



## INDICE

<b>1</b>	<b>PREMESSA</b> .....	<b>5</b>
<b>2</b>	<b>PROCEDURE AMMINISTRATIVE</b> .....	<b>6</b>
	<b>2.1 OBIETTIVI E FINALITÀ</b> .....	<b>6</b>
	<b>2.2 PROCEDURE DI APPROVAZIONE DEL PAI</b> .....	<b>6</b>
	2.2.1 Procedure espletate .....	6
	2.3.2 Procedure da espletare .....	7
<b>3</b>	<b>ATTIVITA' SVOLTE PER LA REDAZIONE PROGETTO DI PAI</b> .....	<b>9</b>
	<b>3.1 ACQUISIZIONE E ARCHIVIAZIONE DEI DATI DI BASE</b> .....	<b>9</b>
	3.1.1 Materiale cartografico di base .....	9
	3.1.2 Modelli digitali del territorio .....	10
	3.1.3 Limiti amministrativi e di competenza degli Enti.....	10
	3.1.3.1 Regioni, Province e Comuni.....	10
	3.1.3.2 Altri enti operanti sul territorio .....	10
	3.1.4 Documenti di pianificazione territoriale.....	11
	3.1.4.1 Piani straordinari ex D.L. 180/98.....	11
	3.1.4.2 Carta delle aree soggette al vincolo idrogeologico.....	11
	3.1.4.3 Strumenti urbanistici generali.....	11
	3.1.4.4 Piani paesistici.....	11
	<b>3.2 STUDI ESISTENTI</b> .....	<b>11</b>
	3.2.1 Studio del Rischio Idrogeologico della Regione Molise .....	11
	3.2.2 Altri studi.....	12
	<b>3.3 PROGRAMMI DI INTERVENTO</b> .....	<b>12</b>
	<b>3.4 RILIEVI ESISTENTI DI CORSI D'ACQUA</b> .....	<b>13</b>
	3.4.1 Sezioni trasversali recenti .....	13
	3.4.2 Sezioni trasversali storiche.....	13
	3.4.3 Monografie di capisaldi.....	14
	3.4.4 Rilievi sedimentologici.....	15
	<b>3.5 DATI IDROLOGICI</b> .....	<b>15</b>
	3.5.1 Dati di portata.....	15
	3.5.2 Dati di pioggia .....	15
	<b>3.6 DATI SULLE OPERE IDRAULICHE</b> .....	<b>15</b>
	<b>3.7 DATI SULLE CONCESSIONI DEMANIALI</b> .....	<b>15</b>

---

<b>3.8</b>	<b><i>DATI SU EVENTI STORICI</i></b> .....	<b>16</b>
3.8.1	Segnalazioni dei vari enti e Comuni.....	16
3.8.2	Catalogo AVI delle inondazioni storiche e degli eventi franosi .....	16
3.8.3	Altre fonti di informazione .....	16
<b>3.9</b>	<b><i>AREA DI STUDIO DEL RISCHIO IDRAULICO</i></b> .....	<b>16</b>
3.9.1	Aree per le quali lo studio è stato effettuato su base idraulica.....	17
3.9.2	Aree per le quali lo studio è stato effettuato su base geomorfologica.....	17
<b>3.10</b>	<b><i>ELABORAZIONE DELLE CARTE TEMATICHE DI STUDIO E DI PIANIFICAZIONE COMUNI ALL'ASSETTO IDRAULICO E DI VERSANTE</i></b> .....	<b>18</b>
3.10.1	Attività di studio e pianificazione .....	18
3.10.1.1	<i>Analisi dei dati acquisiti</i> .....	18
3.10.1.2	<i>Redazione della carta degli elementi a rischio</i> .....	18
3.10.2	Attività di studio e pianificazione relative all'assetto di versante.....	21
3.10.2.1	Considerazioni sulle metodologie di analisi .....	22
3.10.2.2	Le fonti.....	23
3.10.2.3	Fase di studio.....	24
3.10.2.3.a	Carta geolitologica.....	24
3.10.2.3.b	Carta geomorfologica .....	29
3.10.2.3.c	Carta delle coperture relative ai terreni sciolti coesivi ed incoerenti.....	30
3.10.2.3.d	Carta delle infrastrutture e dei beni storico culturali.....	31
3.10.2.3.e	Carta dei danni segnalati.....	32
3.10.2.3.f	Carta inventario dei fenomeni franosi e valnglivi.....	33
3.10.2.4	<i>Fase programmatica</i> .....	37
3.10.2.5	<i>Classificazione e zonazione della pericolosità da frana</i> .....	37
3.10.2.6	<i>La carta della pericolosità da frana</i> .....	38
3.10.2.7	<i>Analisi del rischio da frana</i> .....	41
3.11.4.4	<i>La carta del rischio da frana</i> .....	42
3.10.3	Attività di studio e pianificazione relative all'assetto idraulico .....	49
3.10.3.1	Rilievi topografici e catasto delle opere idrauliche.....	49
3.10.3.2	Rilievi topografici.....	50
3.10.3.2.1	Caratteristiche del rilievo .....	50
3.10.3.2.2	Realizzazione inquadramento geografico .....	51
3.10.3.2.3	Esecuzione del rilievo delle sezioni trasversali.....	51
3.10.3.2.4	Archiviazione dei rilievi .....	52
3.10.3.2.5	Attività di rilievo speditivo .....	53
3.10.3.3	<i>Formazione del catasto delle opere idrauliche</i> .....	55
3.10.3.3.1	Acquisizione dati .....	56
3.10.3.3.2	Codifica delle opere.....	56
3.10.3.3.3	Informazioni contenute nel catasto .....	57
3.10.4	Analisi idrologica .....	57
3.10.5	Definizione del quadro conoscitivo .....	59
3.10.5.1	<i>Studi esistenti</i> .....	59
3.10.5.2	<i>Dati territoriali</i> .....	59
3.10.5.3	<i>Dati idrologici</i> .....	59
3.10.5.4	<i>Analisi dei dati pluviometrici a scala regionale</i> .....	60
3.10.5.4.1	Cenni sul modello TCEV .....	60
3.10.5.4.2	<i>L'inferenza statistica regionale</i> .....	63
3.10.5.4.3	<i>Calcolo delle curve di possibilità pluviometrica</i> .....	64
3.10.5.5	<i>Analisi dei dati idrometrici a scala regionale</i> .....	65
3.10.5.5.1	<i>L'inferenza statistica regionale</i> .....	66

---

3.10.5.6	<i>La modellistica idrologica</i> .....	66
3.10.5.6.1	Il modello idrologico distribuito .....	67
3.10.5.6.2	Le caratteristiche geografiche e idrologiche .....	67
3.10.5.6.3	Le fasi computazionali .....	71
3.10.5.6.4	Algoritmo di calcolo .....	72
3.10.5.6.5	Taratura del modello .....	76
3.10.5.7	<i>Calcolo delle portate di piena</i> .....	78
3.10.5.7.1	Definizione dell'input pluviometrico .....	78
3.10.5.7.2	Le portate di piena nelle sezioni di interesse a scala regionale.....	80
3.10.5.7.3	Curve di inviluppo .....	80
3.10.5.7.4	Le portate di piena per le verifiche idrauliche.....	82
3.10.5.7.5	Considerazioni finali circa l'affidabilità delle stime.....	82
3.10.6	<i>Analisi idraulica e geomorfologica</i> .....	82
3.10.6.1	<i>Definizione del quadro conoscitivo</i> .....	83
3.10.6.1.1	Rilievi e dati territoriali .....	83
3.10.6.2	<i>Analisi idraulica</i> .....	84
3.10.6.2.1	Il modello di moto vario .....	85
3.10.6.2.2	Il modello di inondazione .....	87
3.10.6.2.3	Input idrologico del modello idraulico .....	89
3.10.6.2.4	Applicazione del modello idraulico.....	90
3.10.6.2.5	Mappatura delle aree inondabili.....	92
3.10.6.2.6	<i>Principali risultati</i> .....	93
3.10.6.3	<i>Analisi geomorfologica e storico - inventariale</i> .....	113
3.10.6.3.1	<i>Analisi geomorfologica</i> .....	115
3.10.6.3.2	<i>Verifiche idrauliche speditive</i> .....	116
3.10.6.3.3	<i>Analisi storico-inventariale</i> .....	117
3.10.7	<i>Definizione della pericolosità e del rischio idraulico</i> .....	117
3.10.7.1	Attività connesse all'analisi del rischio.....	118
3.10.7.2	Definizione delle classi di pericolosità .....	119
3.10.7.3	Individuazione degli elementi a rischio .....	119
3.10.7.4	<i>Mappatura del rischio idraulico</i> .....	120
3.10.7.4.1	Analisi delle aree a rischio idraulico elevato e molto elevato.....	121
3.10.8	<i>Definizione degli interventi</i> .....	123
3.10.8.1	Attività comuni alle due tematiche .....	123
3.10.8.1.1	Norme di Piano.....	123
3.10.8.1.2	Sistemi di allarme e di allerta .....	123
3.10.8.1.3	Quadro del fabbisogno economico degli interventi .....	124
3.10.8.2	Attività relative all'assetto di versante.....	124
3.10.8.2.1	Definizione e criteri degli interventi di mitigazione del rischio .....	124
3.10.8.3	Attività relative all'assetto idraulico .....	125
3.10.8.3.1	Definizione degli interventi strutturali di messa in sicurezza .....	125
3.10.8.3.2	Criteri e obiettivi per la definizione degli interventi .....	126
3.10.8.3.3	Verifica idraulica degli interventi strutturali di messa in sicurezza .....	126
3.11	<i>IL SISTEMA INFORMATIVO TERRITORIALE</i> .....	127
3.11.1	Assetto di versante .....	128
3.11.2	Assetto idraulico.....	128
4	<b>REDAZIONE DEL PIANO STRALCIO DI BACINO PER L'ASSETTO IDROGEOLOGICO A CURA DELLA SEGRETERIA TECNICO – OPERATIVA.</b> .....	130
4.1	<i>ASSETTO DI VERSANTE</i> .....	131
4.2	<i>ASSETTO IDRAULICO</i> .....	133
4.3	<i>SINTESI ATTIVITÀ SVOLTE</i> .....	137

**4.4 ELABORATI DEL PAI..... 138**

## **1 PREMESSA**

La presente relazione illustra le attività condotte per la redazione del Piano Stralcio di Bacino per l'Assetto Idrogeologico dei fiumi Biferno e Minori (PAI), previsto dalle LL. 267/98 e 365/00.

Con Deliberazione n. 87 del 28 ottobre 2005 il Comitato Istituzionale ha adottato il Progetto di PAI. Il processo di consultazione e istruttoria è stato caratterizzato dal confronto tra le Amministrazioni interessate (regione, province, comuni) alla Conferenza Programmatica di cui all'art. 1 bis della L. 365/2000.

I pareri espressi dalla suddetta Conferenza sono poi confluiti nel processo di revisione normativa e cartografica svolto dalla Segreteria Tecnico-Operativa dell'AdB.

Più nel dettaglio la relazione descrive:

- A) Procedure amministrative seguite: dopo un breve descrizione degli obiettivi e delle finalità del Piano Stralcio di Bacino per l'assetto idrogeologico alla luce di quanto previsto dalle normative di settore sia nazionale che regionale, si descrive la procedura seguita nonché gli ulteriori adempimenti necessari per l'approvazione del Piano stesso.
- B) Attività svolte per la redazione del Progetto di Piano Stralcio: viene riportata l'attività condotta per la redazione del Progetto di PAI, articolata 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.
- C) Attività svolte dalla Segreteria Tecnica Operativa dell'Autorità di Bacino per la redazione del Piano Stralcio: viene riportata l'attività svolta dalla Segreteria Tecnica Operativa di aggiornamento degli elaborati del progetto di PAI sulla base delle risultanze della Conferenza Programmatica.

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

---

## 2 PROCEDURE AMMINISTRATIVE

### 2.1 OBIETTIVI E FINALITÀ

L' Autorità di Bacino opera in conformità agli obiettivi della Legge 18 maggio 1989, n. 183 ed in particolare al fine di perseguire l'unitario governo dei bacini idrografici, indirizza, coordina e controlla le attività conoscitive, di pianificazione, di programmazione e di attuazione inerenti i singoli bacini di propria competenza. Attraverso:

- l'attività di acquisizione, e gestione delle conoscenze relative ai bacini idrografici;
- lo sviluppo di studi specifici;
- la ricerca di documentazione in genere realizzata a supporto delle attività di pianificazione e di programmazione degli interventi;
- la raccolta dei dati per il monitoraggio;

ha il compito di redigere il Piano di Bacino.

Data la complessità e la mole delle problematiche da trattare risultando, oltremodo, difficile una pianificazione organica dell'intera materia il comma 6-ter della Legge n. 183 del 18 maggio 1989, come modificato dalla Legge n. 493 del 4 dicembre 1993, ha previsto che *i piani di bacino possono essere redatti ed approvati per sottobacini o per stralci relativi a settori funzionali* e che, in ogni caso, devono costituire fasi interrelate rispetto ai contenuti del piano di bacino

Quindi il Piano stralcio per l'Assetto Idrogeologico (PAI) costituisce uno stralcio del piano di bacino, ai sensi dell'articolo 12 della legge 4 dicembre 1993 n. 493, e possiede, per effetto dell'articolo 17 della legge 18 maggio 1989 n. 183, valore di piano territoriale di settore.

Finalità dei Piani Stralcio per l'assetto idrogeologico sono quelle di:

- a) localizzare e perimetrare le aree a pericolosità e rischio idrogeologico;
- b) valutare i relativi livelli di pericolosità e rischio;
- c) definire le misure di salvaguardia;
- d) individuare le priorità di intervento ed i relativi fabbisogni finanziari che, dopo l'adozione definitiva del PAI verranno attuati attraverso programmi triennali di intervento, ai sensi dell'articolo 21 della legge 18 maggio 1989, n. 183;

### 2.2 PROCEDURE DI APPROVAZIONE DEL PAI

#### 2.2.1 Procedure espletate

Il Progetto di Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico del fiume Biferno e minori è stato adottato, ai sensi dell'art. 1-bis della Legge 365/2000, con deliberazione n. 87 del 28 ottobre 2005 del Comitato istituzionale dell'Autorità di bacino dei fiumi Trigno, Biferno e minori, Saccione e Fortore.

L'avviso di adozione del "Progetto di Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico del fiume Biferno e minori" è stato pubblicato, ai sensi dell'art. 18 comma 3, della L.183/1989, sulla Gazzetta Ufficiale della Repubblica Italiana n. 44 del 22 febbraio 2006 e sul Bollettino Ufficiale della Regione Molise n. 46 del 16 febbraio 2006.

Il Progetto di Piano è rimasto a disposizione per la consultazione presso gli uffici segnalati nell'avviso per un periodo di 45 giorni a partire dalla pubblicazione dell'avviso di adozione

---

sulla Gazzetta Ufficiale della Repubblica Italiana; eventuali osservazioni potevano essere presentate entro il termine di 90 giorni dalla data di pubblicazione.

Sono stati organizzati degli incontri al fine di illustrare i contenuti e le metodologie del PAI Biferno e minori e, in particolare, in data 22 marzo 2006 presso la Sala Conferenze della Biblioteca Provinciale "Albino" di Campobasso e in data 5 aprile 2006 presso la Sala Conferenze del Consorzio di Sviluppo della Valle del Biferno di Termoli.

Il Servizio Geologico Regionale, con determinazione dirigenziale n. 34 del 3.08.2009, è stato delegato dell'organizzazione e della gestione delle Conferenze programmatiche da tenersi per l'espressione dei pareri sui progetti di piano per i bacini interessanti il territorio regionale, con particolare riferimento alla integrazione a scala provinciale e comunale dei contenuti del piano, prevedendo le necessarie prescrizioni idrogeologiche ed urbanistiche.

Il Servizio Geologico ha effettuato l'istruttoria sul progetto di Piano per la formulazione del parere regionale, tenendo conto dell'esito della consultazione dei dirigenti responsabili delle strutture le cui competenze interferiscono con i contenuti del progetto di PAI, nonché prendendo spunto dalle problematiche già emerse nell'ambito delle analoghe istruttorie condotte per i progetti di Piano relativi ai bacini dei fiumi Fortore e Saccione.

La Regione Molise ha inteso convocare la Conferenza programmatica per l'adozione del Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico del fiume Biferno e minori tenendo conto di due diversi ambiti territoriali, rispettivamente in data 30 novembre 2010 (medio - basso bacino del Biferno e minori) e in data 2 dicembre 2010 (alto - medio bacino del Biferno).

La Conferenza programmatica ha concluso i propri lavori nella riunione del 2 maggio 2011 esprimendo parere favorevole al progetto di Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico del fiume Biferno e Minori con proposte di modifica al contenuto del progetto di PAI.

Con Deliberazione di Giunta n. 602 del 4 agosto 2011 la Regione Molise ha validato le procedure di gestione della Conferenza e ha proceduto alla presa d'atto del parere finale.

### **2.3.2 Procedure da espletare**

Le procedure da seguire sono riportate nella Legge Regionale n.11 del 5 aprile 2007 dal titolo "***Procedure e modalità per l'approvazione dei piani di bacino di rilievo regionale ed interregionale per la parte di competenza territoriale***" che prevede:

#### *Art. 1 (Finalità ed ambito di applicazione)*

- 1. La presente legge è finalizzata a disciplinare le procedure e le modalità relative all'approvazione dei piani di bacino, nonché dei piani riguardanti i sottobacini o i piani stralcio relativi a settori funzionali aventi le finalità individuate dall'articolo 17, comma 3, della legge 18 maggio 1989, n. 183.*
- 2. L'ambito di applicazione della presente legge riguarda il bacino di interesse regionale ed i bacini di interesse interregionale per le parti di territorio ricadenti nella regione Molise.*
- 3. L'ambito di applicazione della presente legge esclude il territorio regionale ricadente nel bacino idrografico nazionale dei fiumi Liri, Garigliano e Volturno.*

#### *Art. 2 (Attivazione delle procedure)*

- 1. Le procedure e le modalità di approvazione dei piani di bacino, nonché dei piani riguardanti sottobacini o i piani stralcio, sono attivabili ad avvenuta adozione di tali atti da parte del Comitato Istituzionale dell'Autorità di Bacino che provvede a trasmettere gli elaborati di piano e la deliberazione di adozione alla Giunta regionale entro trenta giorni dalla data di adozione.*

#### *Art. 3 (Approvazione dei piani e delle varianti)*

- 1. Il Consiglio regionale con proprio atto deliberativo, su proposta della Giunta regionale, approva i piani di cui all'articolo 2 e le relative varianti.*
-

*Art. 4 (Pubblicazione dei piani e delle varianti)*

*1. La deliberazione consiliare di approvazione dei piani e delle varianti è pubblicata nel Bollettino Ufficiale della Regione ed acquista efficacia dal giorno successivo alla data di pubblicazione.*

*2. Copie cartacee degli elaborati allegati alle deliberazioni consiliari di cui al comma 1 sono depositate a permanente e libera visione del pubblico presso la Regione, le Province e l'Autorità di Bacino che provvede a trasmetterle, su supporto informatico, alle Comunità montane ed ai Comuni interessati.*

*Art. 5 (Entrata in vigore)*

*1. La presente legge entra in vigore il giorno successivo a quello della sua pubblicazione nel Bollettino Ufficiale della Regione.*

*La presente legge sarà pubblicata nel Bollettino Ufficiale della Regione. È fatto obbligo a chiunque spetti di osservarla e farla osservare come legge della Regione Molise.*

### 3 ATTIVITA' SVOLTE PER LA REDAZIONE PROGETTO DI PAI

#### 3.1 ACQUISIZIONE E ARCHIVIAZIONE DEI DATI DI BASE

L'acquisizione 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.

##### 3.1.1 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 Est
Carta d'Italia	IGMI	1.25.000	Digitale (raster TIFF) georeferenziata	UTM ED50 Fuso 33
Carta d'Italia	IGMI	1.100.000	Digitale (raster TIFF) georeferenziata	UTM ED50 Fuso 33
Ortofoto aeree	AIMA	1:10000	Digitale (raster TIFF) georeferenziata	Gauss Boaga Fuso Est
Foto aeree in stereoscopia	Regione Molise (1992 / 1954)	1:13000	Digitale (tif)	-
Carta geologica	SINA	1:100000	Digitale (vettoriale SHP) georeferenziata	UTM ED50 Fuso 32
Carta dei Limiti amministrativi	SINA	1:100000	Digitale (vettoriale SHP) georeferenziata	UTM ED50 Fuso 32
Carta dell' Uso del suolo	CNR - Progetto CORINE LAND COVER	1:100000	Digitale (vettoriale SHP) georeferenziata	-
Carta Geomorfologia	Regione Molise	1:25000	Digitale (vettoriale SHP)	Gauss Boaga Fuso Est

Denominazione	Produttore	Scala nominale	Formato	Coordinate
			georeferenziata	
Carta Litologica	Regione Molise (Ass. Agricoltura e foreste)	1:100000	Digitale (vettoriale SHP) georeferenziata	Gauss Boaga Fuso Est
Carta dell'Uso del Suolo	Regione Molise (Studio Rischio Idrogeologico)	1:25000	Digitale (vettoriale SHP) georeferenziata	Gauss Boaga Fuso Est

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

### 3.1.2 Modelli digitali del territorio

Sono stati acquisiti i seguenti modelli digitali del terreno (DTM):

Produttore	Passo	Formato	Coordinate
Servizio Geologico Nazionale – AGIP	250 m	Digitale georeferenziato	Geografiche
Regione Molise (Studio Rischio Idrogeologico)	40 m	Digitale georeferenziato	Gauss Boaga Fuso Est
Ministero dell'Ambiente	20 m	Digitale Georeferenziato	UTM ED50 Fuso 33

Anche i DTM sono stati omogeneizzati e archiviati con le seguenti specifiche:

- Formato ascii georeferenziato
- Coordinate UTM ED50 Fuso 33

### 3.1.3 Limiti amministrativi e di competenza degli Enti

#### 3.1.3.1 Regioni, Province e Comuni

Si è provveduto all'acquisizione dei limiti amministrativi nella Regione Molise per quanto riguarda Province e Comuni.

Sono stati comunque acquisiti anche gli strati informativi del SINA predisposti a copertura nazionale in coordinate UTM fuso 32 per Regioni, Province e Comuni.

#### 3.1.3.2 Altri enti operanti sul territorio

E' stato acquisito l'elenco dei Comuni ricadenti nelle varie Comunità Montane, sono stati inoltre acquisiti i limiti dei Consorzi di Bonifica.

### **3.1.4 Documenti di pianificazione territoriale**

#### **3.1.4.1 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 era 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 più oltre.

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

Sono state acquisite le perimetrazione delle zone vincolate ai sensi del R.D. 30/12/1923 n. 3267, presso: gli uffici della Regione Molise, gli uffici del Corpo Forestale dello Stato di Isernia e di Campobasso e presso le Comunità Montane.

#### **3.1.4.3 Strumenti urbanistici generali**

E’ stata acquisita presso la Regione Molise la mosaicatura dei Piani Regolatori Generali e dei Piani di Fabbricazione.

#### **3.1.4.4 Piani paesistici**

Sono stati acquisiti presso l’Ufficio Cartografico della Regione Molise gli otto Piani Paesistici riguardanti l’intero territorio regionale. 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.

## **3.2 STUDI ESISTENTI**

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

Questo studio, redatto dalle Società Europrogetti & Finanza S.p.A, Consorzio Suggest e Physis S.r.l. nel 2001, ha rappresentato 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 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.

Si riportano qui di seguito i principali dati territoriali contenuti nello Studio:

---

- aree interessate da eventi di inondazione (fonte Regione Molise);
- aree inondabili e situazione di rischio (Autorità di Bacino);
- aree di potenziale esondazione;
- pericolosità idraulica;
- rischio idraulico;
- carta degli interventi;
- rischio da dinamica d'alveo;
- sedimentologia;
- carta inventario dei fenomeni franosi;
- carta d'uso del suolo;
- carta della pericolosità da frana;
- carta del rischio da frana.

### **3.2.2 Altri studi**

Sono inoltre stati acquisiti altri studi disponibili presso la Regione Molise, le Comunità Montane, i Consorzi di Bonifica, le Province di Campobasso e Isernia, il Provveditorato OO.PP. Molise, la Protezione Civile e l'Azienda Molise Acque (ex ERIM).

## **3.3 PROGRAMMI DI INTERVENTO**

E' stata acquisita per la Regione Molise la documentazione riguardo a:

- 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.

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

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

#### **3.4.1 Sezioni trasversali recenti**

Per i corsi d'acqua di seguito specificati sono stati considerati i seguenti rilievi fluviali, considerati recenti all'epoca di redazione del Progetto di PAI:

- quelli eseguiti nel 2001 per il F. Biferno e i suoi affluenti Rio e Callora a monte della località Covatta per un totale di circa 42 km ai fini della redazione dello *Studio del Rischio Idrogeologico*, per un totale di 129 sezioni trasversali;
- quelli eseguiti nel 2001 per il F. Biferno a valle della diga del Liscione per un totale di circa 30 km ai fini della redazione dello *Studio del Rischio Idrogeologico*, per un totale di 82 sezioni trasversali;
- quelli eseguiti nel 2001 per il T Cigno a monte della confluenza col fiume Biferno per un totale di circa 2 km ai fini della redazione dello *Studio del Rischio Idrogeologico*, per un totale di 8 sezioni trasversali;
- quelli eseguiti nel 2001 per il F. Sinarca nel tratto terminale per un totale di circa 7.5 km ai fini della redazione dello *Studio del Rischio Idrogeologico*, per un totale di 30 sezioni trasversali;

Tali rilievi sono contenuti negli studi sopracitati, acquisiti come detto al paragrafo 3.2.

#### **3.4.2 Sezioni trasversali storiche**

La Regione Molise ha fornito vecchie cartografie e rilievi dell'asta del fiume Biferno a valle di P.te Liscione. Inoltre sono state anche acquisite alcune basi cartografiche relative al territorio del Consorzio di Bonifica del Basso Biferno – Destra Trigno.

Di seguito si riporta in dettaglio l'elenco del materiale predetto:

- n°23 lucidi in poliestere formato 100x70 cm circa intitolati "FIUME BIFERNO - GENIO CIVILE CAMPOBASSO" con il rilievo planimetrico in coordinate catastali del Fiume Biferno da Ponte Liscione alla foce, scala 1:2000, eseguito nel 1963 dalla ditta FERT. Sono riportati i capisaldi utilizzati e le tracce di n°98 sezioni trasversali con le quote dei punti battuti;
  - n°6 fogli formato 75x120 cm circa senza titolo con il rilievo planimetrico in coordinate catastali del Fiume Biferno dalla Diga di Liscione al ponte della ferrovia Campobasso - Termoli (o Altopantano) scala 1:2000, eseguito dalla ditta RTA presumibilmente attorno al 1978. Sono riportate le tracce di n°77 sezioni trasversali con le quote dei punti battuti. Trattasi di serie incompleta mancando ulteriori n°3 fogli;
  - n°1 foglio formato 60x320 cm circa intitolato "RILIEVI AEROFOTOGRAMMETRICI – REGIONE MOLISE – ASSESSORATO AI LAVORI PUBBLICI" che costituisce il quadro di unione in coordinate catastali scala 1:5000 dei fogli di cui al punto precedente;
-

- n°1 album formato 55x100 cm circa intitolato “PROFILI TRASVERSALI DEL FIUME BIFERNO DALL’INVASO DI GUARDIALFIERA AL PONTE DELLA FERROVIA CAMPOBASSO - TERMOLI” riportante lo sviluppo in scala 1:2000/200 delle n°77 sezioni trasversali del rilievo della ditta RTA di cui sopra;
- n°31 fogli formato 70x93 cm circa formanti una serie disomogenea ma facenti parte dello stesso taglio, con il rilievo del comprensorio del Consorzio di Bonifica Destra Trigno e Basso Biferno in coordinate catastali scala 1:5000. I rilievi sono stati eseguiti in parte nel 1954-55 dalla ditta IRTEF, in parte nel 1959-60 dalla ditta STR, in parte nel 1963 dalla ditta FERT e in parte nel 1978 dalla ditta RTA;
- n°1 foglio 100x170 cm circa intitolato “CONSORZIO DI BONIFICA DESTRA TRIGNO E BASSO BIFERNO” che costituisce il quadro di unione su base IGM 1.25000 dei fogli di cui al punto precedente;
- n°4 fogli 90x60 cm circa senza titolo con il rilievo 1:2000 della zona attorno a Bojano con i torrenti Callora e Rio;

Sulla base dell’analisi del suddetto materiale si è proceduto alla informatizzazione dei seguenti dati:

- scannerizzazione e georeferenziazione dei n°23 lucidi intitolati “FIUME BIFERNO - GENIO CIVILE CAMPOBASSO” con il rilievo planimetrico in coordinate catastali del Fiume Biferno da Ponte Liscione alla foce, scala 1:2000, eseguito nel 1963 dalla ditta FERT;
- n°98 sezioni trasversali sulla base delle tracce quotate sulla suddetta cartografia;
- scannerizzazione e georeferenziazione di 16 dei 31 fogli formanti una serie disomogenea a copertura del comprensorio del Consorzio di Bonifica Destra Trigno e Basso Biferno in coordinate catastali scala 1:5000. Tali fogli interessano, fra l’altro, le aste fluviali dei fiumi Biferno, Sinarca e la fascia costiera;
- scannerizzazione e georeferenziazione del foglio intitolato “RILIEVI AEROFOTOGRAFOMETRICI – REGIONE MOLISE – ASSESSORATO AI LAVORI PUBBLICI” che costituisce il quadro di unione in coordinate catastali scala 1:5000 dei fogli di cui al punto precedente;
- n°77 sezioni trasversali riportate nell’album intitolato “PROFILI TRASVERSALI DEL FIUME BIFERNO DALL’INVASO DI GUARDIALFIERA AL PONTE DELLA FERROVIA CAMPOBASSO - TERMOLI” frutto del rilievo della ditta RTA presumibilmente dell’anno 1978.

Le sezioni acquisite sono state riportate nell’allegato I.B.2.2. di studio propedeutico alla redazione del progetto di PAI del fiume Biferno. I profili longitudinali sono stati riportati nell’allegato I.B.3.3 di suddetto studio.

### **3.4.3 Monografie di capisaldi**

Le monografie dei capisaldi utilizzati per il rilievo delle sezioni fluviali di cui al paragrafo 3.4.1 sono contenute all’interno degli studi ivi menzionati.

---

#### **3.4.4 Rilievi sedimentologici**

Alcuni rilievi sedimentologici erano disponibili per la parte alta del fiume Biferno e riportati negli studi sedimentologici condotti nello *Studio del Rischio Idrogeologico nella Regione Molise*.

### **3.5 DATI IDROLOGICI**

#### **3.5.1 Dati di portata**

Questi dati erano 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*.

#### **3.5.2 Dati di pioggia**

I dati di pioggia sono stati desunti dallo *Studio del Rischio Idrogeologico*.

Le serie storiche già rilevate sono state estese e integrate per il periodo mancante, antecedente il 1960 relativamente alle piogge di massima intensità annuali per durate di 1, 3, 6, 12, 24 ore.

Le serie estese sono state riportate nell'allegato I.B.2.1 del suddetto studio.

### **3.6 DATI SULLE OPERE IDRAULICHE**

Alcuni dati sono stati reperiti dai Comuni ricadenti nel territorio oggetto di studio. Sono stati inoltre acquisiti altri dati disponibili presso le Comunità Montane, i Consorzi di Bonifica, la Regione Molise e l'azienda Molise Acque (ex ERIM).

Altri dati su opere idrauliche esistenti nei tratti di studio (es. diga del Liscone) erano già riportati all'interno degli studi condotti dalla Regione Molise nello *Studio del Rischio Idrogeologico*.

### **3.7 DATI SULLE CONCESSIONI DEMANIALI**

Dati sulle concessioni demaniali sono stati raccolti presso gli Uffici del Demanio di Isernia e Campobasso e contengono il Comune, la Ditta, il numero di foglio e di particella e gli estremi del provvedimento.

---

### **3.8 DATI SU EVENTI STORICI**

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

Sono state acquisite informazioni dai Comuni nel corso degli incontri avuti con l'Autorità di Bacino.

Le notizie sono risultate scarse e con un orizzonte temporale limitato. Inoltre, in nessun caso, è stato possibile ottenere una cartografia delle aree inondate.

Nel corso della redazione del Progetto di PAI si è avuto però, l'evento alluvionale del Gennaio 2003 che ha costituito un valido "serbatoio di dati" per la verifica e la taratura del modello idraulico utilizzato.

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

È stato acquisito il Catalogo degli Eventi, sotto forma di tabelle Access, nonché 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 indicazioni sommarie riguardo alla localizzazione ed estensione delle aree inondate e puntuali relativamente alla ubicazione dei fenomeni di dissesto per frana; in aggiunta, comunque, è stata acquisita 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.

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

#### **3.8.3 Altre fonti di informazione**

È stata acquisita, 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.

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

Parallelamente all'attività di acquisizione e informatizzazione dati, è stata anche effettuata 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 sono state divise tra:

- aree per le quali procedere alla definizione della pericolosità su base idraulica, e cioè mediante modellazione idrologico - idraulica;
- aree per le quali procedere 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.

### 3.9.1 Aree per le quali lo studio è stato effettuato su base idraulica

Sono state ricomprese in questo ambito tutte quelle aree di fondovalle attraversate dalle aste fluviali per le quali erano disponibili rilievi recenti o da effettuare a breve, alla luce dei risultati dell'indagine di cui al paragrafo 3.4; pertanto, tali aree sono state così diversificate:

- quelle per cui era già stata eseguita l'analisi idraulica all'interno dello *Studio del Rischio Idrogeologico nella Regione Molise* (fiume Biferno a monte della loc. Covatta di Ripalimosani e suoi affluenti Callora e Rio, fiume Biferno a valle della Diga del Liscione e tratto terminale dell'affluente Cigno, tratto terminale del fiume Sinarca);
- quelle per cui dovevasi effettuare una campagna di rilievi integrativa nell'ambito della redazione del progetto di PAI.

I tratti oggetto dei rilievi integrativi per il bacino del F. Biferno e Minori (cfr. TAVOLA I.B.3.1 degli elaborati di studio propedeutico alla redazione del Progetto di PAI) sono stati i seguenti:

- Torrente Quirino dalla Cementeria nei pressi della Stazione FS di Guardiaregia alla confluenza col fiume Biferno per una lunghezza di 6 km e n° 11 sezioni
- Fiume Biferno dalla frana in loc. Covatta all'invaso del Liscione per una lunghezza di circa 28 km e n°26 sezioni
- Fiume Biferno in corrispondenza dello stabilimento O.S.I. Chimica (zona industriale di Termoli) per una lunghezza di circa 0.8 km e n°3 sezioni

### 3.9.2 Aree per le quali lo studio è stato effettuato su base geomorfologica

Sono state studiate, su semplice base geomorfologico – storico – inventariale, quelle aree di fondovalle, non già oggetto di studio idraulico (vedi paragrafo 3.11.4), identificate dal punto di vista litologico come:

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

Nel dettaglio, per il bacino del F. Biferno e Minori (cfr. TAVOLA I.B.3.1 dello studio propedeutico), si è trattato delle aree attraversate dai seguenti corsi d'acqua:

- Torrente Cigno (a parte il tratto terminale già studiato idraulicamente);
  - Vallone Rio Vivo;
  - Vallone Olivoli;
-

- Torrente del Cervaro;
- Vallone Grande;
- Torrente il Rio;
- Torrente Riomaio;
- Vallone delle Cese;
- Rio di Casalcipriano;
- Torrente il Rio;
- Torrente Quirino (per il tratto non studiato idraulicamente);
- Rio Cupo;
- Vallone Due Miglia;
- Torrente Sinarca;
- Torrente Tecchio.

### ***3.10 ELABORAZIONE DELLE CARTE TEMATICHE DI STUDIO E DI PIANIFICAZIONE COMUNI ALL'ASSETTO IDRAULICO E DI VERSANTE***

#### **3.10.1 Attività di studio e pianificazione**

##### ***3.10.1.1 Analisi dei dati acquisiti***

In questa fase sono stati in primo luogo analizzati i dati reperiti presso i vari Enti. Sono stati analizzati i numerosi dati pervenuti all'Autorità di Bacino a seguito delle richieste formali inoltrate ai vari Enti Locali anche attraverso schede di censimento appositamente preparate (in particolare quelle relative ai dissesti idrogeologici subiti nel passato e alle opere idrauliche presenti sul territorio), sia delle informazioni e del materiale (cartografie, elaborati progettuali, ecc.) che i rappresentanti degli stessi Enti hanno fornito personalmente nell'occasione di incontri di gruppo organizzati presso la sede della Autorità di Bacino.

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

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 sono scaturite da una diversa dinamica dei fenomeni, per i quali è stata necessaria 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 stata la carta d'uso del suolo realizzata da interpretazione di immagini satellitari, fornita dal Centro Cartografico della Regione Molise. Al fine di rendere la base dati acquisita rispondente alle finalità dello studio è stata integrata con informazioni estratte da: Piani Territoriali Paesistici Ambientali di Area Vasta della Regione Molise, Carta Tecnica Regionale della Regione Molise, Strumenti Urbanistici forniti dall'Assessorato all'Urbanistica della Regione Molise, studi indiretti condotti sulle ortofoto AGEA del 1998 e rilievi diretti sul terreno. 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.

Alcune difficoltà sono state riscontrate nella esatta definizione territoriale delle aree di espansione urbanistica, che in alcuni casi è stato possibile individuare solo in via approssimata. Tali approssimazioni hanno dato origine, nella fase di redazione della cartografia del rischio, a errori di valutazione che, poi, sono stati opportunamente considerati nella fase di definizione degli scenari.

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 secondo i criteri espressi nelle pagine seguenti.

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.

Tutti gli elementi sono stati così ricondotti ad 8 macroclassi di elementi, così schematizzate:

---

Classe	Elementi a rischio
1	Infrastrutture primarie con presenza continua di vite umane (ospedali, carceri, caserme, stazioni ferroviarie); centri abitati (tessuto urbano continuo); insediamenti industriali, tecnologici e commerciali; aree portuali; vie di comunicazione di rilevanza strategica (ferrovie, autostrade e statali)
2	Case sparse (tessuto urbano discontinuo); aree sportive e ricreative; aree estrattive; edifici industriali e commerciali sparsi; cimiteri; strade provinciali
3	Zone di espansione urbanistica, dighe, depuratori, serbatoi di acquedotto, centrali; beni architettonici o storici di importanza rilevante; strade di secondaria importanza (comunali, interpoderali, etc.); aziende zootecniche e life lines
4	Oliveti, vigneti e frutteti
5	Corpi idrici
6	Seminativi, orti, arboricoltura da legno, prati stabili, aree a colture perenni e/o annuali
7	Boschi di latifoglie, boschi di conifere e boschi misti
8	Aree incolte (pascoli, brugherie, etc.), spiagge e dune

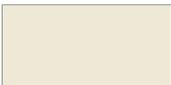
Classi della carta degli elementi a rischio

L'elaborazione successiva ha posto in relazione gli elementi vulnerabili con la probabilità di accadimento di un dato evento con caratteristiche note; 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-architettonici;
- 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.

Tale schematizzazione è scaturita sulla base delle indicazioni all'epoca formulate dalla comunità scientifica, considerando, prioritariamente, la presenza continua o meno delle vite umane (valore massimo) e, solo successivamente, le attività e/o i beni esposti all'evento naturale secondo una classifica effettuata in termini esclusivamente economici.

Gli elaborati cartografici sono stati realizzati su base topografica (Carta Tecnica Regionale) e caratterizzati da 8 macroclassi al fine di rendere leggibile e sintetica la rappresentazione è stata elaborata la specifica legenda che viene di seguito riproposta.

	<b>Infrastrutture primarie con presenza continua di vite umane: centri abitati; insediamenti industriali, tecnologici e commerciali; aree portuali; vie di comunicazione di rilevanza strategica</b>
	<b>Zone di espansione urbanistica e case sparse; aree sportive e ricreative; aree estrattive; edifici industriali e commerciali sparsi; cimiteri; strade provinciali</b>
	<b>Dighe, depuratori, serbatoi di acquedotto, centrali; beni architettonici o storici di importanza rilevante; strade di secondaria importanza</b>
	<b>Oliveti, vigneti e frutteti</b>
	<b>Corpi idrici</b>
	<b>Seminativi, orti, arboricoltura da legno, prati stabili, aree e colture perenni e/o annuali</b>
	<b>Boschi di latifoglie, boschi di conifere e boschi misti</b>
	<b>Aree incolte (pascoli, brughiere, etc.)</b>

### 3.10.2 Attività di studio e pianificazione relative all'assetto di versante

Il lavoro svolto per la redazione del *Progetto di 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, ha costituito una base fondamentale per la redazione del *Progetto di*

---

*Piano Stralcio.* Particolare attenzione è stata rivolta a quelle situazioni di dissesto idrogeologico che, per stato di attività, ubicazione ed evoluzione spazio-temporale, interagivano o potevano 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 della banca dati; la seconda, condotta su basi programmatiche, ha costituito lo strumento attuativo del *Progetto di Piano Stralcio*.

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 *Progetto di 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.

### **3.10.2.1 Considerazioni sulle metodologie di analisi**

La struttura logica del lavoro svolto, 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.

Utilizzando uno standard di lavoro unico, dettato da norme e da criteri tecnico-scientifici ben definiti, ha consentito di ottenere un livello di informazioni adeguato alla scala dello studio, omogeneo per qualità e quantità di dati.

Lo studio, che - si ricorda - aveva ha per oggetto l'individuazione degli elementi di criticità idrogeologica e la classificazione del livello di rischio connesso, è stato realizzato approfondendo 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, operando la scelta sulla base delle seguenti considerazioni:

- congruenza con gli strumenti normativi nazionali e regionali;
  - valenza tecnico-scientifica della metodologia utilizzata (SGN/DSTN/GNDCl);
-

- 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 alle 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 nonché per rappresentare al meglio la variabilità e la complessa dinamica morfoevolutiva del territorio in esame; sono stati così individuati, classificati, codificati e perimetrati oltre 3000 eventi di frana s.s. e/o di erosione accelerata, in parte già individuati e rappresentati nell'ambito di studi pregressi.

### 3.10.2.2 Le fonti

Per quanto concerne l'assetto di versante, in particolare – come prima evidenziato, sono state acquisite le seguenti basi cartografiche:

- carta tecnica regionale in scala 1:10.000, in formato digitale (.tif georeferenziato Gauss-Boaga), realizzata sulla base della campagna di riprese aeree -anno 1992;
- carta d'uso del suolo in scala 1:25.000;
- carta dei Piani Paesistici digitale (.shp);
- carta dei Sic in formato cartaceo scala 1:25.000;
- ortofoto digitali AGEA scala 1:10.000 volo 1998 formato digitale (.tif georeferenziato Gauss-Boaga);
- carta geomorfologica scala 1:25.000 formato digitale (coverage arcinfo);
- carta geolitologica scala 1:25.000 della regione Molise formato digitale (.shp);
- modello digitale del terreno DTM con passo 20 m (Ministero dell'Ambiente e della difesa del territorio).

Per quanto riguarda l'acquisizione di studi e dati inerenti il bacino di studio si è fatto riferimento a molteplici fonti, compresi gli studi e lavori professionali realizzati in precedenza nell'area in esame. 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. (1998) ed il citato "*Studio del Rischio Idrogeologico nella Regione*" (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 del *Progetto 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.

---

### **3.10.2.3 Fase di studio**

Per la fase di studio sono stati eseguiti:

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

Le carte tematiche di studio, substrato conoscitivo del territorio ricadente nel bacino, hanno permesso di affrontare lo svolgimento del *Progetto di Piano Stralcio* in un'ottica di corretta analisi tecnico-scientifica. Tutte le carte tematiche hanno costituito un *layer* informativo del SIT, progettato nell'ambito del *Progetto di Piano Stralcio* e con il quale si è reso possibile interrogare ogni singolo elemento ottenendo informazioni complete, non sempre deducibili emergono integralmente nei formati cartacei rappresentativi dei singoli strati; dette carte sono:

- a) *Carta geolitologica;*
- b) *Carta geomorfologica;*
- c) *Carta delle coperture relativa ai terreni sciolti;*
- d) *Carta delle infrastrutture e dei beni storico culturali;*
- e) *Carta dei danni segnalati;*
- f) *Carta inventario dei fenomeni franosi e valanghivi.*

#### **3.10.2.3.a Carta geolitologica**

Premesso che 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.

Sulla scorta di quanto appena detto, tenuto conto della scala di lavoro (ambito di bacino), al fine di elaborare un modello coerente con gli altri elaborati proposti nell'ambito dello studio, la carta geolitologica è stata realizzata partendo dai dati disponibili in letteratura e dalla cartografia geolitologica elaborata negli anni '90 dall'Assessorato all'Agricoltura della Regione Molise (in scala 1:25.000); approfondimenti significativi e verifiche di coerenza sono state possibili grazie alla consultazione dei Fogli nn. 148, 154, 155, 161 e 162 della Carta Geologica d'Italia in scala 1:100.000 edita dal Servizio Geologico Nazionale ed allo studio di G. Lanzafame & L. Tortorici: "Osservazioni geologiche sul medio e basso bacino del F. Biferno" pubblicata su *Geologica Romana*, Vol. XV nel 1976. I dati di letteratura sono stati integrati ed aggiornati mediante controlli diretti sul terreno.

---

Nella carta sono state riportate le principali classi litologiche cui sono stati ascritti i terreni presenti in affioramento nel territorio del bacino dei Fiumi Biferno e Minori; si rileva che contiene diverse tipologie litologiche accorpate per affinità deposizionali, di ambiente paleogeografico o per età. La scelta operata è così suffragata (relazione generale del Progetto di PAI): *“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 giaciture e il rilevamento giaciture 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 2 sono stati riportati 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	$\rho_n^3$ (t/m <sup>3</sup> )	D <sub>r</sub> <sup>1</sup> (%)	c <sup>2</sup> (kg/cm <sup>2</sup> )	$\rho_v^3$ (°)
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	-	-	-

Intervalli di variazione dei parametri fisici e meccanici dei litotipi appartenenti alle diverse classi litologiche individuate (sono riportati 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 (cfr. tabella seguente).

Il dato riportato, 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 potranno realizzare nel tempo. Per gli affioramenti caratterizzati da una variabilità dei caratteri tipologici dell'ammasso, i valori di riferimento sono 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

Classificazione qualitativa degli ammassi rocciosi sulla base dell'indice volumetrico delle discontinuità stimato.

Per rendere leggibile e sintetica la rappresentazione, è stata elaborata una specifica legenda come di seguito riportata:

	CUMULI DI FRANE
	SABBIE DELLE SPIAGGE ATTUALI
	DEPOSITI FLUVIALI ATTUALI E RECENTI
	DEPOSITI SABBIOSI
	DETRITO DI FALDA SCIOLTO O POCO CEMENTATO
	DETRITO DI CONOIDE DI DEIEZIONE
	DEPOSITI FLUVIALI ANTICHI (II ordine di terrazzi)
	DEPOSITI FLUVIO-LACUSTRI ANTICHI (I ordine di terrazzi)
	DEPOSITI FLUVIO-LACUSTRI E PALUSTRI DELLE AREE INTERNE
	TRAVERTINI DA LITOIDIA TERROSI
	CONGLOMERATI
	SABBIE E ARENARIE
	COMPLESSO ARGILLOSO-SABBIOSO
	COMPLESSO GESSOSO SOLFIFERA
	ARENARIE
	COMPLESSO ARENACEO-PELITICO
	COMPLESSO PELITICO-ARENACEO
	COMPLESSO CALCAREO-MARNOSO
	COMPLESSO MARNOSO-CALCAREO
	ORIZZONTI CALCAREI DISCONTINUI
	COMPLESSO CAOTICO DELLE ARGILLE VARICOLORI
	COMPLESSO CALCAREO-DOLOMITICO

	Strati inclinati		Strati verticali		Strati rovesci
	Strati orizzontali		Strati molto inclinati		

	Faglia diretta		Faglia presunta		Asse di piega anticlinale
	Faglia inversa		Faglia a movimento incerto		Asse di piega sinclinale

### Legenda della Carta Geolitologica

Sono state, altresì, proposte delle sezioni geologiche schematiche ritenute più rappresentative, tratte dalla cartografia geologica ufficiale in scala 1:100.000.

### 3.10.2.3.b Carta geomorfologica

La carta geomorfologica realizzata, 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). Essa contiene 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.

Tale elaborato cartografico è volto alla definizione ed alla interpretazione dei principali processi evolutivi che hanno determinato il quadro morfologico dell'area, con la individuazione delle forme presenti nel territorio di studio e 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.

Al fine di rendere leggibile e sintetica la rappresentazione è stata elaborata la specifica legenda di seguito riportata.

	Area a franosità diffusa
	Soliflusso
	Frana per crollo
	Nicchia e corpo di frana
	Cumulo di frana
	Conoidi di deiezione
	Detrito di falda sciolto o poco cementato
	Forme di erosione e degradazione
	Doline, campi di doline e polje
	Corpo d'acqua artificiale

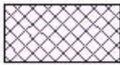
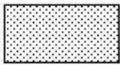
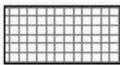


Legenda della Carta Geomorfologica

### 3.10.2.3.c 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 è risultata essere 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. 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.

Al fine di rendere leggibile e sintetica la rappresentazione in essi contenuti, anche in questo caso, è stata elaborata la specifica legenda di seguito riportata.

	CUMULI DI FRANE
	SABBIE DELLE SPIAGGE ATTUALI: sabbie e sabbie ghiaiose
	DEPOSITI FLUVIALI ATTUALI E RECENTI: ghiaie e sabbie degli alvei attuali; alluvioni limoso-argilloso-ghiaiose e dei terrazzi recenti (III e IV ordine di terrazzi)
	DEPOSITI SABBIOSI: depositi sabbiosi recenti di elaborazione litorale, con lenti di ciottoli (piane costiere)
	DETRITO DI FALDA SCIOLTO O POCO CEMENTATO
	DETRITO DI CONOIDE DI DEIEZIONE
	DEPOSITI FLUVIALI ANTICHI (II ordine di terrazzi): limi argilloso-sabbiosi con lenti di ghiaie, talvolta leggermente cementate
	DEPOSITI FLUVIO-LACUSTRI ANTICHI (I ordine di terrazzi): ghiaie sabbiose e leggermente cementate, intercalate da strati e lenti di argille sabbiose
	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

Legenda della Carta delle coperture relative ai terreni sciolti coesivi e incoerenti

### 3.10.2.3.d 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 avuto 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, ha consentito di individuare gli scenari che necessitavano di priorità d'intervento per la mitigazione del rischio.

Per la redazione della cartografia tematica di riferimento, sono state consultate anche le seguenti basi di dati (cartacee e digitali) quali i Piani Territoriali Paesistici Ambientali di Area Vasta della Regione Molise,

la Carta Tecnica Regionale in scala 1:5.000, la Carta d'uso del suolo della Regione Molise e le cartografie delle aree soggette a vincolo (S.I.C.).

Per la realizzazione dell'elaborato sono state individuate 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)
- Classificazione macrosismica dell'area

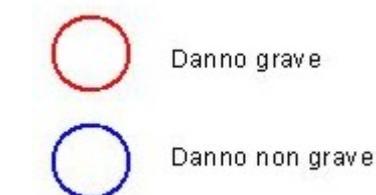
Al fine di rendere leggibile e sintetica la rappresentazione è stata elaborata la specifica legenda che segue.



Legenda della Carta delle infrastrutture e dei beni storico culturali

### 3.10.2.3.e Carta dei danni segnalati

Nell'elaborato "Carta dei danni segnalati" sono state evidenziate le situazioni di dissesto conclamate che avevano già arrecato danni alle infrastrutture e, pertanto, è risultata un'utile base di partenza per l'individuazione delle aree di maggior interesse relativamente allo stato di rischio diversificate secondo la specifica legenda:



Legenda della Carta dei danni segnalati

---

### 3.10.2.3.f Carta inventario dei fenomeni franosi e valnghivi

L'inventario dei fenomeni franosi ha rappresentato il documento di conoscenza indispensabile su cui si 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, stabilizzati o in evoluzione, distinti, sulla base di apposita simbologia descrittiva della tipologia del movimento e del suo stato di attività.

Ciascun fenomeno è stato descritto attraverso la scheda di censimento proposta dal S.G.N., secondo le indicazioni contenute nella Miscellanea VII del S.G.N. (1996).

Per gli eventi ritenuti di particolare significato ai fini del rischio (probabili R3 e R4) è stata redatta 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 poiché 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 del *Progetto di Piano Stralcio*.

Le procedure di rilievo e censimento sono state conformi a quanto indicato con la "*Guida al censimento dei fenomeni franosi ed alla loro archiviazione*" Miscellanea VII del S.G.N. La scelta di seguire linee guida attualmente accettate da gran parte della comunità scientifica ha garantito la conformità terminologica e l'adozione di standard classificativi univoci.

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 sono state riportate 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 a coloro che non siano in possesso di un *software* GIS. Va sottolineato che, come previsto dal S.G.N., a ciascun evento di frana sono state 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).

---

Per la redazione della suddetta carta si è avuto come base lo “Studio del Rischio Idrogeologico nella Regione Molise”, integrato da 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;
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-yyy-zzzz**

Codice AdB	Bacino	Sottobacino	Codice ISTAT comune	Progressivo
16	xx	Nnnnn	yyy-yy	zzzz
Identificativo dell'AdB competente	Varia tra 1 e 9 secondo quanto esposto nella tabella seguente	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 pari a 16; i bacini minori (oltre quello del Biferno, Trigno, Saccione e Fortore) sono stati individuati e così codificati:

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

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 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 seguente legenda:



Legenda della Carta inventario dei fenomeni franosi e valanghivi

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.

I campi utilizzati sono stati così diversificati:

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

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

<b>STATO</b>
Attivo
Quiescente
Stabilizzato

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

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

ELEMENTO
Orlo di scarpata in degradazione
Orlo di scarpata fluviale o di terrazzo

#### 3.10.2.4 Fase programmatica

Con il Progetto di PAI si è pervenuti alla definizione delle porzioni di territorio classificate a diverso grado di pericolosità e rischio; Conseguentemente, sempre con detto Progetto, sono state individuate le priorità d'intervento per la corretta pianificazione e difesa del territorio e per la definizione di quanto necessario alla riduzione dello stato di rischio.

Le norme e misure di salvaguardia sono state previste per le parti del territorio classificate quali areali di pericolosità ritenendo che tale indicazione fornisce uno strumento di valutazione, completamente distaccato dagli elementi a rischio presenti 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 ha costituito invece la base di valutazione per gli interventi miranti alla mitigazione del rischio e ha consentito di definire una prima griglia di priorità d'interventi da realizzare sulla base delle conoscenze acquisite.

#### 3.10.2.5 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 graduata secondo classi crescenti:

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

Il parametro di maggiore rilievo adottato per la valutazione del grado di pericolosità è stato 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 ( $2 \text{ anni} < t_r < 100 \text{ anni}$  e  $t_r > 100 \text{ anni}$ ).

Risulta importante evidenziare che nel Progetto di PAI la Carta della Pericolosità da frana costituisce l'unico documento di riferimento per un'analisi del territorio a fini pianificatori giacché 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 ad una delle classi di pericolosità è stata effettuata 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 alla zonazione spaziale della pericolosità sono state associate le informazioni desunte dalla previsione temporale; successivamente si sono differenziati gli eventi dei quali si è determinato la pericolosità sulla base della tipologia, dell'intensità e dell'evoluzione.

### ***3.10.2.6 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 adottata nel Progetto di Piano, cioè 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 ha consentito di individuare i parametri necessari alla creazione di un modello evolutivo in termini probabilistici.

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 elaborata, 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); infatti un tale tipo di analisi conduce alla definizione della suscettibilità a franare di una data porzione di territorio, e 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 è scaturita 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 sono state adottate in fase di redazione dell'elaborato cartografico, 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. Dunque, l'Inventario dei fenomeni franosi ha assunto un particolare rilievo e ha rappresentato la base di conoscenza imprescindibile per la definizione dei successivi areali di evoluzione dei dissesti presenti nel territorio di studio.

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.

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 Progetto di PAI hanno avuto 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 è scaturito 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 giacaturali, 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) 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 seguente tabella si riporta la esplicitazione della 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
			$2 < t_r < 100$ anni	$t_r > 100$ 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	-	-	-	-	-
Soliflussi - deformazioni viscosi 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

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 contraddistinti dalla specifica legenda che segue.

	Pericolosità moderata
	Pericolosità elevata
	Pericolosità estremamente elevata

### 3.10.2.7 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 perimetrate 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.

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.

#### 3.11.4.4 La carta del rischio dal frana

La Carta del rischio da frana ha rappresentato l'elaborato di sintesi dello studio che ha consentito 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 “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”:

:

<b>R1</b>	<b>Rischio moderato:</b> per il quale i danni sociali, economici e al patrimonio ambientale sono marginali;
<b>R2</b>	<b>Rischio medio:</b> 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>	<b>Rischio elevato:</b> 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>	<b>Rischio molto elevato:</b> 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.

Definizione delle classi di rischio

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 è risultata indeterminata il livello di rischio connesso è stato assunto nullo oppure indefinibile.

Nelle seguenti tabelle vengono riportate le matrici di rischio adottate, suddivise per classe di elemento a rischio:

### 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	-	-	-	-	-

### 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	-	-	-	-	-

**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	-	-	-	-	-

**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	-	-	-	-	-

**CLASSE ELEMENTI A RISCHIO 5**

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	-	-	-
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	-	-	-	-	-

**CLASSE ELEMENTI A RISCHIO 6**

Stato di attività	Attivo	Quiescente		Stabilizzato	
		$2 < t_r < 100$ anni	$t_r > 100$ 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	-	-	-	-	-

**CLASSE ELEMENTI A RISCHIO 7**

Stato di attività	Attivo	Quiescente		Stabilizzato	
		$2 < t_r < 100$ anni	$t_r > 100$ 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	-	-	-	-	-

**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	-	-	-	-	-

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

Tali presupposti hanno condotto alla perimetrazione degli scenari di rischio ed in particolare hanno consentito l'individuazione degli scenari classificati come Rischio molto elevato o elevato.

Gli elaborati cartografici 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 che segue.



*Legenda della Carta del rischio da frana*

---

### **3.10.3 Attività di studio e pianificazione relative all'assetto idraulico**

Le attività relative a questa sezione sono state volte alla definizione della pericolosità e del rischio da inondazione fluviale per quelle zone ricadenti nei Bacini idrografici dei fiumi Biferno e Minori.

La fase conoscitiva ha compreso:

- rilievi topografici e catasto delle opere idrauliche;
- analisi idrologica;
- analisi idraulica e geomorfologico – storico - inventariale.

La fase della pianificazione ha riguardato invece:

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

#### **3.10.3.1 Rilievi topografici e catasto delle opere idrauliche**

La conoscenza della geometria del corso d'acqua è necessaria per quelle aste fluviali sulle quali la definizione della pericolosità da inondazione si basa su risultati di modellazione idrologico – idraulica; le aree del bacino del fiume Biferno per le quali è stato effettuato lo studio su base idrologico - idraulica:

◆ le aree di fondovalle attraversate dalle aste fluviali per le quali erano disponibili rilievi svolti in studi precedenti, in particolare:

- *Studio del Rischio Idrogeologico nella Regione Molise* (fiume Biferno a monte della località Covatta di Ripalimosani e suoi affluenti Callora e Rio, fiume Biferno a valle della Diga del Liscione e tratto terminale dell'affluente Cigno, tratto terminale del fiume Sinarca);

◆ i nuovi tratti fluviali, oggetto di rilievi integrativi svolti nell'ambito dello studio propedeutico alla redazione del Progetto di PAI.

E' stata condotta una campagna topografica di rilievo delle sezioni trasversali per essere studiate nel dettaglio con la modellistica idraulica.

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, sono stati 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 e per questo definita "speditiva".

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. Anche le sezioni rilevate "speditivamente" sono state elaborate e codificate.

---

Nel corso delle rilevazioni sono state scattate numerose fotografie, poi digitalizzate ed inserite nel Sistema Informativo Territoriale su uno specifico strato informativo.

Per quanto riguarda la predisposizione del Catasto delle Opere Idrauliche si è proceduto in primo luogo a reperire dati presso gli Enti competenti e laddove vi è stata carenza di informazioni, si è fatto ricorso alla fotointerpretazione, completata almeno per le opere più significative con sopralluoghi per accertarne lo stato di manutenzione, eseguire rilievi "speditivi" atti a quantificare le principali caratteristiche dimensionali, eseguire una documentazione fotografica.

### **3.10.3.2 Rilievi topografici**

I corsi d'acqua del bacino del fiume Biferno per i quali si è ritenuto opportuno focalizzare l'attenzione con un'analisi idrologico - idraulica e quindi oggetto di rilievi topografici integrativi rispetto a quelli già disponibili, sono i seguenti:

Torrente Quirino dalla Cementeria nei pressi della Stazione FS di Guardiaregia alla confluenza col fiume Biferno per una lunghezza di 6 km ;

Fiume Biferno dalla frana in loc. Covatta all'invaso del Liscione per una lunghezza di circa 28 km;

Fiume Biferno in corrispondenza dello stabilimento O.S.I. Chimica (zona industriale di Termoli) per una lunghezza di circa 0.8 km e n°3 sezioni.

Tali rilievi sono stati utilizzati in aggiunta a quelli già svolti nell'ambito dello *Studio del Rischio Idrogeologico nella Regione Molise*, nel quale, oltre alla caratterizzazione topografica di alcuni tratti dell'asta principale (fiume Biferno a monte della località Covatta di Ripalimosani, fiume Biferno a valle della Diga del Liscione ) e di alcuni suoi principali affluenti (T. Callora, T. Rio e T. Cigno), risultava disponibile anche il rilievo del tratto terminale del fiume Sinarca che, in quanto fiume regionale minore, è incluso nel Progetto di Piano.

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.

Nel caso di ponti e traverse sono stati battuti tutti i punti necessari per definire la geometria dell'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.

#### **3.10.3.2.1 Caratteristiche del rilievo**

I rilievi plano-altimetrici sono stati eseguiti nei mesi di aprile e maggio dell'anno 2002. Il rilievo è stato condotto con l'uso di strumentazione GPS (LEICA mod. GPS System 530) con

---

n. 2 antenne e di distanziometro elettronico (stazione totale) Nikon (mod. DTM520). Il rilievo si è svolto materializzando per primi i capisaldi e successivamente realizzando le sezioni trasversali delle aste fluviali.

Le sezioni rilevate sull'asta principale del Biferno sono le seguenti:

- tratto compreso tra la località Covatta e l'invaso del Liscione, in numero di 27 sezioni, sono state rilevate nel periodo aprile-maggio 2002 ad una distanza relativa media di circa 1000 m, ritenuta sufficiente ai fini della successiva modellazione idraulica;
- tratto compreso in corrispondenza dello stabilimento O.S.I. Chimica (zona industriale di Termoli) per una lunghezza di circa 0.8 km, e un numero di sezioni pari a 3, con una densità spaziale di circa 300 metri.

Tra i principali affluenti, è stato considerato il torrente Quirino per il quale sono state rilevate 11 sezioni topografiche nel tratto compreso tra la Cementeria nei pressi della Stazione FS di Guardiaregia e la confluenza col fiume Biferno, per una lunghezza di circa 6 km, e una densità spaziale di circa 500 metri.

#### **3.10.3.2.2 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 dei 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 (con chiodo topografico miniato).

In parte sono stati utilizzati i capisaldi già materializzati nell'ambito dei precedenti rilievi topografici condotti per lo *Studio del Rischio Idrogeologico nella Regione* e per il *Progetto di Piano Stralcio per l'assetto idrogeologico del bacino del fiume Trigno – parte abruzzese*; in parte sono stati invece creati nuovi capisaldi, dei quali sono state realizzate le monografie contenute nell'ALLEGATO II.B.2.2.dello Studio propedeutico alla redazione del Progetto di PAI.

#### **3.10.3.2.3 Esecuzione del rilievo delle sezioni trasversali**

I punti rilevati per la realizzazione delle sezioni sono stati battuti con strumentazione GPS e con Stazione Totale.

Le coordinate calcolate, combinate con le quote dei capisaldi esistenti determinate con il programma della Soc. LEICA den. Ski-Pro, hanno permesso di eseguire il rilievo GPS in "Real-Time" ovvero conoscendo all'istante la posizione del punto mentre gli altri punti battuti con la stazione totale sono stati calcolati con il Programma GEOS della ditta Geostudio di Milano.

---

Il rilievo dei vertici della poligonale è stato eseguito con la stessa metodologia GPS descritta. Per il tempo di stazionamento, lo strumento è stato settato a 5".

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.

Nel caso di ponti e traverse sono stati battuti tutti i punti necessari per disegnare l'opera.

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.

L'ubicazione delle sezioni fluviali rilevate è riportata nelle TAVOLE II.B.3.4 dello studio propedeutico alla redazione del Progetto di PAI 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. del suddetto studio.

#### **3.10.3.2.4 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:
    - BI per il F. Biferno;
    - QU per il T. Quirino;
    - CI per il T. Cigno;
    - SI per il T. Sinarca;
    - RI per il T. Rio;
    - CA per il T. Callora;
  - 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 F. Biferno eseguita appositamente per lo studio propedeutico alla redazione del Progetto di PAI e con 0 quella sul T. Quirino);
  - i successivi tre sono numerici e contraddistinguono la sezione, normalmente con 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 \_), ed 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 *BI7010\_B* individua la sezione filo impalcato monte del ponte rilevato come sezione 010 sul fiume Biferno nell'ambito della campagna di rilievo dell'aprile-maggio 2002 eseguita per lo studio propedeutico alla redazione del Progetto di PAI.

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  $30 \text{ m}^{1/3}\text{s}^{-1}$ ).

### 3.10.3.2.5 Attività di rilievo speditivo

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, hanno consentito tuttavia di dedurre,

---

tramite una locale verifica idraulica in ipotesi semplificate, informazioni utili sul livello di officiosità nei riguardi delle portate di piena.

Le attività di rilievo speditivo hanno riguardato le aree oggetto di valutazione del rischio su base geomorfologica e storico - inventariale. Tali aree, identificate dal punto di vista litologico come “alluvioni recenti”; “depositi alluvionali dei terrazzi fluviali di 3° e 4°ordine”; “depositi lacustri”, risultano interessate dai seguenti corsi d’acqua, appartenenti al bacino del fiume Biferno (cfr. TAVOLA I.B.3.1 dello studio propedeutico alla redazione del Progetto di PAI):

- T. Rio per una lunghezza di circa 12 km dalla loc. Stazione FS di S. Angelo in Grotte alla confluenza col T. Callora;
- T. Quirino per una lunghezza di circa 1 km dalla confluenza col T. Valle alla Stazione FS di Guardiaregia;
- T. Valle per una lunghezza di circa 6 km dalla cava di Colle Rapina di Campochiaro fino alla confluenza nel T. Quirino;
- Rio Cupo presso Guardiaregia per una lunghezza di circa 3 km a monte della confluenza col T. Quirino;
- Rio di Casalciprano per una lunghezza di circa 4 km a monte della confluenza col F. Biferno;
- V.ne delle Cese per una lunghezza di circa 3 km a monte della confluenza col F. Biferno;
- T. Riomaio per una lunghezza di circa 8 km a monte della confluenza col F. Biferno;
- F.so Agnuni per una lunghezza di circa 2 km a monte della confluenza col T. Riomaio;
- F.so Casale per una lunghezza di circa 1 km a monte della confluenza col T. Riomaio;
- V.ne Grande per una lunghezza di circa 7 km a monte della confluenza col F. Biferno;
- T. il Rio per una lunghezza di circa 2 km a monte della confluenza col F. Biferno;
- V.ne del Cervaro per una lunghezza di circa 11 km a monte della confluenza col F. Biferno;
- F.so del Porcaro per una lunghezza di circa 3 km a monte della confluenza col V.ne del Cervaro;
- V.ne Olivoli per una lunghezza di circa 3 km a monte della confluenza col F. Biferno;
- Rio Vivo per una lunghezza di circa 7 km a monte della confluenza col F. Biferno;
- T. Cigno per una lunghezza di circa 27 km a monte della confluenza col F. Biferno;
- V.ne Due Miglia per una lunghezza di circa 6 km a monte della foce a mare;
- T. Sinarca per una lunghezza di circa 13 km a monte di Mass. Saberta;
- V.ne delle Coste per una lunghezza di circa 4 km a monte della confluenza col T. Sinarca;
- V.ne Cupo per una lunghezza di circa 2 km a monte della confluenza col T. Sinarca;
- V.ne Solagne Grandi per una lunghezza di circa 1 km a monte della confluenza col T. Sinarca;
- F.so Ionata per una lunghezza di circa 2 km a monte della confluenza col T. Sinarca.

Per tali corsi d’acqua si è proceduto alla rilevazione delle principali opere e delle sezioni significative ai fini del deflusso.

In totale sono state rilevate 48 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:

CE Vallone delle Cese;  
CN Vallone delle Canne;  
CO Vallone delle Coste;  
CP Vallone Canapale;  
CU Vallone Cupo;  
DM Vallone Due Miglia;  
GR Vallone Grande;  
LA Vallone della Lavandaia;  
CI Torrente Cigno;  
RI Torrente Rio;  
SI Torrente Sinarca;  
SO Vallone Solegne Grandi;  
SR Fosso del Saraceno;  
TE Torrente Tecchio;  
VC Torrente La Valle di Campochiaro;  
VI Vallone Rio Vivo.

Inoltre sono state scattate numerose fotografie, poi digitalizzate ed inserite nel Sistema Informativo Territoriale su uno specifico strato informativo insieme alle fotografie provenienti da studi precedenti (*“Studio del Rischio Idrogeologico nella Regione Molise”*).

### ***3.10.3.3 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, per la conoscenza ed il controllo sia delle opere esistenti sul territorio finalizzate alla riduzione del rischio (es. difese di sponda, argini, pennelli) e sia direttamente coinvolgibili in caso di piena per il loro stretto rapporto col fiume (es. traverse, ponti, opere di presa).

Il lavoro di censimento è stato condotto per l'Area di Studio del Rischio Idraulico che è stata preventivamente identificata con le aree alluvionali di fondovalle della carta geolitologica elaborata per la valutazione del rischio da frana.

Nel catasto sono state inserite, qualora ricadente nell'Area di Studio, tutte quelle opere censite dai Comuni e da altri Enti Locali attraverso apposita scheda-tipo.

Informazioni sono state estratte anche dagli studi precedenti (in particolare dallo *Studio del Rischio Idrogeologico nella Regione*) e dagli elenchi degli interventi finanziati dalla Regione Molise.

L'attività svolta ha riguardato anche l'inserimento dei dati concernenti le opere marittime di difesa costiera, riportati nello *Studio del Rischio Idrogeologico nella Regione*.

---

### 3.10.3.3.1 Acquisizione dati

È stata condotta una campagna per l'acquisizione dei dati relativi alle opere idrauliche facendone richiesta a diversi Enti preposti alla gestione del territorio (Comuni, Comunità Montane, ecc.), cui è stata fornita una scheda tipo per il censimento.

A causa 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, 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.

### 3.10.3.3.2 Codifica delle opere

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

- i primi due caratteri sono alfabetici e individuano la classe:
    - 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:
    - BI* = fiume Biferno;
    - CI* = torrente Cigno;
    - CP* = vallone Canapale;
    - VI* = vallone Rio Vivo;
    - OL* = vallone Olivoli;
    - CR* = torrente Cervaro;
    - VN* = fosso Vicenne;
    - RO* = torrente Rio;
    - GR* = vallone Grande;
    - MA* = torrente Rio Maio;
    - AG* = fosso Agnuni;
    - CE* = vallone delle Cese;
    - CO* = vallone Colle;
    - CL* = rio di Casalciprano;
    - RI* = torrente Il Rio;
    - CA* = torrente Callora;
    - QU* = torrente Quirino;
    - RC* = rio Cupo;
-

*VC* = torrente La Valle di Campochiaro;  
*SL* = fosso di Confine di Serralonga;  
*CT* = vallone del Cerritello;  
*TE* = torrente Tecchio;  
*SI* = torrente Sinarca;  
*SR* = fosso Saraceno;  
*CU* = vallone Cupo;  
*SO* = vallone Solagne Grandi;  
*GT* = vallone delle Grotte;  
*CS* = vallone delle Coste;  
*GI* = fosso Giardino;  
*DM* = vallone delle Due Miglia;  
*CN* = vallone delle Canne;  
*LO* = fosso Lonata.

- 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 è relativo all'ordine con cui l'opera è stata inserita nel catasto.

#### 3.10.3.3 Informazioni contenute nel catasto

Le opere complessivamente censite sono state più di 700 e le relative informazioni introdotte nel database sono le seguenti:

- *codice dell'opera*: secondo il metodo di codifica prima illustrato;
- *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 se censito;
- *epoca*: anno o periodo di realizzazione dell'opera se censito;
- *funzionalità*: giudizio sull'efficienza dell'opera a svolgere la funzione per la quale è stata realizzata elaborato sostanzialmente grazie alle verifiche idrauliche eseguite;
- *stabilità*: giudizio sullo stato dell'opera;
- *note*: commenti per eventuali descrizioni non inquadrabili negli altri campi;
- *sponda*: se destra o sinistra (tranne che per le opere trasversali e di attraversamento);
- *Provincia*:
- *Comune*:
- *località*: desunta dalla cartografia IGM 1:25.000;
- *bacino*: Biferno;
- *asta*: nome dell'asta fluviale cui attiene l'opera;
- *data di acquisizione*: data dell'ultimo aggiornamento del record.

#### 3.10.4 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, per tale analisi, è stato lo “*Studio del rischio idrogeologico nella Regione*” (Regione Molise, 2001) e il successivo approfondimento condotto nel “*Progetto di Piano stralcio per l'assetto idrogeologico del bacino del fiume Trigno – parte abruzzese*” elaborato dall’Autorità di Bacino Trigno, Biferno e Minori, Saccione, Fortore, nel 2001.

Sulla base di tali studi è stato condotto un ulteriore approfondimento utilizzando sempre il modello probabilistico TCEV (modello di valore estremo a doppia componente) al fine di ottenere, su scala di bacino, una funzione di distribuzione valida per una certa area.

La metodologia di determinazione dei parametri è stata articolata in modo gerarchico al fine di definire 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.

Le portate fluviali di piena sono state calcolate utilizzando i dati di pioggia in relazione alla 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) del tipo distribuito, messo a punto nei due studi condotti dalla Regione Molise prima citati. Tale modello, una volta tarato su eventi reali, ha permesso la ricostruzione degli idrogrammi di piena, per assegnati tempi di ritorno, di una qualsivoglia sezione fluviale a partire dalle CPP (curve di possibilità pluviometrica).

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, si rileva che sono state elaborate anche formule speditive (curve inviluppo) per la stima delle portate al colmo.

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

---

### **3.10.5 Definizione del quadro conoscitivo**

#### **3.10.5.1 Studi esistenti**

Come già accennato lo studio del Progetto di Piano ha considerato due lavori fondamentali:

- 1) *“Studio del rischio idrogeologico nella Regione”* (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).

Oltre ai dati territoriali e idrologici di cui ai paragrafi successivi, dai due 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.

#### **3.10.5.2 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 degli elaborati di studio.

#### **3.10.5.3 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. I dati relativi sono stati riportati nell'allegato I.B.2.1 e sostanzialmente, sono stati estratti dai due studi citati, integrati con quelli di alcune stazioni pluviometriche precedentemente non prese in considerazione e completati estendendo le serie storiche al periodo antecedente al 1960.

---

#### **3.10.5.4 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 due Studi precedentemente citati.

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.

Con lo studio del Progetto di PAI:

- 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 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.

Si è ottenuto pertanto un aumento dell'informazione pluviometrica sia in termini di qualità che di quantità. La posizione geografica delle stazioni pluviometriche di interesse per il bacino è stata riportata nella tavola II.B.3.1 evidenziando le stazioni per le quali è stata calcolata la CPP.

##### **3.10.5.4.1 Cenni sul modello TCEV**

---

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 è 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.

### 3.10.5.4.2 L'inferenza statistica regionale

Nel citato "Studio del rischio idrogeologico nella Regione", l'analisi statistica a livello regionale aveva dimostrato la validità dell'ipotesi che tutta l'area esaminata costituisse 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:

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

I valori dei parametri ricavati sono in accordo anche con quanto è stato in precedenza ricavato nel "Piano Straordinario delle Aree a Rischio Idrogeologico Molto Elevato".

La curva di crescita è stata così tabulata per alcuni tempi di ritorno caratteristici:

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

e nell'allegato II.B.2.1, dello studio propedeutico alla redazione del Progetto di PAI, sono riportati i valori dei parametri  $\Lambda_1$ ,  $\theta_1$ ,  $\Lambda_2$ ,  $\theta_2$  ed il valore dei percentili per vari tempi di ritorno, calcolati per le 79 stazioni analizzate al 3° livello.

---

### 3.10.5.4.3 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:

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

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.

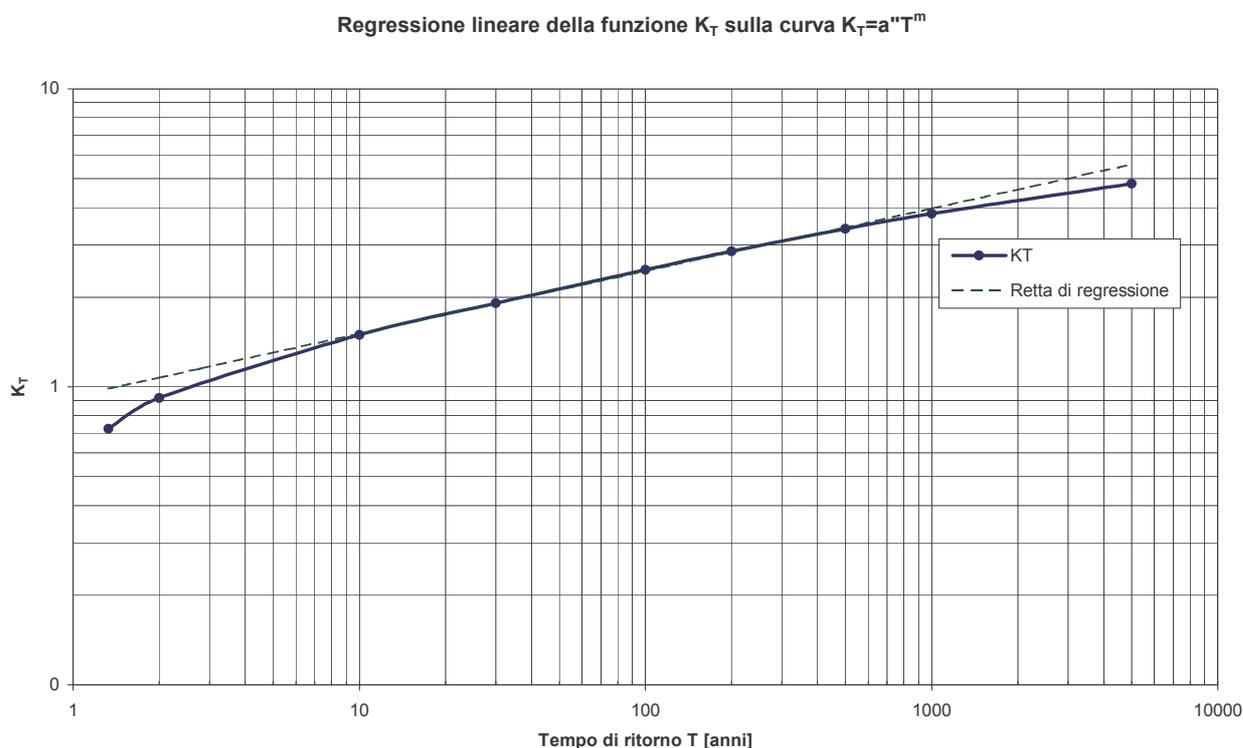
La stima di "a" ed "n" per ciascuna stazione avviene per regressione lineare sulle piogge indici di durate da 1 a 24 ore per ciascuna stazione. Le piogge indice ed i parametri "a" ed "n" di ciascuna stazione sono tabulati nell'allegato II.B.2.1 dello studio propedeutico alla redazione del Progetto di PAI.

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 2) relativi al campo di tempi di ritorno di interesse per la successiva modellazione idrologico-idraulica (da 10 a 500 anni).

Tali parametri sono riportati:

a''	m
0.9297	0.2101

La curva  $K_T$  e la sua retta di regressione sono riportate nel seguente grafico:



Nell'allegato II.B.2.1 dello studio propedeutico al Progetto di PAI sono riportati i valori dei parametri delle CPP per durate superiori all'ora per tutte le 79 stazioni pluviometriche considerate.

### 3.10.5.5 Analisi dei dati idrometrici a scala regionale

Come per i dati di pioggia, si è proceduto all'applicazione del modello TCEV e precisamente:

- 1) sono state complessivamente censite 26 stazioni, localizzate sulle aste principali dei bacini molisani e confinanti (Sangro, Trigno, Biferno, Fortore, Volturno);
- 2) delle suddette ne sono state 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 avevano una lunghezza di almeno 10 anni, ritenendole sufficientemente significative;
- 4) sono state infine selezionate 22 stazioni idrometriche, le cui serie erano lunghe almeno 5 anni, ritenute sufficientemente significative ai fini del calcolo della *portata indice*, e di esse sono stati ricavati i parametri al 3° livello.

Per l'espressione della TCEV, le definizioni di *portata indice* e di *curva di crescita delle portate*, vale 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*).

### 3.10.5.5.1 L'inferenza statistica regionale

Nello "Studio del rischio idrogeologico nella Regione" era stata 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 studio predetto al 1° e 2° livello di regionalizzazione sono:

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

La curva di crescita è tabulata per i tempi di ritorno caratteristici:

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

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" 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, dello studio propedeutico alla redazione del Progetto di PAI, sono riportati i valori dei percentili per vari tempi di ritorno, calcolati per le 22 stazioni analizzate al 3° livello.

### 3.10.5.6 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 che, però, il livello informativo disponibile consente l'applicazione del modello a parametri distribuiti su tutto il Bacino in esame; ancora, il modello necessita di 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 e la sua utilizzazione 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.

#### **3.10.5.6.1 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 topoi).

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 per il Progetto di PAI 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.

#### **3.10.5.6.2 Le caratteristiche geografiche e idrologiche**

---

Come prima accennato, 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.

La relazione funzionale utilizzata è 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.

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 topoieti.

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

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 seguente tabella 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	Calcareao-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-calcareae [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

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

Alla capacità di ritenuta propria del suolo SC, ricavata in base alla 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 sono stati così riportati 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

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 è stata inizialmente stimata dalle caratteristiche geolitologiche. Di seguito viene riportata la relazione di tali caratteristiche con i valori medi e la deviazione standard del suddetto fattore.

Per le litologie di tipo calcareo (classi da 17 a 21) il valore di  $K_s$  riportato è stato talvolta oggetto di maggiorazione per tener conto delle peculiarità dei fenomeni che spesso interessano tali classi: è questo il caso del massiccio montuoso del Matese, dominato da fenomeni diffusi di carsismo.

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 [es. arenarie di Caiazzo] (Miocene medio-inferiore)	0.3	0.3
14	Calcareo-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

Velocità di infiltrazione a saturazione ( $K_s$ ) per ciascuna classe geo-litologica

Nel modello idrologico per i predetti casi peculiari si è fatto ricorso ai seguenti valori:

Classe	Descrizione della geolitologia	$K_s$ media [mm/h]	$K_s$ std.dev. [mm/h]
17	Calcari e calcari marnosi. talora con selce, con apporti detritici di facies di scarpata (Paleocene-Cretacico sup.)	12	2.4
18	Calcari organici e biodetritici, talvolta dolomitici, di facies di piattaforma carbonatica (Cretacico Superiore)	150	30
19	Calcari e calcari biodetritici di facies neritica e di piattaforma (Cretacico Superiore)	150	30

Classe	Descrizione della geolitologia	Ks media [mm/h]	Ks std.dev. [mm/h]
20	Calcari e calcari biodetritici di facies di piattaforma carbonatica (Cretacico-Giurassico Superiore)	150	30
21	Calcari e subordinatamente dolomie cristalline di facies di piattaforma carbonatica (Giurassico)	110	22

Velocità di infiltrazione a saturazione (Ks) adottate per alcune specifiche classi geo-litologiche in presenza di fenomeni di carsismo (valori effettivi post-taratura)

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:

Classe	Descrizione dell'uso del suolo	$K_{su}$ media [-]	$K_{su}$ 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

Moltiplicatore  $K_{su}$  della velocità di infiltrazione per ciascuna classe di uso del suolo

### 3.10.5.6.3 Le fasi computazionali

Il calcolo è stato condotto per ciascuna cella e per tutti i passi temporali secondo le seguenti fasi (Figura 2):

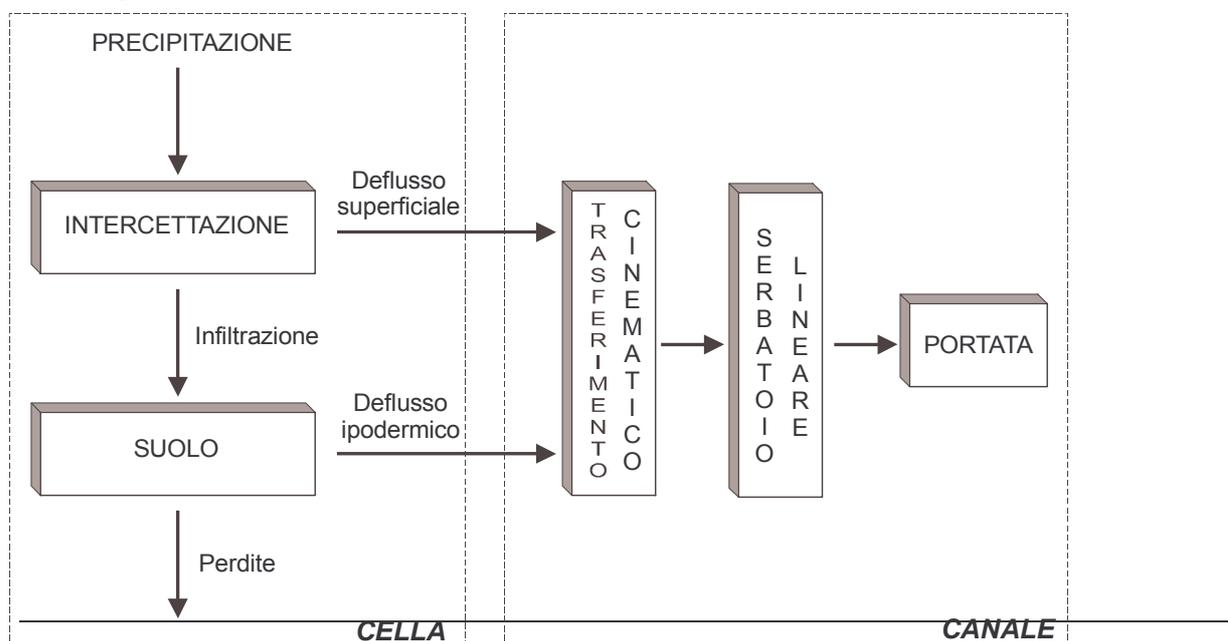


Figura 2- Schema del modello afflussi-deflussi

- *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 stesso. 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 nel modello sono stati definiti i 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 state definite con le mappe raster relative. Per quanto riguarda il deflusso ipodermico si è assunto che esso fosse funzione della velocità di filtrazione a saturazione moltiplicata per un fattore  $10^3$ .

Il modello prevede comunque parametri moltiplicativi per calibrare il valore medio di tali grandezze su tutto il bacino nella sola fase di taratura.

#### **3.10.5.6.4 Algoritmo di calcolo**

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

---

Simbolo	Significato	unità di misura
$P_{i_k}$	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	[/]
$IN$	<b>coefficiente moltiplicativo della velocità di infiltrazione a saturazione</b>	[/]
$IP$	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]
$Q_{lk}$	Contributo verso il reticolo al passo k-esimo	[mm/h]
$\phi_k$	volume d'acqua invasata nel reticolo	[mm]
$Q_k$	Contributo alla foce passo k-esimo	[mm/h]

Elenco delle variabili utilizzate dal modello afflussi-deflussi

- 1) L'afflusso sulla singola cella,  $P_{i_k}$  [mm/h] è determinato con il metodo dei topoieti;
- 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 stata calcolata 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 sono stati distinti 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:*

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

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.

---

In relazione a quanto sopra evidenziato sono stati definiti i seguenti parametri validi su tutto il bacino:

$\alpha_o$	frazione di volume di suolo inizialmente occupata da acqua (stato di umidità iniziale) [/]
$RI$	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 [/]
$MT$	coefficiente moltiplicativo della velocità di trasferimento [/]
$CI$	coefficiente ripartizione cinematico-invaso [/]

Le seguenti opere di laminazione sono state 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 caratterizzati 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 caratterizzati 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 caratterizzati 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 è applicata 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 di Liscione sul fiume Biferno e dell'invaso di Arcichiaro sul torrente Quirino, che hanno i seguenti principali parametri dimensionali compresi quelli delle opere di sfioro:

Invaso di Liscione sul F. Biferno	
Quota di sfioro inferiore soglia mobile	122.0 m s.l.m.
Quota di sfioro soglia fissa	125.5 m s.l.m.
Sviluppo soglia sfiorante mobile	39
Sviluppo soglia sfiorante fissa	92
Area specchio liquido alla quota di massima regolazione	6.85 km <sup>2</sup>
Invaso di Arcichiaro sul T. Quirino	
Quota di sfioro	852.0 m s.l.m.
Area specchio liquido alla quota di massima regolazione	0.71 km <sup>2</sup>
Sviluppo soglia sfiorante (fissa)	85 m

Principali dati degli invasi presenti nel bacino del Biferno

### 3.10.5.6.5 Taratura del modello

Il modello utilizzato nel Progetto di PAI 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.

Pertanto, sono stati assunti gli stessi valori dei parametri di taratura già ricavati allora. Solo per il grado di saturazione iniziale (ossia l'aliquota di capacità di ritenuta già indisponibile all'atto dell'inizio dell'evento) si è ritenuto di modificare il valore originario.

Com'è noto, il valore del grado di saturazione iniziale discende solo in linea di massima dalla taratura sugli eventi reali: si tratta infatti 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 (vedi paragrafo 3.11.5.5.1) 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..

Adottando un grado di saturazione iniziale pari a 0.70 in luogo del valore 0.80 del citato studio, giungendo così al seguente set di parametri:

Alpha0 – Saturazione iniziale	0.70
IN - Infiltrazione	0.01
RI - Ritenuta	2.00
IP – Ipodermico	0.00
CI - Rapporto cinematico/invaso	0.45
MT - Velocità di trasferimento	0.28

Parametri del modello idrologico

La modifica apportata è giustificata da:

- un affinamento delle CPP utilizzate per la generazione degli ietogrammi sintetici nello "Studio del Rischio idrogeologico nella Regione Molise";
- un affinamento della caratterizzazione della risposta idrologica del massiccio montuoso del Matese, che nello Studio citato portava ad una sovrastima delle portate nell'area di Bojano;
- una correzione di errori di georeferenziazione di alcune stazioni pluviometriche.

Nella tabella seguente si riporta, per alcuni tempi di ritorno di interesse, il confronto effettuato tra le portate da modello idrologico 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.

Stazione idrometrica	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.I.	Modello	TCEV	Modello	TCEV	Modello	TCEV
Biferno a Ponte della Fiumara	19	27	35	52 [41]	55	76 [59]	71	93 [73]
Biferno a Ripalimosani	590	593	817	883	1197	1302	1473	1580
Biferno a Ponte Liscione	1034	1043	1000	877	1466	1294	1816	1570
Biferno ad Altopantano	1287	1290	1251	1372	1821	2023	2235	2456
Cigno a Ponte Cigno	34	33	90	30	131	44	161	53

Confronto tra portate da modello e da statistica diretta (TCEV), per diversi tempi di ritorno

Le discordanze più marcate che si rilevano vanno imputate, probabilmente, o a errori di misura, o alla limitata lunghezza della serie dei dati di alcune stazioni (è certamente questo il caso della stazione di Cigno a Ponte Cigno) che porta inevitabilmente a statistiche di bassa affidabilità.

Una ulteriore e più attuale verifica dell'affidabilità del modello si è avuta con l'evento alluvionale del gennaio 2003, oggetto di specifica relazione integrativa al Progetto di PAI, di seguito riportata.

### 3.10.5.6.5.1 Relazione integrativa

### 3.10.5.7 Calcolo delle portate di piena

#### 3.10.5.7.1 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 prima. È stato adottato un particolare ietogramma di intensità variabile, noto in letteratura scientifica come *ietogramma Chicago* che 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;

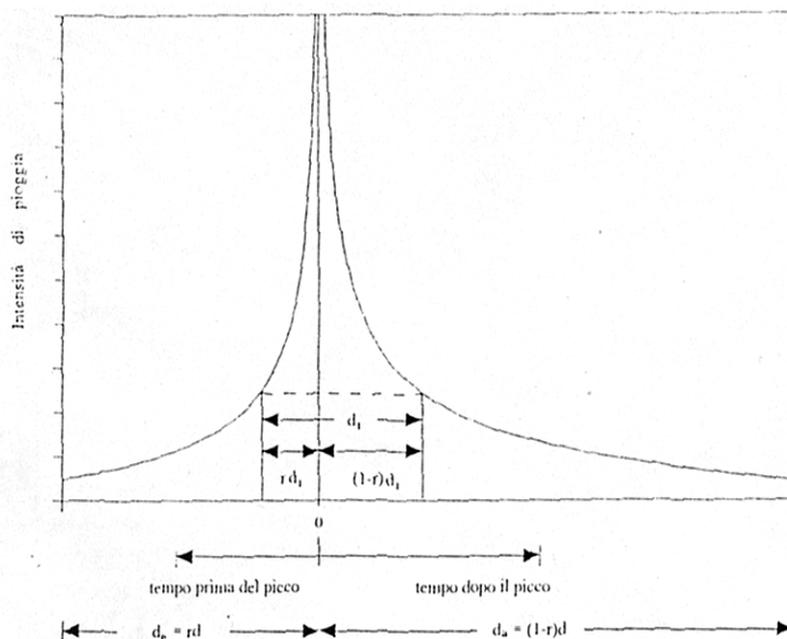
$t_b$  tempo mancante al verificarsi del picco;

$t_a$  tempo trascorso dal verificarsi del picco;

d durata dell'evento;

r fattore di fase (determina la posizione temporale del picco)

---



Schema dello ietogramma Chicago

La particolarità di questo ietogramma, è quello di racchiudere al suo interno, per tutte le durate minori di quella complessiva  $t_b$ , eventi congruenti con la CPP.

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 con alcuni parametri modificati per tenere 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.

Per l'elaborazione del modello 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 ragguaglio 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 ciò in quanto, una tale applicazione consente di modificare automaticamente la forma dello ietogramma in considerazione del fatto che le piogge ragguagliate 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  $r=0.4$ .

#### **3.10.5.7.2 Le portate di piena nelle sezioni di interesse a scala regionale**

Il modello è stato quindi applicato a un totale di 86 *sezioni di interesse* utilizzando eventi sintetici con tempi di ritorno di 20, 30, 100, 200 e 500 anni; le sezioni sono state così scelte:

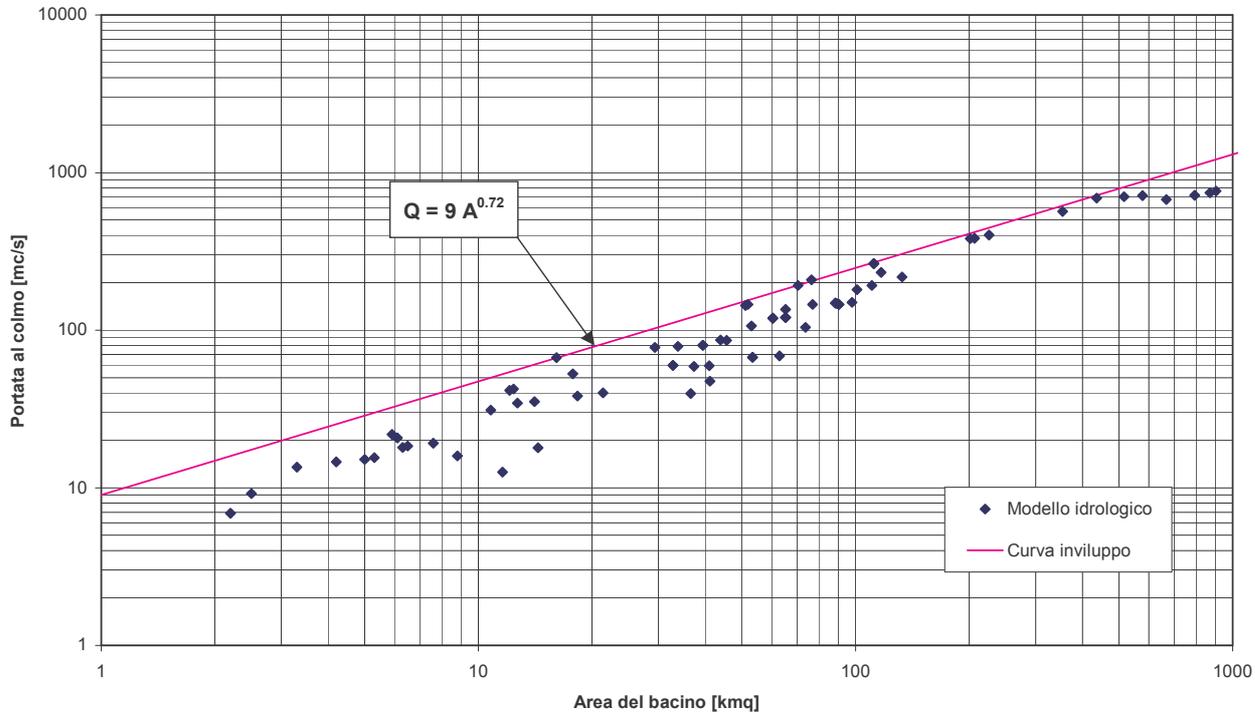
- sui corsi d'acqua principali in corrispondenza delle principali confluenze;
- alla foce dei corsi d'acqua minori;
- in corrispondenza di opere di attraversamento o di regimazione per le quali è stata eseguita una verifica idraulica speditiva.

#### **3.10.5.7.3 Curve di inviluppo**

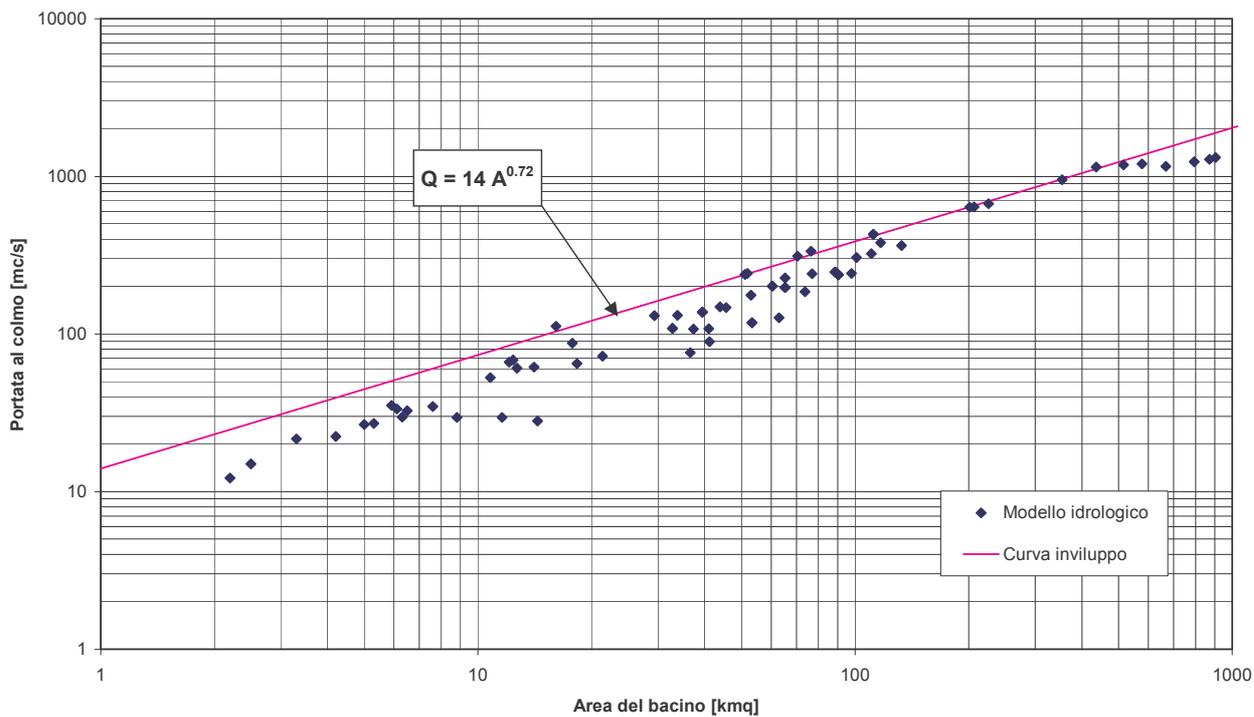
Le portate di piena valutate nelle sezioni di interesse hanno permesso di poter derivare le *curve inviluppo*, ossia semplici relazioni sperimentali tra portata al colmo ed area del bacino, che forniscono in via speditiva una stima approssimata per eccesso della portata al colmo per qualunque corso d'acqua a qualunque sezione di chiusura, intesa come quella di valore più basso tra tutte quelle per eccesso.

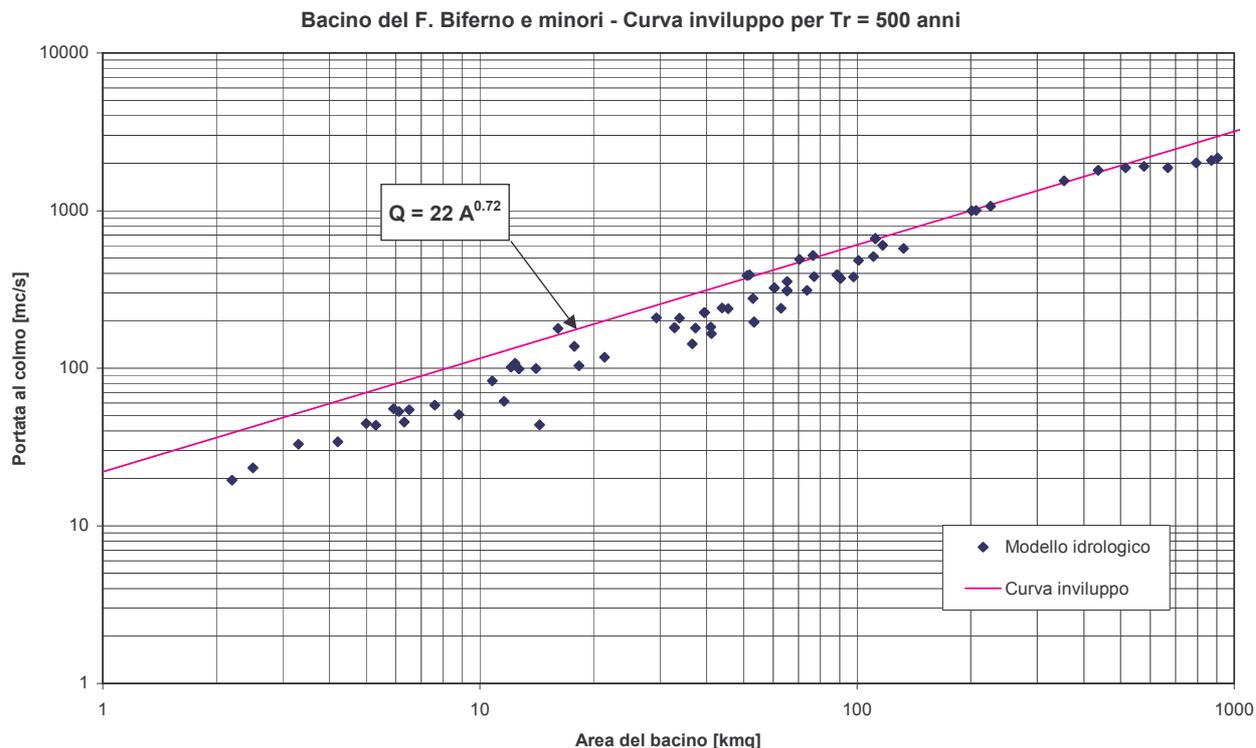
Nelle seguenti figure sono rappresentate le curve inviluppo per diversi tempi di ritorno (Tr 20, Tr 30, Tr 100, Tr 200 e Tr 500 anni) a confronto con i dati di portata desunti dalla modellazione idrologica..

Bacino del F. Biferno e minori - Curva inviluppo per  $T_r = 20$  anni



Bacino del F. Biferno e minori - Curva inviluppo per  $T_r = 100$  anni





#### 3.10.5.7.4 Le portate di piena per le verifiche idrauliche

Oltre alle sezioni di interesse, il modello è stato applicato a tutte quelle sezioni fluviali ove la modellazione idraulica descritta nella relazione 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.

#### 3.10.5.7.5 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 Biferno, torrenti Callora, Rio, Quirino, Cigno, Sinarca), 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.

#### 3.10.6 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.

L'analisi è stata condotta in funzione delle informazioni disponibili:

- l'analisi idraulica è riservata alla parte più significativa dell'area di studio, cioè le fondovalle più urbanizzate, che coincidono con quelle più larghe e quelle ove i corsi d'acqua principali hanno subito maggiori processi di antropizzazione;
- l'analisi geomorfologica storico-inventariale, meno rigorosa della prima, è stata applicata invece alle 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 nello studio per il "*Progetto di Piano Stralcio per l'assetto idrogeologico del bacino del Trigno – parte abruzzese*", nonché nel precedente "*Studio del rischio idrogeologico nella Regione Molise*".

Per l'analisi idraulica si è fatto uso della modellazione idrologica messa a punto e dei rilievi topografici; 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).

### **3.10.6.1 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 focalizzando l'attenzione:

- sugli studi già eseguiti in merito alla inondabilità delle aree di fondovalle;
- sulle informazioni riguardanti le inondazioni storiche e i danni causati;
- sull'evento alluvionale verificatosi nel gennaio 2003.

#### **3.10.6.1.1 Rilievi e dati territoriali**

Tra i rilievi esistenti, sono stati considerati meritevoli di considerazione solo quelli eseguiti nell'ambito dello "*Studio del Rischio idrogeologico nella Regione*" (Regione Molise, 2001):

- F. Biferno e suoi affluenti Rio e Callora a monte della località Covatta per un totale di circa 42 km e per un totale di 129 sezioni trasversali;
- F. Biferno a valle della diga del Liscione per un totale di circa 30 km e per un totale di 82 sezioni trasversali;
- T Cigno a monte della confluenza col fiume Biferno per un totale di circa 2 km e per un totale di 8 sezioni trasversali;
- F. Sinarca nel tratto terminale per un totale di circa 7.5 km e per un totale di 30 sezioni trasversali.

Per la cartografia di base, ai fini soprattutto del tracciamento delle aree inondabili, si è fatto uso della C.T.R. 1:5.000 della Regione Molise ed è stata utilizzata la serie delle Ortofoto AIMA 1:10.000.

Per la caratterizzazione altimetrica del terreno, ai fini dell'utilizzo del modello di inondazione, si è utilizzato il DEM 40x40 m fornito dalla Regione Molise.

---

### 3.10.6.2 Analisi idraulica

L'analisi idraulica, al fine di definire la pericolosità, è stata riservata alla parte più significativa dell'area di studio, in sostanza le fondovalle più urbanizzate, che coincidono con quelle più larghe e quelle ove i corsi d'acqua principali hanno subito maggiori processi di antropizzazione;

Si è fatto uso della modellazione idrologica messa a punto, adottando gli stessi tempi di ritorno (30, 100, 200, 500 anni) utilizzati nello studio per il "Progetto di Piano Stralcio per l'assetto idrogeologico del bacino del Trigno – parte abruzzese", nonché nel precedente "Studio del rischio idrogeologico nella Regione Molise".

La modellazione idraulica ha riguardato tutte le seguenti aste fluviali per le quali erano già disponibili rilievi recenti o per le quali sono stati appositamente effettuati rilievi integrativi:

- F. Biferno dalla sorgente alla foce, per una lunghezza di circa 95 km;
- T. Callora dalla loc. San Massimo presso Bojano fino alla confluenza con il T. Rio per una lunghezza di circa 6 km;
- T. Rio dalla confluenza con il T. Callora alla confluenza con il F. Biferno, per una lunghezza di circa 3 km;
- T. Quirino dalla Stazione FS di Guardiaregia alla confluenza col fiume Biferno per una lunghezza di circa 6 km;
- T. Cigno a monte della confluenza col F. Biferno per una lunghezza di 2 km;
- T. Sinarca dalla loc. Mass. Saberta alla foce per una lunghezza di 7.5 km.

Per la 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, nonché per 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.

La suddetta modellazione idraulica pertanto è stata eseguita secondo due schemi alternativi:

- ove il corso d'acqua esaminato non presentava arginature in rilevato ed il relativo fondovalle si presentava di larghezza contenuta, lo schema impiegato è stato quello del moto mono-dimensionale puro, utilizzando all'uopo sezioni trasversali sufficientemente estese per comprendervi tutto l'alveo di piena straordinaria; nelle aree golenali si è generalmente fatta l'ipotesi che fossero 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 presentava, al contrario, arginature in rilevato, oppure il suo fondovalle era 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.

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.

In merito 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.

Per le aree oggetto dello studio idraulico sono state quindi definite le *aree inondabili* per i suddetti tempi di ritorno di 30, 100, 200 e 500 anni, sulla base dei livelli idrometrici raggiunti in alveo e nelle macro-celle in cui sono state suddivise le aree di potenziale esondazione.

Per quanto riguarda i corsi d'acqua già studiati nell'ambito dello "*Studio del rischio idrogeologico nella Regione*", si possono ritenere confermate le perimetrazioni ivi condotte, con variazioni non sostanziali.

### 3.10.6.2.1 Il modello di moto vario

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.

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 del 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; nello studio del Progetto di PAI la simulazione è stata effettuata in condizioni di corrente lenta al fine di ottenere livelli idrometrici maggiori rispetto alla realtà, per avere 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 imposte al sistema prima definito sono consistite 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, però, di condizioni locali di corrente veloce, la profondità viene fissata sul valore critico: nei tabulati delle verifiche idrauliche, 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.

### 3.10.6.2.2 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 sono ottenute per estensione dei livelli idrometrici in alveo.

Ove la modellazione non è stato possibile 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 si propaga.

La simulazione del fenomeno esondativo, nel Progetto di PAI, oltre che sul modello descritto si è basata 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; anche gli elementi infrastrutturali delimitanti le aree di potenziale inondazione, quali rilevati stradali, ferroviari, etc, sono stati considerati, 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<sub>0</sub> sono 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 stramazzone; 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<sub>1</sub> e h<sub>2</sub> 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.

---

La propagazione dei livelli idrici nelle celle avviene, pertanto, attraverso la sola legge di continuità dei volumi. A tale scopo è stato necessario considerare il volume accumulato nella singola cella e le sue variazioni dovute agli scambi di portata con le celle circostanti.

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:

$$A_{ck} \frac{\partial h_k}{\partial t} = \sum_i Q_{ki}(h_k, h_i)$$

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 relative altezze idriche e la sommatoria è estesa a tutte le celle in comunicazione diretta con la cella k-esima. L'approssimazione adottata è tanto più accettabile in relazione al numero di celle in cui vengono suddivise le aree potenzialmente inondabili.

### 3.10.6.2.3 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) e forma assegnata di ietogramma.

Il coefficiente di ragguaglio areale  $K_r$  è stato attribuito in relazione alla durata dell'evento ed all'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  $K_r$  è stato 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  $K_r$  è stata 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  $K_a$  è stato, quindi, 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.

Gli idrogrammi di piena di input sono stati calcolati per tempi di ritorno di 30, 100, 200 e 500 anni.

#### 3.10.6.2.4 Applicazione del modello idraulico

Il modello descritto al precedente paragrafo è stato applicato a tre distinti sistemi idraulici fra loro disconnessi:

- il primo è costituito dall'*Alto Biferno* ossia dal tratto del F. Biferno a monte dell'invaso di Liscione, con i tratti terminali dei suoi affluenti T. Callora, T. Rio, T. Quirino;
- il secondo è costituito dal *Basso Biferno* ossia dal tratto del F. Biferno a valle dell'invaso di Liscione, con il tratto terminale del suo affluente T. Cigno;
- il terzo è costituito dalla singola asta del *F. Sinarca*.

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..

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:

$$K_s = 21 \text{ m}^{1/3} \text{ s}^{-1} \text{ per Biferno, Callora, Rio, Quirino;} \\ K_s = 24 \text{ m}^{1/3} \text{ s}^{-1} \text{ per Cigno e Sinarca;}$$

Tali valori si riferiscono ai conchi elementari in cui è discretizzata ogni sezione idraulica; 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.

---

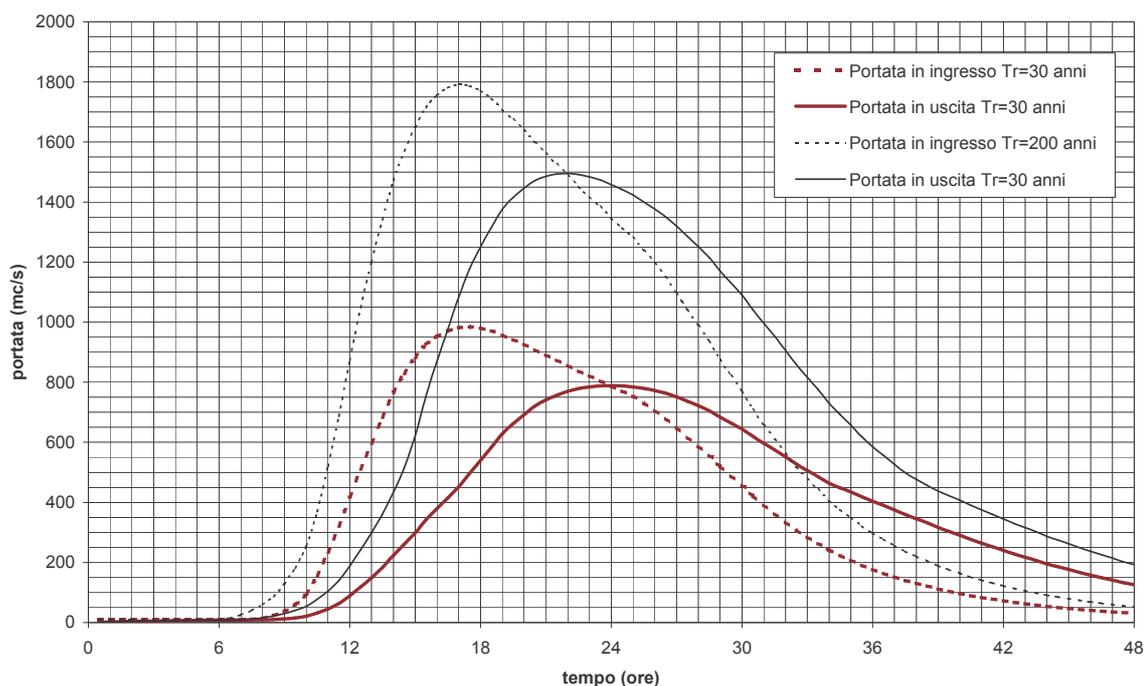
Come condizioni di valle, è stato imposto lo stato energetico critico per la sezione finale del sistema "Alto Biferno" (trattasi di una traversa fluviale), mentre per le foci dei sistemi "Basso Biferno" e "Sinarca" si è ipotizzato un sovrizzo del livello del mare di 0.5 m in considerazione della forte eventualità di una concomitanza di condizioni meteomarine avverse.

Tra le risultanze della modellazione idrologico-idraulica è stato ritenuto interessante e utile mostrare l'efficacia laminativa degli invasi. Nelle figure che seguono vengono riportati gli idrogrammi di piena trentennali e duecentennali in uscita e in ingresso rispettivamente per gli invasi di Liscione e di Arcichiaro. Si nota:

- il forte sfasamento del picco (di circa 7 ore per l'evento trentennale, leggermente minore per l'evento duecentennale) e la sensibile laminazione (20% per  $Tr=30$  anni e 16.5% per  $Tr=200$  anni) operata dall'invaso di Liscione sulle piene del Biferno;
- il minor sfasamento del picco (di circa 3 ore) e la maggior laminazione (attorno al 33%) operata dall'invaso di Arcichiaro sulle piene del Quirino.

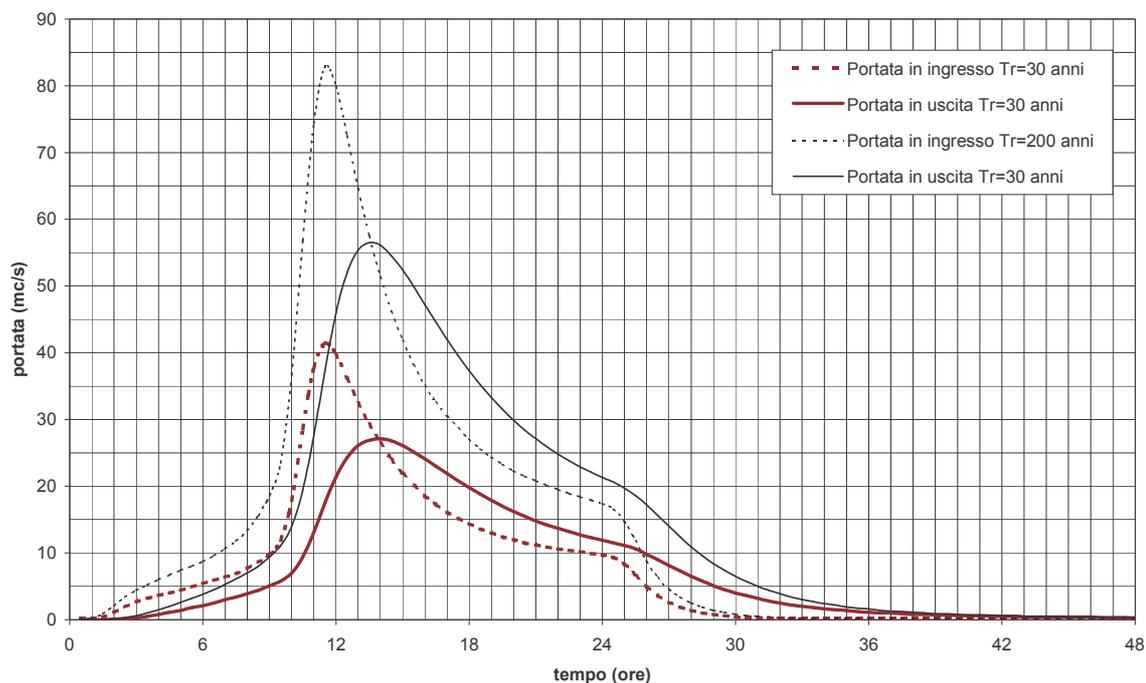
Le laminazioni indicate si riferiscono cautelativamente a condizioni iniziali di invaso pieno.

Effetto laminativo dell'invaso di Liscione sulle piene del F. Biferno



Idrogrammi di piena in ingresso e uscita da Liscione per alcuni tempi di ritorno

Effetto laminativo dell'invaso di Arcichiaro sulle piene del T. Quirino



Idrogrammi di piena in ingresso e uscita da Arcichiaro per alcuni tempi di ritorno

### 3.10.6.2.5 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 stata fatta per estensione dei livelli di piena massimi ottenuti in alveo, nei restanti casi si è proceduto con la metodologia di seguito riportata.

Prioritariamente è stato allestito il modello di inondazione, nelle seguenti fasi:

- *individuazione delle aree potenzialmente inondabili*: sono state considerate tali tutte le pianure alluvionali fino all'inizio della zona pedecollinare; si è pertanto utilizzato la cartografia della Regione Molise 1:5000;
- *suddivisione in celle elementari*: sulla base della cartografia indicata al punto precedente sono state 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 40x40 m della Regione Molise è stata 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.

Successivamente il modello quasi - bidimensionale ha fornito, per ogni tempo di ritorno considerato, i valori temporali e quelli massimi (involuppi) 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 a 1-5 m riportate sulla carta tecnica 1:5.000 della Regione Molise, dalla conoscenza dei livelli idrometrici nelle celle sono stati individuati i perimetri delle aree inondabili.

#### **3.10.6.2.6 Principali risultati**

I risultati dell'analisi idraulica in termini di aree inondabili per differenti tempi di ritorno sono desumibili dalla carta delle aree inondabili del Progetto di PAI.

##### **3.10.6.2.6.1 T. Callora**

Il T. Callora non presenta situazioni particolarmente critiche, se si eccettua il tratto che costeggia la S.S. dell'Appennino Abruzzese presso Bojano, ove si verificano esondazioni con  $T_r=30$  anni nella zona del Capannone Colalillo.

Per tempi di ritorno superiori a 200 anni, le esondazioni interessano anche la loc. Case Prusciello di Bojano, per insufficienza delle arginature a monte del ponte della S.S. suddetta, nonché la loc. Paduli di Sotto, poco prima della confluenza nel T. Rio.

Non risultano realizzate opere di mitigazione del rischio idraulico successivamente alla redazione del Progetto di PAI.

##### **3.10.6.2.6.2 T. Rio**

Limitatamente al tratto studiato idraulicamente, e cioè a valle dell'immissione del T. Callora, le esondazioni per  $T_r=30$  anni interessano un'estesa area poco abitata a monte del tratto stradale tra la S.S. dell'Appennino Abruzzese e la S.S. Bifernina, a Nord di Bojano, per insufficienza delle arginature.

Per tempi di ritorno superiori le esondazioni interessano estesamente anche le aree più a monte della precedente, fino a lambire l'area industriale nella frazione Monteverde.

Non risultano realizzate opere di mitigazione del rischio idraulico successivamente alla redazione del Progetto di PAI.

---

### **3.10.6.2.6.3 T. Quirino**

Il T. Quirino si presenta in buona parte ancora allo stato naturale, con poche opere di regimazione. I volumi esondati si espandono in maniera contenuta anche per alti tempi di ritorno, senza interessare infrastrutture ed edifici.

Un contributo a questa situazione sostanzialmente positiva è senz'altro dovuto anche alla presenza della diga di Arcichiaro, che esercita un potere laminativo sensibile.

### **3.10.6.2.6.4 F. Biferno a monte dell'invaso di Liscione**

Questo tratto è stato analizzato nello "*Studio del Rischio idrogeologico nella Regione*" limitatamente alla porzione a monte della sistemazione fluviale e di versante all'epoca in esecuzione in loc. Covatta di Ripalimosani.

Per  $Tr=30$  anni le esondazioni più rilevanti previste nel Progetto di PAI avvengono nelle seguenti aree:

- nei pressi del tratto stradale tra la S.S. dell'Appennino Abruzzese e la S.S. Bifernina, a N di Bojano, per insufficienza di sezione;
- a monte del Ponte del Comune, nei pressi della confluenza del T. Quirino, sia per insufficienza della sezione di deflusso e sia per rigurgito dovuto al ponte stesso, che ha una luce libera limitata;
- in corrispondenza della Centrale Enel a monte dello svincolo di Baranello della S.S. 647, ubicata nella zona di diretta pertinenza fluviale;
- al Ponte dei Tre Archi, che viene sormontato per insufficienza della luce;
- a monte della frana di Covatta;
- in loc. Piana del Molini, presso il bivio della strada Bifernina per Limosano, ove viene inondato l'ex molino e, più a valle, in loc. Piana del Cerro;
- presso lo svincolo di Lucito, ove è presente un poligono militare;
- nella zona dello svincolo della Bifernina per Lupara.

Per eventi con tempo di ritorno superiore le aree inondabili non si modificano sensibilmente, trattandosi di un fondovalle stretto, tuttavia si registrano situazioni che interessano ponti e strade importanti; ad esempio per  $Tr=200$  anni la crisi si manifesta per:

- la S.S. Bifernina al bivio di Limosano;
- la S.S. Bifernina in corrispondenza del sottopasso del Ponte Morgia Schiavone;

Non risultano realizzate opere di mitigazione del rischio idraulico successivamente alla redazione del Progetto di PAI.

Per la località Piana dei Mulini, come poi precisato, è stato rivalutato il rischio dell'area sulla base dei nuovi livelli di pericolosità.

### **3.10.6.2.6.5 F. Biferno a valle dell'invaso del Liscione.**

Come già accennato, la verifica idraulica eseguita tiene conto dell'effetto di laminazione minimo che può operare l'invaso di Liscione, quantificabile attorno al 20%.

In generale, si nota che il fiume tende a occupare con facilità le aree circostanti che comunque sono morfologicamente di stretta pertinenza fluviale in quanto sedi di barre di sedimenti, rami fluviali minori e tratti abbandonati. A tal proposito, il confronto tra le cartografie attuali e quelle realizzate attorno al 1963 dal Genio Civile di Campobasso mostra che l'andamento planimetrico del fiume è andato soggetto a modificazioni anche sensibili negli ultimi quaranta anni, a conferma della sempre attuale natura di stretta pertinenza fluviale delle aree attraversate, limitatamente al tratto a monte della confluenza del T. Cigno. A valle della confluenza di quest'ultimo, e quindi nella zona di Termoli-Campomarino, il fiume è invece stato regimato e imbrigliato in arginature e l'esondazione avviene con maggior difficoltà.

Scendendo verso valle, i primi allagamenti di una certa estensione si verificano nella zona dello svincolo Biferno Cigno presso Guglionesi, al viadotto Tanassi della S.S. Bifernina; in parte sono imputabili al rigurgito indotto dal viadotto; tali allagamenti interferiscono con le infrastrutture viarie già per  $T_r=30$  anni.

Gli allagamenti proseguono con sensibile estensione (già per  $T_r=30$  anni) fino allo svincolo del Biferno (zona Zuccherificio del Molise) per insufficienza arginale .

A valle dello Zuccherificio del Molise, e fino alla foce, le arginature sono sufficienti a contenere la piena con  $T_r=30$  anni ad eccezione del tratto adiacente al depuratore in loc. Rivolta del Re (zona viadotto autostradale): qui l'arginatura sinistra, almeno dalle risultanze dei rilievi topografici condotti nello "*Studio del rischio idrogeologico nella Regione*", è localmente più bassa e permette esondazioni che raggiungono la loc. Pantano Basso posta a qualche km di distanza e una parte dell'area a valle della linea ferroviaria Adriatica (per il tramite di un sottovia).

Per eventi con tempo di ritorno 200 anni l'aggravio generale del quadro delle esondazioni riguarda soprattutto l'area del Bosco Tanassi a Guglionesi e l'area industriale ove è ubicato lo Zuccherificio del Molise, la Fabbrica Cavi Elettrici A.C.E., la stazione ferroviaria di Portocannone, lo Stabilimento O.S.I. Italia, lo Stabilimento Fiat e numerosi altri opifici, nonché quella agricola e residenziale a sinistra della foce del Biferno; solo in piccola misura esondazioni avvengono anche a destra della foce.

Non risultano realizzate opere di mitigazione del rischio idraulico successivamente alla redazione del Progetto di PAI.

A conferma dei risultati revisionali del Progetto di PAI, è stato elaborato apposito studio integrativo, oggetto della "Relazione integrativa – assetto idraulico" (Elaborato R.01.01) che di seguito si riporta integralmente.

#### **3.10.6.2.6.5.1 Relazione Integrativa R\_01.01**

##### Premessa

*La presente relazione è stata redatta al fine di effettuare una taratura e una verifica del modello idrologico sull'evento del gennaio 2003.*

*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.

In particolare è stata acquisita la “Analisi dell’evento di piena del 24-27 gennaio 2003” redatta dall’ERIM.

Sulla base dei dati raccolti in primo luogo è stato applicato il modello idrologico con i parametri utilizzati nel PAI 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.

Le sezioni in cui è stata condotta la ricostruzione idrologica dell’evento sono quelle in cui è stato possibile calcolare le portate ovvero a monte della Diga del Liscione e a Altopantano.

Infine è stata condotta una valutazione del tempo di ritorno delle precipitazioni per le varie durate e delle portate nelle sezioni di calcolo registrate durante l’evento.

#### Dati idro-pluviometrici

I dati idro-pluviometrici raccolti sono i seguenti:

- Dati idro-pluviometrici dell’Ufficio Idrografico di Pescara;
- Dati pluviometrici ERSAM;
- Dati idro-pluviometrici ERIM.

Le stazioni pluviometriche utilizzate per la ricostruzione dell’evento nel bacino del fiume Biferno sono riportate in tabella 1.

Codice	Nome
35495	SALCITO-ERSAM
35510	FROSOLONE
35575	TRIVENTO-ERSAM
35620	PALATA
35645	GUGLIONESI-ERSAM
35675	CANTALUPO-ERSAM
35680	SPINETE
35690	ROCCAMANDOLFI
35695	ARCICHIARO
35700	GUARDIAREGIA
35710	VINCHIATURO
35720	BARANELLO
35730	CAMPOBASSO
35735	CAMPOBASSO-ERSAM
35760	LUCITO
35770	RIPABOTTONI
35780	CIVITA_CAMPO_MARANO
35785	LUPARA-ERSAM
35790	CASTELMAURO

35800	GUARDIALFIERA
35805	DIGA_LISCIONE
35810	LARINO
35815	LARINO-ERSAM
35820	GUGLIONESI
35830	CASACALANEDA
35840	PORTOCANNONE
35855	SAN MARTINO IN PENSILIS-ERSAM
35940	CAMPOLIETO
36010	BONEFRO

*Tabella 1 – Elenco delle stazioni utilizzate*

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

- *portata affluita all'invaso del Liscione (relazione ERIM);*
- *portata scaricata dall'invaso del Liscione (relazione ERIM);*
- *livelli idrometrici alla stazione di Altopantano;*
- *scala di deflusso ad Altopantano.*

*Le stazioni idro-pluviometriche sono riportate nella figura 1.*

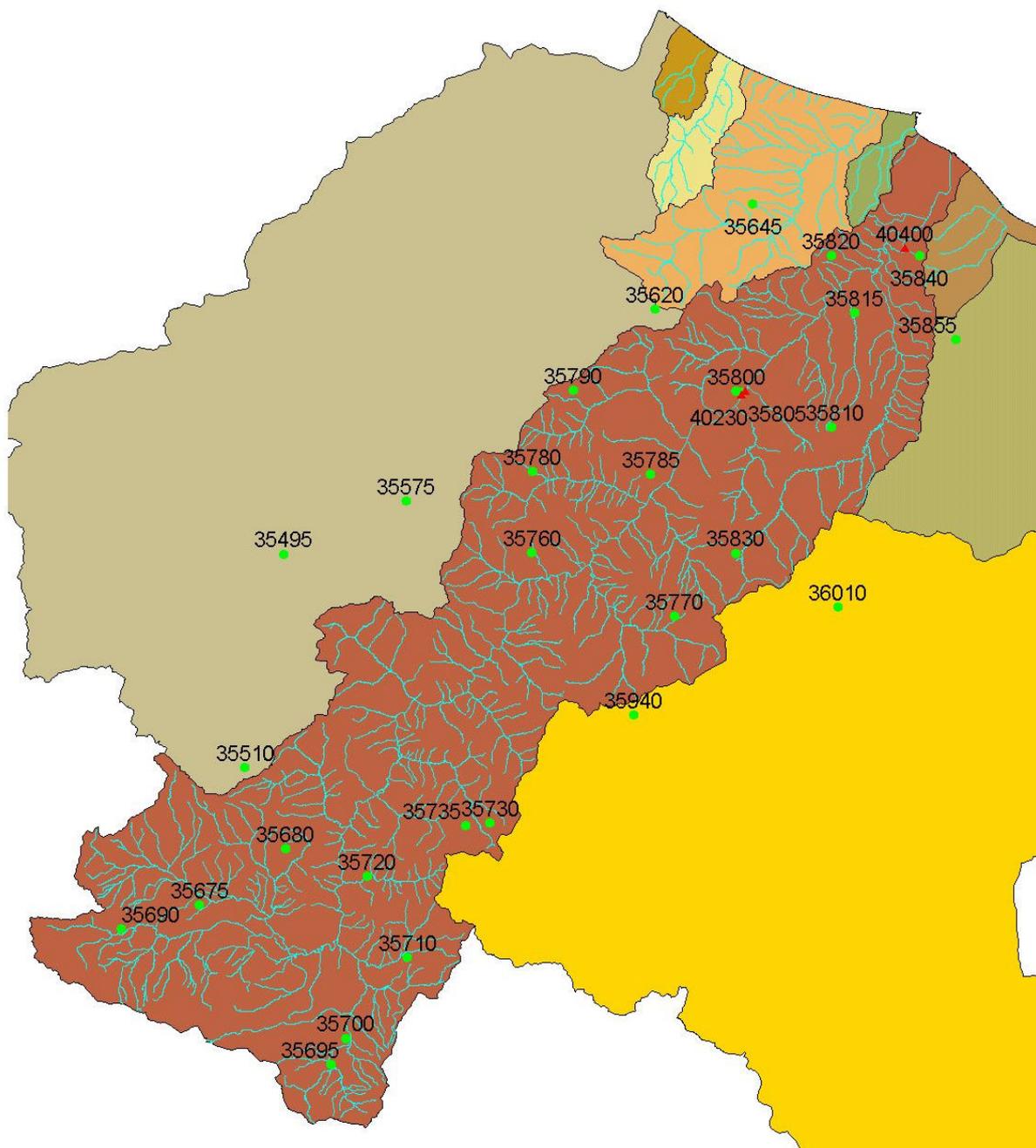


Figura 1 – Le stazioni idro-pluviometriche utilizzate

Le portate alla stazione di Altopantano sono state ricavate sulla base dei livelli misurati applicando la scala di deflusso fornita dall'Ufficio idrografico di Pescara e correggendo i deflussi attraverso la stima delle esondazioni che si sono verificate a monte dell'idrometro (zona del conservificio).

La scala di deflusso è riportata in figura 2.

Scala di deflusso a Altopantano

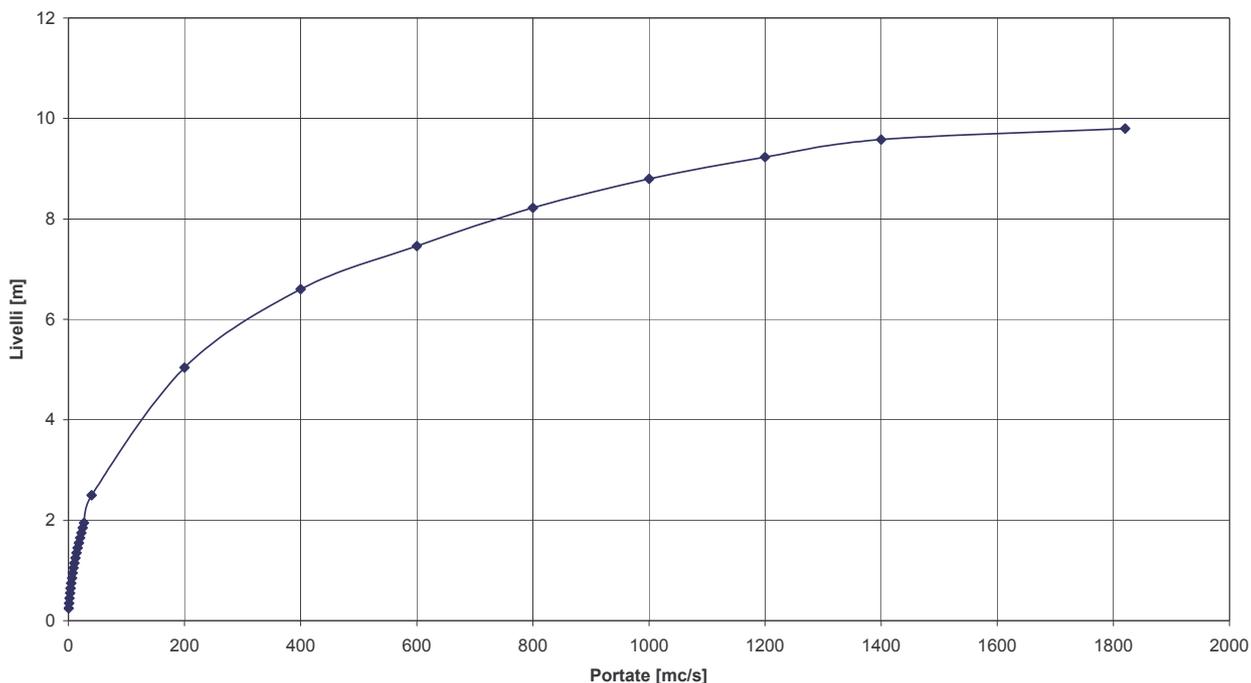


Figura 2 – Scala di deflusso a Altopantano

La stima delle esondazioni a monte è stata condotta attraverso la correlazione tra i livelli all'idrometro e quelli in corrispondenza del conservificio ricavata sulla base delle verifiche idrauliche.

Sulla base dei dati raccolti nei giorni successivi all'evento è stata stimato un fronte di esondazione di circa 120m a una quota di 16.7 m s.l.m..

Le portate stimate ad Altopantano sono quelle riportate nella figura 3.

Si osservi che la portata esondata è di circa 100mc/s. Si osserva inoltre che l'idrogramma risulta troncato nella parte alta per il mancato funzionamento della stazione.

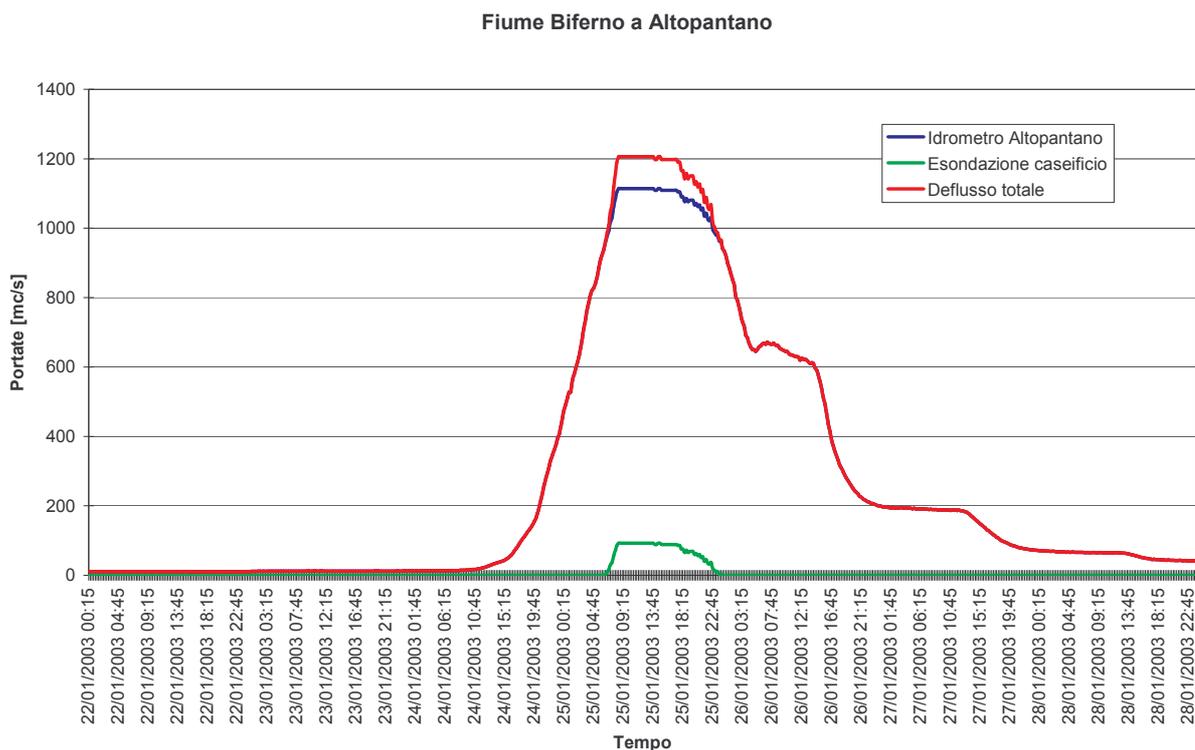


Figura 3 – Idrogramma di piena ad Altopantano

Applicazione del modello idrologico

Il modello idrologico è stato applicato alle seguenti sezioni:

- Diga del Liscione;
- Altopantano.

Ricostruzione dell'evento alla diga del Liscione

In primo luogo è stata stimata l'idrogramma di piena applicando i parametri adottati nel PAI per la stima degli idrogrammi di piena per i diversi tempi di ritorno.

I parametri sono riportati nella tabella 2

<i>Parametri</i>	
<i>Saturazione</i>	<i>0.70</i>
<i>Infiltrazione</i>	<i>0.01</i>
<i>Ritenuta</i>	<i>2.00</i>
<i>Ipodermico</i>	<i>0.00</i>
<i>Trasferimento</i>	<i>0.28</i>
<i>Cinematico-invaso</i>	<i>0.45</i>

Tabella 2 – Parametri del modello idrologico

Il risultato è riportato nella figura 4.

Si osservi che il picco di piena risulta identico (998 mc/s contro 1002mc/s stimata dall'ERIM). L'idrogramma stimato dal modello risulta peraltro posticipato rispetto a quello "misurato". Si osserva inoltre che il modello non ricostruisce i due picchi stimati dall'ERIM e fornisce un coefficiente di deflusso complessivo leggermente inferiore.

E' stata pertanto condotta una verifica modificando il valore della saturazione iniziale a 0.75 in modo da avere lo stesso coefficiente di deflusso.

Il risultato è riportato nella figura 5.

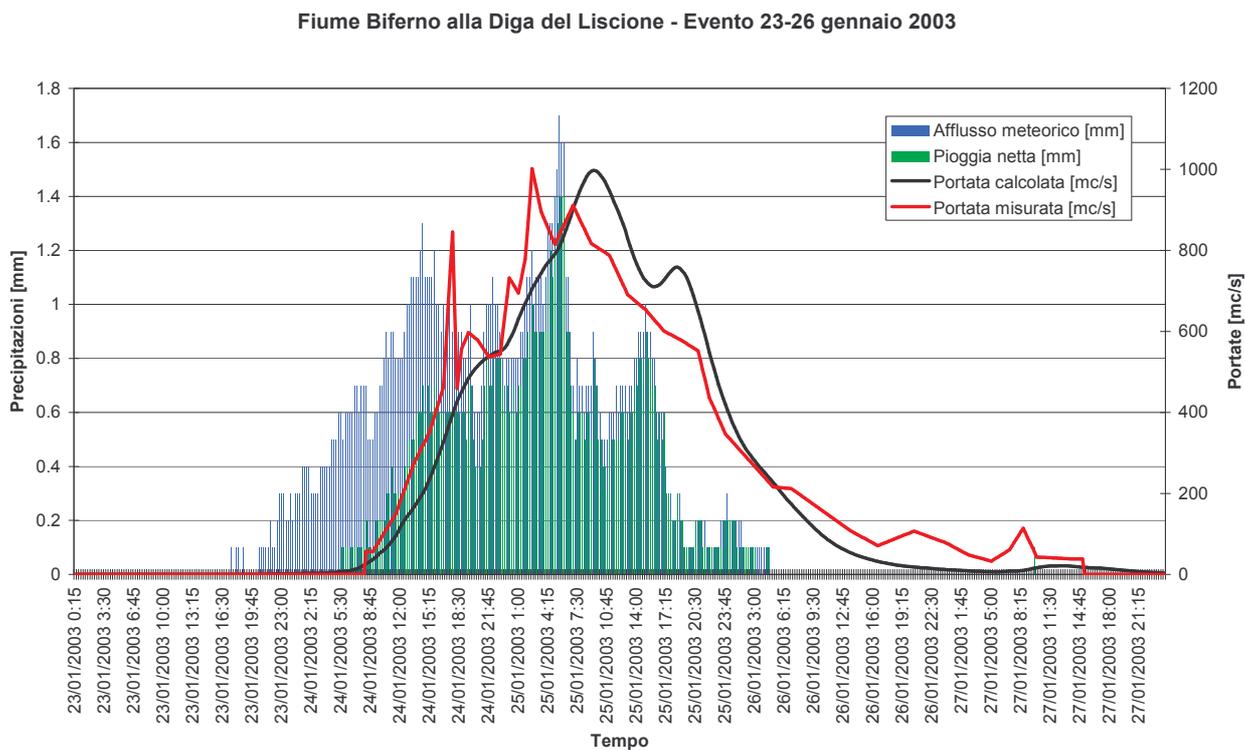


Figura 4 – Idrogramma di piena misurato e ricostruito con i parametri originari

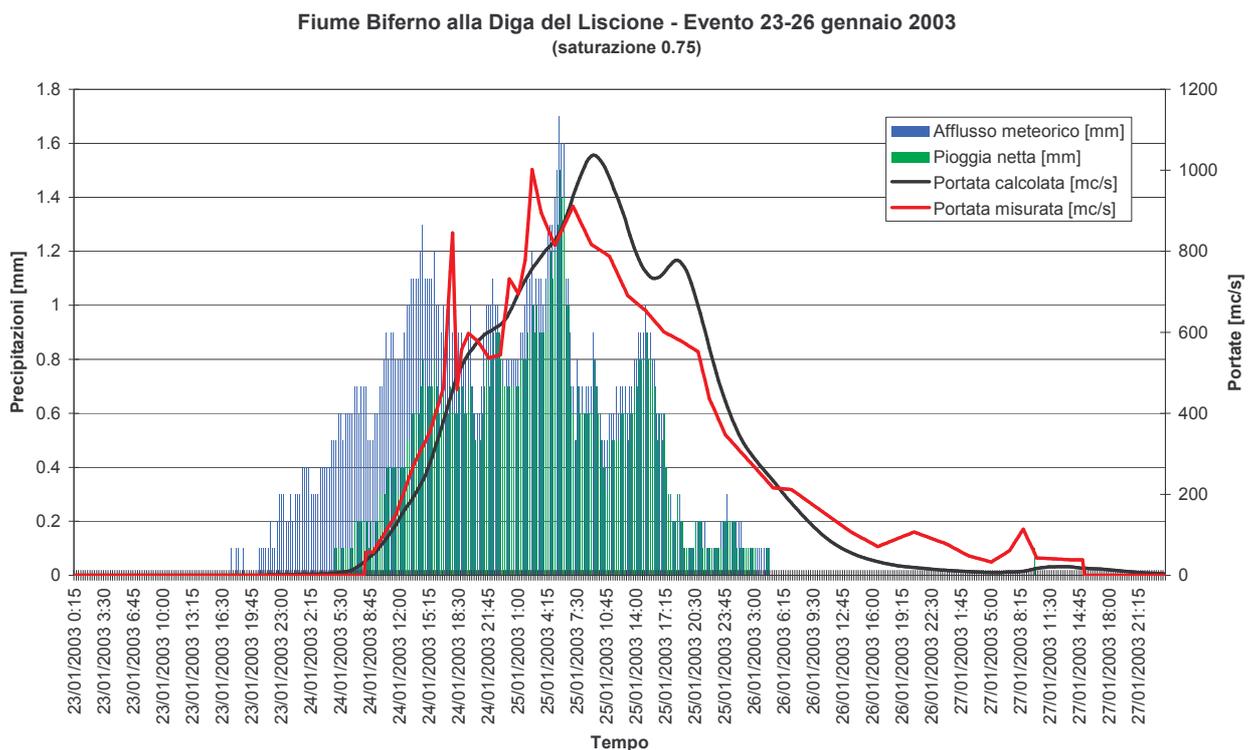


Figura 5 - Idrogramma di piena misurato e ricostruito con saturazione 0.75

Si osservi che la ricostruzione non cambia nella sostanza. La portata la colmo risulta adesso leggermente superiore (1036 mc/s contro 1002mc/s stimata dall'ERIM).

E' stata infine condotta una verifica considerando in modo da ottimizzare la forma e la fase della piena attraverso la modifica del rapporto cinematico invaso assunto pari a 0.1.

Il risultato è riportato nella figura 6.

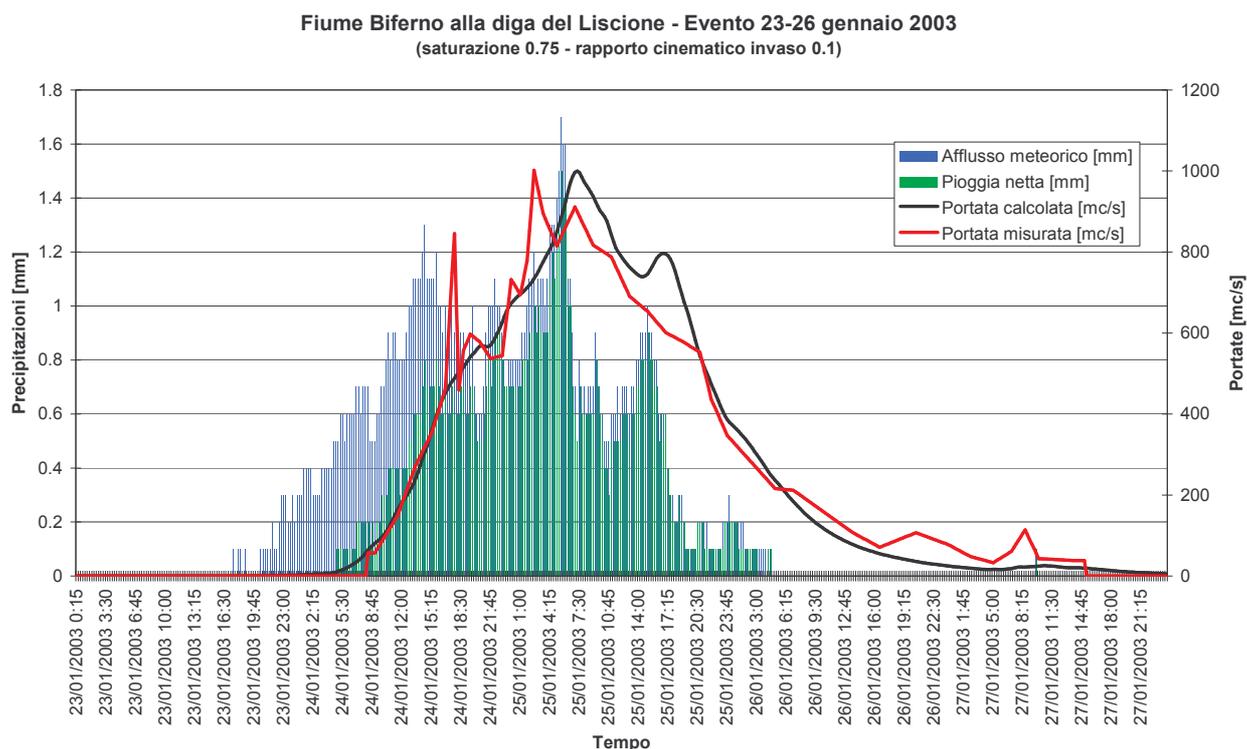


Figura 6 - Idrogramma di piena misurato e ricostruito con saturazione 0.75 e rapporto cinematico invaso 0.1.

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

#### Ricostruzione dell'evento ad Altopantano

La ricostruzione dell'evento ad Altopantano è stata condotta sulla base delle portate scaricate dalla diga del Liscione stimate dall'ERIM e degli apporti dell'interbacino (torrente Cigno).

Anche in questo caso in primo luogo sono stati applicati i parametri utilizzati nel PAI per la valutazione degli idrogrammi di piena per i diversi tempi di ritorno riportati in tabella 2.

Il deflusso dalla diga del Liscione è stato trasferito ad Altopantano con lo stesso algoritmo di propagazione presente nel modello idrologico (trasferimento cinematico e componente di invaso)

Nella figura 7 si riporta l'idrogramma stimato per l'interbacino, nella figura 8 gli idrogrammi ad Altopantano.

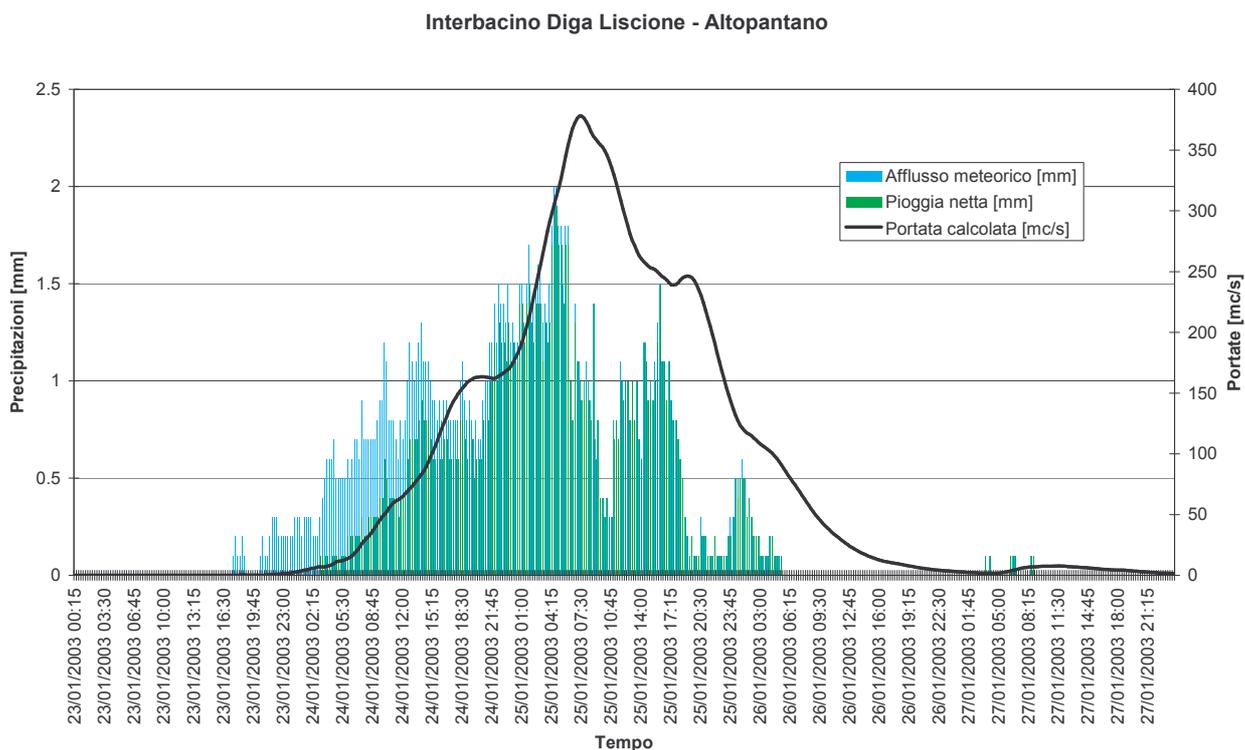


Figura 7 – Idrogramma interbacino Liscione - Altopantano

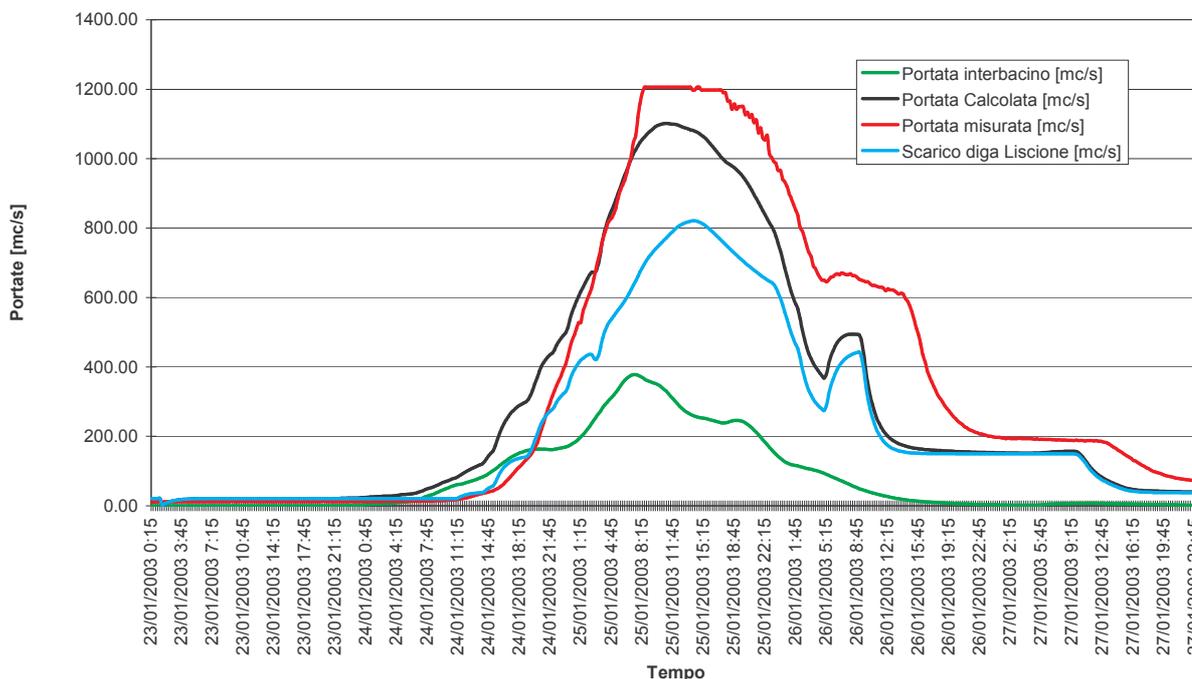
*Il contributo dell'interbacino è di circa 380mc/s. La portata ricostruita ad Altopantano è di circa 1100mc/s contro i 1200mc/s stimati sulla base dei livelli idrometrici e delle portate esondate.*

*Si osservi che l'idrogramma trasferito dalla diga del Liscione risulta ben fasato con quello misurato ad Altopantano. 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 ha contribuito a sfasare i due contributi posticipando il deflusso proveniente da monte.*

*L'idrogramma stimato dal modello idrologico e dagli scarichi del Liscione sembrerebbe sottostimare la piena transitata ad Altopantano. In tal senso è stata condotta una verifica sui volumi complessivamente affluiti e defluiti nella sezione.*

Figura 8 – Idrogrammi ad Altopantano

Fiume Biferno a Altopantano



Nella tabella 3 si riportano i volumi affluiti e transitati:

	Volumi [mc]
Idrogramma Altopantano	157517212
Idrogramma scaricato dal Liscione	97363482
Volume affluito all'interbacino	43919920
Volume complessivamente affluito ad Altopantano	141283402

Tabella 3 – Volumi affluiti e transitati ad Altopantano

Dalla analisi della tabella 3, assumendo per buoni i volumi scaricati dalla diga del Liscione e quelli affluiti all'interbacino si evince che l'idrogramma ad Altopantano risulta sovrastimato.

Tale discrepanza può essere dovuta ai seguenti fattori:

- leggera sovrastima della scala di deflusso sulla portata al colmo;
- 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.

In analogia con le elaborazioni condotte nella sezione a monte del Liscione sono stati calcolati anche gli idrogrammi con grado di saturazione iniziale pari a 0.75 e con rapporto cinematico-invaso di 0.1.

Gli idrogrammi con grado di saturazione 0.75 sono riportati nelle figure 9 e 10.

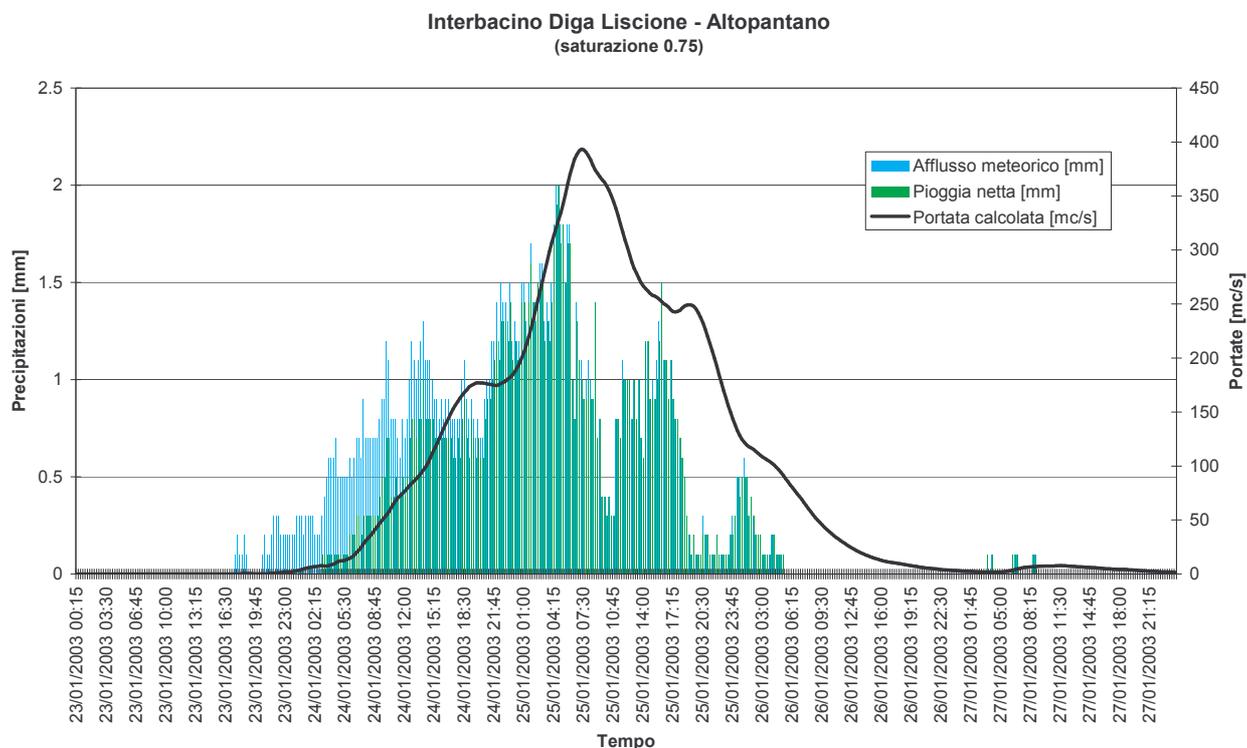


Figura 9 - Idrogramma interbacino Liscione - Altopantano con grado di saturazione 0.75

Il contributo dell'interbacino è di circa 390mc/s. La portata ricostruita ad Altopantano è di circa 1110mc/s contro i 1200mc/s stimati sulla base dei livelli idrometrici e delle portate esondate.

Gli idrogrammi con grado di saturazione 0.75 e rapporto cinematico-invaso 0.1 sono riportati nelle figure 11 e 12.

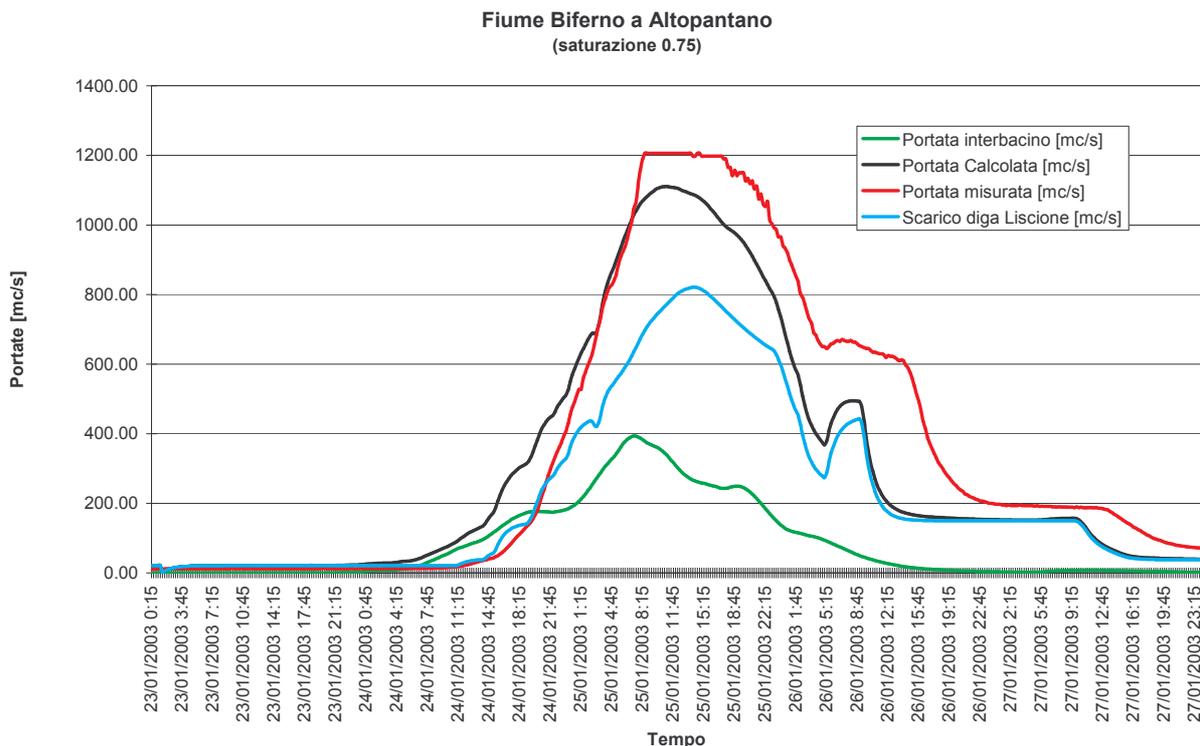


Figura 10 – Idrogrammi ad Altopantano con grado di saturazione 0.75

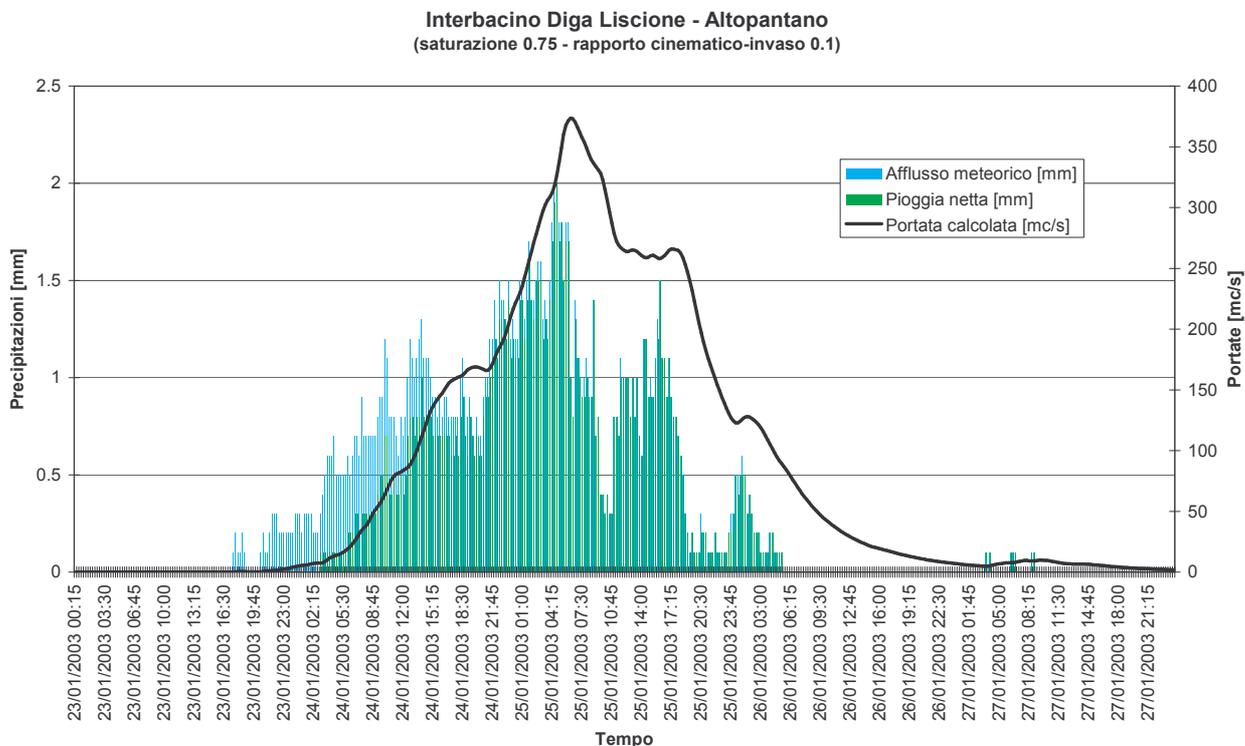


Figura 11 – Idrogramma interbacino Liscione - Altopantano con grado di saturazione 0.75 e rapporto cinematico invasivo 0.1

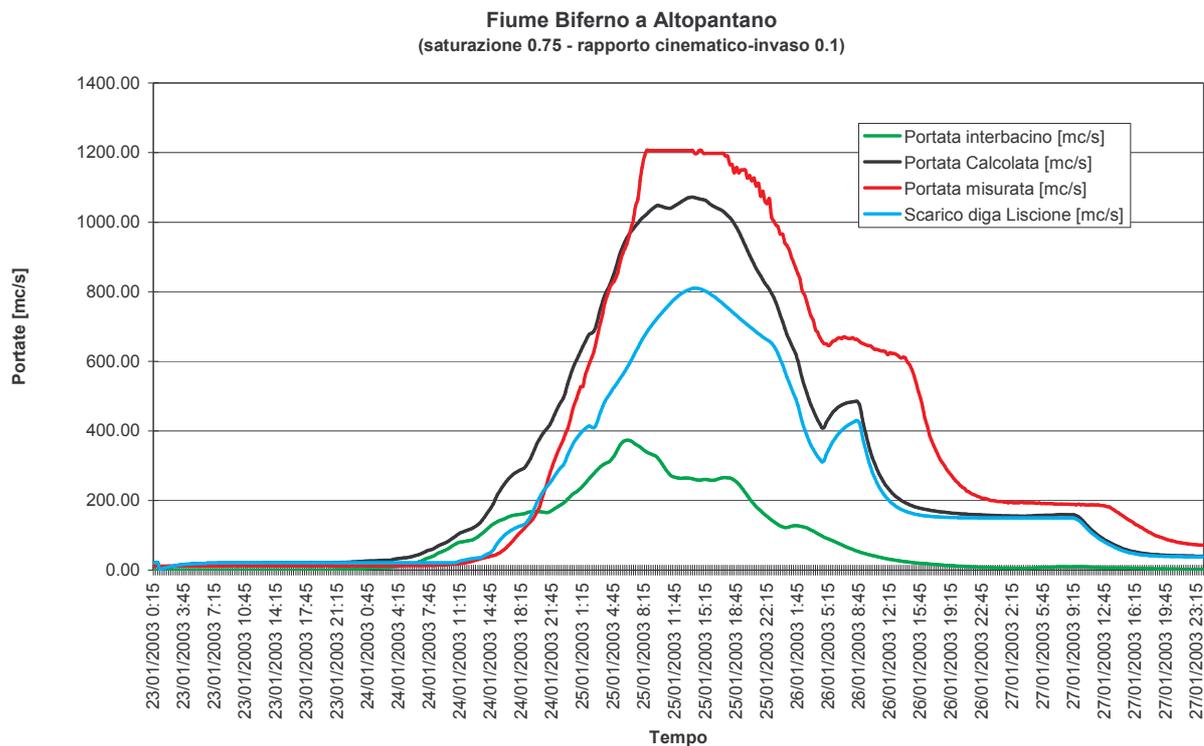


Figura 12 – Idrogrammi ad Altopantano con grado di saturazione 0.75 e rapporto cinematico invaso 0.1

Il contributo dell'interbacino è di circa 370mc/s. La portata ricostruita ad Altopantano è di circa 1070mc/s contro i 1200mc/s stimati sulla base dei livelli idrometrici e delle portate esondate.

### Valutazione dei tempi di ritorno

#### 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.

Nella figura 13 si riporta per le diverse durate il tempo di ritorno nelle stazioni dotate di CPP e medio sul bacino per la sezione del fiume Biferno a monte della diga del Liscione.

Tempo di ritorno delle precipitazioni alla diga del Liscione

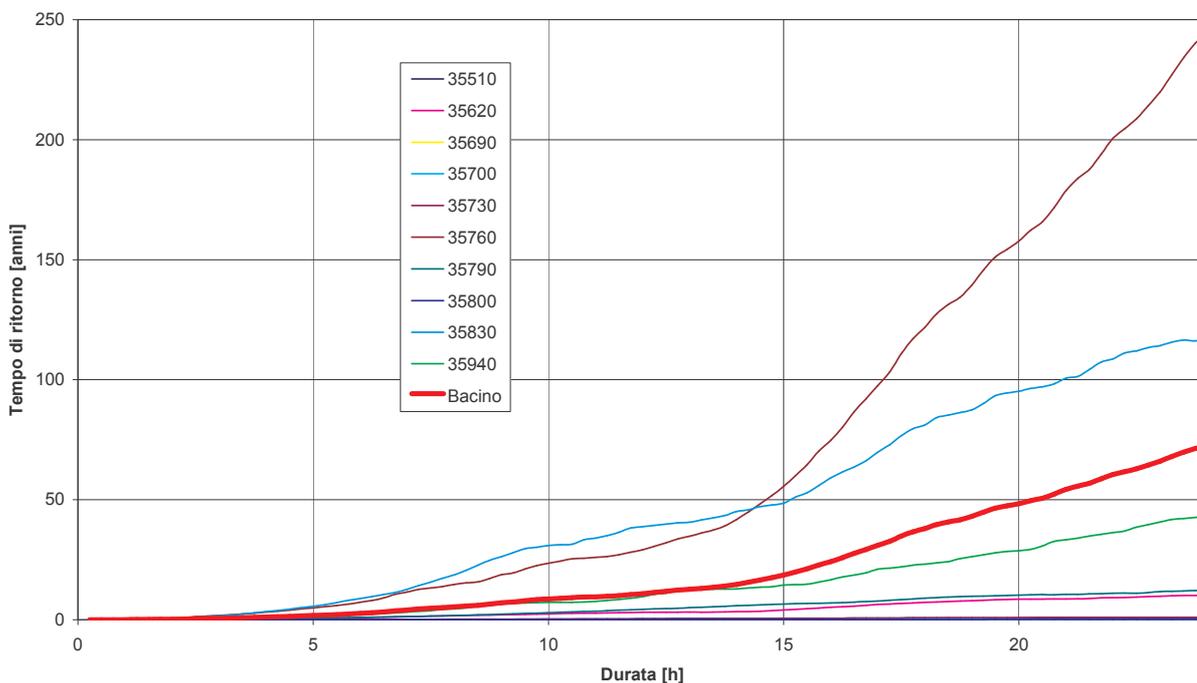


Figura 13 – Tempi di ritorno delle precipitazioni per le diverse durate a monte della diga del Liscione

Nella figura 14 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 si mantiene sotto i 20 anni fino alla durata di 15 ore per poi aumentare costantemente fino a circa 70 anni per la durata di 24 ore.

Il coefficiente  $K_r$  si mantiene sotto 0.90 fino a durate di 10 ore per crescere fino a 0.97 per durate di 24 ore. Tali valori così elevati evidenziano una estrema uniformità della precipitazione a livello di bacino.

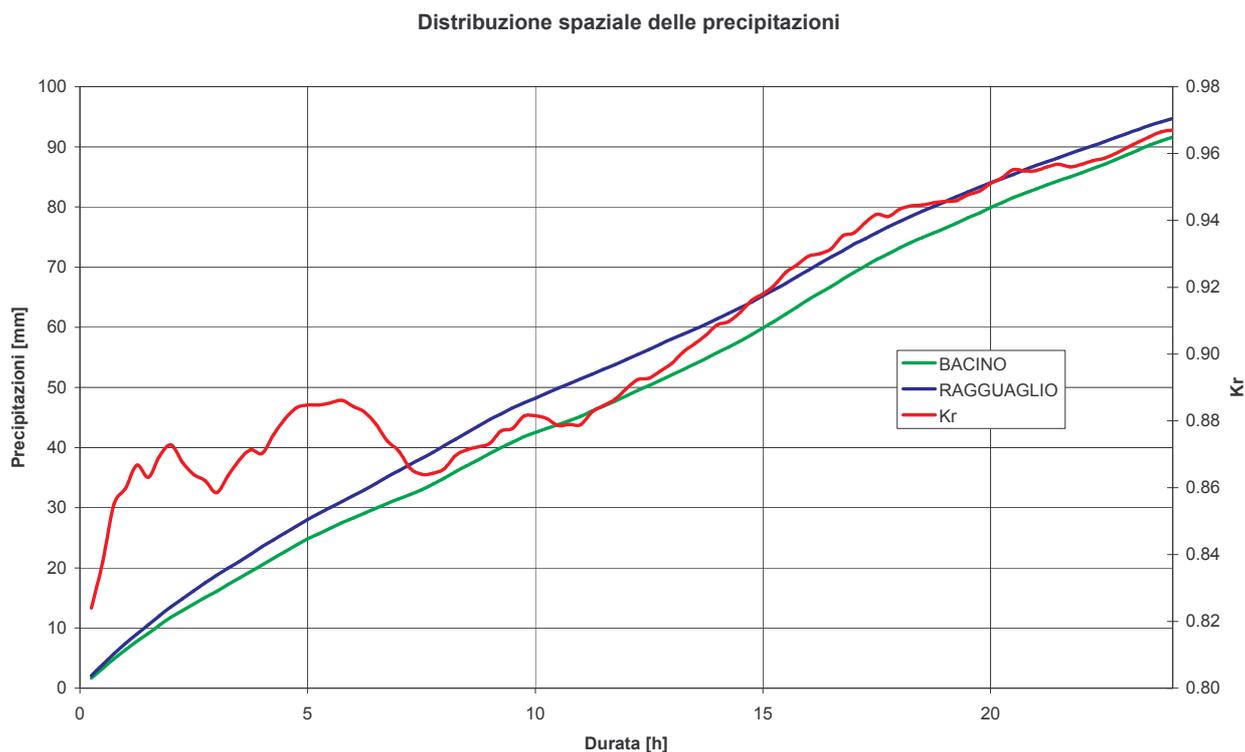


Figura 14 – Precipitazioni massime per le diverse durate e Kr alla diga del Liscione

Nella figura 15 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 del Liscione e Altopantano.

Nella figura 16 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 cresce uniformemente con la durata fino ad arrivare ad un valore di circa 30 anni per la durata di 24 ore.

Il coefficiente Kr si porta a valori superiori a 0.95 già per durate di 5 ore. L'omogeneità spaziale della precipitazioni risulta ancora maggiore rispetto a quello riscontrata a monte della diga del Liscione.

Tempo di ritorno delle precipitazioni interbacino Liscione - Altopantano

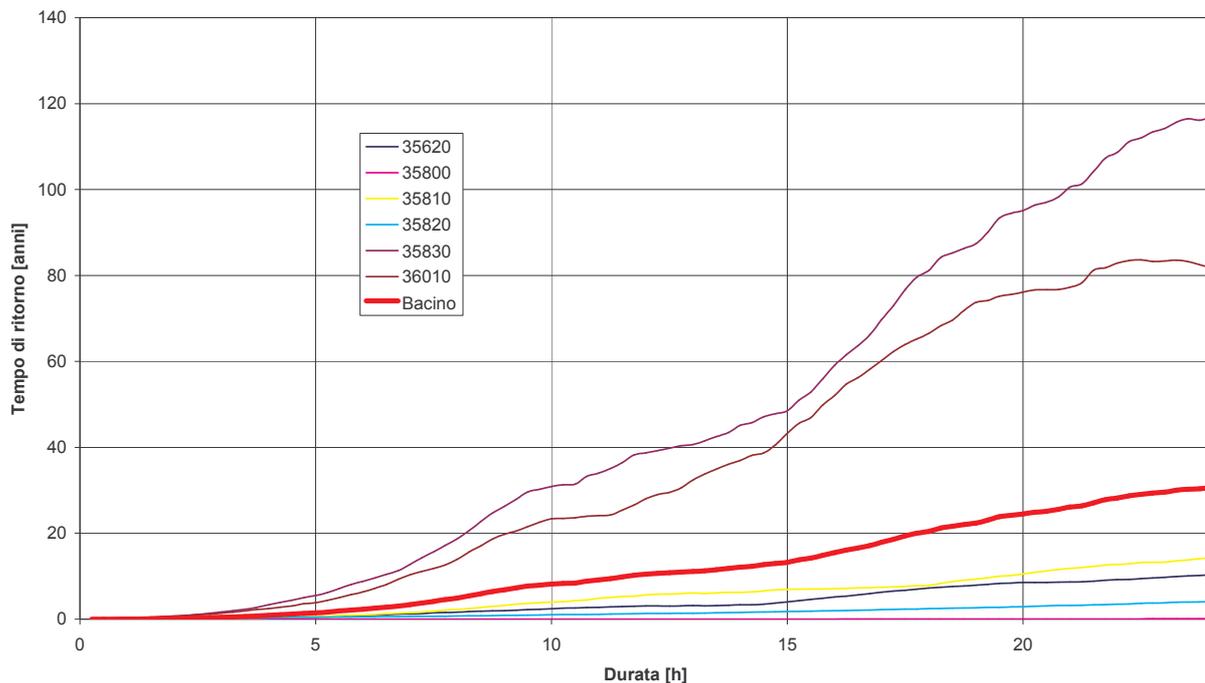


Figura 15 - Tempi di ritorno delle precipitazioni per le diverse durate a monte della diga del Liscione

Distribuzione spaziale delle precipitazioni

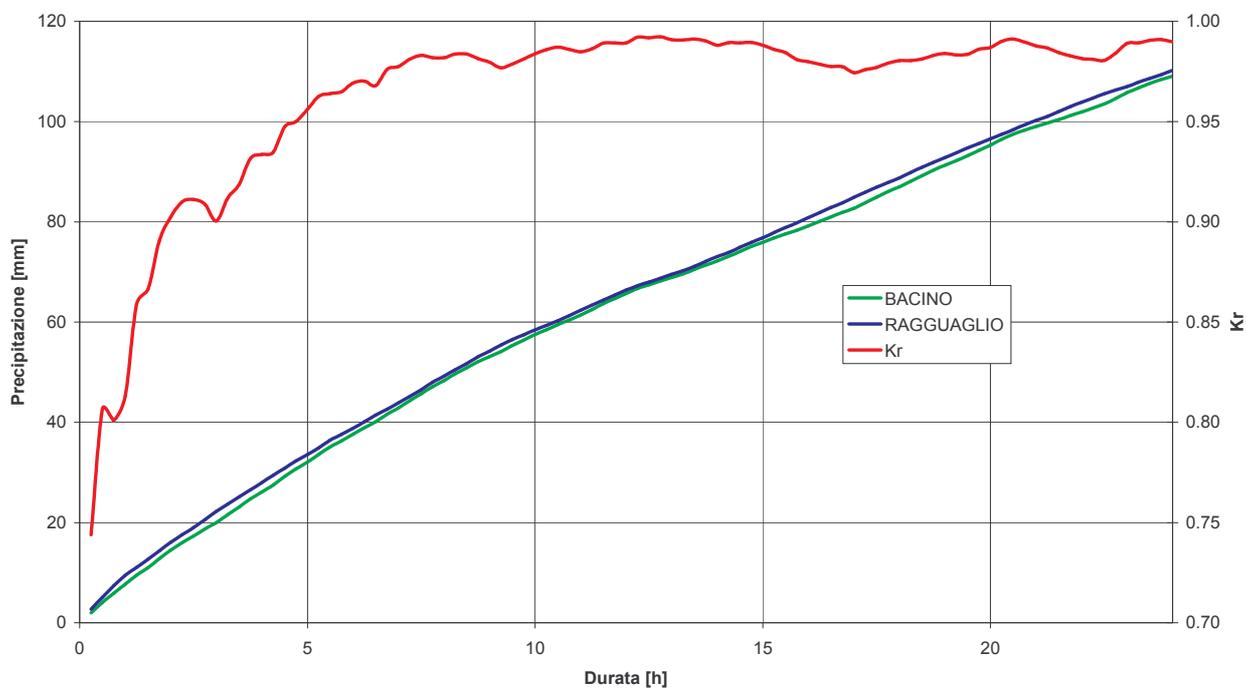


Figura 16 - Precipitazioni massime per le diverse durate e Kr interbacino tra il Liscione e Altopantano

### Le portate

Le portate al colmo ricostruite dal modello idrologico sono riportate nella tabella 4.

Sezione	Evento 2003
Monte diga del Liscione	995 mc/s – 1030 mc/s
Altopantano	1070 mc/s – 1110 mc/s

Tabella 4 – Portate al colmo ricostruite idrologicamente per l'evento del gennaio 2003

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 5.

Sezione	Tr 30	Tr 100	Tr 200	Tr 500
Monte diga del Liscione	987	1450	1796	2350
Altopantano	965	1453	1808	2373

Figura 5 – Portate [mc/s] per i diversi tempi di ritorno

Dalla analisi delle tabelle prima riportate si ricava che alla diga del Liscione e ad Altopantano l'evento ha avuto un tempo di ritorno compreso **tra 30 e 100 anni**.

### Conclusioni

La presente analisi è stata finalizzata alla ricostruzione idrologica dell'evento del gennaio 2003 nel bacino del fiume Biferno.

Sono state utilizzate tutte le stazioni disponibili nel bacino (Ufficio Idrografico, ERIM, 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 del Liscione e ad Altopantano.

Le elaborazioni condotte hanno evidenziato che il modello idrologico adottando gli stessi parametri medi utilizzati nel PAI per la stima delle portate di piena per i diversi tempi di ritorno fornisce alla diga del Liscione valori della portata al colmo praticamente identici a quelli stimati dall'ERIM.

Alla sezioni di Altopantano l'idrogramma ricostruito con il modello idrologico risulta inferiore a quello "misurato" sia in termini di portata al colmo che per volume transitato. Un calcolo condotto sul volume complessivamente affluito e quello sotteso dall'idrogramma di piena indica che l'idrogramma ad Altopantano fornisce valore del coefficiente di deflusso maggiore di 1 (e quindi non congruente). Tale fatto può essere spiegato sia dalla scarsa affidabilità della scala di deflusso che dal possibile sovralluvionamento della sezione a

---

*seguito dell'evento. 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.*

*La verifica del modello idrologico adottato alla luce dell'evento del gennaio 2003 può pertanto ritenersi assai soddisfacente. Le modifiche apportate a due dei parametri del modello (saturazione iniziale e rapporto cinematico invaso) si sono rese necessarie per uguagliare il coefficiente di deflusso e la fase del picco di piena ma non hanno di fatto modificato la stima della portata al colmo.*

*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 **ai 20 anni**.*

*Le portate presentano un tempo di ritorno compreso **tra 30 e 100 anni**.*

*Ciò è spiegabile considerando che l'evento del gennaio 2003 è stato caratterizzato da precipitazioni assai omogenee come evidenziato dalla analisi delle precipitazioni massime per le diverse durate che hanno consentito la risposta unitaria di tutto il bacino.*

#### **3.10.6.2.6.6 F. Sinarca**

Per questo corso d'acqua, nel tratto studiato idraulicamente (a valle di Masseria Saberta) non si manifestano fenomeni esondativi di particolare pericolosità almeno fino alla sezione SI0017, se si eccettuano i sormonti dei ponti di alcune strade non importanti già per eventi con  $Tr=30$  anni.

All'altezza della sezione citata i fenomeni esondativi tendono a interessare la S.P. Fondovalle Sinarca e l'Inceneritore di Termoli già per  $Tr=30$  anni.

Poco più a valle il Sinarca si presenta con argini artificiali in rilevato, che però vengono sormontati già per piene trentennali invadendo le pianure retrostanti sia in destra che in sinistra. Per piene con tempo di ritorno superiore vengono inondate le aree del Mattatoio che comprendono anche alcune abitazioni; da segnalare anche possibilità di rigurgito attraverso le foci del Vallone Cardone e del Fosso Diavolaccio.

Non risultano realizzate opere di mitigazione del rischio idraulico successivamente alla redazione del Progetto di PAI.

#### **3.10.6.3 Analisi geomorfologica e storico - inventariale**

L'analisi su base geomorfologica e storico - inventariale è stata adottata per tutti quei corsi d'acqua 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:

---

1. T. Rio per una lunghezza di circa 12 km dalla loc. Stazione FS di S. Angelo in Grotte alla confluenza col T. Callora;
2. T. Quirino per una lunghezza di circa 1 km dalla confluenza col T. Valle alla Stazione FS di Guardiaregia;
3. T. Valle per una lunghezza di circa 6 km dalla cava di Colle Rapina di Campochiaro fino alla confluenza nel T. Quirino;
4. Rio Cupo presso Guardiaregia per una lunghezza di circa 3 km a monte della confluenza col T. Quirino;
5. Rio di Casalciprano per una lunghezza di circa 4 km a monte della confluenza col F. Biferno;
6. V.ne delle Cese per una lunghezza di circa 3 km a monte della confluenza col F. Biferno;
7. T. Riomaio per una lunghezza di circa 8 km a monte della confluenza col F. Biferno;
8. F.so Agnuni per una lunghezza di circa 2 km a monte della confluenza col T. Riomaio;
9. F.so Casale per una lunghezza di circa 1 km a monte della confluenza col T. Riomaio;
10. V.ne Grande per una lunghezza di circa 7 km a monte della confluenza col F. Biferno;
11. T. il Rio per una lunghezza di circa 2 km a monte della confluenza col F. Biferno;
12. V.ne del Cervaro per una lunghezza di circa 11 km a monte della confluenza col F. Biferno;
13. F.so del Porcaro per una lunghezza di circa 3 km a monte della confluenza col V.ne del Cervaro;
14. V.ne Olivoli per una lunghezza di circa 3 km a monte della confluenza col F. Biferno;
15. Rio Vivo per una lunghezza di circa 7 km a monte della confluenza col F. Biferno;
16. T. Cigno per una lunghezza di circa 27 km a monte della confluenza col F. Biferno;
17. V.ne Due Miglia per una lunghezza di circa 6 km a monte della foce a mare;
18. T. Sinarca per una lunghezza di circa 13 km a monte di Mass. Saberta;
19. V.ne delle Coste per una lunghezza di circa 4 km a monte della confluenza col T. Sinarca;
20. V.ne Cupo per una lunghezza di circa 2 km a monte della confluenza col T. Sinarca;
21. V.ne Solagne Grandi per una lunghezza di circa 1 km a monte della confluenza col T. Sinarca;
22. F.so Ionata per una lunghezza di circa 2 km a monte della confluenza col T. Sinarca.

*L'analisi geomorfologica* è consistita nel distinguere, attraverso la Carta Geolitologica e la fotointerpretazione delle ortofoto AIMA e delle ortofotocarte regionali 1:10.000, le aree inserite nella dinamica fluviale di breve, medio e lungo periodo, 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.

I limiti delle tre aree sono stati 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..

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.

Il campo di applicazione dell'analisi geomorfologica è stato limitato a quei corsi d'acqua che non presentavano 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.

Ove l'informazione storica è risultata assente o carente e l'analisi idraulica classica non è stata possibile, 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.

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 appropriato

Le portate di verifica sono state calcolate col modello idrologico per tempi di ritorno 30, 200, 500 anni. Tenendo conto dell'ipotesi di assimilazione delle classi di inondabilità geomorfologiche con i tempi di ritorno di inondazione suddetti, si è quindi proceduto all'integrazione dell'analisi geomorfologica con le informazioni desunte da queste verifiche.

*L'analisi storico - inventariale* è stata utilizzata quale ulteriore strumento per la classificazione del territorio in fasce di pericolosità, affiancandola 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, per il caso in questione nella stragrande maggioranza dei casi non si è potuto disporre di informazioni utili; comunque, le poche raccolte sono state tuttavia utilizzate per individuare le situazioni da analizzare per via idraulica o geomorfologica e verificare i risultati di queste ultime analisi.

### **3.10.6.3.1 Analisi geomorfologica**

Attraverso la *Carta Geolitologica* sopra citata e la fotointerpretazione delle ortofoto AIMA e delle ortofotocarte regionali 1:10.000, 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:

---

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

*Classi di inondabilità su base geomorfologica*

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, come prima precisato, 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.

Le aree così identificate sono in prevalenza 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.

### **3.10.6.3.2 Verifiche idrauliche speditive**

Anche per queste verifiche il campo di applicazione dell'analisi geomorfologica è stato limitato a quei corsi d'acqua che non presentavano interventi di regimazione e opere antropiche, analogamente a quanto fatto per l'analisi geomorfologica e storico – inventariale.

In questo caso, però, 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 in quanto:

- 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.

---

Tenendo conto dell'assimilazione delle classi di inondabilità geomorfologiche prima indicate con i tempi di ritorno di inondazione suddetti si è quindi proceduto all'integrazione dell'analisi geomorfologica con le informazioni desunte da queste verifiche.

### 3.10.6.3.3 Analisi storico-inventariale

Le poche informazioni raccolte sono state utilizzate per individuare le situazioni da analizzare per via idraulica o geomorfologica e verificare i risultati di queste ultime analisi.

### 3.10.7 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.

Per la individuazione delle classi si riportano di seguito alcuni concetti preliminari adottati nel Progetto di PAI relativi alla definizione di rischio.

Una porzione di territorio soggetta a inondazione con conseguenti danni a persone e/o beni viene definita *area vulnerabile*.

*Elementi a rischio (E)* sono le persone, i beni e le attività economiche presenti in un'area vulnerabile, caratterizzati secondo:

- 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, espresso 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 il *danno (D)* è stato definito come prodotto del valore del bene per la sua vulnerabilità:

---

$$(1) \quad D_t = E_i V_i$$

Per un determinato elemento ed un prefissato periodo di tempo  $t$  il rischio  $R$  è il valore atteso del danno totale  $D_t$  opportunamente attualizzato:

$$(2) \quad R = A(D_t)$$

per fini pratici si è assunto 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.

La valutazione del rischio calcolata con la 3, 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 una valore della portata  $q$  è:

$$(4) \quad T = 1/[1 - F(q)]$$

Il legame tra pericolosità  $H_t$  e tempo di ritorno  $T$  è stato calcolato con la relazione:

$$(5) \quad H_t = 1 - (1 - \frac{1}{T})^t$$

### 3.10.7.1 Attività connesse all'analisi del rischio

Le attività connesse all'analisi del rischio sono state articolate nelle seguenti due fasi:

- 1) quantificazione del rischio: in base all'equazione 3, la valutazione del rischio è consistita nella stima della pericolosità dell'evento e del danno conseguente. Nei fenomeni alluvionali, la stima della *pericolosità*  $H$  dell'evento di piena si è valutata mediante l'analisi idrologica. La pericolosità è stata 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 è basata prima di tutto sulla definizione delle aree vulnerabili attraverso il tracciamento delle *mappe di esondazione*. Elementi caratterizzanti le aree sono state: *l'estensione* delle superfici allagate, i *volumi esondati*, le *massime altezze di sommersione*. Sulla base delle mappe di esondazione

sono stati individuati gli elementi a rischio mediante la sovrapposizione con la Mappa degli Elementi a Rischio .

- 2) riduzione del rischio: tale fase ha riguardato 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.

### 3.10.7.2 Definizione delle classi di pericolosità

La valutazione della pericolosità idraulica è stata condotta utilizzando i risultati dell'analisi idraulica per le aree di fondovalle più importanti e quelli dell'analisi geomorfologica storico-inventariale per le rimanenti, meno importanti.

La pericolosità idraulica è stata definita secondo tre classi PI1, PI2, PI3.

Nel caso dei tratti fluviali studiati con il modello idraulico la pericolosità è stata associata al tempo di ritorno, nel caso di aree con la sola analisi geomorfologica e storico-inventariale si è proceduto assegnando una pericolosità secondo un criterio tecnico-qualitativo.

Le definizioni delle diverse classi di pericolosità, sia per le aree studiate con il modello idraulico che per quelle oggetto della analisi geomorfologica sono state:

Classe di Pericolosità	Tempo di ritorno area inondabile (per le aree studiate su base idraulica)	Tipologia area (per le aree studiate su base geomorfologica)
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 associativa tra classi di pericolosità idraulica e risultati dell'analisi idraulica e geomorfologica

### 3.10.7.3 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 seguenti modifiche, che scaturiscono da una diversa dinamica dei fenomeni, e pertanto sono state adottate ai fini di una più corretta valutazione del rischio idraulico:

Tipologia uso del suolo	Modifiche rispetto alla classificazione adottata nell'analisi del rischio da frana
Tutte le tipologie della classe 6 ad eccezione dei sistemi colturali e particellari complessi	Dalla classe 6 alla classe 8
Sponde dei fiumi	Dalla classe 8 alla classe 5
Vegetazione ripariale	Dalla classe 8 alla classe 5
Cave e attività estrattive	Dalla classe 2 alla classe 3
Opere idrauliche	Dalla classe 3 alla classe 5

Modifiche alle classi della carta degli elementi a rischio

### 3.10.7.4 Mappatura del rischio idraulico

La valutazione del rischio è stata 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 è stato pertanto articolato in quattro classi: RI1, RI2, RI3 e RI4. La attribuzione delle classi di rischio è stata 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 seguente tabella sono elencate le classi di uso del suolo considerate ed in quella successiva sono riportate le classi di rischio idraulico in funzione della pericolosità idraulica e della classe di uso del suolo.

La mappatura del rischio è stata 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.

Nel caso di aree analizzate su base geomorfologica, per le quali non si conosce il tempo di ritorno dell'inondazione, si è proceduto sulla base delle associazioni già viste in precedenza.

Codice	Uso del suolo
1	Aree edificate urbane continue, autostrade, ferrovie, gallerie, grandi impianti di servizi pubblici e privati, insediamenti industriali e artigianali con spazi annessi, insediamenti commerciali, strade statali, tessuto residenziale continuo denso e mediamente denso
2	Aree per il tempo libero, aree sportive, campeggi, cantieri, insediamento rado, insediamento residenziale a tessuto discontinuo, P.I.P, parchi, strade provinciali, unità industriali e commerciali, Zona C, Zona D, zone edificate discontinue, installazioni speciali
3	Attività estrattive, cave, depuratori, discariche e depositi, metanodotti, strade comunali, tratturi, strade interpoderali
4	Oliveti, vigneti, frutteti
5	Corpi idrici (serbatoi, bacini, canali, estuari, fiumi, torrenti, fossi, paludi), formazioni riparie, opere di ingegneria idraulica, spiagge, dune, sponde fluviali e formazioni riparie, vegetazione ripariale
6	Sistemi colturali e particellari complessi
7	Boschi di latifoglie, aree a ricolonizzazione artificiale e naturale, aree agro-forestali, boschi di conifere e boschi misti
8	Colture annuali associate a colture permanenti, arboricoltura da legno, aree a pascolo, praterie e prati, aree a vegetazione rada, boschi cespugliati, brughiere, cedui

Codice	Uso del suolo
	matricinati, colture agrarie con spazi naturali importanti, rocce nude, falesie, rupi, affioramenti, seminativi in aree non irrigue, terre arabili con vegetazione continua e discontinua, vegetazione sparsa su calanchi e rocce

Classificazione dell'uso del suolo

Codice Uso del suolo	P3	P2	P1
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

Classificazione del rischio idraulico

Per le aree che ricadono nelle classi a rischio molto elevato (RI4) e elevato (RI3) 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 contenente in forma sintetica gli elementi informativi principali per la valutazione del rischio, come di seguito specificato.

#### 3.10.7.4.1 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 sono state individuate e analizzate le aree ricadenti nelle classi R4 e R3 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 per 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 era 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 degli elementi conoscitivi specifici considerati con attribuzione della classe di rischio corrispondente.

In totale sono state individuate con il Progetto di PAI 42 aree a rischio molto elevato e elevato, di cui 33 nel bacino del fiume Biferno, 6 nel bacino del fiume Sinarca, 2 nel bacino del torrente Tecchio e 1 nel Vallone Mille Miglia.

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 i seguenti criteri:

- • le infrastrutture di attraversamento, quali ponti e viadotti, che dalla procedura automatica di sovrapposizione della carta della pericolosità con quella dell'uso del suolo risultavano in classe R4, sono stati declassati nei casi in cui non risultano soggetti a sormonto;
- • agli impianti tecnologici, quali metanodotti e oleodotti, è stata attribuita la classe R3 assumendo l'attraversamento in alveo e valutando il rischio in termini di dinamica d'alveo piuttosto che in termini di inondazione;
- • le aree oggetto di futuri interventi urbanistici sono state adeguatamente classificate e perimetrate;
- • 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.

Nella tabella che segue per ciascuna classe di uso del suolo sono riportati i valori delle aree comprese nelle diverse fasce di pericolosità.

Classe Uso suolo	Superficie per classi di pericolosità (m <sup>2</sup> )			Totale (m <sup>2</sup> )
	P1	P2	P3	
1	266000	142000	39000	447000
2	1486000	3341000	823000	5650000
3	137000	370000	257000	764000
4	553000	984000	1268000	2805000
5	637000	1577000	15624000	17838000
6	60000	183000	21000	264000
7	777000	1418000	4499000	6694000
8	9793000	14814000	13591000	38198000
<b>Totale</b>	<b>13709000</b>	<b>22829000</b>	<b>36122000</b>	

Estensione delle aree a pericolosità idraulica per le diverse categorie di uso del suolo

Nella seguente tabella sono riportate le superfici delle aree classificate in funzione dell'uso del suolo e ricadenti nelle classi di rischio idraulico.

Classe uso del suolo	Superficie per classi di rischio (m <sup>2</sup> )				Totale (m <sup>2</sup> )
	R1	R2	R3	R4	
1	0	266000	142000	38000	446000
2	0	1486000	3341000	823000	5650000
3	0	506000	259000	0	765000
4	553000	984000	1268000	0	2805000
5	17839000	0	0	0	17839000
6	60000	183000	21000	0	264000
7	777000	5918000	0	0	6695000
8	24607000	13591000	0	0	38198000
<b>Totale</b>	<b>43836000</b>	<b>22934000</b>	<b>5031000</b>	<b>861000</b>	

Estensione aree a rischio idraulico

Come poi specificato, l'aggiornamento del Progetto di PAI condotto dall'AdB a seguito delle Conferenze Programmatiche ha portato ad un incremento delle dette superfici.

### 3.10.8 Definizione degli interventi

Le attività di definizione degli interventi per la mitigazione del rischio, sia di tipo strutturale che non strutturale, ha prodotto i seguenti elaborati specifici che assieme alla relazione generale costituiscono il fondamento del Progetto di Piano:

- Interventi strutturali
- Norme di Piano
- Sistemi di Allarme e Allerta
- Quadro economico

#### 3.10.8.1 Attività comuni alle due tematiche

##### 3.10.8.1.1 Norme di Piano

Le Norme di Piano predisposte per il bacino del fiume Biferno e Minori derivano da quelle proposte per il "Progetto di Piano Stralcio del Bacino del fiume Trigno (territorio abruzzese)".

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.

Ulteriori modifiche scaturiscono dalle risultanze della Conferenza Programmatica, come successivamente dettagliatamente descritte.

##### 3.10.8.1.2 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, pervenendo alla conclusione che tale sistema:

- a) dovrà avvalersi delle informazioni provenienti dalle reti di monitoraggio già presenti sul territorio eventualmente ampliate e integrate ove questo sia necessario;
- b) dovrà essere 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.

### **3.10.8.1.3 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.

## **3.10.8.2 Attività relative all'assetto di versante**

### **3.10.8.2.1 Definizione e criteri degli interventi di mitigazione del rischio**

Apposito elaborato del Progetto di PAI è stato dedicato a studi di approfondimento per gli scenari di rischio, che 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 piano di interventi per la mitigazione del rischio.

Tali approfondimenti risultano essere di semplice indirizzo giacché le specifiche condizioni geologiche, idrogeologiche, geotecniche ed idrauliche dovranno essere oggetto di studi di dettaglio, i presupposti imprescindibili per la definizione progettuale degli interventi di sistemazione.

---

Gli approfondimenti indicati per i diversi scenari prospettano 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.

### **3.10.8.3 Attività relative all'assetto idraulico**

#### **3.10.8.3.1 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 sono state 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.

Per gli interventi di tipo strutturale, cioè finalizzati alla riduzione del tempo di ritorno delle inondazioni, è stata valutata la possibilità di laminazione delle piene e quindi di riduzione della portata, nonché i possibili interventi per aumentare la capacità di smaltimento del corso d'acqua.

La valutazione della tipologia degli interventi strutturali è stata 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 stata poi verificata attraverso la simulazione idraulica dei corsi d'acqua considerati nello scenario di progetto.

I risultati delle analisi hanno fornito un quadro in base al quale sono stati definiti gli indirizzi e le proposte operative per la programmazione degli interventi. In particolare, a ciascun intervento è stato 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 stata 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.

#### **3.10.8.3.2 Criteri e obiettivi per la definizione degli interventi**

Gli interventi per la riduzione del rischio, come già evidenziato 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.

L'individuazione degli interventi è stata pertanto orientata da un lato al reperimento di aree di laminazione per l'abbattimento dei colmi e dei volumi di piena e, dall'altro, alla riprofilatura dei tratti insufficienti e all'adeguamento delle strutture arginali in prossimità dei centri abitati.

Si è scelto di programmare gli interventi in modo da 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*, in quanto di maggior urgenza;
- nella seconda si sono considerate 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*.

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

#### **3.10.8.3.3 Verifica idraulica degli interventi strutturali di messa in sicurezza**

---

Gli interventi previsti sono stati verificati mediante la modellazione idrologica e idraulica; in particolare, sulla base dei risultati ottenuti nella verifica in assenza di interventi (stato attuale), le condizioni critiche sono state adeguate mediante le diverse tipologie di intervento adottando le seguenti metodologie di schematizzazione:

- per i tratti di adeguamento arginale, l'eliminazione delle condizioni di esondazione per tracimazione è stata ottenuta mediante il contenimento dei massimi livelli di piena confinando il deflusso all'interno di appositi marcatori d'alveo inseriti all'interno del modello di simulazione;
- il controllo dei fenomeni esondativi attuato tramite le casse di espansione è stato simulato trasformando aree che, allo stato attuale, risultano soggette ad allagamento per eventi con tempi di ritorno tra 30 e 200 anni. La simulazione in tal caso è stata condotta assumendo la stessa morfologia delle aree inondabili già utilizzata nella verifica dello stato attuale, dalla quale è stata dedotta la legge di riempimento della cassa. La connessione idraulica tra cassa e corso d'acqua è stata simulata mediante uno sfioratore al quale sono stati attribuiti e verificati i parametri di lunghezza di sfioro e quota della soglia in relazione all'efficienza della cassa stessa;
- l'adeguamento delle strutture di attraversamento è stato simulato mediante modifica altimetrica della sezione idraulica, sopraelevando l'impalcato alla quota tale da non interagire con i livelli idrici massimi associati all'evento con tempo di ritorno di 200 anni. La sezione idraulica in senso trasversale viceversa non è stata modificata;
- gli interventi di riprofilatura della sezione idraulica sono stati schematizzati eliminando evidenti restringimenti ai quali è stata assegnata la sezione più adeguata dell'alveo immediatamente a monte o a valle del tratto considerato;
- altri interventi, di tipo puntuale, che comprendono diverse tipologie di opere, quali portelle di presidio insufficienze arginali localizzate, sopraelevazioni di strade, dei quali si è tenuto conto o in fase di simulazione (eliminazione di sfioratori nelle sezioni considerate) o in fase di interpretazione dei risultati delle verifiche idrauliche.

### **3.11 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 in specifico elaborato del Progetto di PAI.

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 sono in formati strutturati topologicamente in ambiente GIS tipo cover Arc/Info.

Di seguito si riporta una descrizione sintetica degli strati informativi prodotti per l'assetto idraulico e per quello di versante.

### **3.11.1 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.

### **3.11.2 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;
  - opere idrauliche e marittime - infrastrutture interferenti con i corsi d'acqua;
  - stazioni di misura idropluviometriche;
  - reticolo idrografico acquisito a media scala;
  - sezioni fluviali di interesse;
  - sezioni fluviali rilevate topograficamente;
-

- sezioni fluviali rilevate speditivamente;
- punti di ripresa fotografici (e fotografie relative);
- 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.

#### **4 REDAZIONE DEL PIANO STRALCIO DI BACINO PER L'ASSETTO IDROGEOLOGICO A CURA DELLA SEGRETERIA TECNICO – OPERATIVA.**

Nella seduta conclusiva del 2 maggio 2011, la Conferenza Programmatica ha espresso parere positivo al Progetto di Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico del bacino dei fiumi Biferno e Minori sulla scorta delle osservazioni pervenute nelle varie sedute tenutesi e accettate dalla Conferenza stessa.

La Regione Molise, con Deliberazione di Giunta Regionale n. 602 del 4 agosto 2011 ha preso atto del parere finale espresso dalla Conferenza facendo propri il “*documento istruttorio e la conseguente proposta dei pareri ...*”.

Si riporta di seguito il predetto deliberato

“

- 1) *di fare proprio il documento istruttorio e la conseguente proposta corredati dei pareri di cui all'articolo 13 del regolamento interno della Giunta che si allegano alla presente deliberazione quale parte integrante e sostanziale, rinviando alle motivazioni in essi contenute;*
- 2) *di procedere alla validazione delle procedure, condotte a norma dell'art. 1-bis della legge 11 dicembre 2000, n. 365 di gestione della Conferenza Programmatica per l'espressione del parere sul progetto di Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico del bacino regionale del fiume Biferno e Minori, i cui lavori sono documentati nel verbale All. A al documento istruttorio;*
- 3) *di procedere aslls presa d'atto del parere finale, esplicitamente riportato nel documento istruttorio.*

“

Sostanzialmente le determinazioni finali della Conferenza Programmatica, così come riportate nel suddetto documento istruttorio allegato alla Deliberazione di G.R. del Molise n. 365 hanno evidenziato le seguenti modifiche da apportare al Progetto di PAI, riguardanti sia l'aspetto normativo che l'aspetto tecnico:

- 1) modifica della normativa tecnica mediante ridefinizione della classe a pericolosità elevata PF2 graduando i livelli di pericolosità nell'ambito della suddetta classe in modo tale da individuare due sottoclassi;
- 2) fornitura, sulla base di apposita convenzione, ai Comuni interessati, degli “shape files” delle carte tecniche e del data-base di catalogazione dei fenomeni, strumento di lavoro intermedio dello studio del PAI.
- 3) verifica incrociata, con onere di aggiornamento, tra Progetto di PAI e studi successivi, quali: microzonazione sismica, supporto a P.R.G. o loro varianti di data successiva al progetto di PAI, ulteriori studi messi a disposizione dagli interessati anche in corso di Conferenza.
- 4) modifica dell'art. 18, “*Il demanio fluviale*” delle Norme Tecniche del PAI;
- 5) modifica dell'articolo 19 comma 2 delle Norme Tecniche del PAI;
- 6) modifica degli art.17 e 28 “*Realizzazione di opere pubbliche o di interesse pubblico*” delle Norme Tecniche del PAI;
- 7) variante alla carta d'uso del suolo del Progetto di P.A.I. con inserimento della sottozona F8 del programma di fabbricazione del comune di Castropignano a seguito della documentazione tecnica trasmessa dal comune medesimo
- 8) recepimento e perimetrazione delle due località ricadenti nel territorio del bacino che sulla base del vigente Piano Regionale dei Trasporti 2002/2012 vengono indicate come possibili

aree di realizzazione di un'aviosuperficie, previa acquisizione di adeguata cartografia fornita dalla Regione Molise;

9) modifica della metodologia per l'esecuzione delle verifiche idrauliche Allegato 1 "Indirizzi tecnici per la redazione di studi e verifiche idrauliche " relativamente alle Norme tecniche del PAI.

#### **4.1 ASSETTO DI VERSANTE**

Sulla base delle indicazioni scaturite dagli incontri tecnici e tenuto conto del parere della Conferenza programmatica di cui all'art. 1-bis della L. 365/00, proposto in via definitiva nella seduta del 6 maggio 2003 e validato mediante D.G.R. n. 602 del 4/8/2012, la fase di aggiornamento del Piano di Bacino - assetto di versante - si è esplicitata in una revisione riguardante gli aspetti normativi e tecnici.

L'aggiornamento ha riguardato la revisione dell'inventario dei fenomeni franosi, della pericolosità e del rischio da frana come conseguenza del recepimento degli studi successivi alla redazione del Progetto di PAI quali la *microzonazione sismica e gli studi a supporto ai P.R.G. o loro varianti di data successiva al progetto di PAI.*

Per quanto riguarda gli studi di microzonazione sismica della Regione Molise redatti successivamente all'adozione del Progetto di PAI, il Servizio Geologico ha evidenziato incongruenze tra le perimetrazioni presenti nella carta della pericolosità da frana del PAI e gli elaborati a corredo degli studi di microzonazione. È da sottolineare comunque, come non sia appropriato effettuare confronti diretti tra il contenuto di carte relative al censimento delle frane (carte inventario allegate agli studi di microzonazione sismica) ed il contenuto delle carte della pericolosità e del rischio da frana, redatte con finalità diverse e con contenuti diversi: infatti, le delimitazioni degli areali risulteranno per lo più diverse in termini geometrici.

Ad ogni buon conto, sono state analizzate le osservazioni inerenti i 31 comuni segnalati dal Servizio Geologico; di questi, a seguito degli approfondimenti condotti, sono state accolte le osservazioni relative ai comuni di Baranello, Casacalenda, Castelbottaccio, Castellino del Biferno, Castropignano, Civitacampomariano, Colle d'Anchise, Fossalto, Guardialfiera, Larino, Limosano, Lupara, Montagano, Montecilfone, Oratino, Petacciato, Petrella Tifernina, Pietracupa, Provvidenti, Ripalimosani, San Giacomo degli Schiavoni, San Martino in Pensilis, San Massimo, San Polo Matese.

Naturalmente l'elevato numero dei comuni ha portato ad effettuare una selezione e, solo su una parte dei suddetti, è stato effettuato un sopralluogo congiunto tra il Servizio Geologico regionale e l'Autorità di Bacino. Sono stati oggetto di sopralluogo i comuni di Casacalenda, Castellino del Biferno, Castropignano, Limosano, Lupara, Montagano, Montecilfone, Petrella Tifernina, Pietracupa, Provvidenti, Ripalimosani, San Giacomo degli Schiavoni, San Martino in Pensilis, San Massimo e San Polo Matese.

Su ogni comune sono state analizzate le situazioni di discordanza segnalate dal Servizio Geologico; nel merito, per i comuni per i quali si è accertato l'esistenza di perimetrazioni di maggior dettaglio, le stesse sono state recepite e integrate agli elaborati del PAI, poiché la finalità e l'oggetto del piano, tipicamente rivolto alla prevenzione del dissesto idrogeologico e di danni gravi a persone ed attività, suggeriscono la raccolta dei contributi conoscitivi di dettaglio.

Sulla scorta delle considerazioni svolte si è concluso che le modifiche apportate al piano non hanno stravolto né la natura né i suoi contenuti essenziali e che le modificazioni introdotte alle

---

single perimetrazioni si configurano come un approfondimento del quadro conoscitivo del dissesto, in linea con le finalità e la natura del Piano.

Occorre sottolineare che le modifiche ritenute di approfondimento e di migliore conoscenza dello stato dei luoghi, hanno riguardato l'inventario dei fenomeni franosi; ciò ha comportato la ripermetrazione dei poligoni già esistenti nonché l'inserimento di nuovi poligoni identificativi del/dei movimento/i franoso/si; successivamente si è proceduto all'attribuzione del livello di pericolosità corrispondente, in accordo con la metodologia del PAI e alla conseguente determinazione del rischio, in funzione della classe degli elementi a rischio.

In detta fase la pericolosità da frana è stata considerata coincidente con l'areale del movimento franoso.

Sono state aggiornate le tavole della pericolosità da frana T.02 (tavole nn. 02-04-05-09-10-12-13-14-16-17-18-19-21-22-27-30-31), le tavole del rischio da frana T.03 (tavole nn. 02-04-05-09-10-12-13-14-16-17-18-19-21-22-27-30-31) e gli studi di approfondimento per gli scenari prioritari (All. A.02).

Per quanto riguarda la verifica con gli strumenti urbanistici, dall'elenco presente nella nota prot. n. 8972 del 30/08/2010 trasmesso dal Servizio Gestione Urbanistico - Territoriale al richiedente Servizio Geologico ed allegato al documento istruttorio che fa parte integrante del verbale della Conferenza Programmatica conclusiva, risulta che solo i comuni Campomarino e Cantalupo del Sannio sono dotati di strumenti urbanistici approvati dopo il 2004.

Dall'analisi puntuale effettuata da questa Segreteria Tecnica che, per completezza, ha esteso l'esame anche al Comune di Castelpetroso (PdF approvato nell'anno 2003 e solo parzialmente interessato dal Progetto di PAI), risulta che per essi le disposizioni presenti nei piani urbanistici non sono in contrasto con quanto perimetro nel Progetto di P.A.I.

Relativamente all'integrazione del PAI con "*ulteriori studi massi a disposizione dagli interessati in corso di Conferenza*" si evidenzia che non vi sono state richieste di modifica degli elaborati del PAI da parte degli enti partecipanti alla Conferenza.

Per quel che concerne gli aspetti normativi si è proceduto alla modifica dell'art. 24 ridefinendo la classe di pericolosità da frana elevata PF2 inserendo una graduazione dei livelli di pericolosità e con conseguente individuazione di due sottoclassi.

Pertanto l'art. 24 risulta così modificato:

*appartengono alla classe PF2, caratterizzata da livelli di pericolosità da frana elevata:*

*a) le aree in cui sono presenti elementi distintivi del carattere di quiescenza rappresentati da indicatori geomorfologici diretti quali la presenza di corpi di frana preesistenti e/o da segni precursori di fenomeni gravitativi (ondulazioni, contropendenze, fratture di trazione, aperture anomale nei giunti di discontinuità, rigonfiamenti, etc.);*

*b) 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);*

*c) le aree di probabile evoluzione spaziale dei fenomeni censiti con stato attivo;*

*d) i fenomeni di dissesto superficiali, quali i soliflussi e/o le deformazioni viscosi dei suoli, per i quali è scontata l'attività continua nel tempo o, al più, il carattere stagionale; tali fenomeni vengono pertanto censiti come frane s.s. anche se tali non possono considerarsi (Canuti & Esu 1995; Cruden 1991);*

*e) le frane sulle quali sono stati realizzati interventi di consolidamento, ovvero le frane stabilizzate artificialmente.*

---

*Nell'ambito di tale classe di pericolosità vengono distinte due sottoclassi:*

*sottoclasse PF2a: comprende le tipologie indicate precedentemente con le lettere a) (frane quiescenti) e b) (areali che potrebbero evolvere attraverso fenomenologie di frana a cinematica rapida, quali crolli, ribaltamenti, debris flow);*

*sottoclasse PF2b: comprende le tipologie precedentemente contrassegnate con le lettere c) (aree di probabile evoluzione spaziale dei fenomeni censiti con stato attivo), d) (fenomeni di dissesto superficiali, quali soliflussi e/o deformazioni viscosi dei suoli) ed e) (frane stabilizzate artificialmente).*

*L'applicazione delle norme di cui ai successivi art. 26 e art. 27, è demandata alla responsabilità del geologo abilitato che individuerà, nell'ambito della redazione della Relazione di compatibilità idrogeologica, la tipologia di fenomeno riscontrata in base alla quale l'area viene classificata in sottoclasse A o in sottoclasse B, e, di conseguenza, la tipologia di intervento consentito.*

*I comuni competenti al rilascio dell'autorizzazione all'esecuzione delle opere, ai fini del controllo ad essi demandato, possono richiedere all'Autorità di Bacino, sulla base di apposita convenzione, i dati informatici relativi all'inventario dei fenomeni franosi utilizzato in fase di redazione del Progetto di Piano.*

In ogni caso, la distinzione fra gli areali delle due sottoclassi non risulterebbe visibile dagli elaborati grafici (nei quali continuerebbero a visualizzarsi gli areali distinti solo nelle tre classi principali) bensì sarebbe deducibile dalla consultazione, mediante *software* GIS, del *database* associato.

A seguito dell'individuazione delle due sottoclassi sono stati normati anche gli interventi in esse consentite e riportati negli articoli 26 e 27.

Sempre riguardo alla normativa di attuazione nell'art. 28 che regola gli interventi consentiti nelle aree a pericolosità da frana è stata sostituita la parola "servizi essenziali" con "opere pubbliche opere pubbliche e/o dichiarate di pubblico interesse".

## 4.2 ASSETTO IDRAULICO

Relativamente all'assetto idraulico la Conferenza Programmatica ha formulato le seguenti Osservazioni:

**1) osservazione** sulla "possibilità di attivare la procedura di sdemanializzazione per quelle aree che si identificano nell'alveo abbandonato da un corso d'acqua, di cui all'ex articolo 946 c.c., riservandone il divieto per quei casi contemplati dagli artt. 942 e 945 c.c. perché di nuova formazione dopo l'entrata in vigore della legge n. 37 del 5/1/1999".

La Segreteria Tecnica Operativa ha modificato l'articolo 18 – "Il demanio fluviale" della Normativa di Attuazione allegata al Progetto di P.A.I., inserendo al comma 1) la dicitura "**Nei casi non previsti dalla normativa nazionale.....**"

Art. 18	Art. 18 modificato
1. E' vietata la sdemanializzazione di aree del demanio idrico.	1. <b><u>Nei casi non previsti dalla normativa nazionale</u></b> è vietata la sdemanializzazione di aree

<p>2. Le suddette aree demaniali sono da conservare e valorizzare anche attraverso la realizzazione di parchi e di aree protette.</p>	<p>del demanio idrico.</p> <p>2. Le suddette aree demaniali sono da conservare e valorizzare anche attraverso la realizzazione di parchi e di aree protette.</p>
---	--

**2) osservazione** su *"la necessità della modifica dell'art. 19 comma 2 della Norme Tecniche che regolamenta la rimozione di materiale inerte dagli alvei fluviali"*

La Segreteria Tecnica Operativa ha modificato l'articolo 19 comma 2 lettera a) "Rimozione dei sedimenti" della Normativa di Attuazione allegata al Progetto di P.A.I. eliminando la dicitura **"preferibilmente, in ambiti fluviali diversi per reimmettere il materiale nella naturale dinamica fluviale;"**

<b>Art. 19 comma 2 lettera a)</b>	<b>Art. 19 comma 2 lettera a) modificato</b>
<p>2. Il materiale asportato per gli interventi di cui al comma 1 dovrà essere sistemato nell'ambito dell'alveo stesso prevedendo l'allontanamento dall'alveo del materiale solo nei seguenti casi motivati:</p> <p>a) impiego, da parte dell'Ente Pubblico, limitatamente alle quantità che sia dimostrato non essere possibile ricollocare nei modi su indicati, <u>preferibilmente, in ambiti fluviali diversi per reimmettere il materiale nella naturale dinamica fluviale;</u></p>	<p>2. Il materiale asportato per gli interventi di cui al comma 1 dovrà essere sistemato nell'ambito dell'alveo stesso prevedendo l'allontanamento dall'alveo del materiale solo nei seguenti casi motivati:</p> <p>a) impiego, da parte dell'Ente Pubblico, limitatamente alle quantità che sia dimostrato non essere possibile ricollocare nei modi su indicati.</p>

**3) osservazione** da parte del Comune di Colle d'Anchise che, sulla base di uno studio idraulico di maggior dettaglio relativo alla Località Piana dei Mulini, *chiede un aggiornamento della carta della Pericolosità Idraulica conseguentemente anche della Carta del Rischio (Tavola T02.02 e T03.02 del Progetto di PAI adottato).*

La Segreteria Tecnica Operativa, preso atto:

- a. di quanto previsto dal comma 2 dell'articolo 5 della Normativa allegata al progetto di PAI adottato (*...Gli elaborati di cui al comma 1, lettera a), b) d) e) f), sono periodicamente aggiornati, anche su richiesta delle Regioni competenti per territorio, secondo le procedure di cui all'art. 41, a seguito dell'attuazione di interventi, in relazione alla progressiva acquisizione di conoscenze, dati ed informazioni derivanti da studi, nonché per registrare il modificarsi delle situazioni di pericolosità e di rischio;*)
  - b. che lo studio idraulico prodotto dal Comune è stato condotto sulla base sia di un rilievo topografico di maggior dettaglio eseguito nell'anno 2010, sia degli indirizzi tecnici previsti nell'Allegato I alle Norme di Attuazione allegate al progetto di PAI;
- ha aggiornato le Tavole T02.02 e T03.02 del Progetto di PAI adottato in località Piana dei Mulini nel

Comune di Colle d'Anchise.

**4)osservazione** da parte del Comune di Castropignano: *il Comune rappresenta una serie di osservazioni relative ad un aggiornamento della carta di uso del suolo dell'area ubicata in sponda sinistra del fiume Biferno e l'esame di un progetto di realizzazione di una piscina turistica polivalente con annesso strutture ricettive ed impianti sportivi.*

La Segreteria Tecnica Operativa preso atto:

- a. che nella carta di uso del suolo (elaborato T01.05 del Progetto di PAI adottato) non è stata riportata la sottozona F8 del vigente Programma di Fabbricazione del Comune di Castropignano
- b. di quanto previsto dal comma 2 dell'articolo 5 della Normativa allegata al progetto di PAI adottato (*...Gli elaborati di cui al comma 1, lettera a), b) d) e) f), sono periodicamente aggiornati, anche su richiesta delle Regioni competenti per territorio, secondo le procedure di cui all'art. 41, a seguito dell'attuazione di interventi, in relazione alla progressiva acquisizione di conoscenze, dati ed informazioni derivanti da studi, nonché per registrare il modificarsi delle situazioni di pericolosità e di rischio*);
- c. che lo studio idraulico allegato al progetto di realizzazione di una piscina turistica prodotto dal Comune è stato condotto sulla base degli indirizzi tecnici previsti nell'Allegato I alle Norme di Attuazione allegate al progetto di PAI;

ha aggiornato le Tavole T01.05, T02.05 e T02.05 del Progetto di PAI adottato adiacenti al fiume Biferno in agro del Comune di Castropignano.

**5) osservazione** da parte del Comune di Termoli: *"il Comune propone un'osservazione conseguente all'acquisizione del progetto per la sistemazione idraulica del fiume Biferno tra la diga del ponte Liscione e la foce richiedendo un aggiornamento delle aree perimetrate in adiacenza del fiume Biferno in prossimità della foce"*.

La Segreteria Tecnica Operativa, preso atto:

- a. di quanto previsto dal comma 2 dell'articolo 5 della Normativa allegata al progetto di PAI adottato (*...Gli elaborati di cui al comma 1, lettera a), b) d) e) f), sono periodicamente aggiornati, anche su richiesta delle Regioni competenti per territorio, secondo le procedure di cui all'art. 41, a seguito dell'attuazione di interventi, in relazione alla progressiva acquisizione di conoscenze, dati ed informazioni derivanti da studi, nonché per registrare il modificarsi delle situazioni di pericolosità e di rischio*);
- b. che il Progetto di "Sistemazione idraulica del fiume Biferno nel tratto compreso fra la diga di Ponte Liscione e la Foce" è stato condotto sulla base, sia di un rilievo topografico di maggior dettaglio eseguito nell'anno 2010, sia degli indirizzi tecnici previsti nell'Allegato I alle Norme di Attuazione allegate al progetto di PAI;

ha aggiornato le Tavole T04.011, 013, 014, 015, 016, 017 e 018, e T05.011, 013, 014, 015, 016, 017 e 018 del Progetto di PAI adottato.

**6) osservazione** da parte dei Comuni di San Massimo e Cantalupo: *"richiesta di aggiornamento della carta uso del suolo in considerazione della previsione della realizzazione di una avio-superficie"*. In sede di tavolo Tecnico i Comuni hanno inoltre trasmesso una nota in cui si critica la metodologia suggerita nell'allegato 1 alle norme di attuazione del PAI relativamente alle modalità di esecuzione delle verifiche idrauliche. La suddetta critica è stata successivamente condivisa anche dal Servizio regionale competente (Difesa Suolo ed Opere Idrauliche con nota protocollo n. 2670/11 del 02/02/2011).

Il Piano Regionale dei Trasporti prevede la possibile realizzazione di una aviosuperficie in una delle due località: Piana in agro di Sepino o Piana in agro dei Comuni di Cantalupo del Sannio e San Massimo.

Su proposta di questi ultimi Comuni, che hanno presentato un progetto preliminare per la realizzazione dello scalo aeroportuale in sinistra orografica del torrente Rio su territorio di propria competenza, progetto corredato da parere favorevole dell'ENAC, la Giunta Regionale del Molise, con deliberazione n. 804 in data 12/09/2011 ha deliberato di:

“(..)

2. di prendere atto, condividendola, della proposta di cui alla nota congiunta dei Comuni di Cantalupo nel Sannio e di San Massimo (All. A), avente ad oggetto l'univoca localizzazione dello scalo aeroportuale di cui ai punti 4.1.5 e 3.2.5 del Piano Regionale dei Trasporti nella piana in sinistra orografica del fiume Rio, in agro dei ridetti enti;
3. di promuovere il consequenziale aggiornamento del Piano Regionale dei Trasporti, quale atto di indirizzo e programmazione;
4. di disporre l'invio del presente provvedimento ai Comuni di Cantalupo nel Sannio e di San Massimo.

(..)”

Poiché, ad oggi, il P.R.T. non è stato ancora aggiornato, così come stabilito con la citata deliberazione n. 804/2011, il Progetto di PAI non è stato modificato potrà esserlo, dopo la conclusione della procedura regionale di modifica del PTR, secondo quanto previsto dall'articolo 41 delle Norme di Attuazione

Relativamente all'osservazione sulla metodologia utilizzata per l'esecuzione delle verifiche idrauliche contenute nell'Allegato 1 la Segreteria Tecnica Operativa per tener conto di quanto proposto dalla Conferenza Programmatica ha modificato l'Allegato 1 con le seguenti precisazioni:

- a. la possibilità di utilizzare delle curve inviluppo delle portate di massima piena per i diversi tempi di ritorno solo in assenza di studi idrologici;
- b. la possibilità di utilizzare, per il dimensionamento delle opere idrauliche, portate di massima piena ricavate dalle diverse formule presenti in letteratura, previa verifica da parte dell'autorità competente al rilascio dell'autorizzazione all'esecuzione delle opere;
- c. la possibilità che le diverse strutture pubbliche (uffici regionali, provinciali e comunali) possano richiedere una verifica sul calcolo idrologico all'Autorità di Bacino qualora non si utilizzassero le curve inviluppo;
- d. l'Autorità di Bacino esprime il proprio parere sul calcolo idrologico in base ai valori di portata calcolati con il modello idrologico utilizzato per la redazione del Progetto di PAI.

Di seguito si riporta la modifica all'Allegato 1.

<b>Allegato 1 - Indirizzi tecnici per la redazione di studi e verifiche idrauliche</b>		<b>Allegato 1 - Indirizzi tecnici per la redazione di studi e verifiche idrauliche modificato</b>	
Nella seguente tabella sono riportate le curve di inviluppo per il calcolo delle portate di piena con tempi di ritorno di 30, 100, 200 e 500 anni, ove Q è la portata in mc/s e A è l'area del bacino sotteso in kmq.		In assenza di studi idrologici occorre per il calcolo delle portate di piena utilizzare le seguenti curve inviluppo ove Q è la portata in mc/s e A è l'area del bacino sotteso in kmq.	
Tempo di ritorno	Curva inviluppo	Tempo di ritorno	Curva inviluppo
30	$Q = 10 A^{0.72}$	30	$Q = 10 A^{0.72}$
100	$Q = 14 A^{0.72}$	100	$Q = 14 A^{0.72}$
200	$Q = 17 A^{0.72}$	200	$Q = 17 A^{0.72}$
500	$Q = 22 A^{0.72}$	500	$Q = 22 A^{0.72}$

Allegato 1 - Indirizzi tecnici per la redazione di studi e verifiche idrauliche	Allegato 1 - Indirizzi tecnici per la redazione di studi e verifiche idrauliche modificato
	<p>Le Autorità competenti al rilascio dell'autorizzazione all'esecuzione delle opere possono richiedere all'Autorità di Bacino, qualora nel calcolo idrologico non si utilizzassero le curve inviluppo, una verifica sulla valore della portata di massima piena utilizzata.</p> <p>La Segreteria Tecnica dell'Autorità di Bacino effettuerà la verifica del suddetto valore della portata di massima piena sulla base del valore calcolato con il modello idrologico utilizzato per la redazione del PAI.</p>

7) osservazione sulla *modifica della lettera a) del comma 1 degli articoli 17 e 28 della Normativa di Attuazione "Realizzazione di opere pubbliche o di pubblico interesse"* proposta in sede di Conferenza Programmatica

La Segreteria Tecnica Operativa ha modificato l'articolo 17 comma 1 lettera a) "Realizzazione di opere pubbliche e/o dichiarate di pubblico interesse" della Normativa di Attuazione allegata al Progetto di P.A.I.

Artt. 17 comma 1 lettera a)	Artt. 17 comma 1 lettera a)
<p>1. La realizzazione di opere pubbliche e/o dichiarate di pubblico interesse nella fascia di riassetto fluviale o nelle fasce di pericolosità può essere autorizzata dall'Autorità competente in deroga ai conseguenti vincoli, previa acquisizione del parere favorevole del Comitato Tecnico dell'Autorità di Bacino, a patto che:</p> <p style="padding-left: 40px;">a) si tratti di servizi essenziali non delocalizzabili;</p>	<p>1. La realizzazione di opere pubbliche e/o dichiarate di pubblico interesse nella fascia di riassetto fluviale o nelle fasce di pericolosità può essere autorizzata dall'Autorità competente in deroga ai conseguenti vincoli, previa acquisizione del parere favorevole del Comitato Tecnico dell'Autorità di Bacino, a patto che:</p> <p style="padding-left: 40px;">a) si tratti di opere pubbliche e/o dichiarate di pubblico interesse non delocalizzabili;</p>

### 4.3 SINTESI ATTIVITÀ SVOLTE

Le principali differenze con il Progetto di Piano a seguito delle modifiche apportate possono essere così sintetizzate:

- revisione dei dati risultati dall'aggiornamento del quadro conoscitivo del dissesto in funzione dei contributi migliorativi portati dalle osservazioni;
- aggiornamento degli areali a pericolosità e a rischio da frana come risultato dall'aggiornamento del quadro conoscitivo del dissesto in funzione dei contributi migliorativi al progetto di piano;

- aggiornamento degli scenari di rischio prioritari R4/R3 con l'inserimento di nuovi scenari conseguenti dall'aggiornamento del quadro conoscitivo del dissesto;
- aggiornamento dell'analisi economica degli interventi sulla base dei nuovi scenari di pericolosità e quindi di danno e quindi aggiornamento dell'indice di priorità;
- modifica delle norme di attuazione.

#### **4.4 ELABORATI DEL PAI**

Il PAI rielaborato a seguito della fase di osservazione e sulla base delle indicazioni emerse a seguito dello svolgimento della Conferenza Programmatica di cui alla L. 365/2000, è costituito dagli elaborati di seguito indicati e specificati all'articolo 5 delle norme di Attuazione

Costituiscono parte integrante del PAI i seguenti elaborati:

1. Relazione generale (R. 01)
2. Elaborati grafici:
  - assetto dei versanti e assetto idraulico: carta degli elementi a rischio (tavole da T 01.01 a T 01.33);
    - assetto dei versanti: carta della pericolosità da frana e da valanga (tavole da T 02.01 a T 02.33);
    - assetto dei versanti: carta del rischio da frana e da valanga (tavole da T 03.01 a T 03.33);
    - assetto idraulico: carta della pericolosità idraulica (tavole da T 04.01 a T 04.28);
    - assetto idraulico: carta del rischio idraulico (tavole da T 05.01 a T 05.28);
    - assetto idraulico: carta degli interventi strutturali (tavole da T 06.01 a T 06.02);
    - assetto dei versanti: studi di approfondimento per gli scenari di rischio prioritari – R4/R3 (all. A. 02);
    - assetto idraulico: schede descrittive del rischio idraulico (all. A.03);
3. Norme di Attuazione (all. A01);
4. Programma prioritario degli interventi (R.02);
5. Indicazioni su eventuali sistemi di allarme ed allerta (R.03);
6. Quadro del fabbisogno finanziario (R.04);
7. Valutazione di incidenza (R05).

Gli elaborati cartografici sono suddivisi in stralci cartografici tagliati secondo l'inquadratura in scala 1:10.000 della Carta Tecnica Regionale. Gli stralci sono stati prodotti in formato PDF e sono stampabili in formato A3. Gli elaborati sono stati redatti prendendo come base la Carta Tecnica Regionale, resa successivamente disponibile all'adozione del Progetto di Piano con Delibera di Giunta Regionale n. 31 del 16 gennaio 2012.

Le relazioni sono state tutte aggiornate sulla base delle osservazioni emerse in sede di Conferenza Programmatica.

Nello specifico a seguito dell'aggiornamento sia delle aree a pericolosità e degli interventi strutturali è stato necessario anche aggiornare tutto il calcolo dell'analisi costi benefici presente nell'elaborato R.02.

---