, mentre nell'Allegato **II.B.2.8** sono riportate le sezioni fluviali con i livelli idrometrici per lo stesso evento.

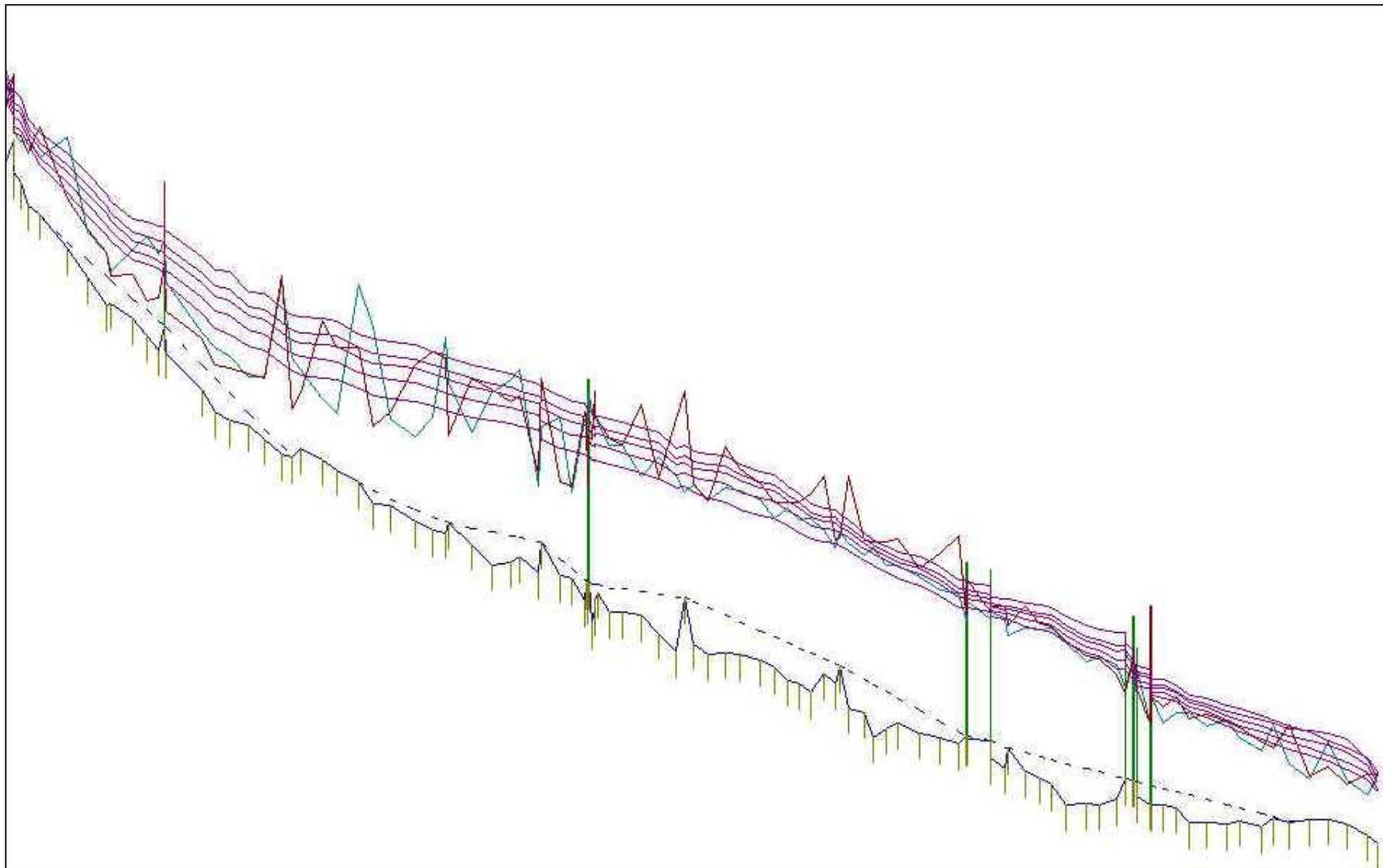


Figura 37 – Profilo longitudinale fiume Fortore a valle della diga dell'Occhito (modifica delle quote di fondo)

Nella FIGURA 40 si riporta il confronto tra i livelli misurati dall'idrometro a Ripalta e quelli ricostruito dal modello.

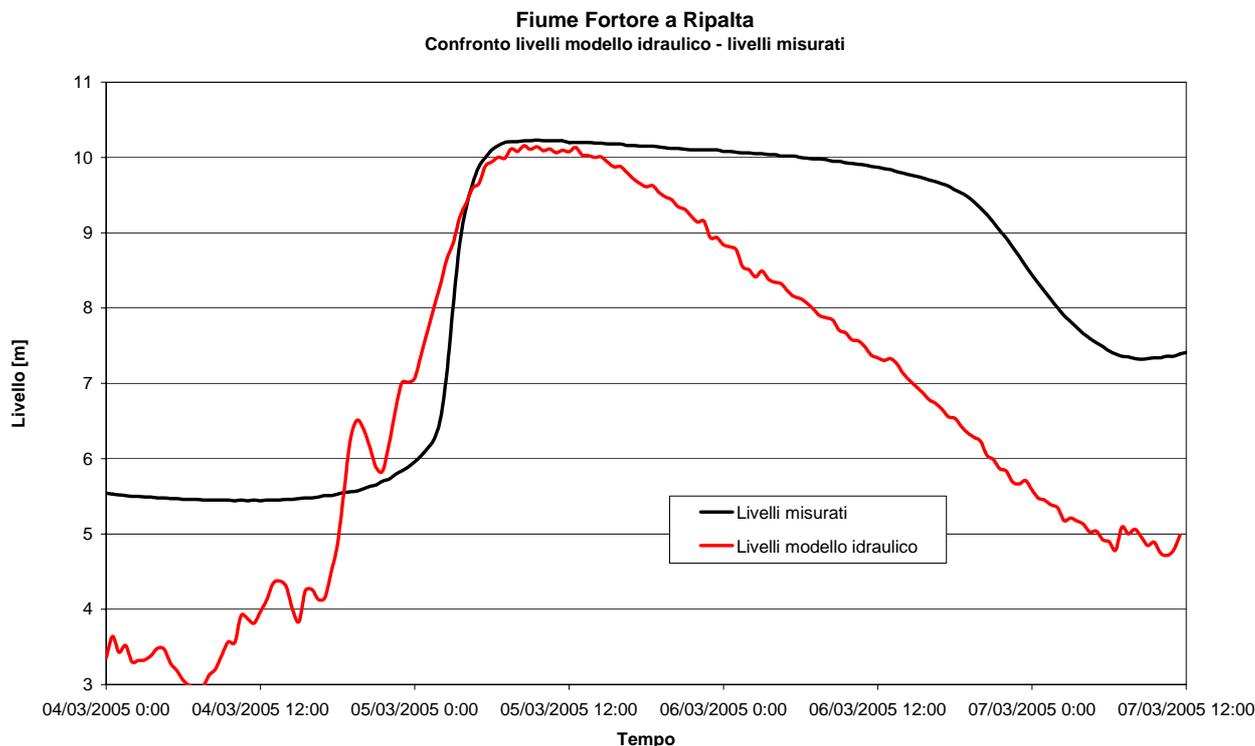


Figura 40 – Idrogrammi di piena a Ripalta misurato e calcolato

Si osservi la perfetta corrispondenza del picco di piena al livello di 10.2. Risulta inoltre correttamente stimato anche il tempo di risalita mentre l'idrogramma ricostruito decresce con maggiore rapidità rispetto a quello misurato.

Tale discrepanza può essere dovuta ai seguenti fattori:

- variazione della sezione di deflusso durante l'evento a causa della movimentazione del materiale al fondo e conseguenti fenomeni di sovralluvionamento;
- effetti locali dovuti alla presenza della abbondante vegetazione in alveo.

### 3.3.3.2.7 Mappatura delle aree inondabili

Per le aree oggetto dello studio idraulico sono state definite le aree inondabili per i suddetti tempi di ritorno di 30, 100, 200 e 500 anni.

Fatta eccezione per i corsi d'acqua ove si è adottata la modellazione monodimensionale pura, per i quali la mappatura delle aree inondabili è fatta per

estensione dei livelli di piena massimi ottenuti in alveo, nei restanti casi si è proceduto con la metodologia di seguito riportata.

In primo luogo è stato allestito il modello di inondazione, nelle seguenti fasi:

- *individuazione delle aree potenzialmente inondabili*: si considerano tali tutte le pianure alluvionali fino all'inizio della zona pedecollinare; si è pertanto utilizzato la cartografia 1:5000 degli studi condotti dal Provveditorato alle OO.PP: di Bari, la cartografia IGM scala 1:25000 e le ortofoto;
- *suddivisione in celle elementari*: sulla base della cartografia indicata al punto precedente vengono individuate le strutture di contenimento ottenendo celle di forme e dimensioni variabili (da pochi ha ad un centinaio di ha);
- *determinazione delle leggi di invaso*: con l'ausilio del DEM a maglia 25x25 m, prodotto a partire dalla cartografia 1:5000e 1:25000 prima citata, viene ricavata la *funzione*  $V=V(h)$  nella forma di legge di potenza come descritto precedentemente;
- *caratterizzazione delle connessioni idrauliche*: sulla base di quanto ottenuto nelle fasi precedenti e dell'analisi dettagliata delle caratteristiche morfologiche, infrastrutturali e idrauliche del territorio sono state definite le connessioni idrauliche (soglie sfioranti) tra l'alveo principale e le celle, e tra le celle stesse.

Sulle Tavole **II.B.3.4.1-30** sono riportate le celle e le connessioni con le loro codifiche

Successivamente il modello quasi-bidimensionale ha fornito, per ogni tempo di ritorno considerato, i valori temporali e quelli massimi (iniluppi) di:

- portate e livelli idrometrici per ogni sezione del reticolo idrografico;
- volumi e livelli idrometrici nelle aree di esondazione ;
- portate transitate attraverso gli elementi di connessione tra l'alveo e le aree e tra le aree stesse.

Con l'ausilio delle curve di livello riportate sulla carta tecnica 1:5.000 e del modello digitale, dalla conoscenza dei livelli idrometrici nelle celle sono stati individuati i perimetri delle aree inondabili, riportati nelle Tavole **II.B.3.5.1-30**.

Nell'attività di delimitazione delle aree inondabili, un certo margine è comunque riservato alla interpretazione critica del dato fornito dal modello, volta soprattutto a definire i flussi esondativi. L'allagamento di un'area può infatti derivare sia dall'accumulo di volumi idrici (allagamento "statico") sia dal transito dei volumi che si trasferiscono da una zona all'altra: in quest'ultimo caso devono essere determinate, con l'ausilio delle quote riportate sulla cartografia di base, le linee di massima pendenza e quindi i presumibili percorsi di inondazione.

#### 3.3.3.2.8 Principali risultati

I risultati dell'analisi idraulica in termini di aree inondabili per differenti tempi di ritorno sono desumibili con relativa facilità dall'esame della carta delle aree inondabili, riportata nelle Tavole **II.B.5.1-30**, che è più eloquente di qualunque descrizione.

Di seguito si riporta una descrizione delle principali criticità riscontrate su ciascuno dei corsi d'acqua esaminati.

### 3.3.3.2.8.1 Fiume. Fortore

Il fiume Fortore a monte della diga dell'Occhito non presenta particolari criticità in ragione della scarsa urbanizzazione dell'area. Le principali aree da segnalare sono le seguenti:

- aree destinate alla lavorazione di inerti presenti nell'alveo del fiume inondabili per tempi Tr30;
- alcune strade secondarie situate nei pressi dell'alveo inondabili con tempo di ritorno 30 anni;
- alcune case sparse sempre inondabili per tempo di ritorno 30 anni.

Non si segnalano di fatto problemi rilevanti di esondazione.

A valle della diga dell'Occhito si possono distinguere due tratti, il primo tratto è quello che va dalla diga fino alla confluenza del torrente Tona e il secondo dalla confluenza del torrente Tona fino alla foce.

Nel primo tratto il corso d'acqua corre incassato con una sezione di larghezza complessiva di circa 300 m. A valle di P.te Fortore sono presenti delle opere longitudinali tese a regolarizzare il corso del fiume con una serie di traverse che ne diminuiscono la pendenza.

In questo tratto si presentano le seguenti principali criticità:

- vi sono estese zone golenali adibite alla coltivazione dell'olivo che risultano inondabili già con tempo di ritorno 30 anni (tali aree sono state inondate anche durante l'evento del marzo 2005);
- vi sono alcune case sparse a rischio (ad.es. Masseria Ferrucci);
- vi sono alcuni tratti di viabilità a rischio (ad.es. strada provinciale in sponda destra a valle del P.te Fortore in area a rischio trentennale);

Fatta eccezione per i tratti prima segnalati non si registrano altre situazioni critiche.

Nel tratto a valle della confluenza del T. Tona le aree inondabili si allargano notevolmente rimanendo peraltro fino al tempo di ritorno di 30 anni (e in qualche caso anche con tempo di ritorno duecentennale) all'interno dei terrazzi alluvionali.

In particolare a monte del ponte Civitate si segnalano le seguenti situazioni:

- l'area a monte del ponte compreso tra P.te Fortore e P.te Civitate ove ha sede una azienda per la lavorazione del materiale inerte (Fortore S.p.a.) che risulta inondabile per 30 anni di tempo di ritorno e lo è stata anche durante l'evento del marzo 2005;

- l'area posta tra il fiume Fortore e il vecchio corso del torrente Staina che risulta inondabile per tempo di ritorno 200 anni (in tale area sono presenti delle case sparse);
- alcune aree agricole specializzate poste in sponda destra a monte del ponte Civitate che risultano inondabili per 30 anni.

Per quanto riguarda le aree per la lavorazione degli inerti si osserva che esse sono poste all'interno dell'alveo come risulta evidente dalla osservazione della larghezza del ponte posto a valle.

A valle del ponte di Civitate la valle si allarga, il fiume scorre in aderenza ai rilievi in sponda destra mentre sulla sponda sinistra si apre una pianura coltivata con la presenza di alcune case sparse. In tale tratto il fiume Fortore drena solo marginalmente la piana che riversa le sue acque nel fosso Rampulla che scorre parallelo al fiume Fortore fino a confluirci a monte della strada statale.

Tale area, che è stata inondata anche durante l'evento del marzo 2005, si presenta quasi per la sua totalità a rischio idraulico con tempo di ritorno 30 anni. L'alveo del fiume Fortore consente lo smaltimento di una portata intorno ai 500 mc/s, la restante parte del deflusso scorre all'interno dei terrazzi alluvionali.

Vi è anche una diminuzione marcata della pendenza e la presenza di una fitta vegetazione in alveo.

In tale tratto si segnalano le seguenti criticità:

- inondazione di alcune case sparse già con tempo di ritorno 30 anni;
- inondazione della strada per il ponte di Ripalta con tempo di ritorno 30 anni;
- inondazione della strada per il ponte di Civitate con tempo di ritorno 200 anni;
- inondazione di un'area adibita a serre.

A valle del ponte di Ripalta le inondazioni non sono più contenute dai terrazzi alluvionali presenti a monte e quindi spagliano nella piana fino ad arrivare ai rilevati della statale, dell'autostrada, della via per il ponte di Colle d'Arena e della ferrovia Ancona –Bari.

La statale risulta a rischio trentennale e viene sormontata in destra e in sinistra del ponte sul Fortore. L'autostrada viene sormontata in destra del ponte sul Fortore sempre con evento trentennale. Lo stesso dicasi per la strada di Colle d'Arena e per la ferrovia.

Di tutti i tratti esaminati questo è il più critico perchè interessa delle via di comunicazione fondamentali che già durante l'evento del marzo 2005 sono state interrotte dall'evento di piena notevolmente inferiore all'evento trentennale.

A valle della ferrovia le aree inondabili continuano ad ampliarsi sia in sponda destra che in sponda sinistra interessando viabilità secondarie e case sparse già con tempo di ritorno trentennale.

#### 3.3.3.2.8.2 *Torrente Tona*

Le criticità del torrente Tona sono sostanzialmente legate ai tre attraversamenti che vengono sormontati per tempo di ritorno 100 anni. Da monte verso valle abbiamo:

- SP 40 Adriatica;
- SS 376 Maglianica;
- SP a monte della confluenza.

Da osservare inoltre l'esondazione in un campo di estrazione dell'AGIP alla sezione TO1030\_\_.

Il torrente è caratterizzato da un discreto trasporto solido che può aver contribuito alla parzializzazione dei ponti. Non vi sono particolari interventi di regimazione se si escludono le opere intorno agli attraversamenti.

#### *3.3.3.2.8.3 Vallone Santa Croce*

Il vallone si presenta abbastanza incassato e privo di significative interferenze. Non si segnalano particolari criticità. Il corso d'acqua presenta diversi guadi lungo il suo percorso e si presenta rettificato prima di confluire nel bacino dell'Occhito.

#### *3.3.3.2.8.4 Vallone Santa Maria*

Il Vallone S. Maria non presenta particolari criticità. Sono stati individuati tre opere di attraversamento. Quella più a monte sulla SP n. 40 Adriatica non presenta nessuna criticità. Più a valle è presente un attraversamento sormontato per la portata centennale posto però su una viabilità secondaria (non da origine a rischio significativo). Infine il ponte a monte della confluenza con fiume Fortore si presenta di dimensioni risibili e viene sormontato già con tempo di ritorno 30 anni. Si segnala inoltre una esondazione in sponda destra nel tratto intermedio in corrispondenza della sezione SM1007\_\_.

Il corso d'acqua presenta canalizzato nel tratto a monte della confluenza.

#### *3.3.3.2.8.5 Torrente Sente*

Il corso d'acqua non presenta criticità di rilievo. Si segnala comunque la presenza di un guado nella parte iniziale (che non da origine a rischio) sormontato con la trentennale. Il corso d'acqua presenta alcune soglie nel tratto mediano e numerosi attraversamenti di viabilità secondaria a raso.

#### *3.3.3.2.8.6 Torrente Cigno*

Il corso d'acqua non presenta criticità. Va osservato che vi sono numerose opere trasversali per la regimazione del corso d'acqua e il controllo dell'erosione.

#### *3.3.3.2.8.7 Torrente Tappino*

Il torrente Tappino presenta numerosi punti critici dovuti alla presenza di una maggiore antropizzazione rispetto agli altri corsi d'acqua. Esaminiamo prima lo stato degli attraversamenti presenti:

- il ponte della SP 57 è verificato per tutti i tempi di ritorno;
- i due ponti a monte del depuratore di Mirabello Sannitico sono rispettivamente il primo sormontato dalla portata Tr200 e il secondo dalla portata Tr500;
- il ponte a valle del depuratore di Mirabello Sannitico sulla SP n. 57 è verificato per tutti i tempi di ritorno;
- il ponticello a valle della SP 57 risulta sormontato dalla Tr 30 con allagamento della statale stessa;
- il ponticello in località Piano S. Clemente è sormontato con tempo di ritorno centennale;
- il ponticello secondario in località Le Piane è sormontato dalla trentennale con allagamento della SP 57;
- il ponticello in località Colle Carlucci è sormontato dalla trentennale con allagamento dell'abitazione posta in sponda sinistra;
- il ponte della SS 375 Gildonese è verificato per tutti i tempi di ritorno;
- il ponte in località Aia della Noce risulta verificato per tutte le portate;
- il ponte a valle della confluenza del Ruviato è sormontato dalla portata cinquecentennale;
- il ponte del Toro e il guado posto a monte sono sormontati dalla trentennale e aggirati sulla sinistra con inondazione delle abitazioni presenti;
- il ponte della SS 645 Fondovalle Tappino risulta verificato per tutte le portate;
- il ponte della SS 645 Fondovalle Tappino a valle della confluenza del T. Carapello risulta verificato per tutte le portate;
- il ponte per la Mass. Masone risulta verificato per tutte le portate;
- il ponte della SS 645 Fondovalle Tappino nei pressi della Mass. Ramieri risulta verificato per tutte le portate;
- il ponte in località Piana S. Nicola (ove è installato l'idrometro) risulta in pressione per la portata cinquecentennale;

Dal precedente quadro emerge che le criticità sono concentrate sugli attraversamenti secondari.

Per quanto riguarda le aree inondabili non dovute alla presenza di attraversamenti si segnala:

alcune aree con agricoltura intensiva in sponda sinistra a monte della confluenza dello Scarafone;  
l'inondazione di un edificio industriale in sponda sinistra in località Aia della Noce;  
l'allagamento di un'area industriale in espansione a monte della località Bosco del Toro;  
l'allagamento dell'area industriale in espansione in sponda destra a valle della Mass. Petucci;  
l'allagamento dell'area di espansione industriale a valle della confluenza del Succida in sponda destra e in sponda sinistra.

#### 3.3.3.2.8.8 *Torrente Fezzano*

Nel tratto studiato sono presenti 4 ponti, 3 sono verificati per tutti i tempi di ritorno mentre quello in località Madonna della Vittoria viene sormontato con tempo di ritorno di 30 anni con inondazione dei frutteti posti in sponda sinistra.  
Non si registrano altre particolari criticità fatta eccezione per l'allagamento di alcuni terreni agricoli a valle della Madonna della Vittoria.

#### 3.3.3.2.8.9 *Torrente Succida*

Il torrente Succida presenta un profilo longitudinale con una pendenza ridotta nella parte iniziale, un accentuarsi della pendenza nella parte centrale e una nuova diminuzione a monte della confluenza con il T. Tappino.

Le principali criticità relative agli attraversamenti sono le seguenti:

- ponte della sezione SU9011\_\_ sormontato dalla centennale con allagamento delle aree edificate poste a monte;
- ponte Escamare sulla strada per Riccia sormontato dalla portata Tr 200 con allagamento dell'area di espansione posta a monte;
- ponticello della sezione SU9008\_\_ sormontato dalla trentennale con allagamento delle abitazioni poste a monte;
- ponte della sezione SU9007\_\_ sormontato dalla cinquecentennale;

Il ponte a valle della sezione SU1009\_\_ non è stato verificato per l'assenza di viabilità di rilievo e elementi a rischio.

Non si segnalano altre criticità di rilievo.

#### 3.3.3.2.8.10 *Torrente Carapello*

Il torrente Carapello ha un profilo longitudinale molto simile a quello del T. Succida. Le principali criticità relative agli attraversamenti sono le seguenti:  
il ponticello della sezione CA9004\_\_ viene sormontato dalla trentennale;  
Non si segnalano altre situazioni particolari.

#### 3.3.3.2.8.11 *Torrente Fiumarello*

Non si segnalano criticità particolari.

#### 3.3.3.2.8.12 *Torrente San Nicola*

Non si segnalano criticità particolari.

Per quanto riguarda gli attraversamenti si segnala il sormonto con Tr100 anni di un ponticello in località S. Nicola.

#### 3.3.3.2.8.13 *Vallone Scarafone*

Il vallone Scarafone si presenta completamente canalizzato nella parte più a monte caratterizzata da una maggiore pendenza. In tale tratto, ma anche nel tratto più a valle presenta una notevole quantità di piccoli attraversamenti la maggior parte dei quali risultano non idonei. In particolare si elencano gli attraversamenti insufficienti:

ponticello sezione SR9031\_\_;

ponticello sezione SR9030\_\_;

ponticello sezione SR9024\_\_;

ponticello sezione SR9023\_\_;

ponticello sezione SR9021\_\_;

ponticello sezione SR9020\_\_;

ponticello sezione SR9019\_\_;

ponticello sezione SR9018\_\_;

ponticello sezione SR9017\_\_;

ponticello sezione SR9016\_\_;

ponticello sezione SR9015\_\_;

ponticello sezione SR9014\_\_;

ponticello sezione SR9013\_\_;

ponticello sezione SR9012\_\_;

ponticello sezione SR9011\_\_;

ponticello sezione SR9010\_\_;

ponticello sezione SR9007\_\_;

ponticello sezione SR9006\_\_;

ponticello sezione SR9005\_\_;

ponticello sezione SR9004\_\_;

ponticello sezione SR9003\_\_;

ponticello sezione SR9002\_\_.

Nonostante le molteplici criticità non il rischio idraulico resta limitato in quanto si tratta di aree scarsamente urbanizzate. Si segnalano solo le aree in corrispondenza degli attraversamenti SR9012\_\_ e SR9007\_\_.

#### 3.3.3.2.8.14 *Torrente La Catola*

Non si segnalano criticità di rilievo fatta eccezione per l'allagamento di alcune case sparse nella parte terminale del tratto esaminato.

Per quanto riguarda gli attraversamenti si segnala la criticità del ponte a monte della confluenza con tempo di ritorno centennale.

#### 3.3.3.2.8.15 *Torrente Teverone*

Il corso d'acqua presenta un numero notevole di opere trasversali e si presenta incanalato nella parte terminale.

Per quanto riguarda gli attraversamenti si segnalano le seguenti criticità:

- il Ponte S. Angelo (TE9002\_\_) è sormontato dalla portata centennale;
- Il ponte limitrofo alla Mass. Ferrante (TE9001\_\_) è sormontato per la portata centennale.

Non si segnalano altre criticità

#### 3.3.3.2.8.16 *Torrente Cervaro*

Il torrente Cervaro ha un profilo longitudinale simile a quello del T. Succida e del T. Carapello.

Per quanto riguarda gli attraversamenti si segnalano le seguenti criticità:

ponticello in località Piana di Lene sormontato dalla centennale;

ponticello su strada comunale (CE9003\_\_) sormontato dalla trentennale.

Non si segnalano altre criticità.

#### 3.3.3.2.8.17 *Torrente Zucariello*

Il corso d'acqua si presenta fortemente cementificato, nella parte alta sono presenti un numero notevole di opere trasversali, nella parte terminale risulta completamente incanalato.

Per quanto riguarda gli attraversamenti si segnala il ponticello a valle del paese di Foiano Valfortore sormontato dalla duecentennale.

Non si segnalano altre particolari criticità.

### **3.3.3.3 *Analisi geomorfologica e storico-inventariale***

L'analisi su base geomorfologica e storico-inventariale è stata adottata per tutti quei corsi d'acqua ove non era disponibile il rilievo delle sezioni negli studi condotti da Provveditorato alle OO.PP. di Bari ma solo la cartografia scala 1:5000, e che per la loro minore, ma non per questo trascurabile, importanza sono stati esclusi dalla modellazione idraulica.

Si tratta in sostanza delle aree attraversate dai seguenti corsi d'acqua:

- T. Celone per un lunghezza di circa 7 km dalla Masseria del Moro alla confluenza nell'invaso dell'Occhito;
- T. Ruviato per un lunghezza di circa 4 km da Case Sabelli alla confluenza con il T. Tappino;

- C. San Pietro per un lunghezza di circa 8 km da F.na di Scoppia alla confluenza nell'invaso dell'Occhito;
- T. Senape per un lunghezza di circa 4 km da F.na Nuova alla confluenza con il T. Tappino;
- T. Staina per un lunghezza di circa 22 km da Castelnuovo della Daunia alla confluenza con il F. Fortore;
- V.ne. San Pietro per un lunghezza di circa 4 km da Casamassa alla confluenza con il F. Fortore.

### 3.3.3.3.1 Analisi geomorfologica

Attraverso la *Carta Geolitologica* sopra citata e la fotointerpretazione delle ortofoto AIMA e delle ortofotocarte regionali 1:10.000 e 1:5.000, è stata definita, su base geomorfologica, la fascia dei terreni alluvionali recenti per tutti i corsi d'acqua sopra elencati, distinguendo aree inserite nella dinamica fluviale di breve, medio e lungo periodo (vedi TABELLA 57), con l'obiettivo di fornire una classificazione implicitamente correlata al tempo di ritorno delle inondazioni e quindi utilmente impiegabile nella definizione della pericolosità per la successiva analisi di rischio almeno per quelle aree per le quali non è stato applicato il modello idraulico.

I limiti delle tre aree vengono dedotti, appunto, dall'analisi delle forme del terreno, individuando ove possibile scalini morfologici e discontinuità delle pendenze, nonché da tutta una serie di fattori quali granulometrie del terreno, presenza di vegetazione ecc. che solo l'abilità e la sensibilità del geomorfologo può utilmente interpretare

Classi di inondabilità	Descrizione
1	Alveo attivo, aree golenali e alluvioni inserite nella dinamica fluviale di breve periodo
2	Alveo attivo, aree golenali e alluvioni inserite nella dinamica fluviale di medio periodo
3	Alveo attivo, aree golenali e alluvioni di fondovalle inserite nella dinamica fluviale di lungo periodo

*Tabella 57 - Classi di inondabilità su base geomorfologica*

Si tratta di una metodologia che può portare a risultati non completamente oggettivi, essendo fondata in buona parte su giudizi personali, ma che permette di avere un informazione utile in merito alla maggiore o minore vocazione all'inondazione di aree per le quali non sono disponibili altri mezzi di analisi.

Le aree così identificate sono riportate nelle Tavole **II.B.5.1-30** (assieme alle aree inondabili ricavate con lo studio idraulico).

Trattasi in prevalenza di fasce di modesta larghezza ai lati delle aste fluviali, che si presentano infatti frequentemente incassate all'interno di gole, ove non sono generalmente presenti né insediamenti né infrastrutture di rilievo.

### 3.3.3.3.2 Verifiche idrauliche speditive

Il campo di applicazione dell'analisi geomorfologica è limitato ovviamente a quei corsi d'acqua che non presentano interventi di regimazione e opere antropiche, in quanto si tratta di un tipo di analisi che ha il suo presupposto nella modellazione del territorio ad opera di fenomenologie naturali di lunga durata.

Pertanto, ove il corso d'acqua attraversa centri urbani, oppure presenta opere di contenimento artificiali, o è attraversato da ponti, gli unici mezzi di analisi sono quello idraulico e quello storico-inventariale.

Ove l'informazione storica è assente o carente e l'analisi idraulica classica non è possibile per limitatezza di tempi e mezzi, si è ricorsi ad un'analisi idraulica di tipo speditivo basata su rilievi puntuali sommari eseguiti nel corso dei sopralluoghi.

Gran parte dei rilievi eseguiti hanno riguardato opere puntuali come ponti, tombinature e attraversamenti dei corsi d'acqua.

In questo caso le verifiche sono state eseguite in *moto permanente secondo uno schema di corrente lenta* imponendo una condizione energetica critica ( $Fr=1$ ) all'uscita dell'opera: la scelta è motivata dal fatto che:

- gran parte degli attraversamenti del reticolo minore sono caratterizzati da un sensibile rapporto di restringimento, obbligando così la corrente a transitarvi in condizioni critiche
- si tratta quasi sempre di aste fluviali a carattere torrentizio e quindi l'utilizzo di uno schema di corrente lenta è da ritenersi cautelativo.

Predominando in casi del genere gli effetti dissipativi localizzati, non rileva il coefficiente di scabrezza utilizzato.

Invece, nel caso di verifiche di sezioni tipo, la verifica è stata eseguita in *moto uniforme* stimando la pendenza dell'alveo dalla cartografia disponibile e utilizzando un coefficiente di scabrezza di Gauckler-Strickler  $K_s = 24 \text{ m}^{1/3}\text{s}^{-1}$  per i canali naturali e  $K_s = 30 \text{ m}^{1/3}\text{s}^{-1}$  per quelli rivestiti (tenuto conto del carente stato di manutenzione).

Le portate di verifica sono state calcolate col modello idrologico per tempi di ritorno 30, 200, 500 anni. Si omettono i tabulati delle verifiche, riportando però i risultati, in termini di livelli idrometrici, nell'Allegato **II.B.2.3**, ove graficamente sono state sviluppate le sezioni rilevate speditivamente.

Tenendo conto dell'assimilazione delle classi di inondabilità geomorfologiche (TABELLA 57) con i tempi di ritorno di inondazione suddetti si è quindi proceduto all'integrazione dell'analisi geomorfologica con le informazioni desunte da queste verifiche.

### 3.3.3.3.3 Analisi storico-inventariale

L'analisi storico-inventariale è un ulteriore strumento per la classificazione del territorio in fasce di pericolosità, che si affianca all'analisi idraulica e a quella geomorfologica.

Base di partenza per questo tipo di analisi sono le informazioni sulle passate inondazioni, le segnalazioni di danni, le ordinanze di protezione civile, ecc. tuttavia vi è la necessità che tali informazioni consistano o possano tradursi agevolmente in carte degli areali di inondazione, in cui cioè siano ben identificate le estensioni degli allagamenti.

È inoltre necessario che queste informazioni siano raccolte su un ampio orizzonte temporale, anche di secoli, al fine di poter svolgere considerazioni in merito alla ricorrenza o eccezionalità dell'evento storicamente verificatosi.

Purtroppo, nella stragrande maggioranza dei casi, si dispone di informazioni frammentarie, estremamente vaghe e su orizzonti temporali limitati. Dai colloqui intercorsi sia con i tecnici degli Enti Locali, sia con gli stessi abitanti dei luoghi visitati, è apparso come non vi sia memoria di eventi alluvionali e soprattutto come si tenda a non rivestire di importanza eventi accaduti 40-50 anni fa. Tale atteggiamento è giustificato, in parte, dall'urbanizzazione solo recente di molte aree di fondovalle, cosicché, mancando all'epoca dell'accaduto il presupposto oggettivo del danno, non ne è rimasto il ricordo.

Le informazioni raccolte sono state tuttavia utilizzate per individuare le situazioni da analizzare per via idraulica o geomorfologica e verificare i risultati di queste ultime analisi.

Le aree storicamente inondate sono riportate anch'esse nelle Tavole **II.B.5.1-30**, in genere come informazione puntuale. Solo in alcuni casi è stata attribuita una estensione areale all'informazione.

#### 3.3.3.3.4 Principali risultati

I risultati dell'analisi su base geomorfologica sono desumibili dall'esame della carta delle Tavole **II.B.5.1-30**.

Di seguito si riporta una descrizione delle principali criticità riscontrate su ciascuno dei corsi d'acqua esaminati.

##### 3.3.3.3.4.1 *Torrente Celone*

Il torrente Celone presenta un notevole numero di opere trasversali di regimazione. Per quanto riguarda le opere di attraversamento le criticità sono le seguenti:

- ponte della sezione CL9001\_\_ (attraversamento a guado) sormontato per Tr 100;
- ponte della sezione CL9002\_\_ (attraversamento a guado) sormontato per Tr 100;
- ponte della sezione CL9003\_\_ sormontato per Tr 100;

Per il resto non si registrano particolari criticità.

##### 3.3.3.3.4.2 *Torrente Ruviano*

Il corso d'acqua non presenta particolari criticità. Sono presenti un buon numero di opere trasversali di regimazione.

Per quanto riguarda gli attraversamenti si segnalano il ponte della sezione RU9001\_\_ e il ponte della sezione RU9002\_\_ sormontati entrambi dalla piena cinquecentennale.

#### *3.3.3.3.4.3 Canale San Pietro*

Il canale S. Pietro presenta diverse opere trasversali nella parte centrale del tratto esaminato. Per quanto riguarda gli attraversamenti si segnala la criticità dei due attraversamenti presenti nei pressi della Fornace Lazzerini e dell'attraversamento a monte della confluenza. In tutti i casi gli attraversamenti sono sormontati dalla piena trentennale.

La criticità degli attraversamenti nei pressi della Fornace Lazzerini induce l'allagamento delle aree a monte.

#### *3.3.3.3.4.4 Torrente Senape*

Il torrente Senape presenta numerose opere trasversali nella sua parte centrale. Non si segnalano particolari criticità fatta eccezione per il ponte della sezione SP9002\_\_ che risulta sormontato dalla piena cinquecentennale.

#### *3.3.3.3.4.5 Torrente Staina*

Il torrente Staina si presenta completamente rettificato con estese opere longitudinali. Le opere previste, compresi gli attraversamenti, sono in grado di smaltire la portata con tempo di ritorno 500 anni.

#### *3.3.3.3.4.6 Vallone San Pietro*

Non si registrano particolari criticità. Solo il ponte della sezione SO9003\_\_ viene sormontato dalla cinquecentennale.

### **3.3.4 Definizione della pericolosità e del rischio idraulico**

La delimitazione delle aree a rischio idraulico è stata condotta secondo linee metodologiche coerenti con la normativa vigente e in particolare con l'Atto di Indirizzo e Coordinamento del DPCM 29.9.98, che individua i criteri relativi agli adempimenti.

In particolare, nei comma 1 e 2 dell'art. 1 del D.L: 180 dell'11.06.98, si sottolinea la necessità che la perimetrazione delle aree inondabili sia condotta mediante adeguati studi idraulici e idrogeologici, in corrispondenza di eventi associati a tre diversi tempi di ritorno compresi rispettivamente tra 20 e 50, 100 e 200, 300 e 500 anni. La rappresentazione delle aree perimetrate deve essere effettuata su cartografia a scala non inferiore a 1:25.000, mentre la presenza degli elementi a rischio, costituiti da insediamenti, attività produttive e patrimonio ambientale, deve essere individuata tramite cartografia scala minima 1:25.000 (carta degli elementi a rischio) .

La sovrapposizione della carta degli elementi a rischio con quella delle aree inondabili fornisce la carta del rischio classificabile nelle seguenti classi: R1-rischio moderato, R2-rischio medio, R3-rischio elevato, R4-rischio molto elevato.

Prima di illustrare la metodologia di dettaglio utilizzata per la delimitazione delle aree a rischio, si richiamano di seguito alcuni concetti preliminari sulla definizione di rischio.

### **3.3.4.1 Concetti e definizioni**

Una porzione di territorio soggetta a inondazione con conseguenti danni a persone e/o beni viene definita *area vulnerabile*.

Si definiscono *elementi a rischio (E)* le persone, i beni e le attività economiche presenti in un'area vulnerabile.

Gli elementi a rischio e possono essere caratterizzati attraverso:

- la *tipologia* (persone, beni, attività);
- *l'entità o valore* degli elementi (numero di persone, valore economico dei beni);
- la *vulnerabilità (V)* degli elementi, cioè l'attitudine a subire danni per effetto dell'evento di piena. Si esprime mediante un coefficiente compreso tra 0 (assenza di danno) e 1 (perdita totale).

Sia *E* che *V* possono variare in funzione dell'evento alluvionale (es.: estensione della zona inondata, modalità di inondazione); a parità di evento *E* e *V* possono variare in funzione di fattori casuali come per esempio il periodo in cui si verifica l'evento.

In corrispondenza di ciascun evento *i*-esimo si definisce il *danno (D)* come prodotto del valore del bene per la sua vulnerabilità:

$$(1) \quad D_i = E_i V_i$$

Per un determinato elemento a rischio e un prefissato periodo di tempo *t* è il valore atteso del danno totale  $D_t$  opportunamente attualizzato costituisce il rischio (R):

$$(2) \quad R = A(D_t)$$

per fini pratici risulta accettabile la seguente approssimazione della 2, nota come equazione del rischio o di Varnes:

$$(3) \quad R = EVH_t = DH_t$$

ove  $H_t$  è la *pericolosità*, cioè la probabilità di avere nel periodo *t* almeno un evento calamitoso, *V* e *E* rappresentano rispettivamente il valore medio della vulnerabilità e l'ammontare dell'elemento a rischio soggetto a danno.

Da notare che la definizione del rischio espressa dalla 3, peraltro adottata dalla normativa vigente, quantifica il danno sostanzialmente in funzione delle

caratteristiche degli elementi a rischio più che in funzione delle caratteristiche dell'evento.

La pericolosità è legata al tempo di ritorno dell'evento calamitoso,  $T$ , che esprime l'intervallo di tempo nel quale l'intensità dell'evento viene superata mediamente una sola volta. In particolare, nota la funzione di distribuzione della probabilità di non superamento della portata al colmo  $Q$  massima annuale,  $F(Q) = P[Q \leq q]$ , il tempo di ritorno associato ad un valore della portata  $q$  è definito come:

$$(4) \quad T = 1/[1 - F(q)]$$

Il legame tra pericolosità  $H_t$  e tempo di ritorno  $T$  è espresso dalla relazione:

$$(5) \quad H_t = 1 - \left(1 - \frac{1}{T}\right)^t$$

Le fonti del rischio esprimono le cause che lo determinano. In particolare, il rischio idraulico scaturisce dalla possibilità di danno a persone e/o beni in conseguenza di fenomeni di esondazione.

#### **3.3.4.2 Attività connesse all'analisi del rischio**

Le attività connesse all'analisi del rischio possono essere articolate nelle seguenti due fasi:

- 1) quantificazione del rischio:** comprende la fase conoscitiva-previsionale nell'analisi del rischio. In base all'equazione 3, la valutazione del rischio consiste nella stima della pericolosità dell'evento e del danno conseguente. Nei fenomeni alluvionali, la stima della *pericolosità*  $H$  dell'evento di piena si valuta mediante l'analisi idrologica. La pericolosità viene in generale espressa in termini di tempo di ritorno,  $Tr$ , individuando così eventi di piena per prefissati valori di  $Tr$ . La stima del *danno* ( $= E \cdot V$ ) associato ad un prefissato evento di piena si basa prima di tutto sulla definizione delle aree vulnerabili attraverso il tracciamento delle *mappe di esondazione*. Elementi caratterizzanti le aree sono: *l'estensione delle superfici allagate, i volumi esondati, le massime altezze di sommersione*. Sulla base delle mappe di esondazione sono individuati gli elementi a rischio mediante la sovrapposizione con la Mappa degli Elementi a Rischio.
- 2) riduzione del rischio:** tale fase comprende tutte quelle attività volte alla *riduzione del rischio* che si realizzano mediante *interventi strutturali* e *interventi non strutturali*. Gli interventi strutturali tendono a ridurre la probabilità che si verifichi un evento. Gli *interventi non strutturali* mirano invece alla riduzione del danno e comprendono misure di salvaguardia, azioni normative e vincolistiche, attività di pianificazione urbanistica, sviluppo di sistemi di allerta, messa a punto di piani di protezione civile, utilizzo di tipologie costruttive adeguate.

### 3.3.4.3 Definizione delle classi di pericolosità

La valutazione della pericolosità idraulica è stata condotta utilizzando sia i risultati dell'analisi idraulica (per le aree di fondovalle più importanti, oggetto di rilievo topografico) sia quelli dell'analisi geomorfologica storico-inventariale (per le rimanenti, meno importanti), in modo da coprire tutta l'Area di Studio.

La pericolosità idraulica è stata definita secondo tre classi P11, P12, P13.

Nel caso dei tratti fluviali studiati con il modello idraulico la pericolosità è stata associata al tempo di ritorno, nel caso di aree in cui sia disponibile la sola analisi geomorfologica e storico-inventariale si è proceduto assegnando una pericolosità secondo un criterio tecnico-qualitativo.

In TABELLA 58 si riportano le definizioni delle diverse classi di pericolosità sia per le aree studiate con il modello idraulico che per quelle oggetto della analisi geomorfologica.

<b>Classe di Pericolosità</b>	<b>Tempo di ritorno area inondabile (per le aree studiate su base idraulica)</b>	<b>Tipologia area (per le aree studiate su base geomorfologica)</b>
P3	Inferiore a 30 anni	Alveo attivo, aree golenali e alluvioni inserite nella dinamica fluviale di breve periodo.
P2	Tra 30 anni e 200 anni	Alveo attivo, aree golenali e alluvioni inserite nella dinamica fluviale di medio periodo.
P1	Tra 200 anni e 500 anni	Alveo attivo, aree golenali e alluvioni di fondovalle inserite nella dinamica fluviale di lungo periodo

*Tabella 58 – Tabella associativa tra classi di pericolosità idraulica e risultati dell'analisi idraulica e geomorfologica*

La Carta della Pericolosità Idraulica è riportata nelle Tavole **II.B.3.7.1-30** sulla base cartografica costituita dalle foto aeree AGEA alla scala 1:10.000.

### 3.3.4.4 Individuazione degli elementi a rischio

La cartografia degli elementi a rischio è analoga a quella redatta ai fini dell'analisi del Rischio da Frana., con l'eccezione delle modifiche di TABELLA 59, che scaturiscono da una diversa dinamica dei fenomeni, e pertanto vengono adottate ai fini di una più corretta valutazione del rischio idraulico:

Elemento a rischio	Macroclasse rischio da frana	Macroclasse rischio idraulico
Metanodotti	1	3
Cave	2	3
Terre arabili non irrigue	6	8
Terre arabili principalmente senza vegetazione dispersa	6	8
Terre arabili con vegetazione sparpagliata	6	8
Terre arabili principalmente senza vegetazione dispersa	6	8
Prati prevalentemente senza alberi e arbusti	6	8
Prati con alberi e arbusti	6	8
Culture annuali associate a culture permanenti	6	8
Zone agricole con porzioni significative di vegetazione naturale e con prevalenza di superfici arabili	6	8
Zone agricole con porzioni significative di vegetazione naturale e con prevalenza di prateria	6	8
Zone agricole con porzioni significative di vegetazione naturale e con prevalenza di vegetazione sparsa	6	8
Zone agricole con porzioni significative di vegetazione naturale e con prevalenza di colture permanenti	6	8
Vegetazione ripariale	8	5
Spiagge	8	5
Dune	8	5
Sponde di fiumi	8	5
Opere idrauliche	3	5

Tabella 59– Modifiche alle classi della carta degli elementi a rischio

### 3.3.4.5 Mappatura del rischio idraulico

La valutazione del rischio è condotta sulla base delle indicazioni contenute nell'“Atto di Indirizzo e coordinamento per l'individuazione dei criteri relativi agli adempimenti di cui all'art. 1 commi 1 e 2 del decreto legge 11 giugno 1998 n. 180 (DPCM 29/09/1998)”.

Il rischio idraulico viene pertanto articolato in quattro classi: RI1, RI2, RI3 e RI4. La attribuzione delle classi di rischio è condotta sulla base di una tabella a due ingressi ove da un lato vi sono le classi di *pericolosità* e dall'altro le classi di *uso del suolo* in analogia con quanto adottato in studi precedenti.

In particolare, nella TABELLA 60 sono elencate le classi di uso del suolo considerate nell'ambito del presente studio, mentre in TABELLA 61 sono riportate le classi di rischio idraulico in funzione della pericolosità idraulica e della classe di uso del suolo. La mappatura del rischio viene ottenuta mediante la “sovrapposizione” delle mappe degli Elementi a Rischio, rappresentati dalle diverse classi dell'uso del suolo, con quelle della Pericolosità Idraulica, ottenendo in tal modo un'associazione tra il singolo elemento a rischio e la pericolosità dell'area in cui si trova.

<b>Classi</b>	<b>Elementi a rischio</b>
1	Aree edificate urbane continue, Unità industriali o commerciali, Autostrade, Strade Statali, Rete ferroviaria e aree associate
2	Zone edificate discontinue con edifici di più appartamenti prevalentemente senza giardini, Zone edificate discontinue con case famigliari con giardino, Zone densamente edificate discontinue con aree verdi, Zone di espansione industriali / commerciali, Strade Provinciali, Parchi, Cimiteri, Impianti sportivi, Aree per il tempo libero
3	Metanodotti, Cave, Aree di completamento, Zone di nuova espansione, Installazioni speciali, Rete stradale e aree associate, Strade Comunali e Poderali, Rete elettrica, Acquedotti, Discariche, Siti per i nuovi cimiteri, Aree di espansione destinate ad attrezzature pubbliche e di pubblico interesse, Serre, Tratturi
4	Oliveti, vigneti, frutteti
5	Opere idrauliche, Paludi interne con acqua dolce, Torbiere, Fiumi, Canali, Corpi d'acqua naturali, Serbatoi e bacini idrici, Lagune costiere, Estuari, Sponde di fiumi, Vegetazione ripariale, Spiagge, Dune
6	Sistemi colturali complessi senza presenza di edifici, Sistemi colturali complessi con presenza di edifici
7	Aree agro forestali, Piantagione di pioppo, Altre foreste di latifoglie con copertura continua, Altre foreste con latifoglie con copertura discontinua, Foreste di conifere con copertura continua, Foreste di conifere con copertura discontinua, Boschi misti derivati dall'alternanza di alberi, Boschi misti derivati dall'alternanza di gruppi di alberi, Rimboschimenti seguenti al taglio o agli sfoltimenti, Rimboschimenti naturali
8	Terre arabili non irrigue, principalmente senza vegetazione dispersa (non irrigue), con vegetazione sparpagliata (non irrigue), principalmente senza vegetazione dispersa (irrigue), Prati prevalentemente senza alberi e arbusti, con alberi e arbusti, Colture annuali associate a colture permanenti, Zone agricole con porzioni significative di vegetazione naturale, con superfici arabili, con prateria, con vegetazione sparsa, con colture permanenti, Praterie naturali prevalentemente senza alberi e arbusti e con alberi e arbusti, Brughiera e landa, Boschi cespugliati, Vivai forestali, Rocce nude, Vegetazione sparsa su sabbia, Vegetazione sparsa su roccia Vegetazione sparsa su altri suoli

Tabella 60 – Classificazione dell'uso del suolo

<b>Codice Uso del suolo</b>	<b>P3</b>	<b>P2</b>	<b>P1</b>
1	R4	R3	R2
2	R4	R3	R2
3	R3	R2	R2
4	R3	R2	R1
6	R3	R2	R1
7	R2	R2	R1
8	R2	R1	R1
5	R1	R1	R1

Tabella 61 – Classificazione del rischio idraulico

La cartografia delle aree a rischio definita con la metodologia prima descritta è riportata nelle Tavole **II.B.3.8.1-30**

Per le aree che ricadono nelle classi a rischio molto elevato e elevato è stata svolta un'analisi di dettaglio mirata a evidenziare le condizioni specifiche di rischio in relazione alle caratteristiche dei fenomeni che lo determinano. Per ciascuna di tali aree è stata redatta una *Scheda* di approfondimento contenente in forma sintetica gli elementi informativi principali per la valutazione del rischio, come di seguito specificato.

#### 3.3.4.5.1 Analisi delle aree a rischio idraulico elevato e molto elevato

Sulla base dei risultati ottenuti dalla sovrapposizione della mappa dell'uso del suolo con quella della pericolosità idraulica e dei successivi controlli sono state individuate e analizzate le aree ricadenti nelle classi RI4 e RI3 di rischio molto elevato e elevato. Per ciascuna di tali aree è stata condotta un'analisi di dettaglio finalizzata a:

- verificare l'effettiva corrispondenza dell'uso del suolo mediante confronto con i rilievi aerofotogrammetrici: ciò consente un più corretto inquadramento degli elementi a rischio che la sola mappa dell'uso del suolo, per il livello di risoluzione di cui dispone, non è in grado di offrire;
- individuare le locali condizioni di pericolosità in relazione alle caratteristiche idrauliche dell'evento e alle caratteristiche morfologiche e topografiche del corso d'acqua e del territorio circostante;
- valutare il livello di rischio idraulico mediante analisi ragionata degli elementi conoscitivi specifici considerati e attribuire la classe di rischio corrispondente.

In totale sono state individuate 31 aree omogenee a rischio molto elevato e elevato.

Per ciascuna di tali aree è stata redatta una Scheda Informatizzata del Rischio Idraulico contenente gli elementi sintetici utilizzati per la definizione del rischio. In particolare, per quanto riguarda la metodologia generale di valutazione e classificazione del rischio nelle suddette aree, sono stati adottati criteri testati anche a valutare la vulnerabilità del bene esposto al fine di determinare il rischio effettivo. In particolare sono state identificate le aree a bassa e modesta vulnerabilità.

I criteri sono i seguenti:

- le infrastrutture di attraversamento, quali ponti e viadotti, che dalla procedura automatica di sovrapposizione della carta della pericolosità con quella dell'uso del suolo risulterebbero in classe R4, sono stati declassati nei casi in cui non risultano soggetti a sormonto;

- agli impianti tecnologici, quali metanodotti, oleodotti, acquedotti e linee elettriche, è stata attribuita la classe R2 assumendo una modesta vulnerabilità in quanto l'attraversamento avviene o in sub-alveo o in linea aerea;
- le aree oggetto di futuri interventi urbanistici sono state classificate e perimetrate in funzione delle conoscenze acquisite nell'ambito del presente studio;
- alle aree, per la maggior parte appartenenti alle classi di uso del suolo 3 e 4, spazialmente molto limitate e contenute all'interno di altre aree a rischio medio o moderato, è stata attribuita la classe di rischio delle aree circostanti considerandole aree a bassa vulnerabilità.

L'ubicazione e la mappatura delle aree a rischio idraulico sono riportate nelle Tavole **II.B.3.8.1-30**, mentre le singole schede sono inserite e consultabili all'interno del Sistema Informativo Territoriale come allegato **II.B.2.9**.

Nel Sistema Informativo sono state mantenute entrambi le classificazioni.

Classe uso suolo	Superficie per classi di pericolosità (m <sup>2</sup> )			Totale (m <sup>2</sup> )
	P1	P2	P3	
1	34884	131837	113568	280290
2	75664	154970	447828	678461
3	90008	73869	306047	469924
4	78052	196517	824960	1099529
5	303644	951953	22640035	23895632
6	90328	674815	263413	1028556
7	544528	895971	3763434	5203933
8	4273777	9511783	43416777	57202337
<b>Totale</b>	5490884	12591715	71776063	

Tabella 59 – Estensione delle aree a pericolosità idraulica per le diverse categorie di uso del suolo

Classe uso del suolo	Superficie per classi di rischio (m <sup>2</sup> )				Totale (m <sup>2</sup> )
	R1	R2	R3	R4	
1	0	34884	131837	113568	280290
2	0	75664	154970	447828	678461
3	0	163877	306047	0	469924
4	78052	196517	824960	0	1099529
5	23906757	0	0	0	23906757
6	90328	674815	263413	0	1028556
7	544528	4659405	0	0	5203933
8	13785561	43416777	0	0	57202337
<b>totale</b>	38405226	49221938	1681228	561396	

Tabella 60 – Estensione aree a rischio idraulico

Nella Tabella 59 per ciascuna classe di uso del suolo si riportano i valori delle aree comprese nelle diverse fasce di pericolosità.

Nella Tabella 60 sono riportate le superfici delle aree classificate in funzione dell'uso del suolo e ricadenti nelle classi di rischio idraulico.

## 4 DEFINIZIONE DEGLI INTERVENTI

Le attività di definizione degli interventi per la mitigazione del rischio, sia di tipo strutturale che non strutturale, è stata condotta sulla base delle conoscenze acquisite durante gli studi condotti sul bacino. Sono stati pertanto prodotti i seguenti elaborati specifici che assieme alla relazione generale costituiscono la base per la predisposizione degli Elaborati di Piano:

- Programma prioritario degli interventi strutturali (Elaborato **III.AB.2.1**)
- Normativa di attuazione del Piano Stralcio di Bacino (Elaborato **III.AB.2.2**)
- Indicazioni su eventuali sistemi di allarme e di allerta (Elaborato **III.AB.2.3**)
- Quadro del fabbisogno finanziario (Elaborato **III.AB.2.4**)

### 4.1 ATTIVITÀ COMUNI ALLE DUE TEMATICHE

Di seguito si espongono brevemente le attività svolte inerenti indistintamente sia la tematica "Assetto di versante" sia la tematica "Assetto idraulico".

#### 4.1.1 Norme di Piano

La proposta di Norme di Piano predisposte per il bacino del fiume Fortore derivano da quelle proposte per il "Progetto di Piano Stralcio del Bacino del fiume Biferno".

Tali norme sono state oggetto, rispetto alla prima stesura, di una serie di modifiche condotte dalla Segreteria Tecnica della Autorità di Bacino a seguito delle revisioni del Comitato Tecnico della Autorità di Bacino.

#### 4.1.2 Sistemi di allarme e di allerta

Sono state analizzate le problematiche relative alla predisposizione di un sistema di monitoraggio dei dissesti idrogeologici finalizzato sia alla gestione degli allarmi (monitoraggio in tempo reale) che allo studio dei processi fisici secondo i quali si evolve il bacino idrografico.

Tale sistema si avvarrà delle informazioni provenienti dalle reti di monitoraggio già presenti sul territorio eventualmente ampliate e integrate ove questo sia necessario.

Il sistema di monitoraggio sarà principalmente finalizzato all'acquisizione di dati, misure e rilievi delle principali grandezze fisiche che intervengono nei processi di versante e nella formazione e propagazione degli eventi di piena e che costituiscono la base conoscitiva di riferimento per le attività di previsione, prevenzione e riduzione del rischio.

### **4.1.3 Quadro del fabbisogno economico degli interventi**

Il quadro del fabbisogno economico degli interventi è stato redatto sulla base delle analisi condotte per la riduzione del rischio idraulico e da frana.

Il costo degli interventi è stato valutato sulla base di parametrizzazioni a scala di bacino suddividendo gli interventi per tipologie.

## **4.2 ATTIVITÀ RELATIVE ALL'ASSETTO DI VERSANTE**

### **4.2.1 Definizione e criteri degli interventi di mitigazione del rischio**

Gli studi di approfondimento per gli scenari di rischio (Elaborato **II.A.2.2.b**) contengono la sintesi degli aspetti naturali dell'evento che produce rischio, delle sue caratteristiche, degli elementi sui quali è presente o si attende un danno e consentono di predisporre un primo piano di interventi per la mitigazione del rischio.

Tali approfondimenti non possiedono carattere di esaustività in quanto le specifiche condizioni geologiche, idrogeologiche, geotecniche ed idrauliche che deriveranno da studi di dettaglio costituiranno i presupposti imprescindibili per la definizione progettuale degli interventi di sistemazione.

Gli approfondimenti proposti per i diversi scenari indicano le linee di azione da intraprendere, i criteri da adottare e suggeriscono le possibili tipologie di opere da realizzare per la mitigazione del rischio.

Nelle analisi sono state privilegiate, con priorità in termini di urgenza e di impegno economico, gli scenari di rischio che comportano problemi diretti per la pubblica incolumità (vita umana). La presenza di tale bene scaturisce dalla classificazione del territorio di studio attraverso classi con valore intrinseco decrescente.

In ordine di priorità, pertanto, sono stati ordinati gli scenari R4 e, secondariamente, alcuni degli scenari R3. Per i criteri adottati in fase di elaborazione delle priorità si rimanda allo specifico Elaborato **.III.AB.2.1**.

### **4.3 ATTIVITÀ RELATIVE ALL'ASSETTO IDRAULICO**

#### **4.3.1 Definizione degli interventi strutturali di messa in sicurezza**

La definizione degli interventi strutturali, sia sotto il profilo tipologico che economico, risulta ovviamente più approfondita per le aree oggetto di specifico studio idraulico rispetto a quella dedotta per le aree oggetto di indagine su base geomorfologica.

A partire dal quadro conoscitivo sul rischio idraulico possono essere identificate le strategie di intervento sia di tipo strutturale che non strutturale (vincoli sulla destinazione d'uso delle aree stesse e/o norme di edificabilità) in modo da conseguire un'omogenea riduzione del rischio sull'intero territorio regionale.

Nella presente analisi si farà riferimento nello specifico agli interventi di tipo strutturale finalizzati alla riduzione del tempo di ritorno delle inondazioni. Saranno presi in esame sia le possibilità di laminazione delle piene e quindi di riduzione della portata che i possibili interventi per aumentare la capacità di smaltimento del corso d'acqua.

La valutazione della tipologia degli interventi strutturali è definita in funzione di una preliminare valutazione della fattibilità tecnica svolta utilizzando i risultati delle verifiche idrauliche.

L'efficacia degli interventi nella riduzione del rischio idraulico è verificata attraverso la simulazione idraulica dei principali tratti nello scenario di progetto.

I risultati delle analisi descritte forniscono un quadro in base al quale definire gli indirizzi e le proposte operative per la programmazione degli interventi. In particolare, a ciascun intervento viene attribuito un livello di priorità facendo riferimento al tempo di ritorno dell'evento per il quale l'intervento è progettato, classificandolo in *intervento a breve termine* se il tempo di ritorno è di 30 anni, oppure *di lungo termine* se il tempo di ritorno è di 200 anni.

La valutazione dei costi e di conseguenza l'analisi economica è definita su base essenzialmente parametrica.

La finalità ultima degli interventi è comunque la messa in sicurezza per un tempo di ritorno di 200 anni.

Pertanto, gli interventi a breve termine sono quelli che dovrebbero essere realizzati in una prima fase in quanto finalizzati alla messa in sicurezza con tempo di ritorno 30 anni. In modo analogo quelli sul lungo termine sono interventi di seconda fase e sono finalizzati all'integrazione e/o completamento delle opere necessarie alla messa in sicurezza con tempo di ritorno 200 anni.

La parametrizzazione dei costi di ciascun intervento è stata condotta sulla base delle principali dimensioni dell'intervento stesso; ad esempio per le opere di laminazione di è fatto riferimento al volume invasato mentre le arginature sono state parametrizzate in funzione della loro altezza e della loro lunghezza, sulla base di criteri già adottati in un precedente studio.

#### **4.3.2 Criteri e obiettivi per la definizione degli interventi**

Gli interventi per la riduzione del rischio, come già detto nei paragrafi precedenti, possono avere il duplice obiettivo di:

- ridurre la portata al colmo e quindi le corrispondenti altezze idriche;
- incrementare la capacità di smaltimento e contenimento dell'alveo nei tratti critici.

A valle della diga dell'Occhito in considerazione della scarsa capacità di smaltimento, della sostanziale assenza di opere di contenimento e della presenza a monte dell'invaso che opera una cospicua laminazione delle portate di piena sono stati previsti in modo rilevante interventi di riprofilatura e la realizzazione di strutture arginali in modo particolare in prossimità delle vie di comunicazione a monte della foce. A seguito della realizzazione degli argini è stato necessario reperire aree di laminazione esternamente alle arginature per la laminazione delle acque degli affluenti in caso di deflusso intermittente.

A monte della diga dell'Occhito data l'entità e la tipologia delle criticità sono stati identificati solo interventi di riprofilatura e di arginatura nonché l'adeguamento delle opere di attraversamento.

Si è scelto di programmare gli interventi nel senso di ridurre progressivamente la pericolosità dei corsi d'acqua, eliminando cioè dapprima le situazioni che originano un'alta probabilità di inondazione e poi quelle che danno luogo a fenomeni inondativi di minor frequenza.

Pertanto sono state previste due fasi temporali consecutive di intervento:

- nella prima vengono realizzate le opere necessarie alla messa in sicurezza da eventi con tempo di ritorno *trentennale* (Tr30); gli interventi di questa fase sono classificati come interventi *a breve termine* o ad *alta priorità*, in quanto di maggior urgenza;
- nella seconda si eseguono le opere per la messa in sicurezza da eventi con tempo di ritorno *duecentennale* (Tr200); detti interventi sono classificati pertanto come interventi *a lungo termine* o a *bassa priorità*.

Naturalmente gli interventi a breve termine possono apportare benefici anche nei confronti delle piene duecentennali; anzi, molti di essi (ad es. gli interventi a breve termine sui ponti) sono progettati in modo da essere definitivi, cioè pienamente validi anche nei confronti delle piene duecentennali

Occorre comunque ricordare che:

- l'individuazione degli interventi si basa sull'analisi idrologico-idraulica svolta in precedenza, mediante la quale sono state definite e quantificate le condizioni di rischio;
- l'analisi risente, ovviamente, della qualità e quantità dei dati disponibili utilizzati che, per l'intero bacino, non possono che fornire indicazioni correlate alla scala spazio-temporale caratteristica dei dati stessi;
- è pertanto possibile che, ad un dettaglio maggiore, le caratteristiche degli interventi possano differire in maniera più o meno sensibile in funzione del grado di approssimazione che necessariamente si basa sul livello conoscitivo di partenza. E' altresì possibile che, sempre per gli stessi motivi, situazioni critiche non siano state evidenziate nell'indagine qui effettuata;
- l'analisi è stata svolta sulla base di livelli di indagine diversi: di tipo analitico, ove ricadono le verifiche svolte utilizzando la modellistica idrologico-idraulica, di tipo speditivo, ove le verifiche sono state condotte mediante modelli idraulici semplificati, di tipo geo-morfologico, ove le analisi sono state svolte sulla base delle sole caratteristiche morfologiche del corso d'acqua in relazione alle aree circostanti;
- le condizioni di rischio considerate, e conseguentemente gli interventi individuati, sono pertanto correlati al diverso livello di indagine utilizzato per i corsi d'acqua esaminati. Nel seguito, per ciascun corso d'acqua saranno descritti gli interventi definiti sulla base dei criteri sopra descritti, premettendo per ciascuno il livello di indagine dal quale scaturisce. In particolare, per i livelli di tipo speditivo e geomorfologico, la priorità di intervento è specificata nel caso in cui sia associabile a eventi con tempi di ritorno di 30 anni (interventi a breve termine e alta priorità). Ove non specificato, gli interventi riconducibili a queste due tipologie di indagine, sono da considerarsi associati a tempi di ritorno pari a 200 anni (interventi a lungo termine e bassa priorità).

Gli interventi sono riportati nelle Tavole **III.B.3.1.1-2** e nelle schede descrittive di cui all'allegato **III.B.2.3**.

#### **4.3.3 Verifica idraulica degli interventi strutturali di messa in sicurezza**

Gli interventi proposti sono stati verificati mediante la modellazione idrologica e idraulica utilizzata per l'analisi delle condizioni nello stato attuale.

In particolare si è proceduto alla verifica degli interventi a valle della diga dell'Occhito che risulta il tratto maggiormente significativo.

In tale tratto sono state verificati in particolare le arginature a valle del ponte di Civitate e i nuovi attraversamenti.

Nei tratti arginati l'eliminazione delle condizioni di esondazione è stata ottenuta inserendo le arginature nelle sezioni dello stato attuale o confinando il deflusso all'interno di appositi marcatori d'alveo previsti dal modello di simulazione. In questa sede, in via cautelativa, nella verifica non si è tenuto conto del beneficio indotto dalle riprofilature e dal taglio selettivo della vegetazione.

Si è inoltre proceduto a una verifica di massima delle aree di laminazione e degli impianti di sollevamento previsti per gli affluenti del fiume Fortore nel tratto arginato. La verifica è stata condotta per le tre opere principali (Canale Desiderio, Fosso Rampulla, Canale Maddalena) per eventi con tempo di ritorno 200 anni sulla base degli idrogrammi di piena calcolati con il modello idrologico stimando l'istante in cui i livelli in alveo non consentono lo scarico delle acque dell'affluente.

L'adeguamento delle strutture di attraversamento è stato simulato ipotizzando una nuova struttura del ponte. In particolare si è prevista la realizzazioni di fornici laterali nell'area golenale al fine di aumentare la luce utile al deflusso ove la quota dell'impalcato fosse sufficiente mentre negli altri casi si è previsto il rifacimento completo del ponte. E' stato adottato un franco di 1m.

Gli interventi di riprofilatura, come detto in precedenza non sono stati considerati nella verifica idraulica rimanendo così in condizioni di sicurezza. La loro funzione peraltro è stata considerata solo utile per una mitigazione del rischio senza pervenire alla messa in sicurezza con tempo di ritorno di 200 anni.

Altri interventi, di tipo puntuale quali portelle di presidio e sopraelevazioni di strade non sono state inserite in modo esplicito nella simulazione.

Nell'allegato **III.B.2.1** sono riportati i tabulati delle verifiche idrauliche di progetto e nell'allegato **III.B.2.2** sono riportate le sezioni fluviali di progetto con i livelli idrometrici.

## **5 ATTIVITÀ DI DIFFUSIONE DELL'INFORMAZIONE**

### **5.1 "SERVIZIO STAMPA E RELAZIONI ESTERNE" DEL PIANO**

La scrivente Società si è impegnata a fornire la necessaria assistenza, su richiesta della Autorità di Bacino, al "Servizio Stampa e Relazioni Esterne" per la realizzazione di materiale di informazione e divulgazione quale:

- comunicati stampa
- testi per conferenze stampa.

### **5.2 INTERLOCUZIONE CON I PORTATORI DI INTERESSE E SOGGETTI DECISORI COINVOLTI**

Gli obiettivi del Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico, e prima ancora le metodologie per arrivare alla definizione del Piano stesso, hanno formato oggetto di brevi interventi introduttivi da parte dei collaboratori della scrivente Società durante i numerosi incontri di gruppo con i tecnici degli Enti Locali per la formazione del quadro conoscitivo propedeutico alla formazione del Progetto di Piano.

Detti incontri infatti hanno costituito un'opportunità per interloquire con i portatori di interesse ed i soggetti decisori coinvolti nel Piano, nonché per sensibilizzarli sulle tematiche attinenti, anche al fine di preparare le singole Amministrazioni Locali in vista dei tavoli tecnici previsti dalla normativa lungo l'iter di approvazione del Piano stesso.

### **5.3 SEMINARI, CONVEGNI E WORKSHOP**

La scrivente Società si è impegnata a fornire la necessaria assistenza, su richiesta della Autorità di Bacino, alla organizzazione dei seminari e degli workshop che l'Autorità di Bacino vorrà organizzare fino alla adozione del Piano di Assetto Idrogeologico.

In tal senso i collaboratori della scrivente Società affidataria hanno partecipato a tre incontri tenutosi:

- il 6 luglio 2005 nei locali della Comunità Montana Monti Dauni Settentrionali in Castelnuovo Monterotaro;
- il 6 luglio 2005 nei locali della Comunità Montana del Fortore Molisano in Riccia (Cb);
- il 7 luglio 2005 nei locali della Comunità Montana del Fortore in San Bartolomeo in Galdo (Bn);

durante i quali sono state illustrate le metodologie, i contenuti e le finalità del PAI.

#### **5.4 PUBBLICAZIONI**

Si prevede che i principali risultati dello studio possano essere oggetto di pubblicazione su riviste specializzate.

#### **5.5 PAGINA WEB SUL SITO DELL'AUTORITÀ DI BACINO**

L'attività di collaborazione con la Autorità di Bacino per la predisposizione del sito WEB si è concretizzata in una serie di incontri con i tecnici di Molise Dati per la progettazione delle pagine Web relative al Piano di Assetto Idrogeologico.

La pagina prevista consente di visualizzare on-line o scaricare gli elaborati del Piano di Assetto Idrogeologico. Per ciascun elaborato cartografico è presente un quadro di unione per la selezione delle carte.

La scrivente Società si è impegnata a fornire gli elaborati del Progetto di Piano di Assetto Idrogeologico, una volta approvati, in formato PDF ritenuto idoneo all'inserimento nelle pagine del sito. Le immagini saranno prodotte a diversa risoluzione a seconda che si intenda consultarle in modalità on-line o off-line.

## **6 IL SISTEMA INFORMATIVO TERRITORIALE**

Il Piano di Bacino costituisce uno strumento in continua evoluzione e aggiornamento. Tutte le elaborazioni condotte sono state inserite in un Sistema Informativo che consente una rapida consultazione.

La descrizione dettagliata del Sistema Informativo è contenuta nello specifico Elaborato **III.AB.3**.

Il Sistema Informativo Territoriale (SIT) è stato implementato attraverso il software ESRI-Arcview ®, con lo scopo di ottenere uno strumento di conoscenza e di pianificazione del territorio interrogabile sulla base di query definite ad arbitrio dell'utente.

Nel SIT l'informazione territoriale è articolata nelle sue due componenti fondamentali, fra loro associate inscindibilmente:

- quella geografica-geometrica (entità puntuali, lineari e areali e loro inquadramento geografico)
- quella alfanumerica (informazione di vario tipo, organizzata in "campi" a formare una tabella).

Gli elaborati del Progetto di Piano stralcio adottato dall'Autorità e quelli del Piano Stralcio adottato saranno forniti in formati strutturati topologicamente in ambiente GIS tipo cover Arc/Info. In tal senso durante le operazioni di conversione sarà condotta una verifica generale di congruenza topologica e saranno assegnati gli ID per ogni elemento geometrico.

Di seguito si riporta una descrizione sintetica degli strati informativi prodotti per l'assetto idraulico e per quello di versante.

### **6.1 ASSETTO DI VERSANTE**

Di seguito si elencano i principali tematismi relativi all'Assetto di Versante presenti nel SIT:

- elementi a rischio (comune anche all'Assetto Idraulico);
- geolitologia;
- geolitologia discontinuità strutturali;
- geolitologia giaciture;
- geomorfologia elementi poligonali;
- geomorfologia elementi lineari;
- coperture sciolte;
- infrastrutture;
- classe sismica;
- SIC;
- danni segnalati;
- frane elementi poligonali;

- frane elementi lineari;
- frane elementi puntuali;
- pericolosità
- rischio.

## **6.2 ASSETTO IDRAULICO**

Di seguito si elencano i principali tematismi relativi all'Assetto Idraulico presenti nel SIT:

- limiti di bacino idrografico
- limiti amministrativi e di competenza (Comuni, Comunità Montane, Consorzi di Bonifica, Province, Regioni)
- uso del suolo
- aree storicamente inondate (sulla base delle informazioni contenute negli studi precedenti e di quelle ottenute nel corso del presente)
- opere idrauliche e marittime - infrastrutture interferenti con i corsi d'acqua
- stazioni di misura idropluviometrografiche
- reticolo idrografico estratto dagli Strati Prioritari delle Regioni Molise, Campania e Puglia
- sezioni fluviali di interesse
- sezioni fluviali rilievo topografico e speditivo
- punti di ripresa fotografici (e fotografie relative)
- punti di ripresa video (e video allegati)
- aree di potenziale esondazione utilizzate nel modello idraulico
- aree inondabili classificate su base idrologico-idraulica
- aree inondabili classificate su base geomorfologica
- aree a differente pericolosità idraulica
- aree a differente rischio idraulico
- interventi strutturali per la riduzione del rischio idraulico.



Regione  
ABRUZZO

Regione  
CAMPANIA

## *Autorità di Bacino dei Fiumi*

*Trigno, Biferno e Minori, Saccione e Tortore*



Regione  
MOLISE

Regione  
PUGLIA

### COMITATO ISTITUZIONALE

**Presidente**

*Iorio Angelo Michele*

Presidente Regione Molise

**Componenti**

*Bassolino Antonio*

Presidente Regione Campania

*Caramanico Franco*

Assessore delegato per la Regione Abruzzo

*Carideo Vincenzo*

Assessore delegato per la Provincia di Chieti

*D'Ascanio Nicolino*

Presidente Provincia di Campobasso

*De Lisio Pasquale Rocco*

Assessore delegato per la Provincia di Isernia

*Introna Onofrio*

Assessore Regione Puglia

*Nocera Luigi*

Assessore Regione Campania

*Pellegrino Pasquale*

Assessore delegato per la Provincia di Foggia

*Petriella Carlo*

Assessore delegato per la Provincia di Benevento

*Srouer Mahmoud*

Assessore Regione Abruzzo

*Terzano Luigi Pardo*

Assessore Regione Molise

*Vendola Nichi*

Presidente Regione Puglia

### COMITATO TECNICO

**Presidente**

*Moffa Raffaele*

Segretario Generale

**Componenti**

*Argenio Vincenzo*

Provincia di Benevento

*Baranello Sergio*

Regione Molise

*Barbieri Ugo*

Regione Campania

*Campobasso Giovanni*

Regione Puglia

*Carovillano Nicola*

Regione Molise

*Conti Giacinto*

Regione Molise

*Corsico Oscar*

Provincia di Foggia

*De Benedictis Pasqualino*

Provincia di Isernia

*Del Sordo Luigi*

Regione Abruzzo

*di Luzio Antonio*

Regione Puglia

*Di Maria Rodolfo*

Regione Campania

*Falasca Luigi*

Ministero delle risorse agricole, alimentari e forestali

*Giordano Nicola*

Regione Puglia

*Iocco Giuseppe*

Provincia di Chieti

*Mautone Mario*

Ministero delle Infrastrutture

*Previti Rosario*

Ministero dell'Ambiente

*Ragni Mario*

Regione Molise

*Russo Mario*

Regione Abruzzo

*Stoppiello Pasqualino*

Provincia di Campobasso

*Vitiello Marcello*

Regione Molise

### SEGRETERIA TECNICO-OPERATIVA

*Mastronardi Renato Bruno*

Servizio Segreteria Tecnica - Responsabile

*Cuculo Fedele*

Servizio Segreteria Tecnica

*di Niro Annunziata*

Servizio Segreteria Tecnica

*Izzo Maria Pina*

Servizio Segreteria Tecnica

*Mobbili Maria Eugenia*

Servizio Segreteria Tecnica

### PREDISPOSIZIONE STUDI E REDAZIONE DEL PROGETTO DI PIANO

*Physis s.r.l.*

Settesoldi David

*Geoservizi s.r.l.*

collaborazione