

PROGETTO DI
PIANO STRALCIO PER L'ASSETTO IDROGEOLOGICO
RISCHIO IDRAULICO

RELAZIONE

Febbraio 03

SINTESI GENERALE

L'approccio allo studio ed all'analisi generale delle problematiche idrogeologiche ed in particolare idrauliche, che l'Autorità ha programmato, avviato e sviluppato nel corso degli anni si basa su un processo metodologico - operativo, che ha reso possibile, in ogni fase, il rispetto del dettato legislativo ed ha, nel contempo, valorizzato le molteplici competenze necessarie per la definizione del rischio su area vasta, in linea con il carattere interdisciplinare che caratterizza il processo di pianificazione e programmazione proprio della legge 183/89.

Il rispetto del dettato legislativo è stato reso possibile dalla notevole flessibilità del processo che ha consentito, di volta in volta, di adattare ed indirizzare le azioni in funzione di un iter normativo particolarmente articolato e complesso, che si è andato snodando attraverso fasi ordinarie ed emergenziali, come riassunto nella seguente tabella

L. 183/89, L. 493/93 art. 12 D.P.R. luglio 95 e successive Integrazioni	Studi prioritari Preliminare di Piano di Bacino Definizione Bacino e Piani Stralcio
26/01/96	Adozione Linee Guida per la redazione dei Piani Stralcio di Difesa dalle Alluvioni.
07/09/99	Adozione Piano Stralcio di Difesa dalle alluvioni per il Bacino Volturno (PSDA)
Emergenza Sarno maggio 98 D.L. 180/98, L. 267/98, L. 226/99 OPCM 2787/98 e successive integrazioni	Piano Straordinario per l'individuazione e la perimetrazione delle aree a rischio idrogeologico più elevato", da elaborare ed approvare entro il 30/10/99
Emergenza Cervinara e San Martino Valle Caudina Dicembre '99 OPCM 3029/2000 e successive integrazioni	Supporto dell'Autorità di Bacino al Dipartimento di Protezione Civile ed elaborazione di studi specifici, propedeutici all'individuazione degli scenari di rischio a scala di dettaglio (1 : 5.000)

Autorità di Bacino dei Fiumi Liri-Garigliano e Volturno

Emergenza Soverato L. 365/2000 OPCM 3081/2000 e successive integrazioni	Attività straordinaria di polizia idraulica e di controllo sul territorio; supporto e coordinamento da parte dell'Autorità di Bacino. Scadenze e procedure per l'elaborazione dei "progetti di Piano Stralcio di assetto idrogeologico" nonché dei piani stessi.
--	---

Nel rispetto delle normative citate, le attività svolte hanno rappresentato, in ogni fase, un tassello di un ben più ampio processo che si è posto, fin dall'inizio, l'obiettivo di un *Progetto di Piano Stralcio* rigoroso ed organico. Il conseguimento di tale obiettivo è stato facilitato dall'approccio prescelto che, da una parte, ha consentito di acquisire conoscenze di valenza molto più generale per l'Autorità e, dall'altra non ha comportato particolari problemi per le accelerazioni prodotti dall'iter legislativo e/o per il maggior grado di approfondimento di volta in volta richiesto.

In particolare, il *"Piano Stralcio per la Difesa dalle alluvioni per il Bacino Volturno"* ha consentito, di definire il rischio idraulico, definire gli indirizzi alla programmazione, proporre un programma di interventi di mitigazione del rischio, verificando contestualmente la validità dei principali interventi strutturali in corso o in progetto.

Il Piano contiene:

- la delimitazione delle aree a differente pericolosità;
- L'individuazione delle condizioni di squilibrio, sulla base dei principi esposti nel citato DPR. Luglio 95;
- definito gli indirizzi per la programmazione degli interventi strutturali e non strutturali;
- proposto un programma di interventi

Nel periodo successivo all'adozione de PSDA, l'Emergenza Sarno e l'emanazione del D.L. 180/98 hanno notevolmente accelerato la procedura di redazione dei Piani Stralci imponendo di fatto delle scadenze alla adozione degli stessi, almeno riguardo al dissesto idrogeologico (frane ed alluvioni) alcune delle attività programmate che si sono concretizzate nella redazione dei *"Piani Straordinari per l'individuazione e perimetrazione delle aree a rischio idrogeologico molto elevato"*. La elaborazione di tali piani, in base a quanto definito dai dettati legislativi, doveva avvenire attraverso procedure ed attività

speditive, quali: *un'analisi territoriale svolta in scala adeguata, almeno 1:25.000, in base agli elementi e ai dati già disponibili; realizzazione della cartografia dei fenomeni franosi, degli insediamenti delle attività antropiche e del patrimonio ambientale di particolare rilievo; perimetrazione delle aree a rischio sulla base della sovrapposizione degli elementi in precedenza citati.*

Considerato il carattere emergenziale del decreto legge, la “*perimetrazione delle aree a rischio idrogeologico molto elevato*” si è basata su alcune attività già previste nelle attività in corso di estendimento del PSDA al bacino Liri-Garigliano in scala 1:10.000. Tale fatto ha attribuito al piano previsto dal D.L. 180/98 e successive integrazioni, il significato di un piano preliminare che, nell'individuare le zone a rischio più elevato, ha le basi per i successivi approfondimenti.

Successivamente alla approvazione del *Piano Straordinario* da parte del Comitato Istituzionale (seduta del 27/10/99) e alla pubblicazione sulla Gazzetta Ufficiale n° 275 del 23/11/99, *l’Emergenza Cervinara/San Martino Valle Caudina (15, 16 e 17 dicembre 1999)* ha comportato ulteriori attività da parte dell’Autorità di Bacino, quali la elaborazione di studi specifici in scala 1:5.000 (geologia, geomorfologia, idrologia, idraulica, idrogeologia, insediamenti urbani, infrastrutture, vincoli), propedeutici all’individuazione degli scenari di rischio a scala di dettaglio (come riportato nell’allegato c 2/1).

Contestualmente a tali attività si è proseguito: nella concertazione con gli Enti, nella verifica del *Piano Straordinario*, nell’espletamento delle attività straordinaria di polizia idraulica e di controllo sul territorio (art. 2 L. 365/2000) e nello svolgimento degli studi per la elaborazione del Piano Stralcio frane. Alcune delle attività realizzate ed avviate si inquadrano nel “*Programma di mitigazione del rischio*” (cap. 7).

L’attività di concertazione, già avviata e sviluppata, è stata proseguita fornendo supporto tecnico agli Enti territoriali per:

- la verifica di quanto individuato e perimetrato con il *Piano Straordinario*;

- li Enti Territoriali che chiedevano all'Autorità di Bacino verifiche per le aree a rischio e segnalazioni relative ad evidenze di fenomeni di dissesto;
- la illustrazione del processo operativo e metodologico in corso per la redazione del *Piano assetto idrogeologico* ;
- la valutazione di progetti nonché degli strumenti urbanistici per la formulazione dei relativi pareri;
- le conferenze di servizi indette dalle Amministrazioni ricadenti nei bacini di competenza dell'Autorità.

L'attività di verifica del *Piano Straordinario* si è concretizzata di fatto nella adozione di una variante alla perimetrazione del Piano Straordinario per il comune di Sora, a seguito dei risultati derivanti dalla applicazione di modelli matematici di maggior dettaglio per la simulazione del deflusso di piena ha comportato lo sviluppo di una azione complessa, sia in termini tecnici che amministrativi. Si è, infatti, proceduto ad una verifica idraulica di dettaglio ed successiva ripermimetrazione, con conseguenti variazioni al Piano Straordinario (proseguendo in un iter procedurale di approvazione definito dal D.L. 180/98, L. 267/98 e L. 226/99).

L'attività straordinaria di polizia idraulica e di controllo sul territorio (art. 2 L. 365/2000), è stata svolta in relazione a quanto dettato dall'art. 2 della L. 365/2000, in base al quale *“le Regioni, d'intesa con le Province, con la collaborazione degli uffici dei Provveditorati alle Opere Pubbliche, del Corpo Forestale dello Stato, dei Comuni, delle Comunità Montane, dei Consorzi di Bonifica, le Strutture Commissariali, effettuano una “attività straordinaria di sorveglianza e ricognizione lungo i corsi d'acqua e le relative pertinenze, nonché nelle aree demaniali, attraverso sopralluoghi finalizzati a rilevare le situazioni che possono determinare maggiore pericolo, incombente e*

potenziale, per le persone e le cose ed a identificare gli interventi di manutenzione più urgenti”.

Nel rispetto della normativa ed in relazione alle azioni svolte, l’Autorità di Bacino ha intrapreso una azione di coordinamento e supporto tecnico con i soggetti interessati, che si è differenziata in relazione alle richieste delle Regioni e delle conoscenze specifiche sul territorio.

Il programma da sviluppare è stato predisposto d’intesa con le Regioni, attraverso riunioni ed incontri ai quali hanno preso, talora, parte gli altri soggetti pubblici e gli Enti locali interessati.

Per l’acquisizione degli elementi necessari, è stata predisposta apposita scheda, sono stati individuati alcuni bacini campione sui quali tarare le attività programmate ed è stata fornita agli Enti tutta la documentazione disponibile. Ad oggi si sono tenuti vari incontri per il coordinamento delle attività da espletare e per la verifica di quanto realizzato.

Pur non avendo ancora conseguito risultati particolarmente significativi, considerata la validità del programma da realizzare, si ritiene indispensabile proseguire nelle azioni intraprese che dovranno essere necessariamente svolte e prese in considerazione in fase di esecuzione e concertazione, del *“Progetto di Piano Stralcio di Assetto Idrogeologico”*.

Sulla base dell’esperienza sin qui acquisita, appare utile sottolineare la necessità di svolgere tali attività facendo riferimento a criteri ed indirizzi ben definiti, al fine di evitare “facili interpretazioni”, “informazioni disomogenee e sovrapposizioni”, che potrebbero risultare estremamente dannose e generare confusione.

Per quanto riguarda, infine, il *Progetto di Piano Stralcio Assetto idrogeologico- rischio idraulico* il processo intrapreso ha consentito di valorizzare costantemente le risultanze delle attività in precedenza descritte

che hanno concorso all'analisi di tutti gli aspetti fisici ed antropici di interesse (*geologia, geomorfologia, idrologia, idraulica; insediamenti urbani ed infrastrutturali, danno, vincoli, emergenze ambientali, storico, archeologiche ed architettoniche*). L'insieme delle conoscenze acquisite si è concretizzata nella redazione (a scala 1 : 10.000) di:

- Carta delle fasce fluviali
- Carta del Rischio

Tali tematismi rappresentano il risultato finale del processo di pianificazione, come si dirà nella presente relazione.

Tali tematismi hanno consentito una perimetrazione omogenea sull'ambito Liri-Garigliano territorio e rappresentano, nel contempo, un rilevante patrimonio per l'Autorità, ai fini dell'espletamento di tutte le attività di propria competenza (Piano di Bacino, Piani Stralcio, uso e governo del territorio).

Per queste azioni, ed in particolare per gli studi di dettaglio da condurre all'interno di aree critiche particolarmente significative, l'Autorità di Bacino ha individuato un processo specifico per il perseguimento degli obiettivi prefissati dal Piano ed in *dal Programma di mitigazione del rischio (approvato dal Comitato Istituzionale nell'ottobre '99), della programmazione comunitaria, nonché definito dal programma di sviluppo per il Mezzogiorno.*

Obiettivi questi ultimi fondamentali per una corretta politica di sviluppo che sia, tra l'altro, in grado di contestualizzare le funzioni ed i compiti che ogni Ente, per le proprie competenze, deve assumere ed assolvere in materia di uso e gestione del sistema territoriale.

A tal riguardo si osserva che l'Autorità, fin dall'inizio delle attività propedeutiche alla redazione del Piano, ha maturato il convincimento della necessità di rendere la propria struttura tecnica protagonista del governo del

sistema fisico-ambientale. A tal fine ha sempre di più utilizzato la struttura operativa, integrata da collaboratori esterni di comprovata esperienza.

1. INTRODUZIONE

1.1. FINALITÀ.

L'Autorità di Bacino dei fiumi Liri-Garigliano e Volturno ha avviato già da tempo la redazione del Piano di Bacino, strumento dinamico ed in continuo aggiornamento preposto alla tutela dell'integrità fisica del territorio sotto i suoi molteplici aspetti (geologico, idrologico, idrogeologico, idraulico, ambientale, urbanistico, agrario e paesaggistico).

Il compito delegato alle Autorità di Bacino è sicuramente arduo e difficile perché per garantire una pianificazione omogenea ed integrata si pone il problema di assicurare, da un lato le rispettive autonomie dei vari Enti territoriali coinvolti, dall'altro lato di intervenire con una programmazione che raccordi le varie azioni.

La legge 183/89 pone l'accento su una programmazione quadro di organica attività urbanistica per eliminare i possibili contrasti fra gli interventi di settore, per risolvere eventuali interferenze e sovrapposizioni, per rendere compatibili le scelte con le peculiari vocazioni dei luoghi e nel rispetto dell'ambiente.

L'obiettivo è quello di considerare il territorio, nel suo insieme di valori naturali e culturali, come un'enorme risorsa non riproducibile da tutelare e conservare, ripensando ad un migliore e soprattutto diverso uso da quello perpetrato negli ultimi anni, mirato essenzialmente allo sfruttamento, al consumo ed alla mercificazione dei beni naturali.

Il presente **Piano Stralcio per l'assetto Idrogeologico – Rischio Idraulico**, in seguito denominato PSAI-RI è lo strumento diretto al conseguimento di condizioni accettabili di sicurezza idraulica del territorio, nell'ambito più generale della salvaguardia delle componenti ambientali all'interno delle fasce di pertinenza fluviale.

Con il PSAI-RI si intende dare una svolta di metodo alla pianificazione ripensando ad un diverso uso del territorio predisponendo, da un lato, un programma integrato di interventi e proponendo, dall'altro un sistema normativo dettagliato.

Le proposte di intervento nonché vincoli e norme di tutela e di salvaguardia, dettate dal PSAI-RI, saranno inserite nei piani regionali, provinciali e comunali.

Le finalità generali che il piano stralcio persegue sono dettate all'art.3 della legge 183/89 con particolare riferimento alle lettere b, c, l, m, n e q attraverso:

- "la difesa, la sistemazione e la regolazione dei corsi d'acqua";
- "la moderazione delle piene";
- "la manutenzione delle opere";
- "la regolamentazione dei territori interessati dalle piene"

Con l'adozione del PSAI-RI si consente:

- l'avviamento di un processo di pianificazione di bacino, basato su un approccio non puntuale ai singoli dissesti bensì sull'inquadramento degli stessi alla scala di bacino, rispetto al quale siano definiti le linee generali di sistemazione per la difesa del suolo;
- l'individuazione delle priorità di intervento;
- il controllo, sia in corso d'opera che successivo, sull'attuazione dei programmi ed interventi e sugli effetti degli stessi;
- la ridefinizione periodica dei programmi di intervento sulla base del controllo degli effetti attesi e di nuovi ed eventuali fabbisogni.

1.2. STATO ATTUALE DELLA .PIANIFICAZIONE

La legge 183/89 all'art. 17, così come modificato dall'art. 12 della legge 493/93, prevede che *"i piani di bacino idrografico possono essere redatti ed approvati anche per stralci relativi a settori funzionali che in ogni caso devono costituire fasi sequenziali e interrelate rispetto ai contenuti di cui al comma 3. Deve comunque essere garantita la considerazione sistemica del territorio e devono essere disposte, ai sensi del comma 6-bis, le opportune misure inibitorie e cautelative in relazione agli aspetti non ancora compiutamente disciplinati"*. Appare necessario riportare un'analisi cronologica delle attività svolte in materia di rischio idraulico, in considerazione anche del fatto che la normativa di settore ha subito una notevole evoluzione in questi ultimi 3 anni.

- Avvalendosi di quanto previsto dall'art. 12 della Legge 493/93, l'Autorità di Bacino ha adottato in data 07.09.99 il "Piano stralcio per la difesa dalle alluvioni" (PSDA) relativamente alle aste principali del F. Volturno. Tale Piano è in fase di approvazione ed allo stato attuale vigono le misure di salvaguardia adottate contestualmente al PSDA. Tale Piano è stato predisposto sulla base del DPCM 26.08.96. *Criteri per la redazione dei Piani di bacino*, che sono stati recepiti in un documento metodologico denominato "*Linee guida per la predisposizione dei Piani stralcio di difesa dalle alluvioni*" adottato dal Comitato Istituzionale il 29.01.96 e che costituisce il riferimento tecnico utilizzato anche per il presente Piano.
- Successivamente, a seguito degli eventi che hanno colpito il Comune di Sarno, è stato emanato il DL: 11 giugno 1998 n. 180, recante *misure urgenti per la prevenzione del rischio idrogeologico ed a favore delle zone colpite da disastri franosi nella regione Campania* convertito con legge 3 agosto 1998, n. 267. Tale disposto imponeva l'adozione da parte delle Autorità di bacino di un Piano Stralcio per l'assetto idrogeologico entro il 30.06.99, laddove non si fosse già provveduto, e la predisposizione delle relative misure di salvaguardia.
- Al fine di fornire elementi tecnici per la predisposizione dei piani per l'assetto idrogeologico, è stato emanato il D.P.C.M. 29 settembre 1998, "*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*" che fornisce elementi tecnici operativi per la predisposizione del Piano di assetto idrogeologico, richiamando anche la precedente normativa. In particolare il DPCM, ha individuato quattro livelli di rischio (R1, R2, R3 ed R4) e fornito indirizzi per la definizione delle misure di salvaguardia.
- La legge 3 luglio 1999, n. 226 "*Conversione in legge, con modificazioni, del decreto legge 13.5.1999, n. 132, recante interventi urgenti in materia di protezione civile*", proroga il precedente termine del 30.06.99 per la predisposizione del Piano stralcio di assetto idrogeologico al 30.06.01. Inoltre prevede, ove non si sia già provveduto, la predisposizione di un **Piano Straordinario** per la rimozione delle situazioni a rischio più alto, contenente la perimetrazione delle aree a rischio R4 e le relative misure di salvaguardia da adottarsi sulla base dei criteri del DPCM 28.09.98, entro il 31.10.99. Il Piano Straordinario è uno strumento provvisorio approvato dal Comitato

istituzionale, in deroga alle disposizioni dell'art. 18 della legge 183/89, e decade con l'approvazione del Piano Stralcio. Come è noto tale Piano, è stato approvato in data 27.10.99, ed è attualmente vigente. Rispetto agli ambiti territoriali contenuti nel PSDA, il Piano straordinario rimanda alle disposizioni di quest'ultimo in quanto, come riportato nella legge 226/99, tali aree risultavano già regolamentate dal PSDA. Pertanto allo stato attuale il quadro normativo è il seguente:

1. Sulle aste principali del bacino Volturno, in attesa dell'approvazione del PSDA, vigono le misure di salvaguardia, che sono di tipo vincolistico e differenziate per livelli di pericolosità;
 2. Sulle restanti aste fluviali, del bacino Volturno e su quelle del Liri-Garigliano vigono le misure di salvaguardia per le aree R4 individuate nel Piano Straordinario, con contenuti simili a quelle del PSDA. Per completezza d'informazione, in modo da fornire il quadro complessivo delle conoscenze le aree perimetrate nel PSDA, sono riportate, per il solo perimetro esterno, sulla cartografia del Piano Straordinario e formalmente equiparate ad R4. In particolare però, le misure del Piano Straordinario contengono, secondo le indicazioni del DPCM 28.09.98, oltre alle norme vincolistiche, l'elenco degli interventi consentiti. Attesa la formale equiparazione ad R4 delle aree PSDA, la regolamentazione degli interventi consentiti ha valore anche in ambito PSDA, come appare evidente per motivi di uniformità di norma.
- La legge 11.12.00 n. 365, *“Conversione in legge, con modificazioni, del DL 12.10.00 n. 279, recante interventi urgenti per le aree a rischio idrogeologico molto elevato ed in materia di protezione civile, nonché a favore delle zone della Regione Calabria danneggiate dalle calamità idrogeologiche di settembre ed ottobre 2000”*, ha successivamente introdotto le seguenti disposizioni di cui all'art. 1 bis:
 1. *I progetti di piano stralcio per la tutela dal rischio idrogeologico di cui all'articolo 1, comma 1, del decreto-legge n. 180 del 1998, sono adottati entro il termine perentorio del 30 aprile 2001, per i bacini di rilievo nazionale con le modalità di cui all'articolo 18, comma 1, della legge 18 maggio 1989, n. 183, per i restanti bacini con le modalità di cui all'articolo 20 della medesima legge, e successive modificazioni.*

2. *L'adozione dei piani stralcio per l'assetto idrogeologico e' effettuata, sulla base degli atti e dei pareri disponibili, entro e non oltre sei mesi dalla data di adozione del relativo progetto di piano, ovvero entro e non oltre il termine perentorio del 30 aprile 2001 per i progetti di piano adottati antecedentemente alla data di entrata in vigore della legge di conversione del presente decreto.*
3. *Ai fini dell'adozione ed attuazione dei piani stralcio e della necessaria coerenza tra pianificazione di bacino e pianificazione territoriale, le regioni convocano una conferenza programmatica, articolata per sezioni provinciali, o per altro ambito territoriale deliberato dalle regioni stesse, alle quali partecipano le province ed i comuni interessati, unitamente alla regione e ad un rappresentante dell'Autorità di bacino.*
4. *La conferenza di cui al comma 3 esprime un parere sul progetto di piano con particolare riferimento alla integrazione a scala provinciale e comunale dei contenuti del piano, prevedendo le necessarie prescrizioni idrogeologiche ed urbanistiche. Il parere tiene luogo di quello di cui all'articolo 18, comma 9, della legge 18 maggio 1989, n. 183. Il comitato istituzionale, di cui all'articolo 12, comma 2, lettera a), della legge 18 maggio 1989, n. 183, sulla base dell'unitarietà della pianificazione di bacino, tiene conto delle determinazioni della conferenza, in sede di adozione del piano.*

Il complesso delle disposizioni elencate ha costruito un meccanismo vincolante di programmazione e di pianificazione settoriale che era tra le competenze e gli obiettivi prioritari delle Autorità di bacino (e delle Regioni, per i bacini regionali) anche prima del giugno 1998, quale oggetto dei piani stralcio di settore funzionale previsti dal comma 6-ter dell'articolo 17 della legge quadro, come aggiunto dall'articolo 12 della legge 4.12.1993, n. 493: ma le novità introdotte sono ora l'accelerazione degli adempimenti in vista di scadenze perentorie, l'accentuazione sugli aspetti del rischio in aggiunta alle problematiche del dissesto normalmente affrontate e la istituzione della conferenza programmatica, in sostituzione del parere delle regioni sul progetto di piano. Non è trascurabile in tale contesto evidenziare come venga introdotto nel processo di formazione del Piano la partecipazione diretta dei Comuni attraverso la presenza di questi all'interno della conferenza programmatica.

1.3. AMBITI DI APPLICAZIONE

1. L'ambito d'applicazione del PSAI-Ri sul quale si applicano le disposizioni contenute nella presente relazione e nelle allegate norme di attuazione di attuazione è costituito dal seguente ambito relativo al bacino Liri-Garigliano:

- F. Liri-Garigliano per l'intera lunghezza (circa Km 186,8);
- F. Sacco dalla confluenza con il Fosso Pantanelle alla confluenza con il F. Liri (circa Km 86,3)
- F. Fibreno dal lago di Posta Fibreno alla confluenza con il Liri (circa Km 10,2)
- F. Melfa dalla confluenza con il Mollarino alla confluenza con il F.Liri (circa Km31,1);
- F. Mollarino dal Ponte Americano dalla confluenza con il Melfa (circa Km 9,1) ;
- F. Rapido-Gari dalla confluenza con il R. Secco alla confluenza con il Garigliano (circa Km 22,1) ;
- F. Cosa dalla confluenza con il T. Cosa alla confluenza con il F. Sacco (circa Km 26,2).

Rispetto al bacino Volturno

a. :

Per tali tratti fluviali, l'ambito territoriale di applicazione del PSAI-Ri è costituito dai limiti delle fasce fluviali mappate e riportate nella carta delle fasce fluviali.

Per il bacino Volturno, si rimanda al PSDA attualmente adottato, che ha valore di Piano di Assetto idrogeologico limitatamente al rischio idraulico.

1.4. MODALITÀ DI REDAZIONE DEL PSAI-Ri

1.4.1 Aspetti amministrativi

Il PSAI-Ri è stato redatto in base a criteri generali che tengono conto delle esperienze degli ultimi decenni, della crisi e dei limiti del sistema tradizionale di difesa dalle alluvioni, delle nuove sensibilità, tendenze e comportamenti di maggiore attenzione agli aspetti di tutela ambientale e di governo del territorio. Tali principi sono

già stati utilizzati per la redazione del PSDA aste principali Bacino Volturno. Il PSAI-Ri, intende contenere in sé tutta la pianificazione di bacino rispetto al rischio idraulico predisposta allo stato attuale, e quella che sarà realizzata successivamente mediante l'adozione di opportune varianti. In tale ottica il PSDA, si configura come un piano il cui ambito è contenuto nel PSAI-Ri. Pertanto il PSDA continua ad applicarsi nel proprio ambito territoriale fino all'approvazione del PSAI-Ri. Successivamente, in considerazione del fatto che i contenuti del PSDA, presentano alcune differenze rispetto a quelli del PSAI-Ri, per la presenza di un inevitabile processo di evoluzione della normativa di Piano, dovuta fundamentalmente alla modifica degli indirizzi legislativi, il PSDA sarà oggetto di variante di adeguamento al PSAI-Ri, che rimarrà di fatto l'unico strumento vigente. L'adozione della citata variante, risulta necessaria in quanto, contrariamente al Piano Straordinario, che decade automaticamente con l'approvazione del Piano di assetto idrogeologico, il PSDA è un piano stralcio e pertanto può essere modificato e/o integrato soltanto mediante nuova procedura di adozione.

1.4.2 Contenuti tecnici.

In primo luogo, si deve partire dalla consapevolezza che la sicurezza assoluta (rischio nullo) non esiste.

E' necessario scegliere il livello di probabilità di pericolo (rischio accettabile), dipendente dalla tipologia e dall'entità dei danni potenziali.

Di conseguenza l'obiettivo del Piano non può essere quello di annullare il rischio, ma di mitigare i danni che possono essere causati dalle alluvioni.

E' necessario, quindi, intraprendere una politica complessa ed articolata, sia riguardo ai criteri, ai metodi ed alle azioni necessarie, sia riguardo agli strumenti tecnologici, alle strutture e all'organizzazione della Pubblica Amministrazione.

Tale politica deve essere basata sull'integrazione tra gli interventi strutturali, che riducono la pericolosità delle inondazioni, cioè la probabilità dell'evento critico, con gli interventi non strutturali, di carattere normativo ed organizzativo, che sono volti a mitigare almeno i danni conseguenti all'evento calamitoso.

In definitiva, i criteri fondamentali seguiti nella redazione del piano sono:

- la regolamentazione dei territori interessati alle piene;

- la pianificazione degli interventi strutturali compatibili con le risorse disponibili, comunque di entità limitata;

Le attività necessarie alla redazione del PSAI-RI, ed in generale nei Piani di bacino sono state accorpate in gruppi costituenti più fasi correlate in un processo interattivo fra di loro:

1. La fase conoscitiva, con l'analisi dello stato di fatto, in cui si è delineato il quadro conoscitivo dell'assetto della rete idrografica, delle alluvioni e dei danni verificatisi, del comportamento delle strutture, danneggiate o meno, del grado di pericolosità dell'evento;
2. La fase di programmazione, con la quantificazione del rischio, l'indicazione degli obiettivi, le finalità e le direttive, a cui devono uniformarsi gli interventi strutturali e non strutturali, e con l'elenco degli interventi prioritari in ragione delle disponibilità finanziarie;
3. La fase di progettazione, con l'individuazione sotto l'aspetto tecnico dei singoli interventi prioritari, e con la valutazione dei costi e degli effetti attesi, con un livello di approfondimento commisurato all'importanza dell'opera.

La fase conoscitiva definisce:

- il quadro dei vincoli territoriali e degli strumenti di pianificazione vigenti;
- le caratteristiche idrologiche;
- il censimento e l'analisi delle opere di attraversamento e degli interventi di sistemazione idraulica già realizzati.
- le fasce di pertinenza fluviale e le aree soggette ad inondazione con diverso periodo di ritorno, lungo la rete idrografica;
- la classificazione delle aree inondabili in fasce fluviali, in base al livello di pericolosità;

La fase di programmazione contiene i seguenti elementi:

- la definizione e quantificazione del danno;
- la definizione del rischio accettabile, e la successiva perimetrazione delle aree a differente livello di rischio, in funzione dell'attuale uso del territorio;
- le direttive alle quali devono uniformarsi gli interventi strutturali:

- le direttive alle quali devono uniformarsi gli interventi non strutturali:

Per gli interventi strutturali devono definirsi :

- l'elenco degli interventi di manutenzione ordinaria e di ripristino della funzionalità delle opere esistenti;
- l'elenco ragionato degli interventi strutturali di sistemazione idraulica atti a mitigare il rischio, distinti in funzione della probabilità del pericolo di inondazione e della gravità ed estensione del danno potenziale;
- la stima dei costi complessivi, la valutazione degli effetti attesi in termini di sicurezza del territorio ed il quadro delle priorità di intervento.

Per gli interventi non strutturali sono state individuate le zone da assoggettare a speciali vincoli, prescrizioni e regolamentazioni d'uso, in rapporto alle probabilità di pericolo di inondazione.

Successivamente si dovrà prevedere:

- la predisposizione di un sistema di controllo strumentale del territorio, con compiti non solo conoscitivi per l'analisi dello stato di fatto, ma anche di sorveglianza finalizzata al riconoscimento del realizzarsi di un dato scenario di inondazione e al preannuncio degli eventi di piena;
- la pianificazione degli interventi di emergenza, che individuano i comportamenti del pubblico e le necessità di soccorso che contribuiscono a mitigare le conseguenze dannose delle inondazioni.

La fase di progettazione sarà curata indirettamente dall'Autorità di Bacino che svolgerà attività di indirizzo e verifica di compatibilità dei progetti di intervento con le indicazioni di piano definite nella precedente fase di programmazione. L'Autorità di Bacino, inoltre, verificherà l'adeguamento dei piani vigenti, alle prescrizioni del Piano Stralcio. I progetti di interventi saranno avviati a cura rispettivamente delle Regioni ed Amministrazioni periferiche dello Stato o delle Regioni, Province, ed Enti Locali.

La fase di progettazione dovrà prevedere l'acquisizione delle seguenti informazioni:

per ogni intervento strutturale, un elaborato di progetto che fornisca :

- la giustificazione dell'intervento e la descrizione dei risultati che con esso si intende raggiungere;

Autorità di Bacino dei Fiumi Liri-Garigliano e Volturno

- tutti gli elementi utili alla definizione della tipologia di intervento, della fattibilità tecnica, dei costi di realizzazione e degli effetti attesi;

per ogni intervento non strutturale, un elaborato di progetto che fornisca :

- la giustificazione dell'intervento e la descrizione dei risultati che con esso si intende raggiungere;
- ove possibile, una sintetica analisi costi - benefici dell'intervento proposto;
- le varianti dei piani urbanistici, territoriali e comunali, ovvero, le articolazioni ai fini operativi dei piani di emergenza.

2.FASE CONOSCITIVA - STUDI EFFETTUATI

2.1 GENERALITÀ

Per il bacino Liri-Garigliano gli studi relativi al PSAI-Ri, sono stati redatti dall'ATI Beta studio-STCV, per conto dell'Autorità di bacino. Si riportano di seguito i principali risultati ottenuti e le elaborazioni effettuate con particolare riferimento allo studio idraulico per la determinazione delle aree inondabili.

2.2 BACINO LIRI-GARIGLIANO.

In estrema sintesi, lo studio effettuato, si compone delle seguenti attività:

Analisi conoscitiva sulle aree storicamente inondate;

Analisi geomorfologica;

Catasto opere idrauliche;

Studio □deologico;

Studio idraulico;

mappatura delle aree inondabili

Si riportano per ogni aspetto i principali risultati ottenuti.

2.2.1 Analisi conoscitiva sulle aree storicamente inondate;

La fase conoscitiva è stata condotta attraverso lo sviluppo di due attività distinte che consistono in:

- acquisizione, catalogazione ed archiviazione della documentazione e della cartografia esistente;
- indagine di campo volta a definire le caratteristiche principali dei corsi d'acqua indagati, e quindi: le aree storicamente inondate, le opere idrauliche presenti e la geomorfologia dei tratti in esame.

Nei paragrafi che seguono vengono descritti sinteticamente i risultati raggiunti, che hanno consentito di ottenere un completo inquadramento territoriale dell'area oggetto dello studio.

2.2.1.1. Acquisizione, Catalogazione Ed Archiviazione Della Documentazione E della Cartografia Esistente

La fase di acquisizione della documentazione esistente ha riguardato soprattutto il reperimento di studi e progetti relativi agli aspetti idraulici dei corsi d'acqua indagati, le problematiche inerenti le opere idrauliche e civili presenti lungo di essi e quelle connesse ai fenomeni di piena che si sono storicamente verificati e che hanno causato inondazione delle aree latitanti.

Il materiale acquisito è stato archiviato in due categorie:

La prima riguarda:

- gli studi a scala di bacino;
- i piani, gli studi e i progetti di ripristino idraulico a scala di sottobacino;
- gli studi e i piani a carattere locale.

In particolare, sono stati dunque catalogati:

1. Elaborati a scala di bacino: la documentazione raccolta, consistente in piani e studi, riguarda l'intero territorio in esame e fornisce informazioni e dati sulla orografia, la rete idrica superficiale e gli aspetti socio-economici e infrastrutturali che interessano la parte di bacino oggetto di studio;
2. Elaborati a scala di sottobacino: i dati a livello di sottobacino sono stati desunti dai piani e dagli elaborati progettuali e sono relativi sostanzialmente alla sistemazione idraulica di alcuni tratti dei corsi d'acqua presi in esame;
3. Studi e piani a carattere locale: sono state raccolte le informazioni a carattere locale riguardanti soprattutto gli eventi alluvionali e le aree storicamente inondate, nonché i relativi progetti di sistemazione dei corsi d'acqua.

La seconda categoria riguarda gli elaborati su cartografia in varie scale riportanti le informazioni ritenute utili alla redazione del presente Piano. In particolare sono state archiviate:

1. Carte a grande scala (1:10.000 e 1:25.000) sulle quali sono riportati, per i bacini e i sottobacini di interesse, dati e informazioni relativi all'orografia, all'idrografia, ai limiti amministrativi, etc.;
2. Carte a piccola scala (1:100; 1:200; 1:500) consistenti essenzialmente in elaborati

tecnico-progettuali che forniscono dati e informazioni a livello comunale, consentendo in tal modo una conoscenza di maggior dettaglio dei corsi d'acqua e delle aree limitrofe.

Carte con delimitazione delle aree storicamente inondate (alla scala 1:2.000; 1:10.000; 1:25.000) riportanti la perimetrazione delle aree storicamente inondate, fornite dai tecnici. Ulteriore materiale acquisito riguarda gli studi ed i Piani e precisamente:

- studi e piani a scala di bacino;
- studi e piani a scala di sottobacino;
- studi e piani a carattere locale.

Per ogni singolo elaborato è stato riportato il titolo dell'opera, l'autore e la data di pubblicazione del lavoro.

Gli elaborati reperiti su base cartografica sono stati suddivisi in tre gruppi:

- carte a grande scala;
- carte a piccola scala;
- carte con delimitazione delle aree storicamente inondate.

Inoltre sono state redatte:

- Corografia dell'area di studio (scala 1:150.000)
- Carta dei limiti di competenza dei Consorzi di Bonifica e delle Comunità Montane (scala 1:150.000)
- Carta dei limiti amministrativi dei comuni, delle province, delle regioni e dell'autorità di bacino (scala 1:150.000)
-

2.2.1.2 Indagini di campo per la delimitazione delle aree storicamente inondate

La definizione delle aree storicamente inondate è stata effettuata attraverso l'esame delle informazioni reperite presso gli Enti locali e le Amministrazioni statali competenti sul territorio in esame. Queste informazioni sono state ampliate e/o integrate effettuando una attenta campagna ricognitiva lungo i corsi d'acqua di interesse e le aree ad essi limitrofe.

I dati reperiti sono stati raccolti in un data base informatizzato e sono riportati sulla Carta Tecnica Regionale della Regione Lazio sulla quale sono state indicate, oltre ai limiti delle aree storicamente inondate:

- le località per le quali si dispone di documentazione fotografica relativa agli eventi alluvionali e fornita dagli enti territoriali consultati;
- i punti di ripresa fotografica di aree in cui risultano ancora evidenti le tracce del passaggio dell'onda di piena.

2.2.2. Studio geomorfologico e aggiornamento del catasto delle opere idrauliche e civili

Tale fase dello studio è stata realizzata attraverso una campagna ricognitiva condotta allo scopo di caratterizzare i corsi d'acqua principali del bacino, al fine di acquisire conoscenze e dati sull'alveo, sullo stato delle sponde e dei terreni circostanti, e di individuare le problematiche idrauliche non sempre desumibili dalla sola consultazione della cartografia disponibile.

Si sono quindi ispezionati i principali corsi d'acqua del bacino, effettuando osservazioni, misure e riprese fotografiche.

I corsi d'acqua principali sono stati percorsi praticamente per intero, da monte verso valle, al fine di acquisire, per visione diretta, le caratteristiche generali delle aste ispezionate di evidenziarne i relativi punti critici soprattutto in corrispondenza delle opere idrauliche e civili che possono interferire con il deflusso delle acque, in particolare in occasione degli eventi di piena.

Le informazioni reperite sono state riportate sulla cartografia di base e archiviate in un data – base suddiviso in tre sezioni:

1. Inquadramento generale

Il corso d'acqua, come già detto, è stato percorso, per intero, nel verso della corrente e, mediante riprese fotografiche, scattate con una cadenza media di 2 km circa, sono state dedotte le caratteristiche principali in merito allo stato dell'alveo e delle sezioni di deflusso delle acque, allo stato delle sponde e di eventuali opere di

difesa e di quant'altro si rilevi che possa dare indicazioni utili per definire le caratteristiche e l'andamento piano – altimetrico del corso d'acqua.

2. problematiche idrauliche

Sono evidenziate particolari problematiche idrauliche tipiche di un certo tronco d'alveo o, semplicemente, di carattere puntuale.

3. opere idrauliche e civili

Viene fornito un elenco riassuntivo delle principali opere idrauliche incontrate su ciascun corso d'acqua percorso, opere di sbarramento e di regolazione delle acque e, dove presenti, di altre opere idrauliche che possono avere interferenza con il corso d'acqua, in particolare in caso di piena, quali i canali scolmatori; vengono poi segnalati gli attraversamenti che presentano particolari problematiche.

Le ricognizioni sugli affluenti sono state effettuate tenendo presenti le medesime finalità sopraelencate, ma le monografie sono state redatte in maniera unitaria, in modo da fornire un quadro complessivo di tutte le problematiche riscontrate.

E' stato inoltre effettuato uno studio geomorfologico finalizzato alla definizione delle caratteristiche morfologiche, della capacità di trasporto solido e delle tendenze evolutive dei tronchi d'alveo di interesse. I risultati di tale studio sono sintetizzati in un data base informatizzato.

Nelle figure che seguono si riportano alcuni esempi di stralci cartografici e dell'archivio informatizzato realizzati.

Di seguito vengono inoltre descritti sinteticamente, per ogni corso d'acqua, i risultati delle indagini effettuate.

2.2.2.1 Fiume Liri.

Inquadramento generale e problematiche idrauliche

Il sottobacino del fiume Liri costituisce la porzione centrale del bacino dei fiumi Liri - Garigliano. Esso scorre in direzione NW-SE nella parte alta fino a Sora per poi assumere, da Sora fino a Ceprano, una direzione N-S mentre, da Ceprano fino alla confluenza con il Gari, ritorna nuovamente a percorrere la direzione NW-SE.

Il Liri nasce ad una quota di circa 958 metri s.l.m., si estende per una lunghezza di circa 136 Km, bagnando le provincie dell'Aquila e di Frosinone confluendo con il fiume Gari ad una quota di 16 metri s.l.m. da dove prende il nome di Garigliano.

Percorrendo il corso del fiume Liri lungo il suo intero svolgimento, è possibile individuare cinque tratti principali, assimilabili come tipologia di alveo, a cui possono, in generale come si vedrà di seguito, associarsi problematiche idrauliche omogenee per tronco.

1° tratto

Partendo da monte, dal comune di Cappadocia (quota circa 950 m s.l.m.) ove si trovano le sorgenti del fiume Liri, per arrivare al comune di San Vincenzo Valle Roveto (quota circa 366 m s.l.m.) l'alveo si presenta a carattere torrentizio: scorre incassato e presenta un andamento planimetrico pressoché rettilineo, con pendenze del fondo mediamente di qualche unità percentuale.

La sezione è di larghezza variabile, dai pochi metri poco a valle delle sorgenti, fino a poco più di una decina di metri in corrispondenza dell'abitato di San Vincenzo Valle Roveto.

Le problematiche idrauliche che si incontrano lungo questo primo tratto di fiume sono prevalentemente legate all'intensa azione erosiva esercitata dalla corrente, anche in condizioni di deflusso regolare.

Tale azione erosiva rappresenta un serio pericolo per il progressivo arretramento delle linee di sponda, per il deposito di importanti volumi di materiale detritico, che può essere successivamente trasportato a valle dalla corrente di piena.

I suddetti fenomeni erosivi, di escavazione e scalzamento, si evidenziano anche in corrispondenza di opere di difesa longitudinale e trasversale, la cui efficacia viene spesso compromessa.

Un altro fenomeno assai diffuso lungo le sponde del corso d'acqua, in questo primo tratto, è la presenza di numerosi versanti instabili. Essi determinano apporti assai voluminosi di materiale per il trasporto solido in alveo, oltre a rappresentare una minaccia continua di ostruzioni al regolare deflusso delle acque possibile creazione di pericolosi invasi temporanei.

2° tratto

Questo tratto di fiume corre dal comune di Balsorano (quota circa 345 m s.l.m.), a monte del centro abitato, fino al territorio comunale di Sora (quota circa 286 m s.l.m.), a valle della confluenza del Torrente Lacerno, affluente di sinistra.

In corrispondenza del territorio comunale di Balsorano si verifica una considerevole riduzione della pendenza che raggiunge valori di circa 0,5% ed il fiume Liri assume all'improvviso le caratteristiche di un corso d'acqua di pianura che scorre, per lo più non arginato, attraverso gli abitati di Case Colle di Mezzanotte, Case Norcia, Collepiano, Case Pistola, Case Salvatore, Le Compre, Case Petrella.

L'andamento planimetrico del fiume, che presenta una sezione d'alveo con valori di circa 50 m di larghezza, risulta inoltre curvilineo ed in corrispondenza delle curve (comune di Balsorano in località Noce Grande) si possono osservare fenomeni di scalzamento ed erosione spondale, nella direzione di attacco della corrente, nonché di sovralluvionamento e deposizione di materiali detritici, di diversa pezzatura, nella sponda opposta.

3° tratto

Tale tratto del fiume Liri si estende dall'ampia piana alluvionale di Sora, (a quota circa 286 m s.l.m.), al comune di Castelliri (a quota 213 s.l.m.) attraversando il territorio comunale di Isola del Liri.

Queste zone risultano spesso alluvionate, con frequenza degli eventi spesso inferiori al quinquennio.

La pendenza media del fondo di tale tratto risulta dell'ordine dello 0,2÷0,3%.

La caratteristica principale di questo tratto del corso del Liri è rappresentata dal fatto che la sezione di deflusso risulta insufficiente a contenere portate di piena aventi frequenze anche di pochi anni.

4° tratto

Superato il comune di Castelliri si sviluppa un tratto, che si estende dal territorio comunale di Monte San Giovanni Campano (quota circa 200 m s.l.m.) a quello di Ceprano (quota circa 100 m s.l.m.), con caratteristiche e problematiche idrauliche di natura diversa da quelle sopra illustrate.

L'orografia della zona, in corrispondenza del corso d'acqua, muta ed il fiume Liri torna a scorrere nuovamente incassato, con sponde di altezza media di diversi metri e con la sezione di deflusso che, pur variando in continuazione in larghezza, comunque assicura il passaggio delle portate ordinarie e di piena.

Data la favorevole conformazione orografica della valle in questo tratto di fiume si contano quattro sbarramenti (traverse) del corso d'acqua ad uso idroelettrico.

Le problematiche idrauliche che si evidenziano lungo questo tratto sono legate, in generale, alla scarsa attività di ordinaria manutenzione del corso d'acqua, oltre al diffuso fenomeno di instabilità dei versanti lungo alveo, nonché all'erosione spondale esercitata dalla corrente in transito.

5° tratto

Quest'ultimo tratto si sviluppa dalla confluenza in destra del fiume Sacco nel comune di San Giovanni Incarico fino alla confluenza in sinistra del fiume Gari (nei comuni di Rocca D'Evandro e S.Ambrogio Sul Garigliano), a valle del quale il fiume Liri assume la denominazione di fiume Garigliano.

In questo tratto, in particolare nell'ultimo tronco, che interessa i territori comunali di S.Giorgio al Liri e di Sant'Apollinare, si sono riscontrate numerose tracce di allagamenti avvenuti nel recente passato.

Il fiume Liri, dopo aver attraversato il comune di San Giovanni Incarico, in cui esistono testimonianze di eventi alluvionali e di versanti in dissesto, si sviluppa per qualche chilometro con un andamento planimetrico pressoché rettilineo, sezione abbastanza regolare, di larghezza media di circa 40 m. Si rileva poi la presenza di importanti depositi alluvionali in alveo sui quali appare ben radicata vegetazione arbustiva ed arborea.

Più a valle, nei territori comunali di Esperia, S.Giorgio a Liri e S.Apollinare, il tracciato del corso d'acqua presenta un andamento planimetrico meandriforme; in corrispondenza delle curve, si riscontrano evidenti fenomeni di erosione spondale ad opera della corrente, che interessano diverse decine di metri di sponde, a cui consegue un progressivo interessamento dei terreni collocati a retroargine, ossia un continuo arretramento della linea di sponda in assenza di opportune protezioni.

Opere idrauliche e civili

Durante la ricognizione condotta lungo il fiume Liri si è effettuato anche un censimento delle principali opere idrauliche e civili che sorgono su tale corso d'acqua e che possono causare interferenza con il deflusso delle acque in caso di piena.

Le informazioni reperite sono state raccolte in un archivio, suddiviso in due parti principali:

PARTE A: opere idrauliche (dighe e traverse, canali);

Autorità di Bacino dei Fiumi Liri-Garigliano e Volturno

PARTE B: principali ponti ed attraversamenti del fiume Liri ed altri manufatti interferenti con il corso d'acqua.

PARTE A

N° progr.v o	Comune	Provincia	Tipo di opera	Note
A1	Canistro	AQ	Canale scolmatore	Non rivestito di recente realizzazione
A2	Civitella Roveto	AQ	Diga	Idroelettrico
A3	Morino	FR	Diga	Idroelettrico
A4	Sora	FR	Diga	Irriguo
A5	Isola del Liri	FR	Diga	Idroelettrico
A6	Isola del Liri	FR	Traversa	Idroelettrico
A7	Isola del Liri	FR	Canale in cls, in parte tombato	Canale scolmatore in cls. I lavori di ultimazione sono sospesi
A8	Monte S. Giovanni Campano	FR	Diga	Idroelettrico
A9	Monte S. Giovanni Campano	FR	Traversa	Idroelettrico
A10	Fontanaliri	FR	Diga	Idroelettrico
A11	Monte S. Giovanni Campano	FR	Diga	Idroelettrico
A12	S. Giovanni Incarico	FR	Diga	Idroelettrico
A13	Esperia	FR	Diga	Idroelettrico

Autorità di Bacino dei Fiumi Liri-Garigliano e Volturno

PARTE B

N° progr.v o	Comune	Provincia	Tipo di attraversamento	Note
B1	Civitella Roveto	AQ	Ponte a campata unica di luce circa 15 m	Di recente realizzazione. Strada interpodereale
B2	S. Vincenzo Valle Roveto	AQ	Ponte stradale a campata unica di luce circa 20 m	In tale manufatto si evidenzia l'erosione alla platea di fondazione
B3	S. Vincenzo Valle Roveto	AQ	Ponte stradale	Notizie di allagamento della sede stradale in occasione della piena del 1993
B4	S. Vincenzo Valle Roveto	AQ		Realizzata in sostituzione del ponte che è stato divelto dal passaggio della piena del 1993
B5	Balsorano	AQ	Viadotto SS214	Di recente realizzazione con le relative opere di protezione

Autorità di Bacino dei Fiumi Liri-Garigliano e Volturno

B6	Sora	FR	Ponte stradale a due campate di luce complessiva 20 m	Non si rilevano problemi idraulici
B7	Isola del Liri	FR	Ponte stradale a cinque campate di luce complessiva 15 m	Il ponte è spesso allagato e chiuso al transito in occasione di piene eccezionali
B8	Isola del Liri	FR	Ponte a campata unica di luce circa 15 m	Il ponte è spesso chiuso al transito in occasione di piene
B9	Ceprano	FR	Ponte a campata unica di luce circa 30 m	Non si rilevano problemi idraulici
B10	Ceprano	FR	Ponte ferroviario di luce 30 m	Non si rilevano problemi idraulici
B11	Arce	FR	Ponte stradale a cinque campate di luce complessiva 40 m.	SS82 della Valle del Liri. Non si rilevano problemi idraulici
B12	Pontecorvo	FR	Ponte stradale a cinque campate di luce complessiva 40 m.	Il ponte è chiuso al transito in occasione di piene eccezionali

Autorità di Bacino dei Fiumi Liri-Garigliano e Volturno

B13	S.Giorgio al Liri	FR	Ponte a campata unica di luce circa 50 m	SS Ausonia. Non si rilevano problemi idraulici.
B14	S.Apollinare	FR	Ponte a campata unica di luce circa 30 m	Attraversamento stradale a cui si affianca il manufatto di attraversamento o dell'acquedotto

2.2.2.2. Principali affluenti del fiume Liri

Fiume Sacco

Il sottobacino del fiume Sacco costituisce l'estrema porzione occidentale del bacino dei fiumi Liri - Garigliano.

Il Sacco, affluente in destra del fiume Liri, è il più importante fra i corsi d'acqua secondari del bacino del Liri Garigliano. Nasce ad una quota di circa 525 metri s.l.m. nel bacino dei Monti Affilani e Presestini, nel comune di Anagni.

Dopo aver percorso complessivi 96 km bagnando le province di Roma e Frosinone, si immette nel fiume Liri ad una quota di 75 metri sul livello del mare nel territorio di Ceprano, a valle dell'abitato.

Lungo tutto l'alveo, di larghezza media di 15 metri, sono presenti depositi alluvionali, più o meno cospicui, costituiti da materiale a granulometria variabile da fine (limo) a grossolana (ghiaie). Solo nella porzione più montana (a monte dalla stazione di Olevano Romano) il fiume scorre incassato nei terreni in posto.

Per quanto riguarda il paesaggio morfologico, esso ovviamente risulta condizionato dalla natura litologica dei terreni affioranti.

Nel primo tratto di circa Km 5, che va dalla sorgente (ad una quota di 525 metri s.l.m.) fino alla località «San Bartolomeo», a monte della stazione di Anagni, intorno ai 191 metri di quota, l'alveo risulta inciso nei terreni vulcanici in posto. Per la restante parte

invece presenta sempre un letto ricoperto da materiale alluvionale di spessore variabile. La larghezza media del fondo alveo è valutabile in circa m 4.

I fenomeni di dissesto rilevati sono abbastanza simili tra di loro e generalmente dovuti a scivolamenti spondali.

Oltre agli scivolamenti, sono stati individuati anche fenomeni di crollo di blocchi di materiale litoide.

Nel tratto compreso tra la località «S. Bartolomeo» a monte della stazione di Anagni, intorno ai 191 metri di quota, e la località «Morolo Stazione», ad una quota di 161 metri s.l.m., lungo all'incirca 12 Km, il fiume corre incassato nella sua piana alluvionale. La larghezza media dell'alveo in tale tratto raggiunge i 7 metri, con sponde alte anche 10 metri e caratterizzate quasi esclusivamente da materiale alluvionale formato da sabbie, sabbie-argillose e sabbie con ciottoli calcarei arrotondati. Sono osservabili erosioni spondali che evolvono in scivolamenti con conseguente caduta di materiale lapideo e vegetativo.

Come conseguenza di queste diffuse erosioni, le sponde negli anni hanno assunto, anche per lunghi tratti, una morfologia policoncava.

Il tratto compreso tra la stazione di Morolo, ad una quota di 161 metri s.l.m., e la confluenza col fiume Liri, ad una quota di 75 metri s.l.m., lungo 43 Km, presenta un alveo, largo mediamente 15 metri e caratterizzato dalla presenza di materiale alluvionale con sponde che non raggiungono i 10 metri di altezza, formate esclusivamente da sabbie e sabbie-argillose. Tale tratto presenta zone di evidente sovralluvionamento; la presenza di questi depositi crea il restringimento della sezione che molto spesso obbliga la corrente ad erodere lateralmente con conseguente allargamento dell'alveo.

Le sponde, lungo l'intera estensione di questo tratto, sono interessate da erosioni che in alcuni punti evolvono in veri e propri crolli e/o scivolamenti.

L'ultimo tratto di fiume, a monte della confluenza col fiume Liri, risulta invece ben incassato e presenta un minore rischio di esondazione.

Lungo il corso del fiume Sacco si ritrovano numerose opere trasversali di regimazione delle acque, di cui quattro sono le principali traverse fluviali destinate ad uso industriale ed idroelettrico, che determinano salti variabili fra 1 e 5 metri di altezza.

Da numerose testimonianze raccolte, tali opere di sbarramento determinano allagamenti a monte a seguito del profilo di rigurgito che viene a determinarsi, in occasione delle piene più elevate.

Fiumi Rapido-Gari

Il sottobacino dei fiumi Rapido e Gari rappresenta la porzione centro-orientale del bacino dei fiumi Liri-Garigliano, in cui affiorano rocce calcareo-dolomitiche oltre a depositi terrigeni arenaceo-pelitici ed argille. L'alveo largo mediamente 23 m risulta costituito da ciottoli alluvionali con sponde formate esclusivamente da sabbia e sabbia-argillosa.

Il fiume **Rapido** nasce a "Costa S. Pietro" ad una quota di circa 920 m. e sfocia nel fiume Gari poco a valle di Cassino.

Il **Gari** nasce dal Colle Maiola, a nord di Cassino, ad una quota di 343 metri s.l.m. e poco a valle dell'abitato di Cassino riceve in sinistra le acque del Rapido. Il fiume Gari si estende per una lunghezza di 15 Km, bagnando la provincia di Frosinone e si immette nel fiume Liri, (nel punto in cui quest'ultimo prende il nome di Garigliano) nel comune di Pignataro Interemna ad una quota di 16 m.s.l.m.

La larghezza media raggiunge i 22 metri, con un indice di sinuosità medio pari ad 1,45.

Nel suddetto sottobacino affiorano terreni lacustri della bassa Valle del Liri e di Arpino e il paesaggio morfologico risulta condizionato dai terreni affioranti. Infatti, la presenza di limi e sabbie dà luogo ad una morfologia dolcemente ondulata con larghe incisioni vallive.

Nel tratto che va dalla località S. Angelo in Theodice del comune di Cassino, fino alla confluenza nel corso d'acqua principale, il fiume Gari presenta le caratteristiche e le problematiche idrauliche proprie di un'asta fluviale di pianura. Il corso d'acqua è caratterizzato da un andamento planimetrico tortuoso, con numerose anse e meandri che si svolgono fra terreni adibiti ad uso prevalentemente agricolo; le pendenze del fondo alveo sono lievi ed il fiume risulta leggermente incassato fra le sponde che distano fra loro mediamente qualche decina di metri.

Le problematiche idrauliche riscontrate sono quindi riconducibili a diffusi ed accentuati fenomeni di erosione delle sponde ad opera della corrente fluviale, allo scalzamento e

al conseguente smottamento delle stesse in alveo, determinando apporti di materiale detritico di varia natura e dimensioni, nonché di vegetazione ad ingombrare parzialmente le sezioni di deflusso del corso d'acqua. Si rileva inoltre, in alcuni tratti, il progressivo arretramento delle linee spondali ed il conseguente interessamento di nuovi terreni di retroargine.

Fiume Cosa

Il sottobacino del fiume Cosa costituisce la porzione centro-occidentale del bacino dei fiumi Liri-Garigliano.

Il fiume Cosa nasce dal Monte Vermicaro, ad una quota intorno ai 1750 m s.l.m., si estende per una lunghezza di quasi 35 Km, interessando la provincia di Frosinone e confluendo nel fiume Sacco ad una quota di 124 m s.l.m..

Il tratto del fiume Cosa oggetto dello studio si estende dalla confluenza con il torrente Cosa (332 m s.l.m.) alla confluenza con il fiume Sacco, per una lunghezza complessiva di circa 25 Km.

La larghezza media del corso d'acqua è pari a circa 19 m con andamento planimetrico prevalentemente "rettilineo" con indice di sinuosità inferiore a 1,50 (I.S. = 1,13).

Fiume Mollarino

Il fiume Mollarino nasce a "Monte La Manna" ad una quota di 950 m s.l.m.m. e confluisce nel fiume Melfa ad una quota di circa 348 m s.l.m.m. per una lunghezza complessiva di circa 13 Km.

Il tratto del fiume Mollarino oggetto dello studio geomorfologico va dal "Ponte Americano" ad una quota di circa 560 m s.l.m. fino alla confluenza con il fiume Melfa, in località Atina Inferiore nel comune di Atina, ad una quota di 348 m s.l.m. per un totale di circa 10,5 Km.

Il sottobacino del fiume Mollarino costituisce la porzione centro orientale del bacino dei F.F. Liri-Garigliano.

Tale bacino è caratterizzato dalla presenza di depositi calcarei-dolomitici-marnosi delle Mainarde mentre lungo il corso del fiume affiorano depositi flyscioidi arenaceo-pelitici e depositi alluvionali.

L'alveo in media raggiunge una larghezza di circa 21 m, con un indice di sinuosità I.S. pari a 1,09.

Torrente Lacerno

Il torrente Lacerno è uno degli affluenti di sinistra del fiume Liri. Detto corso d'acqua dopo aver percorso 16,7 km confluisce nell'asta principale nel territorio comunale di Sora, a monte del centro abitato.

Il regime fluviale caratteristico di tale corso d'acqua è di tipo torrentizio: alterna lunghi periodi di secca, in particolare nella stagione primavera-estate, a piene improvvise in occasione di rilevanti precipitazioni.

Le caratteristiche morfologiche sono così riepilogabili: l'alveo è a forte pendenza e la sezione caratteristica del torrente, in generale incassata, ha una larghezza media di base di qualche metro.

Per tale ragione le problematiche idrauliche rilevabili lungo l'asta torrentizia non sono legate tanto al rischio di esondazione dei territori attraversati, quanto al potenziale erosivo e di scalzamento della corrente, anche a seguito dei diffusi interventi antropici di cementificazione del fondo dell'alveo, che ne aumentano il contenuto energetico; il corso d'acqua è stato infatti incanalato per diversi tratti.

Fiume Fibreno

Il fiume Fibreno, anch'esso affluente di sinistra del fiume Liri, nasce ad una quota di 400 m s.l.m.m., alimentato dalle copiose sorgenti del lago Posta Fibreno, si estende per una lunghezza di circa 12 Km, bagnando la sola provincia di Frosinone, confluendo nel fiume Liri (a valle del centro abitato di Sora) ad una quota di circa 270 m s.l.m.m.

Il suo sottobacino, che rappresenta la porzione centrale del bacino dei F.F. Liri-Garigliano, è costituito per la maggior parte da calcari e calcari dolomitici del Massiccio della Marsica; sono presenti anche terreni arenacei e pelitici oltre a sedimenti fluviali e lacustri.

Nei pressi dell'alveo fluviale affiorano principalmente terreni molto erodibili dando luogo ad una valle "Larga", con ampie incisioni vallive.

Lo sviluppo complessivo dell'asta fluviale risulta di 9,9 km. Lungo detto corso d'acqua, dato il regime fluviale regolare nel corso delle stagioni, sorgono numerose opere di captazione delle acque per usi idroelettrico e industriale.

Il fiume Fibreno, lungo il suo tracciato si presenta sinuoso, con una sezione media di deflusso di larghezza circa 10 m e l'alveo, da monocursale, si dirama in due corsi d'acqua e, in particolare, in corrispondenza dell'abitato di Canelli, a valle del quale si riunisce in un unico corso d'acqua, per dividersi nuovamente in località San Domenico, nel comune di Sora, dove i due rami confluiscono nell'asta principale.

Lungo tale corso d'acqua si incontrano diversi tratti di sponda che presentano difese radenti, realizzate con tecniche di ingegneria naturalistica.

Tali opere sono costituite da gabbionate o riprofilature delle linee spondali, a loro volta protette dall'aggressione della corrente da palificate realizzate con pali accostati in legno, infissi nel terreno e legati da cordoli, costituiti anch'essi da pali di legno.

In alcuni punti tale difesa è stata scalzata e danneggiata dalle acque: la palificata ha infatti perso la continuità e la sponda retrostante ha subito un arretramento a seguito dell'erosione della corrente.

In corrispondenza della confluenza, nel comune di Sora in località San Domenico, si sono verificati allagamenti delle aree adiacenti al corso d'acqua durante gli eventi di piena del recente passato.

Torrente Amaseno

Il torrente Amaseno si svolge, per una lunghezza complessiva di 33,7 km, a partire dal territorio comunale di Alatri per confluire nell'asta principale nel territorio comunale di Strangolagalli.

Il corso d'acqua presenta caratteristiche fluviali di tipo torrentizio con le relative problematiche idrauliche: si osservano diffusi fenomeni di erosione spondale che determinano instabilità delle scarpate e conseguente convogliamento in alveo del materiale detritico escavato, materiale di diversa origine e pezzatura a seconda dei terreni solcati, nonché presenza di vegetazione in alveo tale da ostruire in alcune sezioni il regolare deflusso delle acque.

Lungo l'asta torrentizia si rilevano diverse opere di regimazione trasversale per regolarizzare il fondo d'alveo.

Nel tratto terminale del torrente, si rilevano fenomeni di instabilità delle scarpate spondali e, in generale, assenza di manutenzione lungo il corso d'acqua, che presenta diffusa crescita di vegetazione arborea e arbustiva in alveo.

Fiume Melfa

Il sottobacino del fiume Melfa costituisce la porzione centro-meridionale del bacino dei F.F. Liri-Garigliano. Il Melfa nasce ad una quota di circa 1800 m e si estende per una lunghezza di 48 Km, bagnando la provincia di Frosinone. Esso rappresenta uno dei numerosi affluenti di sinistra del fiume Liri, confluendo in esso ad una quota di 55 m s.l.m.m.

Il tratto del fiume oggetto dello studio presenta una lunghezza di circa 30 Km e precisamente dalla confluenza con il fiume Mollarino alla confluenza con il Liri, con una larghezza media di 22 metri ed un indice di sinuosità (I.S.) medio pari a 1.13.

Le caratteristiche del corso d'acqua sono quelle di un'asta torrentizia: marcata pendenza del fondo, che determina elevate velocità di deflusso ed accentuata capacità erosiva della corrente, sia nei confronti del fondo alveo che delle sponde, nonché grandi quantitativi di materiale detritico, escavato e trasportato in alveo, di varia natura e pezzatura.

A tal riguardo si rileva la presenza di numerose opere di regimazione trasversale in alveo, costituite da soglie e briglie che risultano completamente interrite.

2.2.2.3 Fiume Garigliano

Inquadramento generale e problematiche idrauliche

Il sottobacino del fiume Garigliano costituisce la porzione meridionale del bacino dei fiumi Liri-Garigliano; esso si estende in direzione NE-SW.

Il fiume nasce dalla confluenza del fiume Liri e il fiume Gari, ad una quota di 16 metri s.l.m., e si estende per una lunghezza di 41 Km, bagnando le province di Latina, Frosinone e Caserta.

La larghezza media del corso d'acqua è di circa 50 metri mentre, l'indice di sinuosità medio è pari a 1,36.

Lungo il corso del fiume Garigliano, che si sviluppa per complessivi 40 km, a partire dal comune di Rocca d'Evandro fino alla foce, nel territorio comunale di Minturno, si individuano principalmente due tratti con caratteristiche d'alveo similari.

1° tratto

Il tratto individuato riguarda il corso del fiume che si sviluppa dal comune di Rocca d'Evandro (quota 16 m s.l.m.) fino al comune di Castelforte (quota 12 m s.l.m.). Il corso d'acqua presenta un andamento planimetrico pressoché rettilineo, con una sezione di deflusso di larghezza media di 50 m.

Il primo tronco fluviale interessa i comuni di Rocca d'Evandro, S. Ambrogio sul Garigliano e S. Andrea sul Garigliano; tale tratto presenta sponde non arginate, con fitta vegetazione arbustiva e barre fluviali che costituiscono locali ostruzioni della sezione di deflusso.

La linea spondale risulta assai bassa tanto che le occasioni di sormonto sono molto frequenti. In generale il corso del fiume, in questo tratto, non attraversa territori abitati e pertanto gli allagamenti interessano essenzialmente aree agricole e di campagna, provocando danni alle coltivazioni o alle attività di allevamento della zona.

Nell'ultimo tratto di questo tronco, lungo la sponda destra, ad una distanza di pochi metri dal corso fluviale, sorgono numerosi stabilimenti termali che risultano periodicamente allagati e sono stati gravemente danneggiati durante l'evento alluvionale dell'ottobre 1993.

2° tratto

Il fiume Garigliano alle pendici del monte Castelluccio, nel territorio comunale di Castelforte (quota 12 m s.l.m.), raggiunge l'estesa piana alluvionale, lungo la quale, snodandosi in un percorso tortuoso e meandriforme, raggiunge il mare.

In questo tratto si ritrovano numerosissime testimonianze di aree soggette a periodici allagamenti.

Il fiume Garigliano presenta in questo tratto una sezione media di larghezza di circa una sessantina di metri, con sponde che risultano fittamente vegetate e con presenza di arbusti anche all'interno dell'alveo; le sponde sono inoltre soggette a fenomeni di erosione e smottamento con fronti di sviluppo mediamente dell'ordine del centinaio di metri.

Nell'ultimo tratto del fiume Garigliano le sponde risultano degradate e, oltre ai soliti fenomeni di erosione, si osserva che la sponda destra a luoghi viene utilizzata come discarica abusiva creando problemi di inquinamento delle acque e dei terreni spondali.

Autorità di Bacino dei Fiumi Liri-Garigliano e Volturno

Opere idrauliche e civili

Durante la ricognizione condotta lungo il fiume Garigliano si è effettuato anche un rilevamento delle principali opere, idrauliche e civili che sorgono su tale corso d'acqua e che possono interferire con il deflusso delle acque in caso di piena.

Le informazioni reperite sono state archiviate in due gruppi:

PARTE A: opere idrauliche (dighe e traverse, canali);

PARTE B: principali ponti ed attraversamenti del fiume Liri ed altri manufatti interferenti con il corso d'acqua.

PARTE A:

N° progr.vo	Comune	Provincia	Tipo di opera	Note
A1	Rocca D'Evandro	CE	Centrale idroelettrica dell'ENEL	Centrale ubicata a circa 6 km dalla confluenza del F. Garigliano
A2	Rocca D'Evandro	CE	Canale emissario	Canale affluente in sinistra del F. Garigliano
A3	Sessa Aurunca	CE LT	Diga	Uso idroelettrico
A4	Sessa Aurunca	CE	Diga	Uso idroelettrico. Opere di difesa radente scalzate a valle dello sbarramento
A4a	Sessa Aurunca	CE	Opera longitudinale di sistemazione idraulica	Sistemazione delle stesse opere di difesa radente con la posa di una scogliera in pietrame

Autorità di Bacino dei Fiumi Liri-Garigliano e Volturno

A5	Sessa Aurunca	CE	Centrale idroelettrica dell'ENEL	Restituzione delle acque nel F. Garigliano
A6	Sessa Aurunca	CE	Canale immissario in sinistra idraulica	Uso irriguo
A7	Sessa Aurunca	CE	Canale collettore di Maiano	Canale di bonifica immissario in sinistra nel F. Garigliano

Autorità di Bacino dei Fiumi Liri-Garigliano e Volturno

PARTE B:

N° progr.vo	Comune	Provincia	Tipo di opera	Note
B1	Rocca d'Evandro e S.Ambrogio sul Garigliano	CE FR	Ponte stradale	Ponte ad unica campata di luce 20 m in buono stato di manutenzione
B2	Rocca d'Evandro	CE	Ponte stradale	Ponte a campata unica Scogliera a protezione della sponda sinistra
B3	Sessa Aurunca e SS. Cosma e Damiano	CE LT	Metanodotto	Attraversament o in quota del fiume Garigliano
B4	Sessa Aurunca e SS. Cosma e Damiano	CE LT	Ponte ferroviario Linea Roma - Napoli	Ponte a campata unica Scogliera a protezione della sponda sinistra
B5	Sessa Aurunca	CE	Ponte stradale SS7 via Appia	Ponte strallato
B6	Minturno	LT	Ponte Ferdinando	Ponte borbonico sul precedente tracciato della via Appia

2.2.2.4 Affluenti del fiume Garigliano

Fiume Peccia

Il corso del fiume Peccia, affluente di sinistra del fiume Garigliano, si svolge per una lunghezza complessiva di 25 km nel territorio comunale di Rocca d'Evandro.

L'alveo si presenta con una sezione media di deflusso dell'ordine di qualche metro, con sponde basse; il fondo alveo risulta inoltre praticamente alla stessa quota delle sponde e questo comporta che lungo il corso d'acqua e, in particolare in corrispondenza delle sezioni terminali prossime alla confluenza nell'asta principale, si verificano numerosi fenomeni di fuoriuscita delle acque dal letto naturale.

L'altro fenomeno caratteristico di questo corso d'acqua è la presenza di fitta vegetazione lungo le rive e in alveo, che costituisce un impedimento al regolare deflusso delle acque.

2.2.3 STUDIO IDROLOGICO PER LA VALUTAZIONE DELLE PIENE

2.2.3.1. Stima delle portate naturali al colmo di piena

Sulla base degli elementi conoscitivi acquisiti si è proceduto alla schematizzazione idrografica dei bacini, prevedendo sezioni di calcolo delle grandezze □deogrammi□ necessarie all'analisi del rischio nei punti di maggior interesse riguardo alla struttura del reticolo idrografico e alla necessità di fornire l'informazione idrologica in corrispondenza dei tratti critici.

Completata tale attività si è proceduto all'esecuzione dello studio □deogrammi che è stato esteso all'intero ambito idrografico oggetto dello studio e finalizzato alla definizione delle portate al colmo e degli □deogrammi di piena caratteristici per i tempi di ritorno corrispondenti a 2, 5, 10, 20, 30, 50 100 e 300 anni.

A tal fine, l'analisi delle precipitazioni intense e la stima delle portate al colmo di piena nelle sezioni di chiusura di interesse sono state sviluppate attraverso l'applicazione delle metodologie di regionalizzazione delle piogge e delle portate messe a punto dal progetto V.A.PI. del GNDCI del CNR.

Tale approccio si basa su una metodologia di analisi regionale di tipo gerarchico, che utilizza la distribuzione di probabilità del valore estremo a doppia componente (TCEV – Two Component \square deogra Value).

Indicando con Q il massimo annuale della portata al colmo e con T il periodo di ritorno, cioè l'intervallo di tempo durante il quale si accetta che l'evento di piena possa verificarsi mediamente una volta, la massima portata di piena Q_T corrispondente al prefissato periodo di ritorno T , può essere valutata come:

$$Q_T = K_T m(Q)$$

dove

- $m(Q)$ = media della distribuzione dei massimi annuali della portata di piena (piena indice).
- K_T = fattore probabilistico di crescita, pari al rapporto tra Q_T e la piena indice.

Nell'ambito del Progetto V.A.P.I. del G.N.D.C.I./C.N.R. il territorio nazionale è stato suddiviso in aree idrologicamente omogenee, caratterizzate pertanto da un'unica distribuzione di probabilità delle piene annuali rapportate al valore medio (legge regionale di crescita con il periodo di ritorno $K_T(T)$).

La piena media annua $m(Q)$ è invece caratterizzata da una elevata variabilità spaziale che può essere spiegata, almeno in parte, ricorrendo a fattori climatici e geomorfologici.

E' dunque in genere necessario ricostruire modelli che consentano di mettere in relazione $m(Q)$ con i valori assunti da grandezze caratteristiche del bacino.

L'identificazione di tali modelli è stata ottenuta sostanzialmente attraverso due diverse metodologie:

- approcci di tipo puramente empirico, del tipo $m(Q) = a.A^b$ (con A = superficie del bacino);
- approcci che si basano su modelli in cui la piena media annua viene valutata con parametri che tengono conto delle precipitazioni massime sul bacino e delle caratteristiche geomorfologiche (modelli geomorfoclimatici).

Le portate di piena in corrispondenza delle sezioni \square deogrammi \square di interesse e per definiti periodi di ritorno sono state stimate con entrambi i metodi (regressivo empirico e geomorfoclimatico), e sono state confrontate con quelle valutate negli studi pregressi

(in particolare nel Piano di Bacino Liri-Garigliano redatto da Lotti e associati 1984 – 1988).

I risultati sono riportati nelle tabelle al paragrafo 3.1.3.

2.2.3.2 Valutazione degli idrogrammi di piena in alcune delle sezioni di chiusura di interesse del PSDA.

Nei tratti interessati da ingenti esondazioni, lungo i quali si è reso necessario simulare il transito della piena in moto vario, sono stati stimati gli ideogrammi di piena con riferimento alle portate centennali e trentennali.

L'idrogramma di piena $Q_T(t)$ è stato ottenuto per convoluzione del pluviogramma di progetto con l'IUH del bacino espresso secondo il modello concettuale a serbatoi di Nash con parametro di forma $n=2$. Per la determinazione del pluviogramma di progetto che corrisponde ad una portata al colmo di piena Q_T è stato proposto come stimatore ottimale il "BLUE" [Veneziano e Villani, 1999].

Autorità di Bacino dei Fiumi Liri-Garigliano e Volturno

Tabella 5 – Valori di Q30 e Q100 adottati nelle sezioni di chiusura di interesse del bacino (I fase).

SEZ	SEZ	Modello adottato	m(Q)	T=30 anni		T=100 anni	
				K _T	Q30	K _T	Q100
			[m ³ /s]		[m ³ /s]		[m ³ /s]
LIR1	Liri a CASTRONUOVO	Geomorfoclimatico	169	2.26	383	3.07	520
LIR B1	Liri a CASE VALFRANCESCA	Geomorfoclimatico	200	2.26	452	3.07	614
LIR B2	Liri a MADONNA VALFRANCESCA	Geomorfoclimatico	198	2.26	447	3.07	608
LIR2	Liri a SORA tratto cittadino	Geomorfoclimatico	203	2.26	459	3.07	623
LIR B3	Liri a valle confluenza FIBRENO	Geomorfoclimatico	237	2.26	536	3.07	728
LIR3	Liri ad ISOLA LIRI	Geomorfoclimatico	258	2.26	584	3.07	793
LIR B4	Liri a CASTELLIRI	Geomorfoclimatico	257	2.26	581	3.07	789
LIR4	Liri FONTECUPA	Geomorfoclimatico	283	2.26	640	3.07	869
LIR5	Liri CHIUSURA	Geomorfoclimatico	283	2.26	638	3.07	867
SAC B16	Sacco ad ANAGNI	Empirico-regressivo	308	2.26	696	3.07	946
SAC B17	Sacco a valle confluenza ALABRO	Empirico-regressivo	341	2.26	771	3.07	1047

Autorità di Bacino dei Fiumi Liri-Garigliano e Volturno

SEZ	SEZ	Modello adottato	m(Q)	T=30 anni		T=100 anni	
				K _T	Q30	K _T	Q100
			[m ³ /s]		[m ³ /s]		[m ³ /s]
SAC B18	Sacco a FROSINONE	Empirico-regressivo	355	2.26	802	3.07	1090
SAC B19	Sacco a CECCANO	Empirico-regressivo	373	2.26	843	3.07	1145
SAC B20	Sacco a valle confluenza COSA	Empirico-regressivo	445	2.26	1006	3.07	1366
SAC B21	Sacco a I MASI	Empirico-regressivo	454	2.26	1026	3.07	1394
SAC B22	Sacco a valle confl. F.SO DI ARNARA	Empirico-regressivo	466	2.26	1053	3.07	1431
SAC B23	Sacco a CASTRO DEI VOLSCI	Empirico-regressivo	470	2.26	1062	3.07	1443
SAC B24	Sacco a valle del FOSSO MERINGO	Empirico-regressivo	490	2.26	1107	3.07	1504
SAC B25	Sacco loc. FONTANA MAZZORILE	Empirico-regressivo	497	2.26	1123	3.07	1526
SAC B26	Sacco a PONTE FARNESE	Empirico-regressivo	507	2.26	1146	3.07	1556
LIR6	Liri a S.GIOVANNI INCARICO	Empirico-regressivo	713	2.26	1611	3.07	2189
MEL B4	Melfa a CASALATTICO	Empirico-regressivo	169	2.26	382	3.07	519
MEL B5	Melfa a ROCCASECCA	Empirico-regressivo	186	2.26	420	3.07	571

Autorità di Bacino dei Fiumi Liri-Garigliano e Volturno

SEZ	SEZ	Modello adottato	m(Q)	T=30 anni		T=100 anni	
				K _T	Q30	K _T	Q100
			[m ³ /s]		[m ³ /s]		[m ³ /s]
MEL1	Melfa CHIUSURA	Empirico-regressivo	188	2.26	425	3.07	577
LIR7	Liri al serbatoio di PONTECORVO	Empirico-regressivo	802	2.26	1813	3.07	2462
LIR8	Liri a S.APOLLINARE	Empirico-regressivo	874	2.26	1975	3.07	2683
RAP1	Rapido a CASSINO	Empirico-regressivo	79	2.26	179	3.07	243
GAR1	Gari a S:ANGELO in THEODICE	Empirico-regressivo	127	2.26	287	3.07	390
GRL2	Garigliano a valle confluenza PECCIA	Empirico-regressivo	957	2.26	2163	3.07	2938
GRL3	Garigliano a SUIO	Empirico-regressivo	976	2.26	2206	3.07	2996
GRL4	Garigliano a S.CASTRESE	Empirico-regressivo	994	2.26	2246	3.07	3052
GRL5	Garigliano alla CHIUSURA	Empirico-regressivo	1001	2.26	2262	3.07	3073

Autorità di Bacino dei Fiumi Liri-Garigliano e Volturno

Tabella 6 - Valori di Q30 e Q100 adottati nelle sezioni di chiusura di interesse del bacino (II fase).

SEZ	SEZ	Modello adottato	M(Q)	T=30 anni		T=100 anni	
				K_T	Q30	K_T	Q100
			[m³/s]		[m³/s]		[m³/s]
SAC B1	Sacco a PALIANO 1	Empirico-regressivo	83	2.26	188	3.07	256
SAC B2	Sacco a PALIANO 2	Empirico-regressivo	89	2.26	200	3.07	272
SAC B3	Sacco a PALIANO 3	Empirico-regressivo	93	2.26	210	3.07	286
SAC B4	Sacco a PALIANO 4	Empirico-regressivo	114	2.26	258	3.07	350
SAC B5	Sacco a PALIANO 5	Empirico-regressivo	120	2.26	271	3.07	369
SAC B6	Sacco a COLLEFERRO	Empirico-	168	2.26	381	3.07	517

Autorità di Bacino dei Fiumi Liri-Garigliano e Volturno

SEZ	SEZ	Modello adottato	M(Q)	T=30 anni		T=100 anni	
				K_T	Q30	K_T	Q100
			[m ³ /s]		[m ³ /s]		[m ³ /s]
	1	regressivo					
SAC B7	Sacco a COLLEFERRO 2	Empirico- regressivo	198	2.26	448	3.07	609
SAC B8	Sacco a SEGNI 1	Empirico- regressivo	202	2.26	458	3.07	621
SAC B9	Sacco a SEGNI 2	Empirico- regressivo	205	2.26	464	3.07	631
SAC B10	Sacco a SEGNI 3	Empirico- regressivo	214	2.26	484	3.07	657
SAC B11	Sacco a GAVIGNANO 1	Empirico- regressivo	225	2.26	508	3.07	690
SAC B12	Sacco a GAVIGNANO 2	Empirico- regressivo	261	2.26	590	3.07	801
SAC B13	Sacco ad ANAGNI 1	Empirico- regressivo	267	2.26	603	3.07	819

Autorità di Bacino dei Fiumi Liri-Garigliano e Volturno

SEZ	SEZ	Modello adottato	M(Q)	T=30 anni		T=100 anni	
				K_T	Q30	K_T	Q100
			[m³/s]		[m³/s]		[m³/s]
SAC B14	Sacco ad ANAGNI 2	Empirico-regressivo	290	2.26	655	3.07	889
SAC B15	Sacco ad ANAGNI 3	Empirico-regressivo	305	2.26	690	3.07	937
COS B1	Cosa ad ALATRI 1	Empirico-regressivo	74	2.26	167	3.07	228
COS B2	Cosa ad ALATRI 2	Empirico-regressivo	78	2.26	176	3.07	240
COS B3	Cosa ad ALATRI 3	Empirico-regressivo	82	2.26	184	3.07	250
COS B4	Cosa ad ALATRI 4	Empirico-regressivo	85	2.26	191	3.07	260
COS B5	Cosa ad ALATRI 5	Empirico-regressivo	93	2.26	211	3.07	286
COS B6	Cosa ad ALATRI 6	Empirico-regressivo	95	2.26	214	3.07	291

Autorità di Bacino dei Fiumi Liri-Garigliano e Volturno

SEZ	SEZ	Modello adottato	M(Q)	T=30 anni		T=100 anni	
				K_T	Q30	K_T	Q100
			[m³/s]		[m³/s]		[m³/s]
COS B7	Cosa a FROSINONE 1	Empirico-regressivo	106	2.26	239	3.07	324
COS B8	Cosa a FROSINONE 2	Empirico-regressivo	111	2.26	252	3.07	342
COS B9	Cosa a FROSINONE 3	Empirico-regressivo	123	2.26	279	3.07	378
COS B10	Cosa a FROSINONE 4	Empirico-regressivo	125	2.26	282	3.07	383
COS B11	Cosa a CECCANO 1	Empirico-regressivo	132	2.26	298	3.07	404
COS B12	Cosa a CECCANO 2	Empirico-regressivo	134	2.26	303	3.07	412
COS B13	Cosa a CECCANO 3	Empirico-regressivo	139	2.26	315	3.07	428
FIB B1	Fibreno a valle del LAGO POSTA	Empirico-regressivo	28	2.26	64	3.07	87

Autorità di Bacino dei Fiumi Liri-Garigliano e Volturno

SEZ	SEZ	Modello adottato	M(Q)	T=30 anni		T=100 anni	
				K_T	Q30	K_T	Q100
			[m ³ /s]		[m ³ /s]		[m ³ /s]
FIB B2	Fibreno a valle del RIO FONTECHIARI	Empirico-regressivo	50	2.26	113	3.07	154
FIB B3	Fibreno a PONTE EMILIO	Empirico-regressivo	53	2.26	120	3.07	162
FIB B4	Fibreno a CARNELLO 1	Empirico-regressivo	56	2.26	128	3.07	173
FIB B5	Fibreno a CARNELLO 2	Empirico-regressivo	64	2.26	145	3.07	197
FIB B6	Fibreno CHIUSURA	Empirico-regressivo	66	2.26	149	3.07	203
MOL B1	Mollarino PONTE AMERICANO	Empirico-regressivo	35	2.26	80	3.07	109
MOL B2	Mollarino a VILLA LATINA 1	Empirico-regressivo	37	2.26	84	3.07	114
MOL B3	Mollarino a VILLA LATINA 1	Empirico-regressivo	42	2.26	95	3.07	129

Autorità di Bacino dei Fiumi Liri-Garigliano e Volturno

SEZ	SEZ	Modello adottato	M(Q)	T=30 anni		T=100 anni	
				K _T	Q30	K _T	Q100
			[m ³ /s]		[m ³ /s]		[m ³ /s]
MOL B4	Mollarino ad ATINA 1	Empirico-regressivo	50	2.26	113	3.07	153
MOL B5	Mollarino ad ATINA 2	Empirico-regressivo	51	2.26	116	3.07	157
MEL B1	Melfa a monte confl. Mollarino	Empirico-regressivo	86	2.26	194	3.07	263
MEL B2	Melfa ad ATINA	Empirico-regressivo	89	2.26	200	3.07	272
MEL B3	Melfa a valle confl Rio Mollo	Empirico-regressivo	159	2.26	359	3.07	488
RAP B1	Rapido a S. ELIA 1	Empirico-regressivo	36	2.26	82	3.07	111
RAP B2	Rapido a S. ELIA 2	Empirico-regressivo	40	2.26	90	3.07	123
RAP B3	Rapido a monte diversione	Empirico-regressivo	42	2.26	95	3.07	129

Autorità di Bacino dei Fiumi Liri-Garigliano e Volturno

SEZ	SEZ	Modello adottato	M(Q)	T=30 anni		T=100 anni	
				K _T	Q30	K _T	Q100
			[m ³ /s]		[m ³ /s]		[m ³ /s]
	vecchio/nuovo alveo						
RAP B4	Rapido a valle immiss. Rio Secco	Empirico- regressivo	59	2.26	133	3.07	180
RAP B5	Rapido attrav vecchio/ nuovo alveo	Empirico- regressivo	66	2.26	150	3.07	204
RAP B6	Rapido a valle confl. Vecchio/nuovo alveo	Empirico- regressivo	81	2.26	182	3.07	248
RAP B7	Rapido a monte confl. Gari	Empirico- regressivo	87	2.26	196	3.07	267
GAR B1	Gari a valle confl. Rapido	Empirico- regressivo	113	2.26	256	3.07	347

Autorità di Bacino dei Fiumi Liri-Garigliano e Volturno

Tabella 5 – Valori di Q30 e Q100 adottati nelle sezioni di chiusura di interesse del bacino (I fase).

Sez.	Località	Q30 [mc/s]	Q100 [mc/s]	Modello utilizzato	NOTE
LIR 1	Liri a CASTRONUOVO	383,00	520,00	Regressivo-empirico	
LIR 2	Liri a MADONNA VALFRANCESCA, loc. Case Baffetta	447,00	608,00	Regressivo-empirico	
LIR 3	Liri a SORA tratto cittadino, attraversamento in località Castello di S. Casto	459,00	623,00	Regressivo-empirico	
LIR 4	Liri a valle confluenza FIBRENO, a valle dell'attraversamento sito in località S. Domenico	536,00	728,00	Regressivo-empirico	
LIR 5	Liri ad ISOLA LIRI	584,00	793,00	Regressivo-empirico	A monte della biforcazione
LIR 6_1	Liri a Isola Liri ramo sx, immediatamente a valle della biforcazione	402,00	546,00	Regressivo-empirico	
LIR 6_2	Liri a Isola Liri ramo dx, circa 200m a valle della biforcazione	134,00	182,00	Regressivo-empirico	
LIR 7	Liri a Isola Liri a valle dell'unione dei due rami e prima dell'attraversamento	583,00	792,00	Regressivo-empirico	
LIR 8	Liri FONTECUPA, in corrispondenza dell'attraversamento in località Contrada Muto e a monte del meandro di Ceprano	640,00	869,00	Regressivo-empirico	A monte della presa della centrale Fontecupa
LIR 9	Liri (confl. Sacco)	731,00	993,00	Regressivo-empirico	A Ceprano, monte confluenza Sacco
LIR 10	Liri a S.GIOVANNI INCARICO, a valle dell'attraversamento in località Casale Cairo	1611,00	2189,00	Regressivo-empirico	A valle confluenza Sacco
LIR 11	Liri al serbatoio di PONTECORVO a monte della confluenza con il Melfa	1813,00	2462,00	Regressivo-empirico	
LIR 12	Liri a S.APOLLINARE (chiusura), a monte della confluenza con il Gari	1975,00	2683,00	Regressivo-empirico	
SAC 1	Sacco a PALIANO, in corrispondenza dell'attraversamento della S.S. 155 di Fiuggi, nei pressi di Colle S. Giovenale	188,00	256,00	Regressivo-empirico	

Autorità di Bacino dei Fiumi Liri-Garigliano e Volturno

Sez.	Località	Q30 [mc/s]	Q100 [mc/s]	Modello utilizzato	NOTE
SAC 2	Sacco a PALIANO, a monte dell'immissione del Fosso "Mazza Sbirri", nei pressi di Ponte Vallerano	200,00	272,00	Regressivo-empirico	
SAC 3	Sacco a PALIANO, in località "Mola di Piscoli"	210,00	286,00	Regressivo-empirico	
SAC 4	Sacco a PALIANO, nei pressi di "Casa Manzella"	258,00	350,00	Regressivo-empirico	
SAC 5	Sacco a PALIANO, nei pressi di Colle Montarozzo e a monte dell'attraversamento con la S.S. Casilina	271,00	369,00	Regressivo-empirico	
SAC 6	Sacco a COLLEFERRO, immediatamente a valle dell'attraversamento con la S.S. Casilina	381,00	517,00	Regressivo-empirico	
SAC 7	Sacco a COLLEFERRO, in corrispondenza del primo attraversamento procedendo da monte nei pressi di Casale Federici, prima della stazione FS di Colferro	448,00	609,00	Regressivo-empirico	
SAC 8	Sacco a VALLE SEGNI, località Colferro nei pressi del rudere "Osteria Bianca"	458,00	621,00	Regressivo-empirico	
SAC 9	Sacco a VALLE SEGNI, località Colferro poco a monte di Colle del Pero	464,00	631,00	Regressivo-empirico	
SAC 10	Sacco a VALLE SEGNI, in corrispondenza dell'attraversamento in località Colle le Torce	484,00	657,00	Regressivo-empirico	
SAC 11	Sacco a GAVIGNANO, poco a monte di località Carnaccio	508,00	690,00	Regressivo-empirico	
SAC 12	Sacco a GAVIGNANO, località Ponte Castellaccio	590,00	801,00	Regressivo-empirico	
SAC 13	Sacco ad ANAGNI, a valle, procedendo da monte, della stazione FS di Anagni, località Gavignano	603,00	819,00	Regressivo-empirico	
SAC 14	Sacco ad ANAGNI, località Sgurgola, a monte del Ponte di Villamagna	655,00	889,00	Regressivo-empirico	
SAC 15	Sacco ad ANAGNI, località Sgurgola, in corrispondenza del Ponte FS dell'Anguilla	690,00	937,00	Regressivo-empirico	
SAC 16	Sacco ad ANAGNI, in corrispondenza dell'attraversamento con la S.P. Accesso Sgurgola, nei pressi della stazione FS di Sgurgola	696,00	946,00	Regressivo-empirico	

Autorità di Bacino dei Fiumi Liri-Garigliano e Volturno

Sez.	Località	Q30 [mc/s]	Q100 [mc/s]	Modello utilizzato	NOTE
SAC 17	Sacco a valle confluenza Torrente ALABRO, in località "Romoleto"	771,00	1047,00	Regressivo-empirico	
SAC 18	Sacco a FROSINONE, all'altezza del km 141.8 della S.P. Morolonese	802,00	1090,00	Regressivo-empirico	
SAC 19	Sacco a CECCANO, a valle del Ponte Tomacella in località San Pietro	843,00	1145,00	Regressivo-empirico	
SAC 20	Sacco a valle confluenza COSA	1006,00	1366,00	Regressivo-empirico	
SAC 21	Sacco a località "I Masi", all'altezza del km 13 della S.S. 837 di Frosinone e di Gaeta	1026,00	1394,00	Regressivo-empirico	
SAC 22	Sacco a valle confl. F.SO DI ARNARA, località "Campo del Conte"	1053,00	1431,00	Regressivo-empirico	
SAC 23	Sacco a CASTRO DEI VOLSCI, località "Pozzo del Gatto", a monte dell'immissione del Fosso Campo del Conte	1062,00	1443,00	Regressivo-empirico	
SAC 24	Sacco immediatamente a valle della confluenza con il Fosso Meringo	1107,00	1504,00	Regressivo-empirico	
SAC 25	Sacco loc. FONTANA MAZZORILE, circa 600m a monte dell'immissione del Fosso Pisciarello	1123,00	1526,00	Regressivo-empirico	
SAC 26	Sacco a località "Mola Bassa"	1146,00	1556,00	Regressivo-empirico	
SAC 27	Sacco a monte della confluenza con il Liri (chiusura)	1174,50	1595,50	Regressivo-empirico	
COS 1	Cosa ad ALATRI, località "Magliano"	167,00	228,00	Regressivo-empirico	
COS 2	Cosa ad ALATRI, in corrispondenza del Ponte D'Alloggio	176,00	240,00	Regressivo-empirico	
COS 3	Cosa ad ALATRI, località "Mole Santa Maria"	184,00	250,00	Regressivo-empirico	
COS 4	Cosa ad ALATRI, località "Colle Forche"	191,00	260,00	Regressivo-empirico	
COS 5	Cosa ad ALATRI, località "Castelmassimo"	211,00	286,00	Regressivo-empirico	
COS 6	Cosa ad ALATRI, immediatamente a monte del Ponte della Tenuta	214,00	291,00	Regressivo-empirico	
COS 7	Cosa a FROSINONE, a valle del Ponte della Tenuta	239,00	324,00	Regressivo-empirico	

Autorità di Bacino dei Fiumi Liri-Garigliano e Volturno

Sez.	Località	Q30 [mc/s]	Q100 [mc/s]	Modello utilizzato	NOTE
COS 8	Cosa a FROSINONE, a monte dell'attraversamento in località "Osteria De Matteis"	252,00	342,00	Regressivo-empirico	
COS 9	Cosa a FROSINONE, a valle dell'attraversamento in località "Valle Fredda"	279,00	378,00	Regressivo-empirico	
COS 10	Cosa a FROSINONE, a monte dell'attraversamento con la A1	282,00	383,00	Regressivo-empirico	
COS 11	Cosa a CECCANO, a valle dell'attraversamento con la A1	298,00	404,00	Regressivo-empirico	
COS 12	Cosa a CECCANO, immediatamente a monte dell'attraversamento sito in località "Contrada Colle San Paolo"	303,00	412,00	Regressivo-empirico	
COS 13	Cosa a CECCANO, Monte confluenza Sacco	315,00	428,00	Regressivo-empirico	
FIB 1	Fibreno a valle del Lago Fibreno, in località "Villa Mazzenga"	29,00	34,00	Regressivo-empirico	Tenendo conto dell'effetto di laminazione del lago
FIB 2	Fibreno a valle dell'immissione del RIO FONTECHIARI	78,00	101,00	Regressivo-empirico	Tenendo conto dell'effetto di laminazione del lago
FIB 3	Fibreno a PONTE EMILIO	85,00	109,00	Regressivo-empirico	Tenendo conto dell'effetto di laminazione del lago
FIB 4	Fibreno a CARNELLO, a monte della derivazione	93,00	120,00	Regressivo-empirico	Tenendo conto dell'effetto di laminazione del lago
FIB 5	Fibreno immediatamente a valle della presa di CARNELLO, ramo sx	82,00	109,00	Regressivo-empirico	
FIB 6	Fibreno immediatamente a valle della restituzione di CARNELLO	93,00	120,00	Regressivo-empirico	
FIB 7	Fibreno a monte della biforcazione, località "Tremoletto"	110,00	144,00	Regressivo-empirico	Tenendo conto dell'effetto di laminazione del lago
FIB 8_1	Fibreno a valle della biforcazione ramo sx	43,00	71,00	Regressivo-empirico	
FIB 8_2	Fibreno a valle della biforcazione ramo dx	67,00	73,00	Regressivo-empirico	
MEL 1	Melfa a monte confl. Mollarino	194,00	263,00	Regressivo-empirico	

Autorità di Bacino dei Fiumi Liri-Garigliano e Volturno

Sez.	Località	Q30 [mc/s]	Q100 [mc/s]	Modello utilizzato	NOTE
MEL 2	Melfa ad ATINA, a monte dell'attraversamento con la strada a scorrimento veloce Sora, Atina, Cassino	200,00	272,00	Regressivo-empirico	
MEL 3	Melfa a valle confl Rio Mollo	359,00	488,00	Regressivo-empirico	
MEL 4	Melfa a CASALATTICO, località "S. Andrea"	360,00	516,00	Regressivo-empirico	
MEL 5	Melfa a CASALATTICO, località "Plauto"	370,00	526,00	Regressivo-empirico	
MEL 6	Melfa a CASALATTICO	382,00	519,00	Regressivo-empirico	
MEL 7	Melfa a ROCCASECCA	420,00	571,00	Regressivo-empirico	
MEL 8	Melfa CHIUSURA	425,00	577,00	Regressivo-empirico	
MOL 1	Mollarino, località "Ponte Americano", nei pressi di Molino Capaldi	80,00	109,00	Regressivo-empirico	
MOL 2	Mollarino a VILLA LATINA, località "Valle Grande"	84,00	114,00	Regressivo-empirico	
MOL 3	Mollarino a VILLA LATINA, in corrispondenza dell'attraversamento nei pressi di Casa Cervi	95,00	129,00	Regressivo-empirico	
MOL 4	Mollarino ad ATINA (vedi nota)	113,00	153,00	Regressivo-empirico	
MOL 5	Mollarino ad ATINA, a monte dell'attraversamento di Atina Inferiore	116,00	157,00	Regressivo-empirico	
RAP 1	Rapido a S. ELIA, nei pressi della sorgente minerale	82,00	111,00	Regressivo-empirico	
RAP 2	Rapido a S. ELIA, in corrispondenza dell'attraversamento con la S.S. 509 di Forca d'Acero	90,00	123,00	Regressivo-empirico	
RAP 3	Rapido a monte diversione vecchio/nuovo alveo	95,00	129,00	Regressivo-empirico	
RAP 4_1	Rapido vecchio corso ramo sx, a valle della diversione	12,00	19,00	Regressivo-empirico	
RAP 4_2	Rapido nuovo corso ramo dx, a valle della diversione	83,00	110,00	Regressivo-empirico	
RAP 4_4	Rapido nuovo corso ramo dx, a valle della confluenza Rio Secco	120,00	161,00	Regressivo-empirico	
RAP 4_6	Rapido nuovo corso ramo dx, a valle traversa SER	108,00	149,00	Regressivo-empirico	

Autorità di Bacino dei Fiumi Liri-Garigliano e Volturno

Sez.	Località	Q30 [mc/s]	Q100 [mc/s]	Modello utilizzato	NOTE
RAP 5	Rapido a valle della ricongiunzione vecchio/nuovo corso e a monte della seconda diversione	150,00	204,00	Regressivo-empirico	
RAP 6	Rapido a valle confl. Vecchio/nuovo alveo della seconda diversione	182,00	248,00	Regressivo-empirico	
RAP 7	Rapido a monte confl. Gari, località "Borgo Mastronardi"	196,00	267,00	Regressivo-empirico	
GAR 1	Gari a valle confl. Rapido, località "Ponte Marozzo"	287,00	390,00	Regressivo-empirico	
GAR 2	Gari a chiusura	336,00	456,00	Regressivo-empirico	
GRL 1	Garigliano a valle della confluenza Liri-Gari, a valle del Ponte S. Ambrogio	2097,00	2849,00	Regressivo-empirico	
GRL 2	Garigliano a valle confluenza PECCIA	2163,00	2938,00	Regressivo-empirico	
GRL 3	Garigliano a SUIO	2206,00	2996,00	Regressivo-empirico	Data la posizione, il codice non può essere GR 146-84, così come contenuto in relazione dato che la sezione contrassegnata con il suddetto codice si trova più a monte di SUIO
GRL 4	Garigliano a S.CASTRESE, località "Masseria Vignali"	2246,00	3052,00	Regressivo-empirico	
GRL 5	Garigliano alla CHIUSURA	2262,00	3073,00	Regressivo-empirico	

2.2.4 Studio idraulico per la mappatura delle aree inondabili e mappatura delle aree inondabili

2.2.4.1 Introduzione

Lo studio idraulico per la definizione delle aree inondabili è stato realizzato attraverso il susseguirsi di fasi distinte tali da poter descrivere contemporaneamente, con una trattazione semplificata, la monodimensionalità del moto della corrente in alveo e la bidimensionalità del fenomeno di inondazione delle aree latitanti il corso d'acqua.

In una prima fase si sono determinati i livelli idrici nell'alveo con un modello monodimensionale con impedimento di esondazione (cioè con estensione verticale delle sponde della sezione). In una seconda fase si sono estese le quote idriche alle aree circostanti mediante considerazioni di tipo morfologico. Tale procedura ha fornito risultati realistici quando i volumi di esondazione sono risultati una frazione modesta dell'intero volume di piena.

Quando i volumi di esondazione sono risultati più che significativi, è stato necessario ricorrere a modelli idraulici più sofisticati, di moto vario unidimensionale o di moto bidimensionale quando le aree limitrofe al corso d'acqua sono risultate essere pianeggianti.

Nel primo caso, una volta tracciato il profilo di corrente, le aree inondabili sono state delimitate con una procedura iterativa tale da tenere conto dell'effettivo volume esondato. Si è quindi definito il limite delle aree inondabili in prima approssimazione estendendo le quote idriche calcolate in alveo alle aree circostanti con considerazioni di tipo morfologico, e calcolando il relativo volume di inondazione, che è risultato ovviamente maggiore del volume esondato. Il limite delle aree inondabili è stato dunque iterativamente spostato su quote man mano più basse fino a quando il volume di inondazione non è risultato uguale a quello esondato.

L'utilizzo del modello bidimensionale ha permesso, con i risultati ottenuti, di definire direttamente anche il limite delle aree inondabili. In questo caso però è stato necessario disporre di una serie di dati tali da consentire una maggiore definizione della geometria nelle aree limitrofe al corso d'acqua e dei parametri di scabrezza.

La metodologia operativa di dettaglio è riportata nei paragrafi che seguono.

Lo studio idraulico così come descritto, è stato realizzato per i seguenti tratti fluviali:

- Liri dalla sorgente a S. Giovanni Incarico;
- Sacco da Sgurgola (ponte di Villamagna) a S. Giovanni Incarico;
- Liri da S. Giovanni Incarico alla confluenza con il Melfa;

- Melfa da Casalattico (confluenza del Rio Nero) alla confluenza con il Liri;
- Liri dalla confluenza con il Melfa a S. Apollinare (confluenza con il Gari);
- Gari da Cassino (confluenza del Vallone dell'Ascensione) alla confluenza con il Liri;
- Garigliano dalla confluenza Liri-Gari alla foce.
- fiume Sacco dalla confluenza con il fosso delle Pantanelle al ponte di Villamagna;
- fiume Cosa dalla confluenza del torrente Cosa alla confluenza con il fiume Sacco;
- fiume Fibreno dal lago di Posta alla confluenza con il fiume Liri;
- fiume Mollarino dal ponte Americano alla confluenza con il fiume Melfa;
- fiume Melfa dalla confluenza del fiume Mollarino alla confluenza del rio Nero;
- fiume Rapido-Gari dalla confluenza del rio Secco alla confluenza con il Vallone dell'Ascensione.

2.2.4.2 Metodologia operativa

2.2.4.2.1 Integrazione dei profili in regime di moto permanente

Per i tratti suddetti l'individuazione delle aree inondabili è stata effettuata preliminarmente utilizzando il modello a moto permanente HEC - RAS, della US Army Corps of Engineers, che consente di valutare l'estensione delle fasce fluviali e le aree inondabili, per assegnate condizioni di portata, in quelle situazioni geometrico - morfologiche dell'insieme corso d'acqua-aree inondabili tali da potersi ritenere plausibile l'ipotesi di monodimensionalità del moto. Il programma consente tra l'altro di valutare l'impatto che hanno sul regime dei deflussi i manufatti presenti in alveo.

Lo studio idraulico in regime di moto permanente è stato articolato essenzialmente in tre fasi:

1. Caratterizzazione geometrica del corso d'acqua;
2. caratterizzazione geometrica ed idraulica delle opere che possono interferire con il deflusso della piena (ponti, briglie, sbarramenti);
3. applicazione del modello idraulico per la simulazione del moto della corrente idrica in alveo corrispondente alle portate stimate nello studio idrologico.

Per quanto concerne la caratterizzazione geometrica dei corsi d'acqua e delle opere presenti, sono stati utilizzati rilievi topografici disponibili presso i vari Enti Territoriali consultati o presso l'Autorità di Bacino, ed in particolare i dati desunti dalle seguenti fonti:

- EUROTAS - "European River Flood Occurrence and Total Risk Assessment System"

(Autorità di Bacino dei fiumi Liri-Garigliano e Volturno, 1998); Ministero dei lavori Pubblici - Provveditorato Opere Pubbliche per l'Abruzzo (1989);

Trasporto solido del bacino dei fiumi Liri-Garigliano (Hydrodata, 1994);

- Piano di Bacino Liri-Garigliano - II fase (Lotti e Associati, 1988);
- Piano di Bacino Liri-Garigliano - (Lotti e Associati, 1984);
- Piano ottimale di utilizzazione delle risorse idriche del Liri-Garigliano (Lotti e Associati, 1981);
- Risanamento del dissesto idrogeologico dei comuni di Frosinone, Torrice e Arnara (Ministero dei LL.PP., 1989);
- Lavori di sistemazione idraulica dell'alveo e delle sponde del Fiume Fibreno dal lago di Posta Fibreno alla località S. Domenico del comune di Isola Liri (Ministero dei LL.PP., Prov. OO.PP. per il Lazio, 1999);
- Lavori di costruzione di opere idrauliche per la difesa e la salvaguardia di insediamenti produttivi e di centri abitati in provincia di Frosinone. Danni per causa di forza maggiore dell'Ottobre 1993 (Ministero dei LL.PP., Prov. OO.PP. per il Lazio, 1993).
- Modellamento della sezione di deflusso del fiume Sacco alle portate di magra e di massima piena con costruzione di argini e difese spondali a protezione degli insediamenti produttivi nella valle del Sacco e dell'abitato di Ceccano. (Ministero dei lavori Pubblici - Provveditorato Opere Pubbliche per il Lazio, 1988);
- Fiume Sacco. Lavori di costruzione dei muraglioni a monte e a valle del Ponte Berardi a salvaguardia dell'abitato di Ceccano. Progetto di completamento. (Ministero dei lavori Pubblici - Provveditorato Opere Pubbliche per il Lazio, 1991);
- Fiume Sacco. Lavori di costruzione di opere idrauliche per la difesa e la salvaguardia di insediamenti produttivi e di centri abitati in provincia di Frosinone. Danni per causa di forza maggiore dell'ottobre 1993 (Ministero dei lavori Pubblici - Provveditorato Opere Pubbliche per il Lazio, 1993);

A completamento delle informazioni raccolte sulla geometria dei corsi d'acqua è stata effettuata una apposita campagna rilievi.

Per l'applicazione del modello sono state effettuate le opportune ipotesi relativamente alle condizioni al contorno e al valore del coefficiente di scabrezza.

In particolare, per quanto riguarda la scabrezza sono state esaminate le serie fotografiche relative all'indagine di campagna condotta per il completamento del censimento delle opere idrauliche; in tali fotografie sono visibili ampi tratti dei corsi d'acqua in esame e si

possono stimare i valori idonei da assegnare alle scabrezze. Tali valori tengono conto non solo delle caratteristiche del materiale al fondo e della presenza o meno di vegetazione ma anche delle caratteristiche morfologiche del corso d'acqua.

Per quanto concerne il punto 2 sono state acquisite tutte le informazioni relative alla geometria delle strutture presenti in alveo che possono interferire con il deflusso delle piene. Sono state inserite le geometrie di quei ponti che evidenziano un potenziale ostacolo al deflusso di piena e di quelli che hanno rappresentato punti critici durante eventi alluvionali del passato.

E' stata inoltre inserita la geometria delle briglie e degli sbarramenti. Questi ultimi rappresentano per lo più opere di presa di una serie di mulini (soprattutto sul fiume Sacco) e di cartiere (soprattutto sul fiume Liri).

Sul fiume Liri sono inoltre presenti 7 sbarramenti dell'Enel:

- sbarramento di Canistro;
- sbarramento di Morino;
- sbarramento di Fontecupa;
- sbarramento di Cerasoli;
- sbarramenti di S. Eleuterio e Rio Canello;
- sbarramento di Pontecorvo.

2.2.4.2.2 Integrazione dei profili in regime di moto vario

I risultati ottenuti con l'integrazione dei profili in moto permanente forniscono un quadro generale dei tratti di corso d'acqua soggetti a possibilità di esondazione in seguito al transito di portate di piena.

I risultati ottenuti con il modello in moto permanente possono però essere ritenuti validi sia qualitativamente che quantitativamente nei tratti in cui i volumi di esondazione possono essere ritenuti trascurabili.

Nei tratti in cui considerevoli volumi d'acqua vengono sottratti all'idrogramma di piena in transito (tiranti d'acqua considerevolmente elevati, lunghi tratti spondali soggetti a tracimazione), l'applicazione del moto permanente fornisce risultati sovrastimanti nei confronti della entità dei volumi di esondazione e quindi delle aree inondabili.

Limitato è anche il risultato fornito dall'applicazione in regime di moto permanente nei tratti di corso d'acqua arginati, per la non corretta modellazione, nel caso di superamento delle quote arginali, del deflusso di piena nella porzione di sezione esterna agli argini stessi.

Per tenere conto dei fattori sopra descritti è stato in alcuni casi necessario ricorrere ad una procedura di calcolo basata sull'integrazione del profilo di moto vario. Con essa i volumi che fuoriescono dall'alveo per essere sversati sul piano campagna vengono sottratti dall'idrogramma di piena in transito. Risultato di ciò è la conseguente laminazione del picco di piena e la riduzione dei volumi che fuoriescono nelle sezioni poste a valle.

Lo strumento di calcolo utilizzato è UNET, della US Army Corps of Engineers. Il modello è in grado di integrare i profili di corrente lenta in moto vario (la limitazione alla corrente lenta risulta irrilevante nel caso in esame dati i bassi valori della pendenza delle aste fluviali che vengono analizzate).

Applicazione del modello bidimensionale

La trattazione in moto vario unidimensionale, se ben si adatta alla valutazione della laminazione dell'onda di piena per effetto dell'esondazione e del conseguente volume sversato sul piano campagna, non altrettanto bene riesce a modellare il processo di allagamento sul piano campagna stesso. Ci si è avvalsi allora, laddove ritenuto necessario, di un modello bidimensionale.

Il modello idraulico utilizzato è un modello uni-bidimensionale sviluppato da WL|Delft Hydraulics. Con tale modello è possibile simulare in maniera ottimale il ruolo della rete idraulica principale nella formazione e propagazione delle piene mediante un modello monodimensionale e il carattere del moto sulle zone suscettibili ad allagamento mediante un modello bidimensionale.

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

L'inondazione delle celle bidimensionali inizia quando il livello dell'acqua supera la massima quota della sezione monodimensionale.

2.2.4.3. Risultati ottenuti

2.2.4.3.1. Integrazione dei profili in regime di moto permanente

I risultati ottenuti sono rappresentati dai profili di moto permanente nei tratti considerati e con i tempi di ritorno stabiliti, ed in particolare $T = 5, 30$ e 100 anni.

Per verificare la verosimiglianza dei risultati forniti dal modello si è proceduto, in alcuni punti critici, al confronto con i valori riportati in letteratura.

- In corrispondenza di Sora, nel tratto a valle del Ponte Madonna della Neve, si ha esondazione per portate comprese tra 450 e $550 \text{ m}^3/\text{s}$; il Piano di Bacino del Liri-Garigliano (Lotti e Associati) fissa tale limite in circa $500 \text{ m}^3/\text{s}$.
- In corrispondenza di Isola Liri, a valle dell'abitato, si ha esondazione a partire da circa $450 \text{ m}^3/\text{s}$; il Piano di Bacino del Liri-Garigliano (Lotti e Associati) fissa tale limite in circa $400 \text{ m}^3/\text{s}$.
- Nel tratto del fiume Liri compreso tra S. Giovanni Incarico e s. Apollinare, le aree inondabili sono paragonabili a quelle indicate, per il medesimo tempo di ritorno, dal Piano di Bacino del Liri-Garigliano (Lotti e Associati).

Nel tratto del fiume Garigliano a valle della centrale di Suio, secondo il modello, la portata massima che transita senza dare luogo ad esondazioni risulta pari a circa $1100 \text{ m}^3/\text{s}$, in accordo con quanto asserito nel Piano di Bacino del Liri-Garigliano (Lotti e Associati). Osservando che il valore Q_5 (colmo della piena con $T = 5$ anni), risulta pari, in questo tratto, a circa $1300 \text{ m}^3/\text{s}$ e risulta confermata l'evidenza storica per la quale si verificano esondazioni mediamente ogni 2-3 anni.

➤

2.2.4.3.2 Localizzazione delle esondazioni

Fiume Liri

Per quanto riguarda l'alto corso del fiume Liri si manifestano episodi di esondazione nel comune di Civitella Roveto (in sponda sinistra a monte della briglia Case Capone) già per portate con tempo di ritorno 30 anni. Più a valle la zona di Morino è interessata da inondazioni dapprima in destra e poi in sinistra idrografica a causa del rigurgito provocato dal ponte ferroviario a valle dello sbarramento ENEL. I risultati ottenuti nel tratto dell'alto Liri sono in buon accordo con l'indagine condotta sulle aree storicamente inondate.

I tratti ad elevata probabilità di esondazione iniziano a valle dell'abitato di Sora, lungo il tratto arginato, fino al Ponte S. Domenico, in prossimità dell'immissione del fiume Fibreno. La toponomastica del luogo sembra confermare le risultanze del modello (loc. Piscine, loc. Case Pantano). Un lieve superamento delle quote di sponda si verifica anche a monte dell'abitato di Sora, in destra idrografica, in prossimità del Ponte S. Casto (cfr. figura che segue)

A valle dell'abitato di Isola Liri vi è un ampio tratto del corso d'acqua che, soprattutto in destra idrografica, presenta problemi di esondazione già a partire da portate con tempo di ritorno 10-20 anni (cfr. figura che segue)

Il carattere incassato del corso del fiume Liri a valle di Castelliri riduce il rischio di esondazione. Altro luogo di probabile esondazione è quello in corrispondenza di due curve nel comune di Monte S. Giovanni Campano. Ancora più a valle, in corrispondenza della traversa ENEL di Fontecupa, si ha esondazione in sponda destra a causa del sovrizzo del pelo libero indotto dalla traversa stessa.

Consistenti possibilità di inondazione si hanno poi nel tratto meandriforme a Nord e a Sud dell'abitato di Ceprano.

Nel tratto di fiume compreso fra il Lago di San Giovanni Incarico e la confluenza con il fiume Garigliano, il Liri riceve uno dei suoi affluenti principali, il Melfa. In corrispondenza di tale immissione si ha esondazione, anche a causa dell'andamento meandriforme del fiume, con conseguente inondazione di vaste aree limitrofe al corso d'acqua stesso.

A valle dello sbarramento ENEL di Pontecorvo si ha la fascia di inondazione più rilevante per il tratto in oggetto; dai profili di corrente si evince come il ponte di Pontecorvo, posto a circa 5 Km più a valle dello sbarramento, provochi una discontinuità del livello idrico anche per portate relative ad un tempo di ritorno basso.

In accordo con quanto riportato nell'analisi dei dati storici disponibili, i comuni di San Giorgio a Liri e di Sant'Apollinare sono a rischio di inondazione già per portate con tempo di ritorno pari a 10-20 anni.

Fiume Sacco

Le simulazioni condotte mostrano che esondazioni si verificano già in testa al tratto studiato, presso l'attraversamento della Strada Statale di Fiuggi, a causa del rigurgito provocato dalla presenza di tre ponti. Esondazioni si hanno poi nel tratto di valle sia per piene centennali che trentennali, ma tuttavia, l'estensione delle aree inondabili risulta contenuta data la conformazione incassata dell'alveo.

Presso l'abitato di Colleferro, a valle dell'attraversamento dell'autostrada A1, la sezione idrica del Sacco risulta inadeguata a contenere le portate di piena. Esondazioni si verificano già per piene trentennali ed interessano la SS Casilina e la linea ferroviaria Roma – Cassino - Napoli. Le esondazioni sono determinate oltre che dall'inadeguatezza della sezione d'alveo anche dalla presenza di attraversamenti stradali e ferroviari che limitano il deflusso di piena. A valle dell'abitato di Colleferro ulteriori esondazioni sono determinate soprattutto dalla presenza di attraversamenti stradali quali quelle del Ponte della Mola Rudere e Ponte della Mola.

Ulteriori esondazioni si verificano in prossimità della stazione ferroviaria di Sgurgola, in sinistra idrografica. Tratti di corso d'acqua più ampiamente interessati da fenomeni di esondazione (in destra ed in sinistra) si trovano a partire da Morolo Scalo – Supino, fino alla località Valle Fioretta; in questo tratto il tracciato dell'autostrada A1 viene interessato da esondazione. Fino a Ceccano le portate del Sacco vengono contenute in alveo grazie agli argini di recente realizzazione, mentre a valle dell'abitato, fino ad Isoletta, sono frequenti le tracimazioni soprattutto in sponda destra (cfr. figura che segue).

Fiume Cosa

Il fiume Cosa presenta numerosi punti di esondazione a monte di Frosinone già per portate relative ad un tempo di ritorno trentennale. Data la conformazione della sezione le esondazioni risultano comunque limitate, interessando le aree limitrofe al corso d'acqua per non più di un centinaio di metri.

Un elemento di criticità è rappresentato dal Ponte della Tenuta, in corrispondenza del quale la sezione d'alveo si presenta insufficiente a far transitare le portate trentennali.

A Frosinone il Cosa si presenta con una sezione molto incassata, a tratti interessata da muraglioni e opere di sostegno, che confinano l'alveo entro una sezione ben definita. Qualche sezione è interessata da esondazione dall'alveo di magra, esondazioni che però risultano comunque confinate. Un elemento di criticità è rappresentato dal ponte stradale in località Colle Timia (ultimo di una serie ravvicinata di tre ponti). Tale ponte provoca infatti rigurgito a monte con conseguente esondazione della portata centennale.

A valle di Frosinone la sezione risulta inadeguata a contenere i deflussi di piena con conseguenti esondazioni.

La sezione in corrispondenza del ponte in contrada Colle San Paolo risulta fortemente sottodimensionata. Il livello del pelo libero supera l'estradosso del ponte anche per portate

trentennali, provocando allagamenti delle zone limitrofe. Infine si hanno esondazioni nella zona di confluenza nel fiume Sacco, determinate dal rigurgito provocato dagli alti livelli del Sacco stesso.

Fiume Fibreno

Il tratto compreso tra il lago Posta e la cartiera presenta limitati fenomeni di esondazione, contenuti grazie alla conformazione incassata dell'alveo.

Importanti esondazioni si verificano nel centro abitato di Carnello anche per piene trentennali.

A valle di Carnello il fiume si presenta arginato. La simulazione con tempo di ritorno centennale rileva che anche se il pelo libero non supera le quote arginali, il franco risulta essere notevolmente ridotto (anche inferiore al decimetro). Tale situazione risulta quindi di notevole criticità.

In corrispondenza del Borgo San Domenico l'alveo si suddivide in due rami che sfociano separatamente nel fiume Liri. Nel ramo sinistro si hanno, per brevi tratti, esondazioni in destra per piene centennali, dovute essenzialmente al sovrizzo che viene a crearsi per la presenza di un ponte stradale che interferisce con le portate di piena. Nel ramo destro si verificano esondazioni a valle del ponte sulla SS della valle del Liri, sia in sponda destra che in sinistra già per portate trentennali. Tali esondazioni sono causate dal rigurgito provocato dai livelli d'acqua nel Liri.

Nella relazione generale del progetto per i 'Lavori di sistemazione idraulica dell'alveo e delle sponde del Fibreno dal lago di Posta Fibreno alla Località S. Domenico dal Comune di Isola del Liri, i valori limite della portata transitante nei due rami risultano essere: 35 m³/s per quello destro e 41 m³ /s per quello sinistro. Tali valori limite, verificati anche nelle modellazioni numeriche, sono stati utilizzati per il calcolo dei volumi di esondazione nel caso di piena centennale. I volumi così calcolati sono pari a 200 000 m³ per il ramo sinistro e 360 000 m³ per il ramo destro.

Tali volumi vanno ad occupare l'isola posta tra i due rami del fiume Fibreno nonché le zone più depresse dell'area posta a nord della linea ferroviaria Roccasecca - Avezzano e a cavallo della SS della Valle del Liri. Tale area di esondazione si fonde con quella generata dai deflussi del Liri nella piana di Sora.

Fiume Melfa

Il fiume Melfa subito a valle della confluenza con il Mollarino presenta una sezione interamente canalizzata con muri spondali in calcestruzzo. La sezione risulta adeguata al deflusso delle portate di piena. Un elemento di criticità potrebbe essere però rappresentato dalla presenza del ponte a valle della confluenza Melfa – Mollarino. Il ponte presenta infatti tre pile in alveo che per le dimensioni considerevoli possono favorire il deposito di materiale solido. Risulta possibile che in occasione di eventi di piena l'ingente quantitativo di materiale trasportato dal fiume Mollarino possa trovare in corrispondenza del ponte una zona di deposito, provocando così la diminuzione della sezione libera di deflusso del ponte stesso. Una tale situazione potrebbe causare rigurgito a monte dell'opera con conseguenti esondazioni: l'acqua tracimata all'esterno dei muri di contenimento non potendo rientrare nell'alveo per la mancanza di interruzioni, andrebbe ad allagare una ampia zona soprattutto in destra idrografica.

A valle del tratto sistemato con muri di sponda la sezione d'alveo risulta inadeguata al deflusso delle portate di piena e si hanno esondazioni in sinistra e destra dove le inondazioni interessano il centro abitato di Settignano.

Il fiume Melfa presenta un alveo fortemente incassato nel tratto compreso fra il comune di Roccasecca e il comune di Casalattico, nel quale non si evincono casi di esondazione, fatta eccezione per un breve tratto a valle di Casalattico dove il terreno è più pianeggiante e l'alveo ha un andamento meandriforme (T pari a 30 e 100 anni). Una vistosa discontinuità del profilo idrico si ha in conseguenza del restringimento della sezione d'alveo causato dal Ponte Vecchio per Roccasecca, che determina una piccola zona di inondazione a monte del ponte (T pari a 100 anni).

Fiume Mollarino

Per quanto riguarda il fiume Mollarino si riscontrano episodi di esondazione molto contenuti. La sezione si presenta infatti ampia e incassata, e le eventuali esondazioni dall'alveo di magra rimangono contenute entro le sponde delle fasce golenali non interessando quindi il piano campagna. I problemi maggiori sono dati non tanto dalla capacità di portata del fiume, che sembra adeguata alle portate di piena, quanto alla stabilità dell'alveo che, caratterizzato da una forte pendenza, è interessato da significativi trasporti di materiale. Per quanto riguarda i manufatti bisogna rilevare che l'unica criticità è rappresentata da un ponte che

risulta sottodimensionato per le portate centenarie, provocando rigurgito a monte dell'opera ad una quota superiore a quella dell'estradosso.

Fiume Rapido

Per quanto riguarda il fiume Rapido si verificano esondazioni sia per T=30 anni sia per T=100 anni, nel tratto a monte della prima diversione, in corrispondenza dell'abitato di S. Elia Fiumerapido (senza per altro interessare l'area più densamente urbanizzata che risulta posta ad una quota superiore). Esondazioni si verificano, in sinistra idrografica sia per T=30 anni, sia per T=100 anni nel tratto appena seguente l'attraversamento della superstrada.

A valle della prima diversione vecchio corso / nuovo corso per T=100 anni si verificano esondazioni che coinvolgono sia il vecchio corso che il nuovo corso (tratto dell'immissione del Rio Secco – traversa centrale CER).

Appena a valle della seconda diversione, per T=30 anni e 100 anni, la sponda sinistra del nuovo corso è interessata da esondazioni che contribuiscono ad allagare l'area compresa tra il corso d'acqua e la S.S. 509. Sempre sul nuovo corso, e sempre in sinistra idrografica, per T=100 anni si verifica esondazione in un tratto più a valle.

Per quanto riguarda il vecchio corso, che attraversa l'abitato di Cassino, si verifica esondazione per T=100 anni, in sinistra, per un breve tratto ubicato a monte della città (località Molino Villa).

Fiume Gari

Per quanto riguarda il fiume Gari, il tratto modellato (valle città di Cassino – confluenza Liri) con estensione delle sezioni, mette in rilievo un pressoché sistematico superamento delle quote spondali dell'alveo inciso, già per la piena con T = 30 anni soprattutto nella parte terminale del corso.

Fiume Garigliano

I risultati ottenuti dall'applicazione del moto permanente al corso del fiume Garigliano mettono in luce, lungo tutto il tratto, estese inondazioni già per T = 5 anni; tale fatto implica che l'alveo di piena ordinaria risulta più esteso dell'alveo inciso e le numerose segnalazioni di dissesti lungo le sponde lo confermano in pieno. Per T = 100 anni l'entità delle esondazioni è molto rilevante e merita sicuramente un approfondimento.

2.2.4.3.3 Integrazione dei profili in regime di moto vario

2.2.4.3.3.1 I tratti considerati

I tratti per i quali è risultata necessaria l'applicazione di un modello di moto vario sono:

- fiume Liri dalla confluenza del fiume Melfa a S. Apollinare;
- fiume Gari da Cassino alla confluenza con il fiume Liri;
- fiume Garigliano da S. Ambrogio allo sbarramento ENEL di Suio;
- fiume Garigliano dalla restituzione ENEL di Suio alla foce.
- fiume Liri dalla traversa Val Francesca (a monte di Sora) al ponte S. Domenico (monte confluenza Fibreno).

Il modello di moto vario lungo tali tratti è stato applicato con riferimento all'idrogramma di piena relativo alla portata centennale.

I risultati della modellazione in moto vario sono riportati in seguito.

2.2.4.3.3.2 Fiume Liri dalla confluenza del fiume Melfa a S. Apollinare

Il modello in moto vario è stato implementato con un idrogramma di piena di progetto con tempo di ritorno pari a 100 anni che raggiunge un picco di 2461 m³/s. La geometria adottata è quella a sezione ristretta e sfioro laterale. L'idrogramma nella sezione di chiusura del tratto (chiusura bacino) ha un picco di 1577 m³/s ed il volume complessivo di esondazione risulta pari a 11 milioni di metri cubi

Il valore ottenuto per il picco di piena nella sezione di chiusura (1524 m³/s) risulta paragonabile alla massima portata transitabile nelle sezioni a valle del tratto considerato.

Il volume di esondazione, che, a causa del rigurgito provoca un allagamento a monte, interessa il tratto terminale del fiume Melfa in prossimità della confluenza. La zona interessata da allagamento, a valle dell'immissione, è condizionata dagli apporti laterali del fiume Melfa e si estende fino allo sbarramento ENEL di Pontecorvo.

L'andamento meandriforme del fiume Liri nel tratto in esame è causa di allagamenti consistenti in prossimità del comune di Pontecorvo, che interessano lo stesso centro abitato, segnalato dalla Protezione Civile come una delle aree più frequentemente soggette ad inondazione. La stessa situazione si ripropone nei comuni posti più a valle (S. Giorgio al Liri e S. Apollinare) dove le fasce allagabili lambiscono la parte marginale dei centri abitati. Tale circostanza si è verificata, anche se con entità inferiore, durante l'evento di piena del Dicembre 1999 (non riportato sulla cartografia delle aree storicamente inondate in quanto successivo alla relativa redazione).

2.2.4.3.3.3 Fiume Gari da Cassino alla confluenza con il fiume Liri

Il modello in moto vario è stato implementato con un idrogramma di piena di progetto relativo ad un tempo di ritorno pari a 100 anni che raggiunge un picco di 389 m³/s.

L'idrogramma nella sezione di chiusura del tratto (chiusura bacino) ha un picco di circa 50 m³/s ed il volume complessivo di esondazione risulta pari a 4.5 milioni di metri cubi (tabella 2.4.3).

Il risultato ottenuto, tradotto in termini di fasce di esondazione produce una estensione delle stesse che, paragonata all'estensione delle fasce di esondazione della piena del 1993, induce a pensare ad una sottostima nelle sezioni di valle del tratto. E' stato allora implementato un nuovo run del modello con estensione delle sezioni mediante la lettura ragionata delle quote del piano campagna.

2.2.4.3.3.4 Fiume Garigliano da S. Ambrogio allo sbarramento ENEL di Suio

Il modello in moto vario è stato implementato con un idrogramma di piena di progetto con tempo di ritorno pari a 100 anni che raggiunge un picco di 2849 m³/s. La geometria adottata è quella a sezione ristretta e sfioro laterale. Le condizioni di valle prevedono l'applicazione dell'equazione di Manning avendo imposto la pendenza del tratto compreso tra le due ultime sezioni. L'idrogramma nella sezione di chiusura del tratto ha un picco di 1153 m³/s ed il volume complessivo di esondazione risulta pari a 45 milioni di metri cubi (tabella 2.4.4).

Il tratto in esame si estende dalla confluenza del fiume Gari a circa 4 Km a monte dello sbarramento di Suio.

Come sarà specificato in seguito, Per la modellazione del tratto del fiume Garigliano fino allo sbarramento di Suio è comunque prevista l'applicazione di un modello bidimensionale. La delimitazione delle fasce fluviali e tutte le considerazioni successive saranno approfondite e verificate per l'adozione del PSAI.RI alla luce dei risultati di tale modellazione.

2.2.4.3.3.5 Fiume Garigliano dalla restituzione ENEL di Suio alla foce

Il modello in moto vario è stato implementato con un idrogramma di piena di progetto con tempo di ritorno pari a 100 anni che raggiunge un picco di 3053 m³/s e che rappresenta il valore al colmo determinato nelle elaborazioni idrologiche senza tenere conto, in questa fase, in via cautelativa, dell'effetto di potenziale laminazione indotto dall'invaso a monte dello sbarramento ENEL di Suio.

Nella sezione terminale del tratto in questione si è imposta un'altezza idrica di 1.20 m, per tenere conto della massima escursione della marea (± 20 cm) in fase di sigizia (cioè quando si ha la massima quota) e dell'effetto delle maree meteorologiche (innalzamento del livello del mare durante una forte mareggiata, stimato pari a circa 1m).

Nel tratto in questione sono disponibili dati relativi ad un evento di piena storico utilizzabili per la taratura dei risultati forniti dal modello. Tali dati sono stati dedotti dal documento "Evento di piena dei giorni 17 e 21 Novembre 1991 nel fiume Garigliano a valle di Suio" – ENEL CRIS SI-1072/92 – Settembre 1992.

Due sono le caratteristiche peculiari dell'evento di piena del 1991:

- esso è costituito da due picchi distinti di colmo 2750 e 2700 m³/s (rispettivamente il 17 Novembre e il 21 Novembre) ossia con un tempo di ritorno superiore ai 50 anni (dallo studio idrologico la portata al colmo dell'evento di piena con $T_r = 50$ anni a S. Castrese, cioè al Ponte Maiano è pari a 2595 m³/s);
- la forma dei picchi, e soprattutto del primo, risulta molto simile alla forma degli idrogrammi sintetici di progetto risultanti dallo studio idrologico e utilizzati per la modellazione (relativa simmetria tra la fase ascendente e discendente).

I risultati ottenuti dall'applicazione del modello di moto vario unidimensionale non possono essere ritenuti del tutto soddisfacenti. Pertanto l'Autorità di Bacino dei fiumi Liri-Garigliano e Volturno ha provveduto a realizzare rilievi topografici in sito i quali consentiranno per l'adozione del Piano di approfondire lo studio idraulico nel tratto in oggetto attraverso l'applicazione di un modello bidimensionale.

2.2.4.3.3.6 Fiume Liri dalla traversa Val Francesca (a monte di Sora) al ponte S. Domenico (monte confluenza Fibreno)

Applicazione del modello in regime di moto vario per il comune di Sora

A circa 52 km dalle sorgenti il Liri entra nella Conca della Piana di Sora, dove la pendenza diminuisce notevolmente. Qui il fiume divaga con evidenti meandri, diminuisce di molto l'erosività dell'alveo e si rileva, in prossimità dell'abitato di Sora, un cospicuo deposito di materiale solido, trasportato verso la conca dagli affluenti. Subito dopo il Liri riceve le acque del Fibreno che, alimentato dalle sorgenti che versano nel lago Fibreno in località Posta, confluisce poco a monte di Isola Liri, dove si considera terminato il corso dell'alto Liri.

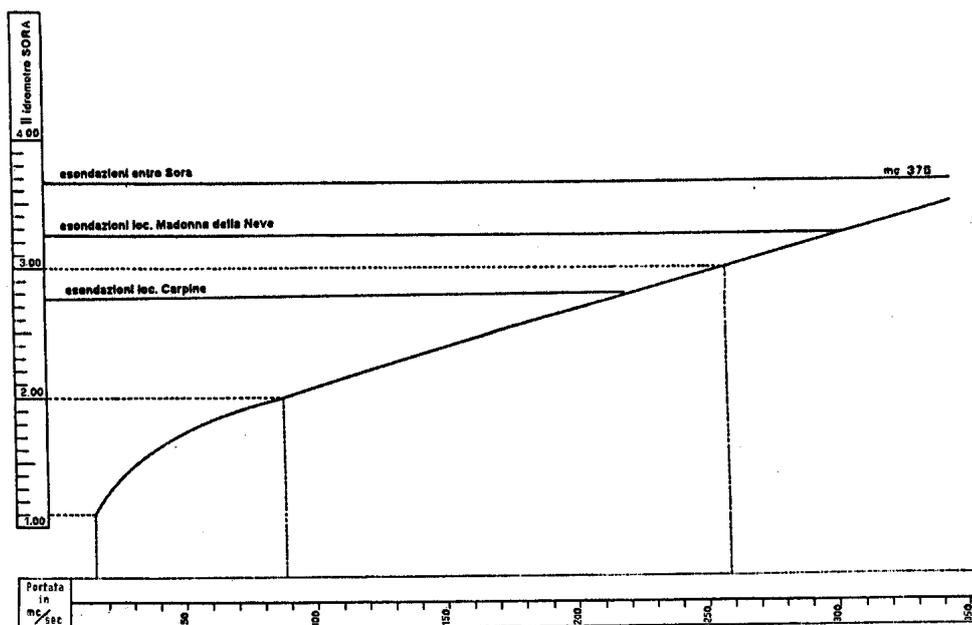
Il tratto da Sora ad Isola Liri rappresenta sicuramente una delle zone di maggior rischio idraulico del bacino del Liri Garigliano: le portate massime transitabili nell'attuale alveo

senza pericolo di esondazione risultano sostanzialmente inferiori alle portate trentennali ($Q \cong 450 \text{ m}^3/\text{s}$).

Da tempo si è tentato di attenuare le condizioni di rischio mediante la realizzazione di opere di difesa, soprattutto nel tratto cittadino di Sora. Così negli anni 40 si è proceduto alla realizzazione di opere spondali in sinistra da Ponte S. Lorenzo a Ponte Napoli e si è proceduto all'allargamento dell'alveo in località Carpine e S. Maria a seguito delle alluvioni degli anni 30. Nel dopoguerra, fino al 1960 la costruzione di tali opere è proseguita con la realizzazione della configurazione attuale dei ponti del tratto cittadino (escluso il Ponte Pontrino, o S. Casto, realizzato successivamente) e il completamento delle opere spondali sul Lungoliri Simoncelli. Dopo tali interventi e fino al 1970, nonostante gli eventi di piena succedutisi dal 1952 ($670 \text{ m}^3/\text{s}$) al 1968 ($480 \text{ m}^3/\text{s}$), nessun programma di riassetto idraulico venne predisposto dagli uffici ministeriali. Nel 1974 fu accertata, da apposita commissione del Consiglio Superiore dei LL.PP. la necessità della creazione di invasi di laminazione nel territorio abruzzese nonché la sistemazione idraulica dell'alveo nella Conca di Sora. Tale sistemazione è stata parzialmente eseguita negli anni 80 e rappresenta l'ultimo significativo intervento di difesa realizzato.

Prima delle sistemazioni effettuate negli anni 80 la massima portata transitabile senza esondazioni era valutabile intorno ai $250 \text{ m}^3/\text{s}$ (valore di portata della piena del 1980, con pelo libero al limite dell'esondazione). In Fig. 1.1 si riporta la scala delle portate all'idrometrografo di via Lungoliri Mazzini, valida prima del 1974. Nella figura si può notare come le prime esondazioni si verificavano in località Carpine ($Q \cong 250 \text{ m}^3/\text{s}$) per poi interessare, per portate crescenti, la località Madonna della Neve ($310 \text{ m}^3/\text{s}$) ed il centro cittadino ($375 \text{ m}^3/\text{s}$ – rigurgito provocato dal Ponte Napoli).

Figura 1.1 Scala delle portate all'idrometrografo di via Lungoliri Mazzini, valida prima del 1974



Le portate di progetto

Si fornisce una breve nota relativa ai risultati ottenuti per le portate di piena del fiume Liri chiuso a Sora e si precisano i valori delle piene di riferimento per differenti tempi di ritorno assunte nella prima fase dello studio.

I risultati ottenuti seguendo i diversi approcci della metodologia VAPI sono riassunti in Tabella 1. Vengono riportati i valori di $m(Q)$ ottenuti e i relativi risultati delle portate al colmo per tempi di ritorno pari a 30 e 100 anni.

Tali risultati sono posti a confronto con i valori proposti nel Piano di Bacino Lotti 1988.

Tabella 1 - Valori di portata (espressi in m³/s) calcolati con la metodologia VAPI e confronto con i valori del Piano di Bacino Lotti 1988.

Liri a Sora	K_T	Empirico regressivo [m ³ /s]	Geomorfologico [m ³ /s]	Piano Bacino Lotti 1988 [m ³ /s]	Valori osservati [m ³ /s]
M(Q)		171	203		242
Q ₃₀	2.26	386	459	520	547
Q ₁₀₀	3.07	525	623	650	743

Per quanto riguarda le altre aste fluviali del bacino del Liri Garigliano le portate di progetto assunte nelle sezioni di chiusura adottate sono quelle ottenute mediante l'approccio empirico regressivo, giudicato soddisfacente a scala di intero bacino.

In relazione alla sezione di chiusura "Liri a Sora" tale approccio fornisce valori inferiori rispetto ai valori ottenuti mediante l'elaborazione dei dati osservati e mediante l'applicazione del modello geomorfoclimatico.

In prima fase si è dunque adottato, per la sezione di chiusura Liri a Sora, il valore ottenuto mediante l'approccio empirico regressivo mediato per tener conto dei risultati ottenuti dall'elaborazione dei dati osservati e dall'applicazione del modello geomorfoclimatico. Con tale mediazione i colmi di piena per T=100 anni e T=30 anni risultano rispettivamente pari a 664 e 489 m³/s.

Per quanto riguarda la definizione degli idrogrammi di piena corrispondenti ai valori Q₁₀₀ e Q₃₀ si è fatto riferimento all'approccio per cui l'idrogramma di piena Q_T(t) si ottiene per convoluzione del pluviogramma di progetto con l'IUH del bacino espresso secondo il modello concettuale a serbatoi di Nash con parametro di forma n=2.

La modellazione idraulica

E' stata effettuata una simulazione preliminare in moto permanente volta a definire le condizioni generali del moto. La portata utilizzata per T=100 anni è di 664 m³/s. La corrente si mantiene in condizioni subcritiche e possibilità di esondazione si verificano a monte del tratto cittadino e nella piana di Sora.

Successivamente è stato implementato il modello in moto vario con un idrogramma di piena di progetto con tempo di ritorno pari a 100 anni che raggiunge un picco di 664 m³/s. Tale idrogramma è stato posto come condizione al contorno di monte. La geometria è quella a

sezione ristretta arginata e sfioro laterale. A valle è stata imposta come pendenza della linea dell'energia il valore della pendenza media del tratto Ponte San Domenico – traversa della cartiera Boimond, per l'applicazione dell'equazione di Manning.

Tale applicazione ha evidenziato come fossero possibili esondazioni a monte dell'abitato di Sora (nel tratto a valle della traversa Valfrancesca) e a valle del Ponte Madonna della Neve dove si apre la piana compresa tra Sora e San Domenico. L'idrogramma nella sezione di chiusura del tratto (ponte San Domenico) presenta un picco di 420 m³/s ed il volume complessivo di esondazione risulta pari a 3.3 milioni di metri cubi, con un'aliquota pari a 1.5 milioni di metri cubi relativa alla esondazione in sinistra idrografica a monte della città. Tali risultati sono riassunti in Tabella 2.

Nelle condizioni di geometria dell'alveo adottate il modello in moto vario sancisce che, al crescere della portata, le prime sezioni per le quali si verifica esondazione sono quelle situate poco a valle del ponte dell'Immacolata per portate dell'ordine dei 470 m³/s. Nel tratto a monte della città si assiste ad esondazioni in sinistra idrografica con portate superiori a 600 m³/s.

Tabella 2 - Liri dal Confine Regione Abruzzo a S. Domenico. Risultati del modello in moto vario con idrogramma di piena di progetto per un tempo di ritorno pari a 100 anni (colmo a 664 m³/s).

Portata al colmo di piena nella sezione di monte del tratto [m³/s]	Portata al colmo di piena nella sezione di valle del tratto [m³/s]	Volume totale esondato [milioni di m³]	Volume esondato a monte di Sora [milioni di m³]
664	420	3.3	1.5

Da quanto sottolineato emerge che portate al colmo di piena con tempo di ritorno 30 anni (489 m³/s) provocano esondazioni che interessano la piana compresa tra il ponte Madonna della Neve e il ponte S. Domenico; esondazioni a nord della città si verificano per piene con tempo di ritorno prossimo ai 100 anni.

A valle dei risultati ottenuti, dato il rilevante impatto di una eventuale allagamento di una

porzione del centro abitato di Sora, si è ritenuto opportuno approfondire il fenomeno attraverso l'acquisizione e/o l'esecuzione di nuovi e più fitti rilievi topografici d'alveo nel tratto in questione (i rilievi utilizzati in prima fase risalgono infatti al 1984).

Sono state dunque acquisiti i rilievi topografici effettuati nel tratto confine Regione Abruzzo – Valfrancesca dal Provveditorato alle Opere Pubbliche per il Lazio nel novembre 1999. Nel febbraio 2000 inoltre sono stati effettuati ulteriori rilievi nel tratto Valfrancesca – S. Domenico (14 sezioni, con intercettazione di tutti i ponti del tratto cittadino di Sora) utilizzando come caposaldi di appoggio i picchetti del Provveditorato alle Opere Pubbliche per il Lazio nel tratto a monte di Sora e i picchetti dei rilievi EUROTAS entro il tratto cittadino.

Le portate di progetto definitive

Perfezionando quanto ottenuto in prima fase è stata individuata una nuova sezione di chiusura del fiume Liri ubicata a monte di Sora in località Case Valfrancesca. Per il bacino sotteso da tale sezione di chiusura sono stati ricavati tutti i parametri necessari per la valutazione delle portate al colmo di piena per i diversi tempi di ritorno di interesse.

Sono stati adottati i valori di portata al colmo di piena, per i diversi tempi di ritorno, ottenuti mediante applicazione del modello geomorfoclimatico. I valori ottenuti sono leggermente inferiori rispetto a quelli ricavati in prima fase. In Tabella3 tali valori sono posti a confronto. E' da notare che la differenza tra i valori di picco di portata definitivi e quelli adottati in prima fase è del 6% sia per tempo di ritorno 100 anni che per tempo di ritorno 30 anni. Tale differenza rientra in quelli che sono i limiti e le incertezze dei modelli idrologici.

Tabella 3 Liri dal Confine Regione Abruzzo a S. Domenico. Valori al colmo di piena determinati in prima fase e nella configurazione finale.

Sezione	Valori adottati in prima fase		Valori definitivi (modello geomorfoclimatico)	
	Q30 [m³/s]	Q100 [m³/s]	Q30 [m³/s]	Q100 [m³/s]
Liri a Case Valfrancesca			448	608
Liri a Sora	489	664	459	623

La modellazione idraulica definitiva

Sono state effettuate due simulazioni preliminari in moto permanente volte a definire le condizioni generali del moto nelle due differenti condizioni di portata (con colmo a Sora pari a 623 m³/s e colmo a Sora pari a 664 m³/s) riscontrando solo lievi differenze nell'andamento del profilo liquido. I valori di scabrezza utilizzati (Manning) sono pari a 0.033/0.035 nei tratti d'alveo esterni alla città, 0.028/0.035 nel tratto interno alla città.

Grazie all'inserimento dell'ingombro di ciascuno dei ponti nella definizione della geometria del modello, si è potuto valutare l'entità del rigurgito generato a monte di ciascuno di essi. Il rigurgito più marcato si rileva a monte del Ponte Napoli e a monte del Ponte Salceto; per nessuno dei ponti il rigurgito risulta di entità tale da provocare il superamento delle quote arginali. Superamento delle quote di sponda si verifica invece a monte del ponte S. Casto in sinistra idrografica e in diverse sezioni nella piana di Sora.

Successivamente sono state eseguite due differenti simulazioni in moto vario:

- con idrogramma di piena di progetto con tempo di ritorno di 100 anni che raggiunge un picco di 664 m³/s (portata adottata in prima fase),
- con idrogramma di piena con tempo di ritorno di 100 anni con picco di 623 m³/s (portata finale adottata)

per verificare quali differenze idrauliche sono determinate dai due differenti approcci idrologici. L'idrogramma in ingresso è stato posto, nel primo caso, come condizione al contorno di monte. Nel secondo caso la condizione al contorno di monte è rappresentata

da un idrogramma avente picco pari alla portata determinata in corrispondenza della sezione Case Valfrancesca ($608 \text{ m}^3/\text{s}$); in corrispondenza della prima sezione a valle dell'ingresso del torrente Lacerno (Ponte S. Casto) viene posto un idrogramma di ingresso laterale tale da portare il colmo di piena al valore di $623 \text{ m}^3/\text{s}$ entro la città di Sora. Tale impostazione risulta sicuramente una riproduzione più fedele del fenomeno, tenendo conto anche dell'apporto dello stesso torrente Lacerno.

In entrambe le configurazioni di portata (664 oppure $623 \text{ m}^3/\text{s}$ entro Sora) si verificano lievi esondazioni in destra idrografica a monte del ponte ferroviario in località Valfrancesca. Ulteriori esondazioni si verificano in sinistra idrografica a monte del Ponte S. Casto. In definitiva si ottengono volumi di esondazione caratterizzati da valori poco differenti nelle due configurazioni (portata al colmo 664 oppure $623 \text{ m}^3/\text{s}$), ma che si discostano sensibilmente dai volumi di esondazione determinati in prima fase con la geometria relativa ai rilievi topografici non aggiornati (configurazione geometrica A).

In Tabella 4 sono riassunti i volumi di esondazione a monte del Ponte S. Casto nelle differenti configurazioni. Si noti la grossissima diminuzione (76%) di volume esondato in configurazione geometrica B (rilievi topografici aggiornati) rispetto alla configurazione geometrica A a parità di condizioni al contorno (portata in ingresso). Da notare inoltre che la differenza tra i volumi esondati utilizzando le due configurazioni geometriche e le due differenti portate in ingresso è pari all'84% (con una variazione di solo l'8% rispetto al caso precedente).

Tabella 4 Liri dal Confine Regione Abruzzo a S. Domenico. Volumi di esondazione a monte del Ponte S. Casto ricavati in moto vario nelle differenti configurazioni di geometria A e B, e per quest'ultima in due differenti configurazioni di portata (colmo entro la città di Sora pari a 664 e $623 \text{ m}^3/\text{s}$)

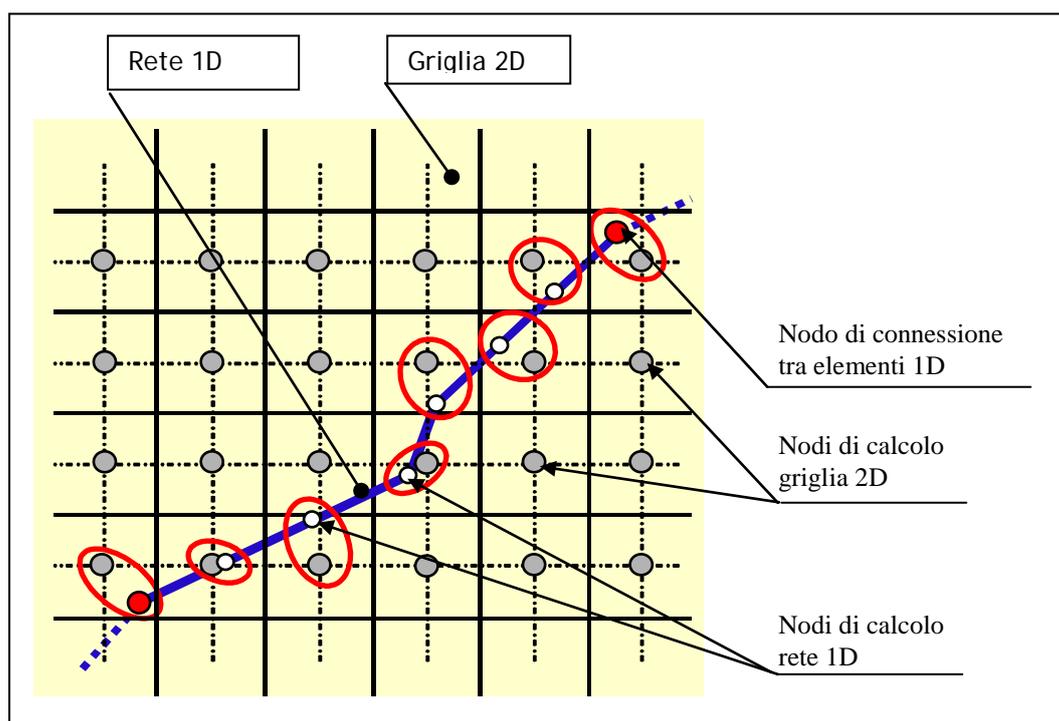
Configurazione geometria	Portata al colmo di piena in ingresso nel tratto cittadino [m³/s]	Volume esondato a monte di Sora [m³]
A	664	1 500 000
B	664	360 000
B	623	240 000

Esondazioni si hanno ovviamente anche nella piana di Sora. Lo studio dell'allagamento della piana di Sora, data la geometria delle sezioni (arginature), la conformazione del piano campagna e i volumi di esondazione in gioco, ha richiesto un approccio più adeguato dal punto di vista della sua modellazione matematica. Tale studio è stato quindi affrontato attraverso l'utilizzo di un modello bidimensionale.

Modello bidimensionale

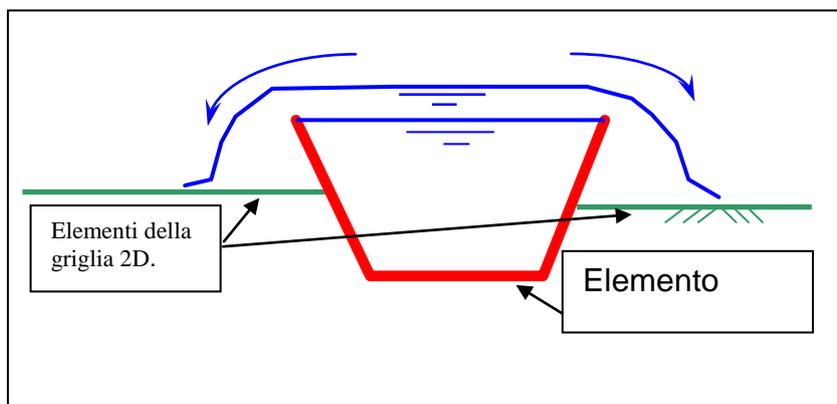
La trattazione in moto vario unidimensionale, se ben si adatta alla valutazione della laminazione dell'onda di piena per effetto dell'esondazione e del conseguente volume sversato sul piano campagna, non altrettanto bene riesce a modellare il procedere dell'allagamento sul piano campagna stesso. Ci si è avvalsi allora di un modello bidimensionale che integra i profili di corrente risolvendo le equazioni di De Saint-Venant su una griglia a celle quadrate con le quali viene schematizzato il dominio di studio.

Il modello utilizzato è un modello uni-bidimensionale sviluppato da WL|Delft Hydraulics. Con tale modello è possibile simulare in maniera ottimale il ruolo della rete idraulica principale nella formazione e propagazione delle piene mediante un modello monodimensionale e il carattere del moto sulle zone suscettibili ad allagamento mediante un modello bidimensionale (Fig. 5.1).



Schema del modello idraulico mono-bidimensionale.

Il modulo idrodinamico monodimensionale calcola il livello dell'acqua e le portate nella rete principale mediante la soluzione delle equazioni di De Saint-Venant (continuità e momento). Ad ogni istante temporale il livello d'acqua nella sezione è confrontato con la quota del punto più elevato della sezione stessa. Se questo livello è superato l'acqua inonda la griglia bidimensionale (Fig. 5.2). L'allagamento nelle zone adiacenti al fiume è risolto mediante un modello idrodinamico bidimensionale alle differenze finite (griglia a celle quadrate). Il modello bidimensionale è in grado di simulare il moto sia in corrente subcritica che supercritica, nonché l'allagamento su terreno inizialmente asciutto e i processi di ritiro della piena con eventuale ritorno dell'acqua nella rete monodimensionale.



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

L'inondazione delle celle bidimensionali inizia quando il livello dell'acqua supera la massima quota della sezione monodimensionale.

Il tratto della rete idraulica schematizzata comprende la porzione del fiume Liri tra la sez. LI C2-01-00B e la sezione LI E-03-00B nonché il tratto finale del fiume Fibreno, a valle della sez. FI 08-00B.

Sono state inserite nel modello le opere che dalla simulazione monodimensionale a moto permanente hanno mostrato avere apprezzabile influenza sui deflussi di piena. Queste sono il ponte Napoli a Sora (sez. LI C1 01-00B) e il ponte Salceto (sez. EUROTAS 23).

I valori di scabrezza (Manning) utilizzati sono quelli già adottati nella simulazione a moto permanente ovvero 0.035 per tutto il tratto a monte e a valle di Sora e 0.028 per il tratto del fiume Liri che attraversa Sora compreso tra la sezione LI C 05-00B e la sezione LI C 01-00B.

1.4.1. Il modello digitale del terreno

In base ai risultati della modellazione monodimensionale è stata circoscritta la zona suscettibile ad allagamenti e quindi da descrivere mediante un modello digitale del terreno. Tale area va dalla sezione a valle del ponte Madonna della Neve a Sora (sez. LI_C_01_00B) fino alla sezione in corrispondenza alla traversa presso la Cartiera Boimond (LI_E_01_00B). Per ottenere il modello digitale del terreno di tale zona sono stati utilizzati i circa 4500 punti quotati rilevati nell'ambito del progetto EUROTAS " European River Flood Occurrence and Total Risk Assesment Sysytem". Poiché tali punti non permettono di coprire tutta l'area soggetta ad inondazione si è provveduto ad integrare l'informazione altimetrica con punti quotati desunti dalla cartografia in scala 1:5000 del Comune di Sora, nonché punti e curve di livello ricavati dalla CTR per una piccola porzione posta all'estremità sud dell'area di

studio, non compresa nella carta al 5000. Oltre ai punti quotati sono state inseriti segmenti quotati in modo da descrivere al meglio particolarità quali rilevati ferroviari e stradali; tali particolarità risultano infatti di grande importanza per una corretta rappresentazione delle caratteristiche altimetriche del terreno.

I punti, i segmenti e le curve di livello ricavate come descritto sopra sono stati utilizzati per produrre il TIN (Triangular Interpolated Network) E' da notare la maggior densità di punti quotati e quindi le ridotte dimensioni dei triangoli nell'area posta in corrispondenza dell'alveo del fiume coperta dai rilievi EUROTAS. Dalla figura risulta chiaramente riconoscibile la forma meandriforme dell'alveo. Nella zona a valle di questa si ha invece un'informazione meno dettagliata (ricavata dalla cartografia). Bisogna notare però che ai fini della corretta implementazione del modello, la quantità di punti che descrivono le sezioni del fiume nell'area coperta dai rilievi Eurotas risulta sovrabbondante in quanto la geometria dell'alveo viene descritta dalle sezioni longitudinali di questo inserite nel modello monodimensionale.

DTM (Digital Terrain Model) della zona del fiume Liri compresa tra il ponte Madonna della Neve a Sora e la traversa presso la cartiera Boimond. E' inoltre visibile la schematizzazione di parte della rete monodimensionale.

Dal TIN è stato ricavato il modello digitale del terreno a griglia quadrata di 20 metri di lato. Le dimensioni della griglia sono pari a 177 righe e 210 colonne (3.54 per 4.20 km) per un totale di 37170 celle (14.8 km²). Delle 37170 celle che costituiscono la griglia 10154 (pari al 27%) non contengono dati in quanto esterne all'area coperta dai TIN. La quota delle celle è compresa tra 263.8 e 330.0 m s.l.m, con una quota media pari a 274.4 m s.l.m. Il valore di scabrezza di Manning adottato per il piano campagna è pari a 0.067. Tale valore di scabrezza costante su tutta l'area (esterna all'alveo) è da considerarsi come valore medio che tiene conto dei diversi tipi di terreno.

Per quanto riguarda l'immissione del fiume Fibreno, in corrispondenza della chiusura della piana di Sora, nei pressi del ponte S. Domenico, è stato inserito nel modello il tratto terminale del corso d'acqua. Ciò al fine di determinare gli effetti dell'apporto dell'affluente sul deflusso delle piene lungo il fiume Liri.

La portata transitante nel fiume Fibreno è stata considerata costante e posta uguale, per lo stesso tempo di ritorno, alla differenza tra la portata determinata con il modello geomorfoclimatico nella sezione di chiusura del Liri a valle dell'immissione dell'affluente e la portata determinata per il Liri a Sora. Per un tempo di ritorno di 100 anni tale portata risulta pari a 104 m³/s.

Conclusioni

Alla luce delle elaborazioni implementate si possono riportare le seguenti considerazioni:

Nella schematizzazione definitiva adottata (geometria in configurazione B, comprendente le nuove sezioni rese disponibili nel 1999 e appositamente rilevate nel 2000) e portata al colmo di piena determinata con il modello Geomorfoclimatico ($623 \text{ m}^3/\text{s}$ per $T=100$ anni entro Sora), si verificano deboli esondazioni in sinistra idrografica a monte del Ponte S. Casto (allagamento della località Pontrineo) e cospicue esondazioni nella Piana di Sora. La perimetrazione delle fasce inondabili è stata effettuata:

1. utilizzando il volume di esondazione, determinato in moto vario in ambiente UNET per quanto riguarda la località Pontrineo;
2. avvalendosi dell'output del modello mono-bidimensionale Sobek relativo all'inviluppo dei tiranti idrici massimi nell'area allagabile per quanto riguarda la Piana di Sora.

All'interno del tratto cittadino, grazie al rimodellamento dell'alveo effettuato all'inizio degli anni '80, non si verificano superamenti delle quote arginali anche se in corrispondenza dei ponti non si registra il rispetto del franco di sicurezza.

La sostanziale differenza che si riscontra nella perimetrazione delle fasce inondabili, nella configurazione definitiva rispetto a quella provvisoria del Settembre 1999, è dovuta all'aggiornamento della geometria dell'alveo successivo ai rilievi effettuati nel novembre 1999 dal Provveditorato alle Opere Pubbliche per il Lazio e nel febbraio 2000 dal Raggruppamento BETA Studio – STCV.

I volumi sversati in sinistra, a monte del Ponte S. Casto, ottenuti utilizzando l'idrogramma di piena per $T=100$ anni e che realizza al colmo $664 \text{ m}^3/\text{s}$ (prima fase), risultano solo leggermente superiori a quelli che si ottengono con un colmo pari a $623 \text{ m}^3/\text{s}$ (modello geomorfoclimatico – scelta definitiva); la fascia inondabile resta comunque la stessa grazie all'effetto di contenimento della strada passante per il Ponte S. Casto stesso.

2.3 ASTE SECONDARIE BACINO VOLTURNO.

2.3.1 GENERALITÀ.

Per le aste secondarie del bacino Volturno, costituenti l'ambito II per tale bacino nel PSAI-Ri, è in corso lo studio per la determinazione del rischio idraulico in maniera analoga di quanto riportato per l'ambito I. Lo studio viene svolto direttamente dalla Autorità di bacino. Allo stato attuale la definizione delle fasce fluviali e la perimetrazione del rischio

2.3.2 ANALISI CONOSCITIVA

2.3.3 STUDIO IDROLOGICO

2.3.4 STUDIO IDRAULICO

3 CRITERI DI PREDISPOSIZIONE DEL PIANO STRALCIO DI ASSETTO IDROGEOLOGICO – RISCHIO IDRAULICO

3.1. CONSIDERAZIONI GENERALI

3.1.1 PREMessa.

Le Linee Guida per la predisposizione dei Piani Stralcio di Difesa dalle Alluvioni predisposte dall' Autorità di bacino dei fiumi Liri-Garigliano e Volturno definiscono, le linee operative della varie fasi di predisposizione del Piano stralcio di difesa dalle alluvioni. Il PSAI-Ri riprende tali contenuti. Con riferimento alle fase di predisposizione del Piano precedentemente descritte le metodologie utilizzate. In particolare vengono descritte le seguenti attività correlate alla determinazione del rischio idraulico:

Fase conoscitiva:

- determinazione della pericolosità idraulica attraverso la delimitazione delle fasce fluviali;
- analisi urbanistica dell'uso del territorio.

Fase di programmazione

- Determinazione del danno atteso
- Quantificazione del rischio
- Direttive per gli interventi strutturali,
- Direttive per gli interventi non strutturali

La fase conoscitiva contiene lo studio idraulico, per la determinazione delle aree inondabili con differente periodo di ritorno, che è stato oggetto del capitolo 2.e come detto, si esaurisce con la determinazione della pericolosità. La successiva fase di programmazione determina il rischio ed indica gli obiettivi, le finalità e le direttive, a cui devono uniformarsi gli interventi strutturali e non strutturali, e definisce l'elenco degli interventi prioritari in ragione delle disponibilità finanziarie. In particolare in tale fase occorre identificare sulla base delle conoscenze degli effetti degli eventi possibili e dell'attuale uso del territorio, le condizioni di rischio, sulla base delle quali indirizzare le priorità d'intervento strutturale e non. La fase di programmazione quindi conduce alla determinazione delle condizioni di rischio, una volta che siano stati caratterizzati in modo adeguato gli eventi alluvionali e le attività antropiche che si svolgono sul territorio. Nei successivi capitoli saranno dettagliatamente descritti i metodi utilizzati per la determinazione del rischio, evidenziando le necessarie approssimazioni.

3.1.2 DEFINIZIONE DEL RISCHIO

Appare utile premettere alcune definizioni generali sul concetto di rischio. Che appartengono alla letteratura tecnica e sono correntemente utilizzati nelle attività di analisi e quantificazione del rischio. Ciò in considerazione che, alcuni di questi termini fanno ormai parte del lessico comune e sono talvolta utilizzati con intendimenti diversi, tali da produrre qualche incertezza e qualche confusione. E' quindi utile proporre tali definizioni per i termini più usati che servano da riferimento. Le considerazioni che seguono sono tratte dalle Linee Guida per la predisposizione dei Programmi di previsione e prevenzione previsti dalla Legge 225/92 e predisposte dal Dipartimento di Protezione Civile, e nelle Linee Guida per la predisposizione dei Piani Stralcio di Difesa dalle Alluvioni predisposte dall'Autorità di bacino dei fiumi Liri-Garigliano e Volturno:

Dicesi **evento** ogni manifestazione del fenomeno temuto (nel nostro caso il fenomeno di piena e tutte le manifestazioni ad esso collegate quale l'inondazione delle aree esterne all'alveo attivo, il dissesto della rete idrografica superficiale);

Dicesi **area vulnerabile** un'area potenzialmente interessate da fenomeni di dissesto (di tipo idraulico nel caso in esame);

dicesi **elemento a rischio** all'interno di un'area vulnerabile, ciascun elemento che possa subire danni quando si verifica un evento

gli elementi a rischio, si dividono in **persone e beni**;

La grandezza che definisce **l'entità degli elementi a rischio**, si indica con la lettera **E**. Essa viene anche indicata nelle Linee Guida per la predisposizione dei Piani Stralcio di Difesa dalle Alluvioni come **Danno potenziale D_p** . Nel seguito useremo questa dizione. Tale grandezza viene misurata differentemente a seconda della natura degli elementi stessi. Ad esempio:

in caso di persone **D_p** può esprimere il numero di persone a rischio;

in caso di beni monetizzabili **D_p** rappresenta sicuramente l'ammontare del loro valore economico;

in caso di beni ambientali, storici o culturali di rilevante interesse per i quali non è accettabile la monetizzazione, **D_p** può indicare il numero di beni che appartengono a categorie da identificare caso per caso. Il valore di **D_p** corrisponde al danno che si subisce in caso di perdita completa del bene.

Quando si verifica un evento, ciascun elemento a rischio può riportare un danno maggiore o minore in base alla propria capacità di sopportare tale evento. In base a ciò dicesi **vulnerabilità V l'attitudine dell'elemento a rischio a subire danni per effetto dell'evento** e più precisamente indica qual è l'aliquota dell'elemento a rischio che viene danneggiata. **V** oscilla evidentemente tra 0 (nessun danno) ed 1 (distruzione, perdita totale) ed è dimensionale.

Ad un determinato elemento a rischio possono competere, in funzione delle caratteristiche dell'evento, valori diversi sia di **D_p** che di **V**. In una inondazione, ad esempio, può variare la superficie dell'area interessata, e quindi l'effettivo numero di persone e la quantità dei beni colpiti, ovvero a seconda della dinamica del fenomeno può risultare più o meno agevole proteggere gli elementi a rischio.

E' evidente inoltre che a parità di condizioni sia **D_p** che **V** possono assumere valori numerici diversi in base a fattori puramente casuali, quali ad esempio il periodo dell'anno, il giorno della settimana e l'ora in cui l'evento si verifica.

Pertanto **D_p** e **V** possono essere trattate come variabili casuali.

Dicesi **Danno effettivo D_e** in corrispondenza di ciascun evento e per il singolo elemento il prodotto del Danno potenziale per la vulnerabilità

$$D_e = V D_p \quad (1)$$

dove **D_e** è espresso nelle stesse unità di misura di **D_p**.

In un periodo di t anni possono verificarsi **N_t** eventi e quindi il **danno effettivo totale D_{et}** relativo a tale periodo è:

$$D_{et} = \sum D_{ei} = \sum V_i D_{pi} \quad \text{con } i \text{ variabile tra 1 ed } N_t \quad (2)$$

essendo **D_{ei} = V_i D_{pi}** il danno effettivo prodotto dall'i-esimo evento.

N_t è una variabile casuale definita per un assegnato periodo t.

Si indica come **rischio R_t**, relativo ad un determinato elemento a rischio e ad un prefissato valore di t, **il valore atteso di D_{et}**

$$R = E(D_{et}) \quad (3)$$

ossia il danno che mediamente può subire l'elemento considerato in più anni.

E' da notare che nella (3) il simbolo $E(\cdot)$ rappresenta il valore atteso.

Dicesi ancora **pericolosità nel periodo t**, H_t la probabilità di avere nel periodo t almeno un evento calamitoso.

La pericolosità H_t è strettamente connessa al periodo di ritorno T, che esprime l'intervallo di tempo nel quale l'evento si verifica in media una volta. Vale infatti la relazione:

$$H_t = 1 - \left(1 - \frac{1}{T}\right)^t \quad \text{con T espresso in anni} \quad (4)$$

Sotto particolari ipotesi, accettabili in molti casi pratici, si può dimostrare che:

$$R_t = H_t * D_{pi} * \bar{V} \quad (5)$$

dove \bar{V} è il valore medio della vulnerabilità dell'elemento a rischio.

La (4), che può essere considerata come l'equazione del rischio, consente di inquadrare in uno schema razionale le azioni volte alla difesa dal rischio idrogeologico, ed in particolare di comprendere meglio quantomeno sotto l'aspetto concettuale il significato delle attività di programmazione. La previsione risulta infatti finalizzata ad individuare, per una assegnata tipologia di rischio, le aree vulnerabili, e, all'interno di queste, gli elementi a rischio e la loro vulnerabilità in modo da pervenire, nota che sia la pericolosità dell'evento, ad una stima del rischio su un prefissato orizzonte temporale.

La previsione è quindi una azione di tipo conoscitivo che deve fornire un quadro accurato e preciso delle aree vulnerabili e del rischio al quale sono sottoposte le persone ed i beni in esse presenti.

Le misure di prevenzione invece sono indirizzate alla riduzione del rischio nelle aree vulnerabili, e si concretizzano attraverso interventi strutturali e non strutturali, così come definiti nelle citate Linee guida per la predisposizione dei Piani di Difesa dalle Alluvioni.

L'applicazione della 4 per la quantificazione del rischio e la sua eventuale diminuzione, prevede la valutazione dei singoli termini che la compongono. Nei prossimi capitoli saranno descritte le metodologie da utilizzare e le approssimazioni ritenute necessarie al fine della definizione dei livelli di rischio.

3.2. LA PERICOLOSITÀ.

3.2.1. Generalità.

La pericolosità dipende dal tempo di ritorno in base alla (5), ma essa è determinata anche da altri parametri quali la **Velocità della corrente v** e l'entità del **Tirante idrico h**. Nelle Linee Guida per i Piani Stralcio di Difesa dalle Alluvioni, pertanto la pericolosità viene fatta dipendere separatamente da **T** e da un **Fattore di pericolo FPA** funzione a sua volta di **h** e di **v**:

$$FPA = f(h,v) \quad (6)$$

$$H_t = g(T, FPA) \quad (7)$$

Rispetto al Tempo di ritorno come è noto, ci si riferisce ad una piena di riferimento e corrispondente a $T = 100$ anni. Le Linee Guida non forniscono delle espressioni analitica della (6) e (7), e quindi la determinazione della pericolosità può risultare molto complessa per i seguenti motivi:

- * esiste un margine di incertezza talvolta molto ampio nelle proiezioni statistiche in campo idrologico;
- * la situazione delle aree vulnerabili è destinata a mutare nel corso del periodo di valutazione in maniera non perfettamente prevedibile nei calcoli di progetto.

In considerazione di tutto ciò per la stima della pericolosità viene proposta nella Linee Guida la sottoriportata la tabella, nella quale si definiscono quattro livelli (alta, elevata moderata e bassa) sulla base dei valori di T e di FPA .

PERICOLOSITA'	T(anni)	FPA	
ALTA	10	M	M = moderato E = elevato
	30	E	
ELEVATA	30	M	
	100	E	
MODERATA	100	M	
	300	E	
BASSA	300	M	
	1000	E	

Tabella 1

* Pertanto all'interno delle aree inondabili sono individuate delle aree a diversa pericolosità in funzione dei valori assunti da **v** ed **h** la cui valutazione complessiva comporta la quantificazione sulla base della tabella 1. Pertanto le aree inondabili sono state suddivise nelle fasce **A**, **B** e **C** ed eventualmente la fascia B nelle sottofasce **B1**, **B2** e **B3** come dettagliatamente riportato nel capitolo successivo. Dal punto di vista formale Le suddette Fasce A, B e C si fanno coincidere rispettivamente con le aree ad **elevata**, **media** ed **bassa** probabilità di inondazione secondo le indicazioni riportate nel successivo paragrafo 2.4.

Nel seguito vengono descritte le metodologie per la determinazione delle aree inondabili e delle fasce di pertinenza fluviale e quantificata la pericolosità.

3.2.2. Modello idraulico e delimitazione delle aree inondabili

Lo studio idraulico è finalizzato:

- alla valutazione dei livelli idrici, delle velocità medie e delle estensioni della corrente idrica che si instaurano, per effetto di portate di piena stimate relativamente ai periodi di ritorno di 30, 100 e 300 anni, nel corso d'acqua;
- alla mappatura delle aree soggette a diversi livelli di rischio idraulico. Tale studio è articolato essenzialmente in tre fasi:
 - caratterizzazione della geometria del corso d'acqua e della morfologia delle aree limitrofe ad esso;
 - applicazione del modello idraulico per la simulazione del moto della corrente idrica in alveo corrispondente alle portate stimate dallo studio idrologico;
 - estrapolazione dei livelli idrici calcolati alle aree limitrofe il corso d'acqua e mappatura delle aree inondabili.

In relazione al primo punto è necessario individuare la geometria dell'alveo, delle aree limitrofe e di tutte quelle opere e strutture che possono interagire con il deflusso delle acque (ponti, traverse, briglie, salti di fondo, ecc.).

La geometria dell'alveo e le dimensioni delle opere di attraversamento sono ricavabili a partire da una campagna di rilievi topografici effettuati all'uopo *in situ*; per quanto concerne le aree limitrofe l'asta fluviale, si deve fare riferimento a cartografia adeguata almeno in scala non inferiore a 1.10000.

Per quanto attiene al secondo punto, si utilizza un modello in cui il moto lungo il corso d'acqua è schematizzabile come monodimensionale, in condizioni di regime permanente o vario, con fondo fisso e piccole pendenze di fondo. In casi particolari di inondazione di ampie aree pianeggianti, laddove l'ipotesi di moto monodimensionale risulta poco attendibile potranno essere utilizzati modelli di tipo bidimensionale.

I modelli monodimensionali consentono di determinare sezione per sezione e per le portate di piena con periodo di ritorno $T=30$, $T=100$ e $T=300$ anni le caratteristiche della corrente: livello idrico, condizioni di moto, diagramma delle velocità, velocità media, ecc. I modelli bidimensionali determinano le medesime grandezze su un numero finito di punti che costituiscono il modello digitale del terreno

Per quanto attiene al terzo punto, una delle differenze basilari tra la modellistica relativa al deflusso delle portate di piena negli alvei fluviali e quella relativa ai processi di inondazione consiste nella diversa dimensionalità dei due fenomeni.

Per quanto riguarda le portate di piena negli alvei fluviali è sufficiente, per caratterizzarle, una descrizione monodimensionale mentre il fenomeno di inondazione richiede evidentemente una descrizione bidimensionale.

E' tuttavia possibile utilizzare una trattazione di tipo semplificato in cui i due fenomeni vengono analizzati separatamente.

In una prima fase si determinano i livelli idrici nell'alveo con un modello monodimensionale con impedimento di esondazione (cioè con estensione verticale delle sponde della sezione). In una seconda fase si estendono le quote idriche alle aree circostanti mediante considerazioni di tipo morfologico. Tale procedura fornisce risultati tanto più realistici quanto più i volumi esondabili risultano una frazione modesta dell'intero volume di piena.

Al fine di ridurre la necessità di estendere verticalmente le sponde della sezione, quando queste fossero insufficienti a contenere la portata assegnata, è opportuno, estendere il rilievo delle sezioni, per quanto possibile mediante una preliminare analisi della morfologia dei luoghi, fino ad una quota, per entrambe le sponde, tale da non essere raggiungibile dalle correnti idriche di cui trattasi.

Qualora i volumi di esondazione risultino significativi, in modo tale da non poter considerare il moto, anche in presenza di sezioni estese, come permanente, occorre riferirsi a modelli di moto vario, in grado di calcolare i volumi laminati, con il conseguente abbattimento del picco di piena della portata in entrata nel tratto di studio, e le sezioni di

esondazione con gli idrogrammi in uscita. I volumi esondati possono essere distribuiti sul terreno in funzione della morfologia delle aree golenali.

Qualora le aree di esondazione, sia tali da non potere più schematizzare il moto come monodimensionale occorre, come detto riferirsi a modelli bidimensionali.

Utilizzando la procedura descritta sono delimitabili le aree inondabili con periodo di ritorno di 30, 100 e 300 anni.

3.2.3 Individuazione delle fasce di pertinenza fluviale

3.2.3.1 Generalità.

La regione fluviale, rappresenta quella parte del territorio costituita dalle aree interessate dai fenomeni idraulici (aree inondabili) e influenzate dalle caratteristiche naturalistiche-paesaggistiche connesse al corso d'acqua.

Il PSAI-RI considera la regolamentazione d'uso delle aree inondabili come un mezzo essenziale di prevenzione delle conseguenze negative delle calamità. Di norma tale programmazione è rivolta al mantenimento del livello di sicurezza esistente, evitando un ulteriore sviluppo del territorio a rischio.

Per tale motivo la fascia di pertinenza idraulica, cioè la fascia prettamente idraulica, è stata allargata rispetto all'alveo di piena ordinaria previsto dalla vecchia normativa, salvaguardando le fasce di rispetto delle piane golenali.

L'allargamento dell'alveo a garanzia del libero deflusso della piena è un punto fondamentale che qualifica il PSAI-RI come un piano coraggioso, di grande valore ambientalista.

Si è comunque voluto escludere dall'alveo di piena (fascia A) le aree in cui i tiranti idrici siano modesti, in particolare inferiore ad 1 m, garantendo nel contempo che l'alveo di piena sia capace di trasportare almeno l'80% della piena standard. In altri termini, se ai limiti dell'alveo di piena si costruisse un sistema di arginature, con franco adeguato, sarebbe assicurato il libero deflusso della piena standard con un sovrizzo del pelo libero moderato rispetto al livello di pelo libero nella situazione attuale, e tale da non aumentare significativamente i danni nell'ipotesi di collasso dell'argine.

La regione fluviale può essere quindi suddivisa nelle seguenti zone:

- alveo di piena ordinaria (Demanio Pubblico);
- alveo di piena standard;
- aree di espansione naturale della piena;
- aree ad elementi di interesse naturalistico, paesaggistico, storico, artistico e archeologico.

3.2.3.2 Alveo di piena ordinaria

Si intende per alveo di piena ordinaria quella parte della regione fluviale interessata dal deflusso idrico in condizioni di piena ordinaria (corrispondente cioè ad un periodo di ritorno di 2 ÷ 5 anni). Nel caso di corsi d'acqua di pianura, l'alveo di piena ordinaria

coincide con la savenella; nel caso di alvei alluvionati, esso coincide con il greto attivo, interessato dai canali effimeri in cui defluisce la piena ordinaria.

Ai sensi dell'art. 822 del Codice Civile, l'alveo di piena ordinaria appartiene al Demanio Pubblico. (rif R.D.523/904)

3.2.3.3 Alveo di piena standard

Si definisce alveo di piena standard la parte del fondo valle riservata al libero deflusso di una piena di riferimento (piena standard). Esso non coincide con l'alveo di esondazione, cioè con l'area che viene sommersa al passaggio di una piena di riferimento, in quanto vengono escluse le aree sommerse che non contribuiscono in modo significativo al deflusso della piena nonché la corrente vi assume tiranti idrici modesti e quindi velocità longitudinali trascurabili.

Il periodo di ritorno della piena di riferimento deve essere fissato tenendo conto della particolare situazione all'esame.

L'alveo di piena deve essere delimitato sulla base della morfologia del corso d'acqua e delle aree inondabili in base ad uno studio idraulico.

Nei corsi d'acqua incassati di pianura, l'alveo di piena sarà formato dalla savenella, o alveo principale, in cui viene generalmente contenuta la piena ordinaria, e dalle fasce di pertinenza nelle piane golenali.

Nei corsi d'acqua alluvionati pedemontani, l'alveo di piena viene assunto come l'intero greto attivo, in cui la corrente di piena forma alvei più o meno effimeri che possono spostarsi da una piena all'altra anche senza occupare l'intera larghezza del greto.

La definizione dell'alveo di piena rappresenta uno strumento operativo di base per la pianificazione delle aree inondabili. Nell'alveo di piena non potrà essere infatti insediata alcuna struttura trasversale che ostacoli il deflusso delle acque, ad eccezione delle opere di difesa idraulica, di utilizzo delle acque, nonché di attraversamento.

3.2.3.4 Aree di espansione naturale della piena

Le aree di espansione naturale della piena vengono incluse nelle fasce di pertinenza fluviale nel caso che esse esercitino un significativo effetto di laminazione. Ovviamente

l'importanza dell'effetto di laminazione non può essere valutata per la singola area, ma occorre tener conto dell'insieme complessivo di aree di espansione a monte del tratto fluviale di interesse.

3.2.3.5 Aree ad elementi di interesse naturalistico, paesaggistico, storico, artistico ed archeologico.

Tali aree comprendono la parte della regione fluviale appartenente alle aree naturali protette (parchi e riserve naturali, nazionali e regionali) in base all'art. 2 della legge 349/91 o a leggi regionali, o ad altre aree individuate nei piani paesistici e nei piani di bacino.

3.2.3.6 Le fasce di pertinenza fluviale

Sulla base delle definizioni riportate nei precedenti paragrafi 2.3.2, 2.3.3, 2.3.4, e 2.3.6, si definiscono le **fasce di pertinenza fluviale**. Per delimitare tale fasce, si assume come piena di riferimento quella corrispondente a $T = 100$ anni. Le fasce di pertinenza fluviale di un corso d'acqua bisogna individuare:

- l'alveo di piena del corso d'acqua definito per una piena di riferimento, definita "piena standard";
- le aree di espansione naturale della piena, che esercitano un significativo effetto di laminazione;
- le aree protette, di particolare valore naturalistico e ambientale.

In base a quanto sopra si definiscono quindi le seguenti **tre fasce**:

La Fascia A che coincide con l'alveo di piena, e assicura il libero deflusso della piena standard, di norma assunta a base del dimensionamento delle opere di difesa.

Si escludono dall'alveo di piena (fascia A) le aree in cui i tiranti idrici siano modesti, in particolare inferiori ad 1 m., garantendo nel contempo il trasporto di almeno l'80% della piena standard.

La Fascia B comprende le aree inondabili dalla piena standard, eventualmente contenenti al loro interno sottofasce inondabili che possono essere riferite anche a periodo di ritorno $T < 100$ anni. In particolare sono state considerate tre sottofasce:

- **la sottofascia B1** è quella compresa tra l'alveo di piena e la linea più esterna tra la congiungente i punti in cui il livello d'acqua è pari a 30 cm per piene con periodo di ritorno $T=30$ anni e la congiungente i punti in cui il livello d'acqua è pari a 90 cm per piene con periodo di ritorno $T=100$ anni;

- **la sottofascia B2** è quella compresa fra il limite della Fascia B1 e la congiungente i punti in cui il livello d'acqua è pari a 30 cm per piene con periodo di ritorno $T=100$ anni;
- **la sottofascia B3** è quella compresa fra il limite della Fascia B2 e la congiungente i punti in cui il livello d'acqua è pari a 0 cm (limite delle aree inondabili) per piene con periodo di ritorno $T=100$ anni.

In tale fascia devono essere prese adeguate misure di salvaguardia per le aree che producono un significativo effetto di laminazione (volume di invaso non trascurabile).

La Fascia C è quella compresa tra il limite della sottofascia B3 e il limite delle aree inondabili in riferimento a portate relative a periodo di ritorno di 300 anni oppure alla massima piena storica registrata.

Considerando l'importanza delle fasce di pertinenza fluviale per quanto attiene alla ricaduta in termini urbanistici che ne scaturisce, la loro delimitazione deve essere effettuata in conformità con quanto sopra detto, ma facendo attenzione, laddove possibile, a spostare i limiti che le definiscono su limiti fisici (quali strade, scarpate, ecc.) facilmente riconoscibili in sito. Laddove ciò non fosse possibile comunque non ritenuto sufficientemente attendibile, si potrà richiedere, in fase di attuazione del Piani stralcio di effettuare il picchettamento del limite di fascia.

3.2.4 Quantificazione della pericolosità.

Con riferimento alle fasce fluviali viene definita la pericolosità in funzione dell'FPA, e del tempo di ritorno **T** dell'evento. Il fattore di pericolo assume valore elevato **E** o moderato **M** in funzione dalla velocità media di portata **v** e dal tirante idrico **h**, secondo la seguente assunzione:

Considerando i valori $h_s = 1$ mt. e $v_s = 1$ m/s, come valori di soglia, FPA si assume elevato nel caso in cui risulti almeno uno dei due valori di **h** o di **v** maggiore od uguale a quello di soglia.

Conseguentemente, applicando la tabella 1 alle fasce fluviali risulta:

Fascia	T	FPA	Pericolosità
A	100	E	elevata
B	30-100	M	moderata
C	300 o max storica	M	bassa

Tabella 2

Come è evidente dalla lettura della tabella 2, la fascia A è da considerarsi ad elevata pericolosità in quanto tutti i valori dei parametri assumono quasi sempre valori elevati. Nella fascia B invece solo T può assumere valore elevato e come tale la pericolosità viene assunta come moderata.

In fascia C, essendo la stessa inondabile per soli eventi estremi, rispetto ai quali il PiSDA non considera conveniente la difesa strutturale, la pericolosità risulta bassa.

3.3. IL DANNO

3.3.1 Considerazioni preliminari.

La determinazione della pericolosità costituisce solo la prima fase nella previsione del rischio. Per una completa valutazione occorre, con riferimento alla (5), procedere alla determinazione del danno effettivo D_e che dipende, per ogni evento critico, dall'uso del territorio e quindi dagli elementi a rischio presenti ed alla loro vulnerabilità, intesa come aliquota che va effettivamente persa durante l'evento catastrofico.

E' necessario pertanto:

- procedere ad una ricognizione degli insediamenti e delle infrastrutture (**catalogo degli elementi a rischio**) che insistono su quelle aree per la valutazione del danno potenziale D_p :
- procedere ad una valutazione di massima della loro vulnerabilità.

Attraverso queste ulteriori analisi è possibile produrre la carta del danno effettivo (sinteticamente denominata carta del danno) suddividendo gli elementi a rischio presenti sul territorio in classi di diverso danno e valutando per ognuno la vulnerabilità associata.

La carta del danno può essere ottenuta in modo dettagliato a partire dal catalogo degli elementi a rischio, ed attraverso una valutazione del loro valore e della loro

vulnerabilità, in alternativa può essere ottenuta con una procedura semplificata che si basa solo sulla conoscenza dell'uso del suolo.

La carta del danno è uno strumento di grande utilità non solo per programmare gli interventi di difesa di tipo strutturale, ma anche come supporto per gestire le azioni collegate all'emergenza che precede l'evento. Nei seguenti paragrafi vengono descritte separatamente le attività necessarie per la determinazione del danno potenziale D_p e della vulnerabilità V .

3.3.2 Danno Potenziale

3.3.2.1 Criteri di determinazione

La determinazione del danno potenziale rappresenta un'attività particolarmente complessa e si fonda sulla conoscenza del catalogo degli elementi a rischio e sul valore di ciascuna categoria omogenea. La difficoltà maggiore è rappresentata proprio dalla determinazione di tali valori in considerazione delle differenti categorie di elementi da stimare: beni monetizzabili, beni ambientali e vite umane. In pratica:

- Quando gli elementi a rischio sono rappresentati da beni monetizzabili il loro valore monetario rappresenta il danno potenziale;
- Quando gli elementi a rischio sono persone, il valore numerico rappresenta il danno potenziale;
- Quando gli elementi a rischio sono rappresentati da beni architettonici, storici, artistici, etc. unici, e di così grande rilevanza da costituire, un patrimonio irrinunciabile per la collettività, il danno potenziale è rappresentato dal bene stesso.

Il catalogo degli elementi a rischio è stato estratto dalla **Carta degli insediamenti urbani e delle infrastrutture** predisposta da questa Autorità, e che riporta una serie di indicazioni sull'uso del territorio ricavata da una analisi del tutto generale che ha utilizzato varie fonti di osservazioni. Tale carta è stata già utilizzata per la predisposizione del Piano Straordinario per la rimozione delle situazioni a rischio più elevato predisposto da quest'Autorità ai sensi della Legge 226/99. Attualmente la carta è stata completata con ulteriori informazioni e particolareggiata su scala di maggiore dettaglio (1:10.000); tale cartografia è la stessa utilizzata per la mappatura delle fasce fluviali. Nel prossimo paragrafo viene riportata una descrizione degli elementi e della metodologia seguita per la realizzazione di tale cartografia.

3.3.2.2. Carta degli insediamenti urbani e delle infrastrutture

La «Carta degli insediamenti urbani e delle infrastrutture» è stata costruita con un'azione articolata su due livelli:

- livello conoscitivo dello stato di fatto
- livello esplorativo su come gli insediamenti urbani e le infrastrutture si dispongono sul territorio.

Tale elaborazione comunque non può considerarsi conclusa visto che le informazioni necessarie per l'individuazione degli elementi esposti a rischio non risultano sempre omogenee e i dati non sempre aggiornati in quanto gli strumenti di analisi utilizzati non sempre sono recenti.

Si ritiene, però, che il pregio principale dei risultati a cui è pervenuta l'attuale fase di lavoro stia nell'aver impostato una base estendibile di informazioni coordinate e nell'aver delineato una tipologia di analisi da condurre.

Il risultato fin qui raggiunto è l'elaborazione di carte fisionomiche del territorio dove sono evidenziate le aree di interesse ambientale e degli usi antropici del suolo e la realizzazione di una classificazione tipologica finalizzata ad una fase progettuale.

Le carte consentono una lettura completa dell'articolazione morfologica e di uso del suolo nell'area dei bacini del Liri-Garigliano e Volturno e sono perfezionabili per quanto attiene al grado di dettaglio specie nelle aree a maggior rischio, così come possono essere integrate con lo studio degli effetti dei processi di antropizzazione del territorio e delle analisi delle capacità di carico relative alle diverse modalità di fruizione del territorio dando così luogo ad ulteriori carte tematiche sovrapponibili.

La carta degli insediamenti urbani e delle infrastrutture, rappresentando anche un censimento degli strumenti di governo del territorio, permetterà anche di esprimere una valutazione critica sulla redazione degli strumenti urbanistici e su come questi ultimi, leggendo il territorio in forma parziale, non sempre tengono conto della pericolosità insita nel territorio stesso.

Nell'analisi quindi si è proceduto ad una mappatura degli strumenti urbanistici vigenti.

La cartografia riporta

1. le aree consolidate del tessuto urbano: a tal fine vengono perimetrate le zone A e B dei P.R.G. e dei P.d.F. così come individuate dal D. I. n. 1444 del 02-04-1968. (Le

zone A sono gli agglomerati urbani che rivestono carattere storico, le zone B sono le aree di completamento nelle quali preesiste una diffusa edificazione);

2. le aree di espansione del tessuto urbano: a tal fine vengono perimetrate le zone C dei P.R.G. e dei P.d.F. così come individuate dal D. I. n. 1444 del 02-04-1968. (Le zone C sono le aree di espansione che sono destinate a nuovi insediamenti in aree prive di struttura urbana e nelle quali la densità edilizia preesistente è ancora modesta);

3. le aree destinate ad insediamenti produttivi: a tal fine vengono perimetrate le zone D dei P.R.G. e dei P.d.F. così come individuate dal D. I. n. 1444 del 02-04-1968. (Le zone D sono le parti del territorio occupate o destinate ad impianti produttivi o ad essi assimilati);

4. le aree destinate alle attrezzature collettive: a tal fine vengono perimetrate le zone F dei P.R.G. e dei P.d.F. così come individuate dal D. I. n. 1444 del 02-04-1968. (Le zone F sono le parti del territorio destinate ad attrezzature e impianti di interesse generale);

5. le aree destinate a verde;

6. le aree destinate ad attrezzature turistiche;

7. le aree che comportano una dequalificazione o una preclusione fisica di ulteriori possibilità d'uso (aree occupate o destinate a cave, discariche e depuratori);

8. le aree vincolate per la legge 1089/39;

Da questo censimento, che è stato effettuato solo su 200 comuni che hanno fornito gli strumenti urbanistici, si è riscontrato che quasi mai vengono valutate l'impatto delle previsioni di piano con il sistema geomorfologico ed idrogeologico del territorio.

Molto spesso si è anche riscontrato che gli strumenti di pianificazione locale non rispettano le prescrizioni dei piani di livello sovraordinato né della vincolistica imposta dallo Stato attraverso le leggi 1497/39, 1089/39 e 431/85.

La situazione si aggrava laddove sono stati riscontrati nuclei urbanizzati diffusamente non censiti dai P.R.G. e dai P.d.F. ; lo studio della disposizione di tali nuclei sul territorio, sorti nella maggior parte dei casi spontaneamente, sembra, infatti, mettere in evidenza una certa tendenza ad occupare aree a maggior rischio specie laddove la morfologia addolcita del terreno sembra favorire l'uso antropico del territorio.

In base a tali problematiche si è reso necessarie procedere ad una integrazione delle informazioni contenute negli strumenti urbanistici, attraverso la lettura delle foto aeree in scala 1:33.000, volo 1990/91. Ciò ha portato a censire tutte le aree nelle quali sono presenti insediamenti antropici, infrastrutture, beni di rilevanza storica, architettonica e culturale.

Si sono quindi individuati:

1. gli agglomerati urbani, perimetrando i nuclei urbani consolidati;
2. le zone di espansione, perimetrando le aree destinate a nuovi insediamenti;
3. i nuclei con edificazione diffusa: si è provveduto a perimetrare tutte quelle aree nelle quali era visibilmente presente un nucleo diffusamente urbanizzato che non era stato censito dai P.R.G. o dai P.d.F. tramite lettura delle ortofoto AIMA;
4. le aree su cui insistono gli insediamenti produttivi, gli impianti tecnologici di rilievo ed in particolare quelli definiti a rischio dalla legge: sono state perimetrare le aree destinate ad insediamenti produttivi, le aree in cui sono presenti o previsti depuratori, gli impianti industriali a rischio secondo il D.P.R. 175/88. Per questi ultimi il Ministero dell'Ambiente ha provveduto a fornire le coordinate geometriche degli impianti a rischio secondo l'art. 4 e art. 6 del D.P.R. 175/88;
5. le infrastrutture a rete e le vie di comunicazione di rilevanza strategica: sono state censite le linee elettriche secondo i dati pervenuti dalle Direzioni Distribuzione dell'ENEL delle regioni Lazio, Campania, Molise-Abruzzo, i metanodotti, oleodotti e gasdotti secondo i dati pervenuti dalla SNAM S.p.A., le vie di comunicazione di rilevanza strategica sia carrabili che ferrate. Le vie di comunicazione, in particolare sono state acquisite dalla Società Risorse Ambientali di Salerno. Per quanto riguarda le vie di comunicazione di rilevanza strategica sono state individuate le strade carrabili e quelle ferrate. Per le strade carrabili sono state censite tre tipologie, vale a dire, le autostrade, le strade di grande comunicazione e le strade di interesse regionale, tralasciando i tronchi, anche asfaltati, di interesse locale;
6. le aree di servizi pubblici e privati;
7. le dighe, fornite dal S.N.D. e le traverse;

8. i bacini idroelettrici;
9. i detrattori ambientali fondamentali, cave e discariche;
10. i vincoli a cui sono sottoposte aree e beni nel territorio dell’Autorità.

In sintesi l’organizzazione dei dati contenuti nella carta degli insediamenti urbani e delle infrastrutture è la seguente:

Z1: zone omogenee così come delimitate nei Piani Regolatori comunali:

- Zone A parti del territorio interessato da agglomerati urbani che rivestono carattere storico-artistico di particolare pregio;
- Zone B sono le parti totalmente o parzialmente edificate, diverse dalle zone A;
- Zone C le parti del territorio destinate ai nuovi complessi insediativi;
- Zone D sono le parti del territorio destinate ad insediamenti per impianti industriali o ad essi assimilati;
- Zone E
- Zone F sono le parti del territorio destinate ad attrezzature ed impianti di interesse generale;
- Cimitero;
- Verde Urbano;
- Grande parco urbano;
- Zone turistiche;
- Zone archeologiche;
- Zone militari;
- Cave, discariche e depuratori;
- Borghi rurali.

Z2: Aggiornamento ortofoto:

- nuclei ad edificazione diffusa non previsti nei PRG.

Z3: Attività estrattive:

- Cava;
- Cava dimessa;
- Area di influenza della cava.

Z4: Discariche autorizzate:

- Discarica;
- Discarica la cui ubicazione non è definita.

Z5: Industrie:

- Aree industriali;
- Industrie a rischio.

Z6: Infrastrutture:

- Autostrade;
- Strade principali (superstrade, assi a scorrimento veloce);
- Strade secondarie (statali, provinciali e locali);
- Linea ferroviaria e stazioni principali;
- Aeroporti;
- Sbarramenti;
- Dighe;
- Metanodotti;
- Linee elettriche ENEL;
- Cabine ENEL;
- Cabina telecontrollata ENEL;
- Pozzo piezometrico;
- Centrale;
- Acquedotti;

Z7: vincoli paesaggistici ambientali ed archeologici:

- Fiumi
- Laghi.
- Territori coperti da boschi e foreste, ancorché percorsi o danneggiati dal fuoco e quelli sottoposti a vincolo di rimboschimento, punto "g" art. 1 Legge 431/85;
- Zone di interesse archeologico già vincolate DD.MM. ex lege 1089/39, punto "m" Legge 431/85;

- Aree sottoposte a vincolo di inedificabilità temporanea ai sensi degli articoli 1ter ed 1 quinquies Legge 431/85;
- Aree già sottoposte a vincolo paesaggistico ex lege 1197/39;
- Aree soggette a vincolo R:D.L. 30.12.1923, n. 3267 “ Riordinamento e riforma della legislazione in materia di boschi e terreni montani;

3.3.2.3. Determinazione delle classi di Danno

Il panorama dei dati ottenuti risulta molto vario e differenziato, per cui risulta particolarmente oneroso oltre che di difficile validazione, attribuire ad ogni categoria di uso del suolo il relativo valore sulla base dei criteri di cui al paragrafo 3.1., dovendosi determinare il valore di beni attraverso differenti metodi di stima per i beni monetizzabili, e per il numero delle persone presenti. In pratica quindi, in un'ottica di semplificazione delle procedure si preferisce attribuire **classi di danno**; tale fatto si realizza effettuando un accorpamento delle categorie di uso del territorio individuate nella carta degli insediamenti e delle infrastrutture **in classi omogenee** per ciascuna delle quali si ipotizza un **livello di danno**.

Sulla base di quanto riportato al paragrafo 3.6.3 delle Linee Guida per la predisposizione dei Piani stralcio di Difesa dalle Alluvioni ed al paragrafo 2.1.3.4 delle Linee Guida per i programmi di Previsione e prevenzione, sono state individuate le seguenti **quattro classi di danno potenziale**:

1. **Danno potenziale altissimo (D1)**; comprende i centri urbani, ossia le aree urbanizzate ed edificate con continuità, con una densità abitativa elevata, con un indice di copertura molto alto superiore al 15 – 20% della superficie fondiaria. Su queste aree una inondazione può provocare la perdita di vite umane e di ingenti beni economici.
2. **Danno potenziale alto (D2)**; comprende i nuclei urbani, cioè gli insediamenti meno densamente popolati rispetto ai precedenti, le aree attraversate da linee di comunicazione e da servizi di rilevante interesse, le aree sedi di importanti attività produttive. In queste aree si possono avere problemi per l'incolumità delle persone e per la funzionalità del sistema economico;
3. **Danno potenziale medio (D3)**; comprende le aree extra urbane, poco abitate, sede di edifici sparsi, di infrastrutture secondarie, di attività produttive minori, destinate sostanzialmente ad attività agricole o a verde pubblico. In queste aree è limitata la

presenza di persone e sono limitati gli effetti che possono derivare al tessuto socio economico.

4. **Danno potenziale basso o nullo (D4)**; comprende le aree libere da insediamenti a prevalente destinazione agricola, incolte o protette, che consentono il libero deflusso delle piene.

Con riferimento a quanto contenuto nella carta degli insediamenti e delle infrastrutture, le categorie omogenee che determinano le classi di danno D1, D2, D3 e D4 sono le seguenti;

Danno potenziale altissimo D1:

Z1: zone omogenee così come delimitate nei Piani Regolatori comunali;

- Zone A e B;
- Zone C – D – F – Turistiche sature
- Zone C – D – F – Turistiche non sature o di previsione.
- Zone Archeologiche
- Zone militari

Z2: Aggiornamento ortofoto;

- Nuclei ad edificazione diffusa non previsti nel PRG.

Z5: Industrie;

- Aree industriali
- Industrie a rischio.

Z7: vincoli paesaggistici ambientali ed archeologici:

- Fiumi
- Laghi.
- Territori coperti da boschi e foreste, ancorché percorsi o danneggiati dal fuoco e quelli sottoposti a vincolo di rimboschimento, punto “g” art. 1 Legge 431/85;
- Aree sottoposte a vincolo di inedificabilità temporanea ai sensi degli articoli 1ter ed 1 quinquies Legge 431/85;

- Aree soggette a vincolo R:D.L. 30.12.1923, n. 3267 “ Riordinamento e riforma della legislazione in materia di boschi e terreni montani;

Danno potenziale alto D2:

Z1: zone omogenee così come delimitate nei Piani Regolatori comunali;

- Cimitero;
- Cave, discariche e depuratori.

Z3: Attività estrattive;

- Cava
- Cava dimessa
- Area di influenza della cava.

Z4: Discariche autorizzate;

- Discarica
- Discarica la cui ubicazione non è definita.

Z6: Infrastrutture;

- Autostrade
- Strade principali
- Strade secondarie, nel caso che il danno provochi l'isolamento di uno o più centri urbani
- Linee ferroviarie e stazioni nel caso che il danno provochi l'isolamento di uno o più centri urbani
- Aeroporti.
- Dighe.
- Metanodotti
- Elettrodotti e cabine Enel
- Cabina telecontrollata ENEL
- Pozzo piezometrico
- Centrale

- Acquedotti

Z7: vincoli paesaggistici ambientali ed archeologici:

- Zone di interesse archeologico già vincolate DD.MM. ex lege 1089/39, punto “m” Legge 431/85;
- Aree già sottoposte a vincolo paesaggistico ex lege 1197/39;

Danno potenziale medio D3:

Z1: zone omogenee così come delimitate nei Piani Regolatori comunali;

- Zone E se coltivate
- Verde urbano e parchi urbani
- Borghi rurali.

Z6: Infrastrutture:

- Strade secondarie, nel caso che il danno non provochi l'isolamento di uno o più centri urbani)
- Linee ferroviarie e stazioni nel caso che il danno non provochi l'isolamento di uno o più centri urbani
- Aeroporti.

Danno potenziale basso o nullo D4:

Z1: zone omogenee così come delimitate nei Piani Regolatori comunali;

- Zone E se incolte.

3.3.3 Vulnerabilità e danno effettivo.

Come già detto la vulnerabilità rappresenta l'aliquota dell'elemento a rischio che può venire danneggiata nel corso di un evento e si esprime con un numero compreso tra 0 (nessun danno) ed 1 (perdita totale).

La stima della vulnerabilità è molto complessa. Essa è in effetti il risultato di due fattori distinti:

- il fattore di pericolosità **FPA** di alluvione che dipende dalle caratteristiche idrodinamiche (tirante idrico, velocità ecc.) e dal quale come detto dipende anche a pericolosità;
- il livello di protezione del costruito che, si può considerare nullo in mancanza di normative di protezione.

Ad esempio la disponibilità di un adeguato piano di emergenza che può consentire l'evacuazione della popolazione a rischio, ed il trasferimento dei beni trasportabili, incide sul valore della vulnerabilità.

Sulla base degli elementi a rischio e della loro vulnerabilità si deve procedere al tracciamento della carta del danno suddividendo le aree vulnerabili in diverse classi a seconda dell'entità di quest'ultimo

La suddivisione, in parte soggettiva, deve tener conto in primo luogo del danno alle persone e poi di quello al tessuto socio economico ed ai beni non monetizzabili.

La carta del danno deve essere prodotta alla stessa scala utilizzata per la mappa delle aree inondabili.

Quando le aree vulnerabili sono molto estese e densamente antropizzate, come avviene ad esempio nel caso delle aree inondabili di pianura, la costruzione di un catalogo dettagliato degli elementi a rischio, accompagnato da una valutazione, sia pure approssimata, della loro vulnerabilità, può risultare eccessivamente complessa ed onerosa. In effetti risulta difficoltoso assegnare anche classi di vulnerabilità per ciascuna categoria omogenea, in quanto non è possibile valutare il livello di protezione del costruito che dipende dalle caratteristiche strutturali ed urbanistiche per ogni destinazione d'uso. Pertanto si rinuncia ad una stima della vulnerabilità, ipotizzando che le classi di danno effettivo coincidano con quelle assegnate per il danno potenziale, il che equivale ad assumere uguale vulnerabilità per tutte le aree comprese nelle fasce fluviali. Pertanto la carta del danno deve intendersi come carta del danno potenziale.

3.3.4 Criteri di predisposizione della carta del danno.

In questo paragrafo, vengono fornite alcune specifiche di tipo operativo per un corretto uso della carta del danno. Come soprariportato ad ogni categoria omogenea individuata nella carta degli insediamenti urbani e delle infrastrutture, corrisponde un livello di

danno. Pertanto la carta del danno avrà soltanto quattro differenti campiture corrispondenti ai quattro livelli di danno atteso. Dal punto di vista grafico, in funzione della categoria omogenea risultano possibili tre tipi di simbolismi:

Danno areale (*area campita*): corrispondente a tutte quelle categorie che hanno uno sviluppo areale. (Es. aree omogenee dei PRG).

Danno lineare: (*linea campita*) corrispondente alle infrastrutture di trasporto e di servizio, in funzione delle tipologie. Per esse, la definizione del livello di rischio, non dipende soltanto dalla fascia fluviale in cui ricadono, ma anche dalle caratteristiche idrauliche, pertanto, la determinazione della classe di rischio necessita di un criterio specifico che sarà illustrato al paragrafo 4.3.

Danno puntuale (*indicazione puntuale*) corrispondente a tutte categorie omogenee, che per loro natura, ricoprono superfici trascurabili o comunque non conosciute nella esatta delimitazione.

* * *

Di seguito si specificano alcuni casi particolari:

- All'interno dell'area campita non vengono distinte le varie destinazioni d'uso presenti quali le strade interne, le zone edificate, zone a verde, in accordo con il concetto di categoria omogenea.
- Analogamente **Le strade di collegamento**, nel tratto in cui interessano un'area omogenea (es, una strada SS che attraversa un centro urbano), vengono indicate con il livello di danno corrispondente all'area.
- Inoltre, **le strade di collegamento** vengono temporaneamente indicate tutte come D2, in quanto la valutazione sulle possibilità che creino o meno isolamento di centri urbani è rimandata all'atto della individuazione del rischio.
- **Le aree di previsione**, nel caso che risultino non sature o non utilizzate al momento vengono differenziate dal punto di vista cartografico mediante l'utilizzo di un retino, anche se, ad esse viene attribuito lo stesso livello di danno di quelle sature. Ciò in quanto, come si dirà al capitolo 4, producono situazioni di rischio definito *Potenziale*.

Autorità di Bacino dei Fiumi Liri-Garigliano e Volturno

- **Per le zone E**, come detto, è stato assegnato un danno D3 o D4 a seconda che le stesse risultino coltivate od incolte. Sulla carta del danno vengono indicate tutte come D3, non potendosi effettuare una precisa distinzione grafica. La discriminazione tra i due casi verrà trattato nelle norme di attuazione del PiSDA.
- **Gli attraversamenti fluviali, e gli sbarramenti** non vengono indicati nella carta del danno. Per essi infatti la condizione di rischio dipende soltanto da considerazioni di carattere idraulico che saranno svolte al capitolo 4, e conseguentemente, per essi non è possibile definire un livello di danno. In sintesi ed a maggiori chiarimenti si riporta una tabella nella quale per ognuna delle categorie omogenee individuate nella carta degli insediamenti urbani e delle infrastrutture, viene riportato il livello di danno assegnato ed il tipo di rappresentazione grafica.

Z1: <u>zone omogenee così come delimitate nei Piani Regolatori comunali:</u>	Livello	Tipo	Note
Zone A parti del territorio interessato da agglomerati urbani che rivestono carattere storico-artistico di particolare pregio;	D1	A	
Zone B sono le parti totalmente o parzialmente edificate, diverse dalle zone A;	D1	A	
Zone C – D - F turistiche, sature	D1	A	
Zone C -D – F turistiche, non sature o di previsione	D1	A	Determina rischio potenziale
Cimitero;	D2	A	
Verde Urbano;	D3	A	
Grande parco urbano;	D3	A	
Zone archeologiche;	D1	A	
Zone militari;	D1	A	
Cave, discariche e depuratori;	D2		
Borghi rurali.	D3	P	

Z2: <u>Aggiornamento ortofoto:</u>	Livello	Tipo	Note
nuclei ad edificazione diffusa non previsti nei PRG.	D1	A	
Z3: <u>Attività estrattive:</u>	Livello	Tipo	Note
Cava;	D2	P	
Cava dimessa;	D2	P	

Autorità di Bacino dei Fiumi Liri-Garigliano e Volturno

Area di influenza della cava	D2	P	
Z4: <u>Discariche autorizzate:</u>	Livello	Tipo	Note
Discarica:	D2	P	
Discarica la cui ubicazione non è definita	D2	P	
Z5: <u>Industrie</u>	Livello	Tipo	Note
Aree industriali	D1	A	
Industrie a rischio	D1	A	
Z6: <u>Infrastrutture</u>	Livello	Tipo	Note
Autostrade	D2	L	
Strade principali (superstrade, assi a scorrimento veloce)	D2	L	
Strade secondarie(statali, provinciali e locali) nel caso in cui il danno provochi isolamento di uno o più centri urbani	D2	L	
Strade secondarie(statali, provinciali e locali) nel caso in cui il danno non provochi isolamento di uno o più centri urbani	D3	L	indicato come D2 sulla carta del danno
Linea ferroviaria e stazioni principali nel caso in cui il danno provochi isolamento di uno o più centri urbani	D2	L	
Linea ferroviaria e stazioni principali nel caso in cui il danno non provochi isolamento di uno o più centri urbani	D3	L	indicato come D2 sulla carta del danno
Aeroporti	D2	A	
Sbarramenti	Non attribuito	P	
Dighe	D2	P	
Metanodotti	D2	L	
Linee elettriche ENEL	D2	P	
Cabine ENEL	D2	P	
Cabina telecontrollata ENEL	D2	P	
Pozzo piezometrico	D2	P	
Centrale	D2	P	
Acquedotti	D2	L	
Z7: <u>vincoli paesaggistici ambientali ed archeologici</u>	Livello	Tipo	Note
Fiumi	D1	L	
Laghi	D1	A	
Territori coperti da boschi e foreste, ancorché	D1	A	

percorsi o danneggiati dal fuoco e quelli sottoposti a vincolo di rimboschimento, punto "g" art. 1 Legge 431/85			
Zone di interesse archeologico già vincolate DD.MM. ex lege 1089/39, punto "m" Legge 431/85	D2	A	
Aree sottoposte a vincolo di inedificabilità temporanea ai sensi degli articoli 1ter ed 1 quinquies Legge 431/85	D1	A	
Aree già sottoposte a vincolo paesaggistico ex lege 1197/39	D2	A	
Aree soggette a vincolo R:D.L. 30.12.1923, n. 3267 " Riordinamento e riforma della legislazione in materia di boschi e terreni montani	D1	A	

A = areale

L = lineare

P = puntuale

3.4. IL RISCHIO.

3.4.1 Criteri di programmazione. Il criterio standard.

Una volta definiti le varie classi di danno così come riportato al precedente capitolo, occorre definire il valore del rischio in funzione della pericolosità dell'evento. L'applicazione della 5 e la determinazione numerica dei valori del rischio nota la pericolosità ed il danno effettivo non risulta conveniente per le finalità del Piano stralcio attesa la difficoltà di quantificare grandezze e valori appartenenti a categorie non omogenee. Una valutazione numerica della 5 risulta possibile solo su ambiti di studio molto circoscritti e riferiti a pochi elementi (Ad esempio la valutazione della mitigazione del rischio connesso alla costruzione di un'opera idraulica). In generale, come peraltro evidenziato in tutto quanto precedentemente detto, la riduzione del rischio idraulico R_t può essere ottenuta agendo su ciascun o su tutti i termini che compaiono nell'equazione (5) Questi però nella realtà sono di incerta valutazione in quanto:

- non sono ben definibili i valori unitari dei beni da proteggere, la loro effettiva vulnerabilità e gli effetti indiretti e indotti dell'evento;
- esiste un margine di incertezza talvolta molto ampio nelle proiezioni statistiche in campo idrologico;

- la situazione delle aree vulnerabili è destinata a mutare nel corso del periodo di valutazione t in maniera non perfettamente prevedibile nei calcoli di progetto.

Pertanto la quantificazione del rischio è un problema tecnico molto complesso dal momento che sono numerosi e non sempre facilmente identificabili i fattori che concorrono a determinare la soggezione di un'area a fenomeni di inondazione o di frana.

Tale identificazione è stata effettuata, con le incertezze dovute alla complessità del problema, utilizzando i modelli idrologico e idraulico descritti nei capitoli precedenti, che hanno consentito di delimitare le aree inondabili con periodo di ritorno di 30, 100 e 300 anni e le fasce di pertinenza fluviale.

D'altra parte, l'esame degli strumenti urbanistici vigenti, integrato da una verifica dell'effettivo uso del suolo effettuata attraverso l'utilizzo della carta degli insediamenti urbani e delle infrastrutture, deve consentire di individuare gli elementi a rischio dell'area di interesse. Il problema è quindi quello di associare a questi due elementi il corrispondente livello di rischio. Per fare ciò si ricorre a **criteri di programmazione**, che esprimono tale tipo di dipendenza. Le Linee guida definisce alcuni di questi criteri. In questa sede verrà utilizzato, come già fatto per il PSDA, **il criterio standard**, che è quello concettualmente più semplice anche se non per questo meno attendibile.

IL criterio standard consiste nella definizione di **una condizione standard o di rischio accettabile** definita in base a ciascuna livello di danno e di pericolosità. Sulla scorta di tale assunzione, si ricavano delle condizioni denominate di **squilibrio** sulla base di quanto disposto nel D.P.R. 18.07.95 *“Approvazione dell'atto di indirizzo e coordinamento concernente i criteri per la redazione dei piani di bacino”*. In particolare al punto 2 di tale disposto, con la dizione di squilibrio, si intende definire quelle situazioni manifeste o prevedibili, nelle quali lo stato attuale del territorio presenta condizioni di rischio e/o di degrado ambientale negative per la vita e lo sviluppo delle popolazioni interessate costituendo, al tempo stesso motivo di opera della proposta Autorità. In un successivo capoverso del medesimo punto 2 si afferma che “il riconoscimento degli squilibri potrà avvenire secondo criteri differenti. Sulla base di tali indicazioni le Linee Guida per la predisposizione dei Piani Stralcio di difesa dalle Alluvioni, propongono la seguente tabella 3 che individua quattro livelli di squilibrio: **gravissimo, grave, moderato e accettabile** (quest'ultimo corrispondente alla condizione standard), in funzione del livello di pericolosità e del danno atteso.

Categorie omogenee delle aree direttamente inondabili	Pericolosità			
	alta	elevata	moderata	bassa
centri urbani				●
nuclei urbani - infrastr.import.			●	
aree extraurbane		●		
aree libere	●			
T/FPA	10/M 30/E	30/M 100/E	100/M 300/E	300/ M

Tabella 3

●	condizioni standard
	squilibrio lieve
	squilibrio grave
	squilibrio gravissimo

Tale tabella, seppur concettualmente valida, non appare attualmente applicabile in quanto la caratterizzazione di uso del suolo derivante dalla carta degli insediamenti urbani e delle infrastrutture consente un'articolazione delle categorie omogenee molto più ampia ed i cui livelli di danno associati (D1, D2, D3 e D4), così come descritti al paragrafo, 3.2.3, non corrispondono necessariamente con le **categorie omogenee delle aree direttamente inondabili** riportate nella tabella 3. Inoltre, non essendo prevista la perimetrazione di aree ad alta pericolosità (in quanto l'evento di riferimento è quello con T = 100 anni), a rigore non risulterebbero aree in condizioni di squilibrio gravissimo. Pertanto le condizioni di squilibrio devono essere ridefinite in funzione dei livelli di danno. Si propone, nel rispetto dello spirito delle Linee Guida la seguente classificazione

Livello di Danno	Fascia A	Fascia B	Fascia C
D1	Squilibrio gravissimo	Squilibrio moderato	Squilibrio accettabile

Autorità di Bacino dei Fiumi Liri-Garigliano e Volturno

D2	Squilibrio grave	Squilibrio moderato	Squilibrio accettabile
D3	Squilibrio moderato	Squilibrio accettabile	Squilibrio accettabile
D4	Squilibrio accettabile	Squilibrio accettabile	Squilibrio accettabile
Pericolosità	elevata	moderata	bassa
T-FPA	100/E	100/M	300/M

Tabella 4

In considerazione che le situazioni di squilibrio da identificare possono essere manifeste o prevedibili per loro stessa definizione, si palesa la necessità di distinguere tra squilibri propriamente detti e **squilibri potenziali**. Per squilibrio potenziale si intende una condizione di squilibrio derivante da un livello di danno atteso dipendente da condizioni non presenti allo stato attuale, ma che si andranno a realizzare in base a evoluzioni antropiche predefinite o comunque prevedibili a priori. E' questo il caso delle aree interessate da espansione urbanistica nei PRG, (zone C, D E F), espansione non ancora attuata o completata, e per la quale lo squilibrio diverrà effettivo soltanto dopo l'attuazione prevista dallo strumento urbanistico comunale.

IL DPCM 29.09.98 " *Atto di indirizzo e coordinamento per l'individuazione dei criteri relativi agli adempimenti di cui all'art. 1, commi 1 e , del DL 11.06.98, n. 180*" nel ribadire che i Piani di Bacino, devono tenere conto delle disposizioni del D.P.R. 18.07.95, definiscono, *con riferimento ad esperienze di pianificazione già effettuate* quattro **classi di rischio**, secondo le seguenti definizioni:

moderato R1: per il quale i danni sociali, economici ed la patrimonio ambientale sono marginali;

medio R2: per il quale sono possibili danni minori agli edifici, alle infrastrutture ed al patrimonio ambientale che non pregiudicano l'incolumità del personale, l'agibilità degli edifici, e la funzionalità delle attività economiche;

elevato R3: 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 relativi al patrimonio ambientale;

molto elevato R4: per il quale sono possibili perdita di vite umane e lesioni gravi alle persone, danni gravi agli edifici, alle infrastrutture ed al patrimonio ambientale, la distruzione di attività socio-economiche.

Appare utile osservare che le condizioni di squilibrio individuate sulla base delle Linee Guida e le condizioni di rischio definite del DPCM 29.09.98, individuano di fatto condizioni equivalenti anche se, esclusivamente sotto l'aspetto formale, le prime derivano dall'applicazione di un criterio di programmazione, mentre le altre vengono individuate a priori in modo empirico sulla base degli effetti attesi. In sostanza le condizioni di squilibrio sono determinate prioritariamente in funzione delle destinazioni d'uso esistenti sul territorio e quindi delle categorie omogenee individuate nelle fasce fluviali; le situazioni definite di rischio invece sono definite in base al danno temuto al quale si associano conseguentemente opportune categorie di uso del suolo.

Comunque si ritiene che valgano di fatto le seguenti equivalenze:

squilibrio gravissimo	=	Rischio R4;
squilibrio grave	=	Rischio R3;
squilibrio moderato	=	Rischio R2;
squilibrio accettabile	=	Rischio R1.

Pertanto la tabella 4 assume la forma

Livello di Danno	Fascia A	Fascia B	Fascia C
D1	R4	R2	R1
D2	R3	R2	R1
D3	R2	R1	R1
D4	R1	R1	R1
Pericolosità	elevata	moderata	bassa
T-FPA	100/E	100/M	300/M

Tabella 5

La tabella 5 è stata compilata ammettendo che per la fascia A, al diminuire del livello di danno si realizzi una corrispondente diminuzione della classe di rischio secondo l'ordine decrescente indicato nella relativa colonna. La classe di rischio invece non decresce nello stesso modo a parità di danno al diminuire della pericolosità, passando cioè dalla fascia A a quella C. in altre parole in termini di rischio si ritiene che non valga necessariamente l'equazione:

Danno D2 in fascia A = Danno D1 in fascia B.

Tali valutazioni risultano comunque influenzate da elementi di soggettività.

Qualora la fascia B venga suddivisa nelle sottofasce B1, B2 e B3, la tabella 5 viene particolarizzata nella seguente:

Livello di Danno	Fascia A	Fascia B			Fascia C
		B1	B2	B3	
D1	R4	R3	R2	R1	R1
D2	R3	R2	R2	R1	R1
D3	R2	R1	R1	R1	R1
D4	R1	R1	R1	R1	R1
Pericolosità	elevata	moderata			bassa
T-FPA	100/E	100/M			300/M

Tabella 6

3.4.2 Quantificazione del rischio.

Da una applicazione dettagliata della tabella 4, esplicitata in termini di rischio nelle successive tabelle 5 e 6, ed in funzione dei livelli di danno e pericolosità è possibile delimitare tutte le aree con condizioni di squilibrio, indicate al paragrafo precedente. In particolare, sempre con riferimento all'organizzazione dei dati delle categorie omogenee previste nella carta degli insediamenti antropici e delle infrastrutture, risulta che:

Costituiscono condizioni di **squilibrio Gravissimo (Rischio R4)**:

Nella Fascia A

Z1: zone omogenee così come delimitate nei Piani Regolatori comunali;

- Zone A e B;
- Zone C – D – F sature
- Zone C – D – F non sature o di previsione (rischio potenziale)
- Zone Archeologiche
- Zone militari

Z2: Aggiornamento ortofoto;

- Nuclei ad edificazione diffusa non previsti nel PRG.

Z5: Industrie;

- Aree industriali
- Industrie a rischio.

Z7: vincoli paesaggistici ambientali ed archeologici:

- Fiumi
- Laghi.
- Territori coperti da boschi e foreste, ancorché percorsi o danneggiati dal fuoco e quelli sottoposti a vincolo di rimboschimento, punto “g” art. 1 Legge 431/85;
- Aree sottoposte a vincolo di inedificabilità temporanea ai sensi degli articoli 1ter ed 1 quinquies Legge 431/85;
- Aree soggette a vincolo R:D.L. 30.12.1923, n. 3267 “ Riordinamento e riforma della legislazione in materia di boschi e terreni montani;

Nella Fascia B

- Nessuna categoria.

o, alternativamente nelle fasce B1, B2 e B3

- Nessuna categoria.

Nella fascia C

- Nessuna categoria.

Costituiscono condizioni di **squilibrio Grave (Rischio R3)**:

Nella fascia A

Z1: zone omogenee così come delimitate nei Piani Regolatori comunali;

- Cimitero;
- Cave, discariche e depuratori.

Z3: Attività estrattive;

- Cava
- Cava dimessa
- Area di influenza della cava.

Z4: Discariche autorizzate;

- Discarica
- Discarica la cui ubicazione non è definita.

Z6: Infrastrutture;

- Autostrade
- Strade principali
- Strade secondarie, nel caso che il danno provochi l'isolamento di uno o più centri urbani
- Linee ferroviarie e stazioni nel caso che il danno provochi l'isolamento di uno o più centri urbani
- Aeroporti.
- Sbarramenti;
- Dighe.
- Metanodotti
- Elettrodotti e cabine Enel
- Cabina telecontrollata ENEL
- Pozzo piezometrico
- Centrale
- Acquedotti

Z7: vincoli paesaggistici ambientali ed archeologici:

- Zone di interesse archeologico già vincolate DD.MM. ex lege 1089/39, punto “m” Legge 431/85;
- Aree già sottoposte a vincolo paesaggistico ex lege 1197/39;

Nella fascia B

- Nessuna categoria.

o, alternativamente:

nella sottofascia B1

Z1: zone omogenee così come delimitate nei Piani Regolatori comunali;

- Zone A e B;
- Zone C – D – F – sature.
- Zone C – D – F – Turistiche non sature di previsione (rischio potenziale)
- Zone Archeologiche

Z2: Aggiornamento ortofoto;

- Nuclei ad edificazione diffusa non previsti nel PRG.

Z5: Industrie;

- Aree industriali
- Industrie a rischio.

Z7: vincoli paesaggistici ambientali ed archeologici:

- Territori coperti da boschi e foreste, ancorché percorsi o danneggiati dal fuoco e quelli sottoposti a vincolo di rimboschimento, punto “g” art. 1 Legge 431/85;
- Aree sottoposte a vincolo di inedificabilità temporanea ai sensi degli articoli 1ter ed 1 quinquies Legge 431/85;
- Aree soggette a vincolo R:D.L. 30.12.1923, n. 3267 “ Riordinamento e riforma della legislazione in materia di boschi e terreni montani;

nella sottofascia B2

- Nessuna categoria.

e nella sottofascia B3

- Nessuna categoria

Nella fascia C

- Nessuna categoria.

Costituiscono condizioni di **squilibrio moderato (Rischio R2)**:

Nella fascia A

Z1: zone omogenee così come delimitate nei Piani Regolatori comunali;

- Zone E se coltivate
- Verde urbano e parchi urbani
- Borghi rurali.

Z6: Infrastrutture;

- Strade secondarie, nel caso che il danno non provochi l'isolamento di uno o più centri urbani
- Linee ferroviarie e stazioni nel caso che il danno non provochi l'isolamento di uno o più centri urbani

Nella fascia B

Z1: zone omogenee così come delimitate nei Piani Regolatori comunali;

- Zone A e B;
- Zone C – D – F – Turistiche sature
- Zone C – D – F – Turistiche non sature o di previsione (squilibrio potenziale)
- Zone Archeologiche
- Zone militari
- Cimitero;
- Cave, discariche e depuratori.

Z2: Aggiornamento ortofoto;

- Nuclei ad edificazione diffusa non previsti nel PRG.

Z3: Attività estrattive;

- Cava
- Cava dimessa
- Area di influenza della cava.

Z4: Discariche autorizzate;

- Discarica
- Discarica la cui ubicazione non è definita.

Z5: Industrie;

- Aree industriali
- Industrie a rischio.

Z6: Infrastrutture;

- Autostrade
- Strade principali
- Strade secondarie, nel caso che il danno provochi l'isolamento di uno o più centri urbani
- Linee ferroviarie e stazioni nel caso che il danno provochi l'isolamento di uno o più centri urbani
- Aeroporti.
- Metanodotti
- Elettrodotti e cabine Enel
- Cabina telecontrollata ENEL
- Pozzo piezometrico
- Centrale
- Acquedotti

Z7: vincoli paesaggistici ambientali ed archeologici;

- Territori coperti da boschi e foreste, ancorché percorsi o danneggiati dal fuoco e quelli sottoposti a vincolo di rimboschimento, punto “g” art. 1 Legge 431/85;
- Aree sottoposte a vincolo di inedificabilità temporanea ai sensi degli articoli 1ter ed 1 quinquies Legge 431/85;
- Aree soggette a vincolo R:D.L. 30.12.1923, n. 3267 “ Riordinamento e riforma della legislazione in materia di boschi e terreni montani;

o, alternativamente:

nella sottofascia B1

Z1: zone omogenee così come delimitate nei Piani Regolatori comunali;

- Cimitero;
- Cave, discariche e depuratori.

Z3: Attività estrattive;

- Cava
- Cava dimessa
- Area di influenza della cava.

Z4: Discariche autorizzate;

- Discarica
- Discarica la cui ubicazione non è definita.
-

Z6: Infrastrutture;

- Autostrade
- Strade principali
- Strade secondarie, nel caso che il danno provochi l'isolamento di uno o più centri urbani
- Linee ferroviarie e stazioni nel caso che il danno provochi l'isolamento di uno o più centri urbani
- Aeroporti
- Metanodotti
- Elettrodotti e cabine Enel
- Cabina telecontrollata ENEL

- Pozzo piezometrico
- Centrale
- Acquedotti

Z7: vincoli paesaggistici ambientali ed archeologici:

- Zone di interesse archeologico già vincolate DD.MM. ex lege 1089/39, punto “m” Legge 431/85;
- Aree già sottoposte a vincolo paesaggistico ex lege 1197/39;

nella sottofascia B2

Z1: zone omogenee così come delimitate nei Piani Regolatori comunali;

- Zone A e B;
- Zone C – D – F – Turistiche sature;
- Zone C – D – F – Turistiche non sature o di previsione (rischio potenziale)
- Zone Archeologiche
- Zone militari

Z2: Aggiornamento ortofoto;

- Nuclei ad edificazione diffusa non previsti nel PRG.

Z5: Industrie;

- Aree industriali
- Industrie a rischio.

Z7: vincoli paesaggistici ambientali ed archeologici:

- Territori coperti da boschi e foreste, ancorché percorsi o danneggiati dal fuoco e quelli sottoposti a vincolo di rimboschimento, punto “g” art. 1 Legge 431/85;
- Aree sottoposte a vincolo di inedificabilità temporanea ai sensi degli articoli 1ter ed 1 quinquies Legge 431/85;
- Aree soggette a vincolo R:D.L. 30.12.1923, n. 3267 “ Riordinamento e riforma della legislazione in materia di boschi e terreni montani;

e nella sottofascia B3

Autorità di Bacino dei Fiumi Liri-Garigliano e Volturno

- Nessuna categoria

Nella fascia C

- Nessuna categoria

Costituiscono condizioni di **squilibrio accettabile (Rischio R1)**:

Nella fascia A

Z1: zone omogenee così come delimitate nei Piani Regolatori comunali;

- Zone E se incolte

Nella fascia B

Z1: zone omogenee così come delimitate nei Piani Regolatori comunali;

- Zone E
- Verde urbano e parchi urbani
- Borghi rurali.

Z6: Infrastrutture;

- Strade secondarie, nel caso che il danno non provochi l'isolamento di uno o più centri urbani
- Linee ferroviarie e stazioni nel caso che il danno non provochi l'isolamento di uno o più centri urbani

Z7: vincoli paesaggistici ambientali ed archeologici;

- Zone di interesse archeologico già vincolate DD.MM. ex lege 1089/39, punto "m" Legge 431/85;
- Aree già sottoposte a vincolo paesaggistico ex lege 1197/39;

o, alternativamente:

nella sottofascia B1

Z1: zone omogenee così come delimitate nei Piani Regolatori comunali;

- Zone E
- Verde urbano e grandi parchi urbani
- Zone militari
- Borghi rurali.
-

Z6: Infrastrutture:

- Strade secondarie, nel caso che il danno non provochi l'isolamento di uno o più centri urbani
- Linee ferroviarie e stazioni nel caso che il danno non provochi l'isolamento di uno o più centri urbani

nella sottofascia B2

Z1: zone omogenee così come delimitate nei Piani Regolatori comunali;

- Zone E
- Verde urbano e grandi parchi urbani
- Cimitero
- Cave e discariche
- Borghi rurali.

Z3: Attività estrattive:

- Cava;
- Cava dimessa;
- Area di influenza della cava.

Z4: Discariche autorizzate:

- Discarica;
- Discarica la cui ubicazione non è definita

Z6: Infrastrutture:

- Autostrade
- Strade principali
- Strade secondarie,
- Linee ferroviarie
- Aeroporti
- Metanodotti
- Elettrodotti e cabine Enel
- Cabina telecontrollata ENEL
- Pozzo piezometrico

- Centrale
- Acquedotti.

e nella sottofascia B3

- tutte le categorie previste

Nella fascia C

- tutte le categorie previste

3.4.3 Criteri di predisposizione della carta del rischio.

Analogamente a quanto esposto al paragrafo 3.4, vengono fornite alcuni elementi per la compilazione della carta del rischio. Anche in questo caso, essendo 4 i livelli di rischio definiti dal DPCM 29.09.98, sulla cartografia, saranno presenti quattro tipi di retinature, secondo un criterio analogo a quella utilizzata per la rappresentazione del danno. Nei successivi paragrafi 4.3.1, 4.3.2, e4.3.3. vengono specificati in dettaglio tali aspetti.

3.4.3.1. Individuazione del rischio in forma areale:

le aree di rischio corrispondono alle zone di danno areale. Alle aree non sature o di previsione individuate al paragrafo 4.2 corrisponderà un'area di rischio potenziale individuato con il simbolo R_p . Dal punto di vista grafico, oltre alla retinatura assegnata per il relativo livello di rischio, verrà sovrapposta una ulteriore campitura (eventualmente predisposta su un differente layer) che individua la condizione R_p .

Concorrono al rischio areale le categorie indicate nella tabella riportata al paragrafo 3.2, che si riportano per comodità:

Zone B sono le parti totalmente o parzialmente edificate, diverse dalle zone A;	A
Zone C – D - F turistiche, sature	A
Zone C -D – F turistiche, non sature o di previsione	A
Cimitero;	A
Verde Urbano;	A
Grande parco urbano;	A
Zone archeologiche;	A
Zone militari;	A
nuclei ad edificazione diffusa non previsti nei PRG.	A
Aree industriali sature	A
Aree industriali non sature	A

Autorità di Bacino dei Fiumi Liri-Garigliano e Volturno

Industrie a rischio	A
Aeroporti	A
Laghi	A
Territori coperti da boschi e foreste, ancorché percorsi o danneggiati dal fuoco e quelli sottoposti a vincolo di rimboschimento, punto “g” art. 1 Legge 431/85	A
Zone di interesse archeologico già vincolate DD.MM. ex lege 1089/39, punto “m” Legge 431/85	A
Aree sottoposte a vincolo di inedificabilità temporanea ai sensi degli articoli 1ter ed 1 quinquies Legge 431/85	A
Aree già sottoposte a vincolo paesaggistico ex lege 1197/39	A
Aree soggette a vincolo R:D.L. 30.12.1923, n. 3267 “ Riordinamento e riforma della legislazione in materia di boschi e terreni montani	A

3.4.3.2 Individuazione del rischio in forma lineare:

Come detto al paragrafo 3.4 in questo caso la determinazione del livello di rischio dipende non soltanto dal danno individuato nella cartografia, ma anche dalle condizioni idrauliche. Per le categorie omogenee si riportano le categorie di danno lineare contenute nella tabella del paragrafo 3.2.

Autostrade	L
Strade principali (superstrade, assi a scorrimento veloce)	L
Strade secondarie(statali, provinciali e locali) nel caso in cui il danno provochi isolamento di uno o più centri urbani	L
Strade secondarie(statali, provinciali e locali) nel caso in cui il danno non provochi isolamento di uno o più centri urbani	L
Linea ferroviaria e stazioni principali nel caso in cui il danno provochi isolamento di uno o più centri urbani	L
Linea ferroviaria e stazioni principali nel caso in cui il danno non provochi isolamento di uno o più centri urbani	L
Metanodotti	L
Acquedotti	L
Fiumi	L
I fiumi, i torrenti ed i corsi d'acqua iscritti nell'elenco di cui al T.U. delle disposizioni di legge sulle acque ed impianti elettrici, approvato con R:D: 11.12.33 n. 1775, e relative sponde o piede degli argini per una fascia di 150 mt. Ciascuna punto “c”, art. 1 Legge 431/85	L

In particolare si evidenzia quanto segue:

- **le infrastrutture di trasporto** saranno individuate su uno specifico layer. Dalla carta del danno, si riporteranno i collegamenti la cui interruzione costituisce condizione di isolamento per centri urbani,
- Nel caso in cui la strada risulti sottoposta al livello della piena, il rischio sarà quello derivante dalla tabella 4 e 5, indicato al paragrafo 4.2.
- Nel caso in cui l'infrastruttura attraversi semplicemente una o più fasce fluviali, alla stessa, nel tratto di interferenza, sarà assegnato convenzionalmente rischio R1, indipendentemente dalla fascia attraversata (A, B, B1, B2, B3 o C);
- Nel caso in cui l'infrastruttura rappresenti:
 - ❖ Limite tra fascia A e fascia C;
 - ❖ Limite tra fascia B e C;
 - ❖ Limite tra una qualunque sottofascia B1, B2 o B3 e la fascia C, e non risulti sommersa, **non si attribuisce condizione di rischio.**

3.4.3.3 Individuazione del rischio in forma puntuale

Le categorie che producono condizioni di rischio puntuali sono le seguenti:

Cava;	P
Cava dimessa;	P
Area di influenza della cava	P
Discarica;	P
Discarica la cui ubicazione non è definita	P
Sbarramenti	P
Dighe	P
Linee elettriche ENEL	P
Cabine ENEL	P
Cabina telecontrollata ENEL	P
Pozzo piezometrico	P
Centrale	P

Per quanto riguarda **gli attraversamenti**, come già detto, non è stato attribuito livello di danno, e gli stessi non vengono neanche indicati in una apposita categoria omogenea, ma ricompresi nelle infrastrutture. La condizione di rischio sul singolo attraversamento rappresenta analisi di dettaglio, che non viene svolta in questa fase. In ogni caso lo studio idraulico evidenzia le caratteristiche idrauliche del deflusso di piena in

Autorità di Bacino dei Fiumi Liri-Garigliano e Volturno

corrispondenza degli attraversamenti. Nel Piano Stralcio pertanto vengono indicate le seguenti condizioni di deflusso:

- tirante h 100 superiore all'intradosso.
- tirante h100 inferiore all'intradosso , ma franco insufficiente ($< 1 \text{ mt o } 0,5 V^2/2g$).
- tirante h=100 con franco sufficiente, ma condizioni di deflusso in stato critico.
- tirante h=100 con franco sufficiente e corrente lenta.

Rispetto agli sbarramenti, si ricorda che lo studio idraulico ha effettuato le simulazione, a paratoie sollevate e pertanto, non si ritiene di attribuire specifici livelli di rischio per i singoli sbarramenti.

Per gli sbarramenti fissi, la delimitazione delle aree inondabili tiene evidentemente conto dell'eventuale rigurgito indotto dalla traversa. Pertanto la condizione di rischio è quella derivante dalle aree inondate a monte dello sbarramento. In una fase successiva potrà valutarsi l'influenza dello sbarramento effettuando anche simulazioni in assenza dello stesso.

Rispetto alle **linee elettriche**, queste vengono considerate come elementi puntuali, in quanto solo i tralicci costituiscono punti di possibile rischio.

Si riportano in forma tabellare le condizioni di rischio per ogni categoria omogenea di uso del suolo.

Z1: zone omogenee così come delimitate nei Piani Regolatori comunali:	A	B	B 1	B 2	B 3	C
Zone A parti del territorio interessato da agglomerati urbani che rivestono carattere storico-artistico di particolare pregio	R1	R 4	R 2	R 3	R 2	R 1
Zone B sono le parti totalmente o parzialmente edificate, diverse dalle zone A;	R4	R 2	R 3	R 2	R 1	R 1
Zone C – D - F sature	R4	R 2	R 3	R 2	R 1	R 1
Zone C -D – F non sature o di previsione	R4	R 2	R 3	R 2	R 1	R 1
Zone E se coltivate	R2	R 1	R 1	R 1	R 1	R 1
Zone E se incolte	R1	R 1	R 1	R 1	R 1	R 1
Cimitero;	R3	R 2	R 2	R 1	R 1	R 1

Autorità di Bacino dei Fiumi Liri-Garigliano e Volturno

Verde Urbano;	R2	R 1	R 1	R 1	R 1	R 1
Grande parco urbano;	R2	R 1	R 1	R 1	R 1	R 1
Zone archeologiche;	R4	R 2	R 3	R 2	R 1	R 1
Zone militari;	R4	R 2	R 3	R 2	R 1	R 1
Cave, discariche e depuratori;	R3	R 2	R 2	R 1	R 1	R 1
Borghi rurali.	R2	R 1	R 1	R 1	R 1	R 1
Z2: Aggiornamento ortofoto:						
nuclei ad edificazione diffusa non previsti nei PRG.	R4	R 2	R 3	R 2	R 1	R 1
Z3: Attività estrattive:						
Cava;	R3	R 2	R 2	R 1	R 1	R 1
Cava dimessa;	R3	R 2	R 2	R 1	R 1	R 1
Area di influenza della cava	R3	R 2	R 2	R 1	R 1	R 1
Z4: Discariche autorizzate:						
Discarica;	R3	R 2	R 2	R 1	R 1	R 1
Discarica la cui ubicazione non è definita	R3	R 2	R 2	R 1	R 1	R 1
Z5: Industrie						
Aree industriali sature	R4	R 2	R 3	R 2	R 1	R 1
Aree industriali non sature	R4	R 2	R 3	R 2	R 1	R 1
Industrie a rischio	R4	R 2	R 3	R 2	R 1	R 1
Z6: Infrastrutture						
Autostrade	R3	R 2	R 2	R 1	R 1	R 1
Strade principali (superstrade, assi a scorrimento veloce)	R3	R 2	R 2	R 1	R 1	R 1
Strade secondarie(statali, provinciali e locali) nel caso in cui il danno provochi isolamento di uno o più centri urbani	R3	R 2	R 2	R 1	R 1	R 1
Strade secondarie(statali, provinciali e locali) nel caso in cui il danno non provochi isolamento di uno o più centri urbani	R2	R 1	R 1	R 1	R 1	R 1
Linea ferroviaria e stazioni principali nel caso in cui il danno provochi isolamento di uno o più centri urbani	R3	R 2	R 2	R 1	R 1	R 1
Linea ferroviaria e stazioni principali nel caso in cui il danno non provochi isolamento di uno o più centri urbani	R2	R 1	R 1	R 1	R 1	R 1

Autorità di Bacino dei Fiumi Liri-Garigliano e Volturno

Aeroporti	R3	R 2	R 2	R 1	R 1	R 1
Sbarramenti						
Dighe						
Metanodotti	R3	R 2	R 2	R 1	R 1	R 1
Linee elettriche ENEL	R3	R 2	R 2	R 1	R 1	R 1
Cabine ENEL	R3	R 2	R 2	R 1	R 1	R 1
Cabina telecontrollata ENEL	R3	R 2	R 2	R 1	R 1	R 1
Pozzo piezometrico	R3	R 2	R 2	R 1	R 1	R 1
Centrale	R3	R 2	R 2	R 1	R 1	R 1
Acquedotti	R3	R 2	R 2	R 1	R 1	R 1
Z7: vincoli paesaggistici ambientali ed archeologici						
Fiumi						
Laghi						
Territori coperti da boschi e foreste, ancorché percorsi o danneggiati dal fuoco e quelli sottoposti a vincolo di rimboschimento, punto “g” art. 1 Legge 431/85	R4	R 2	R 3	R 2	R 1	R 1
Zone di interesse archeologico già vincolate DD.MM. ex lege 1089/39, punto “m” Legge 431/85	R3	R 1	R 2	R 1	R 1	R 1
Aree sottoposte a vincolo di inedificabilità temporanea ai sensi degli articoli 1ter ed 1 quinquies Legge 431/85	R4	R 2	R 3	R 2	R 1	R 1
Aree già sottoposte a vincolo paesaggistico ex lege 1197/39	R3	R 1	R 2	R 1	R 1	R 1
Aree soggette a vincolo R.D.L. 30.12.1923, n. 3267 “ Riordinamento e riforma della legislazione in materia di boschi e terreni montani	R4	R 2	R 3	R 2	R 1	R 1

3.4.4 RISULTATI.

La metodologia esposta ha consentito di procedere ad una mappatura dettagliata delle aree a differente livello di rischio secondo le definizioni imposte dal DPCM 28.09.98. Le perimetrazioni effettuate hanno consentito l'individuazione del rischio in forma areale, lineare e puntuale, in funzione della natura delle categorie omogenee di uso del territorio.

Sono state compilate delle schede riepilogative per tutti i comuni compresi nell'allegato A delle norme di attuazione, con l'indicazione dei principali dati di interesse rispetto alla quantificazione del rischio. Tali schede sono allegare alla presente relazione.

Rispetto agli elaborati di Piano, sono state prodotte le tavole tematiche che racchiudono gli elementi conoscitivi necessari per l'attuazione del PSAI-RI.

Carta delle fasce fluviali;

carta del rischio.

Nei successivi paragrafi vengono sinteticamente descritti i dati contenuti in tali elaborati.

3.4.5 CARTA DELLE FASCE FLUVIALI

Tale carta, è stata predisposta utilizzando i seguenti supporti di base:

- Carta tecnica della regione Lazio in scala 1:10.000 in formato raster;
- Carta tecnica della regione Abruzzo in scala 1:5.000 in formato raster;
- Per il fiume Garigliano cartografia in formato vettoriale in scala 1:5.000, appositamente commissionata dall'Autorità di bacino, attesa la mancanza di carta tecnica in scala adeguata per il tratto campano del fiume Garigliano;

La mappatura delle fasce fluviali, è stata realizzata in base ai criteri dettati nei precedenti capitoli. Per la sola zona del fiume Garigliano, è stata mappata la fascia B, senza suddivisione in sottofasce. Ciò in quanto, in assenza delle risultanze di un modello bidimensionale, che sarà implementato successivamente, attesa la notevole estensione delle aree inondabili, è risultato difficile e poco realistico prevedere, la suddivisione in sottofasce, sulla base dei risultati del modello monodimensionale in moto vario. Occorre peraltro dire che a seguito di sopralluoghi effettuati in concomitanza dell'ultimo alluvionale del 28/12/00, è risultata una sufficiente corrispondenza tra il limite della fascia B e le aree realmente inondate. Ciò, anche nella attuale mancanza di uno studio di dettaglio su tale ultimo evento, ne conferma comunque la assimilazione ad evento straordinario paragonabile a quello di riferimento del presente Piano.

3.4.6 CARTA DEL RISCHIO.

La carta del rischio, contiene per le categorie di rischio definite dal DPCM 28.09.98, la perimetrazione delle relative aree, tratti e punti a rischio individuati. Appare necessario procedere ad una verifica delle zone individuate, in collaborazione con gli Enti Locali. Tali attività fanno parte del programma per la mitigazione del rischio riportato nelle norme di attuazione. L'utilizzo dei risultati derivanti dall'analisi della carta ha consentito di predisporre in maniera discriminante i contenuti delle norme di attuazione del presente progetto di

Piano. Tali norme, che vengono riportate in un elaborato a parte, contengono tutte le disposizioni necessarie per l'attuazione del PSAI-RI. Una sintesi dei contenuti è riportata nel prossimo paragrafo.

3.4.7 NORME DI ATTUAZIONE

Le norme di attuazione contengono:

- la regolamentazione d'uso delle fasce fluviali;
- le direttive per gli interventi strutturali;
- le direttive per gli interventi non strutturali;
- Gli indirizzi alla pianificazione urbanistica;
- La disciplina dei pareri
- il programma per la mitigazione del rischio

Rispetto ai vincoli ed alle prescrizioni imposte, le norme possono considerarsi due aspetti distinti e precisamente:

per tutte le opere di nuova realizzazione, la norma pone delle limitazioni che sono differenziate per livello di pericolosità, e quindi per fascia fluviale;

rispetto al patrimonio esistente ed alle modifiche dello stesso, la norma si differenzia invece in base al rischio, esistente nelle zone d'intervento.

Per ogni dettaglio specifico si rimanda all'elaborato "B"

4. ELEMENTI PER LA PREDISPOSIZIONE DEL PIANO D'INTERVENTI

4.1 INTERVENTI STRUTTURALI

4.1.1. Requisiti.

Sulla base dei criteri di programmazione, gli Enti territoriali presenteranno proposte di interventi finalizzati al mantenimento od al ripristino degli squilibri, al superamento delle situazioni di degrado riferite alle situazioni di rischio individuate dal PSAI-RI.

Ciascuna soluzione deve essere proposta attraverso una progettazione di fattibilità, con la presentazione di elaborati che forniscano un quadro descrittivo - informativo in grado di consentire analisi e valutazioni in merito a quanto sopra riportato e con particolare riferimento a quanto disposto al punto 7 del DPCM 23 marzo 1990 (Atto di indirizzo e coordinamento ai fini della elaborazione e adozione degli schemi previsionali e programmatici di cui all'art. 31 della L. 18 maggio 1989, n. 183, recante norme per il riassetto organizzativo e funzionale della difesa del suolo).

Gli elaborati da fornire sono di seguito elencati:

- un testo sintetico con la giustificazione del progetto, la descrizione dei risultati che con esso si intende raggiungere e le eventuali interconnessioni con i progetti riguardanti altre aree critiche;
- una cartografia in scala non superiore a 1:25.000, con la localizzazione delle opere e degli interventi proposti;
- una scheda con l'indicazione delle caratteristiche dell'intervento; il grado di dettaglio nella descrizione dell'opera deve essere sufficiente per una ragionata stima dei costi;
- l' analisi costi - benefici delle soluzioni esaminate.

Qualora siano individuabili più soluzioni progettuali per la mitigazione del rischio, è consigliabile che esse siano separatamente presentate: la conclusiva analisi costi - benefici sarà utile al fine di valutare l'efficacia e la funzionalità della soluzione prescelta.

La progettazione deve assumere quali obiettivi primari la conservazione delle caratteristiche di naturalità dell'alveo fluviale ed il rispetto delle aree di naturale espansione.

Nel momento della progettazione esecutiva il dimensionamento delle opere di difesa idraulica andrà definito in funzione:

- 1) degli elementi idrologici del corso d'acqua in termini di portate di piena di progetto ed eventualmente di altre portate caratteristiche, nel caso di opere di regimazione;
- 2) delle valutazioni sull'assetto morfologico dell'alveo e della relativa tendenza evolutiva (erosioni di sponda e di fondo, depositi, caratteristiche tipologiche dell'alveo);
- 3) delle valutazioni sulle componenti naturali proprie del corso d'acqua e sulle relative esigenze di protezione, ripristino, conservazione;
- 4) delle caratteristiche idrauliche della corrente in relazione alle portate di dimensionamento delle opere (velocità di corrente, altezza idrica, resistenza dell'alveo);
- 5) della dinamica del trasporto solido e delle relative fonti di alimentazione, per tutti gli aspetti interferenti con il buon funzionamento delle opere in progetto;
- 6) degli effetti indotti dalle opere in progetto sul comportamento del corso d'acqua per i tratti di monte e di valle;
- 7) delle condizioni d'uso a cui destinare le pertinenze demaniali in rapporto alla situazione in atto.

Deve costituire parte integrante del progetto la definizione delle esigenze di manutenzione delle opere da realizzare, corredata dalla stima dei costi connessi.

Oltre alla documentazione progettuale di rito, dovranno essere predisposte:

- la documentazione attestante le finalità da conseguire attraverso l'intervento proposto e le conseguenti modalità esecutive prescelte;
- la relazione geologica, geomorfologica finalizzata all'individuazione, per il tratto d'asta d'influenza, del grado di stabilità attuale dell'alveo e delle sponde, di eventuali dissesti in atto e potenziali e delle probabili tendenze evolutive degli stessi anche in connessione con la stabilità dei versanti; la relazione dovrà contenere una valutazione degli effetti che l'intervento produce sulle condizioni di stabilità attuali per un significativo tratto del corso d'acqua, sia a monte che a valle dell'intervento;
- la relazione idrologica ed idraulica finalizzata all'individuazione, per il tratto d'asta di influenza, dei parametri idraulici ed idrologici in relazione sia allo stato di fatto

che alle previsioni di progetto; infine, dovranno essere evidenziati gli effetti che l'intervento produce sulla dinamica fluviale;

- ove significativa, una relazione che illustri la vegetazione presente nella zona d'intervento e nel territorio circostante con relativa carta tematica; verranno quindi valutati gli effetti che l'intervento produce sull'assetto vegetazionale preesistente;
- qualora nelle zone oggetto di intervento siano presenti opere d'arte o manufatti, dovranno essere allegate sezioni eseguite in corrispondenza di dette strutture, di cui dovranno essere riportate dimensioni e caratteristiche.

4.1.2 Definizione delle priorità.

Le scelte operative riguardo la pianificazione degli interventi strutturali non possono prescindere da:

- La accertata esistenza della condizione di rischio, individuata nel piano;
- la certezza della copertura finanziaria degli interventi programmati, anche attraverso la ricerca di procedure di autofinanziamento;
- la semplificazione delle procedure amministrative di attuazione delle misure di programmazione e di controllo che agevoli la gestione unitaria dei diversi aspetti della pianificazione a scala di bacino.

- la disponibilità di strutture operative per predisporre le azioni necessarie per ridurre al minimo i danni prodotti dall'evento;
- un efficace modello di intervento in grado di utilizzare al meglio le strutture operative.

ELENCO ELABORATI PROGETTO PSAI-RI (Bacino Liri-Garigliano)

A – Relazione

B – Norme di attuazione

Carta delle fasce fluviali

L.G. 1.x (x= 1, 24)

Carta del rischio

L.G. 2.x (x= 1, 37)

ELENCO DEI COMUNI RICADENTI NELLE FASCE FLUVIALI

	COMUNE	Prov.
1	BALSORANO	(AQ)
2	CANISTRO	(AQ)
3	CASTELLAFIUME	(AQ)
4	CIVITA D'ANTINO	(AQ)
5	CIVITELLA ROVETO	(AQ)
6	MORINO	(AQ)
7	S. VINCENZO VALLE ROVETO	(AQ)
8	CELLOLE	(CE)
9	ROCCA D'EVANDRO	(CE)
10	SESSA AURUNCA	(CE)
11	ALATRI	(FR)
12	ANAGNI	(FR)
13	ARCE	(FR)
14	ARPINO	(FR)
15	ATINA	(FR)
16	BROCCOSTELLA	(FR)
17	CAMPOLI APPENINO	(FR)
18	CASALATTICO	(FR)
19	CASALVIERI	(FR)
20	CASSINO	(FR)
21	CASTELLIRI	(FR)
22	CASTRO DEI VOLSCI	(FR)
23	CECCANO	(FR)
24	CEPRANO	(FR)
25	CERVARO	(FR)
26	COLFELICE	(FR)
27	ESPERIA	(FR)
28	FALVATERRA	(FR)
29	FERENTINO	(FR)
30	FONTECHIARI	(FR)
31	FROSINONE	(FR)
32	ISOLA DEL LIRI	(FR)
33	MONTE S.GIOVANNI CAMPANO	(FR)
34	MOROLO	(FR)
35	PALIANO	(FR)
36	PATRICA	(FR)
37	PICINISCO	(FR)

Autorità di Bacino dei Fiumi Liri-Garigliano e Volturno

38	PIGNATARO INTERAMNA	(FR)
39	POFI	(FR)
40	PONTECORVO	(FR)
41	POSTA FIBRENO	(FR)
42	ROCCASECCA	(FR)
43	S.GIORGIO A LIRI	(FR)
44	S.GIOVANNI INCARICO	(FR)
45	SANT'AMBROGIO SUL G.	(FR)
46	SANT'ANDREA DEL G.	(FR)
47	SANT'APOLLINARE	(FR)
48	SANT'ELIA FIUMERAPIDO	(FR)
49	SGURGOLA	(FR)
50	SORA	(FR)
51	STRANGOLAGALLI	(FR)
52	SUPINO	(FR)
53	VEROLI	(FR)
54	CASTELFORTE	(LT)
55	SANTI COSMA E DAMIANO	(LT)
56	VILLALATINA	(LT)
57	MINTURNO	(LT)
	COLLEFERRO	(RM)
58	GAVIGNANO	(RM)
59	GENAZZANO	(RM)
60	OLEVANO ROMANO	(RM)
61	SEGNI	(RM)
62	VALMONTONE	(RM)
63		
64		
65		
66		

INDICE GENERALE

1. INTRODUZIONE

1.1 Finalità	<i>Pag. 9</i>
1.2 Stato attuale della Pianificazione	<i>Pag. 10</i>
1.3 Ambiti di applicazione	<i>Pag. 13</i>
1.4 Modalità di redazione del PSAI-RI	
1.4.1 Aspetti amministrativi	<i>Pag. 14</i>
1.4.2 Contenuti tecnici	<i>Pag. 15</i>

2. FASE CONOSCITIVA – STUDI EFFETTUATI

2.1 Generalità	<i>Pag. 9</i>
2.2 Bacino Liri-Garigliano	<i>Pag. 19</i>
2.2.1 Analisi conoscitiva sulle aree storicamente inondate	<i>Pag. 19</i>
2.2.1.1 Acquisizione, Catalogazione ed archiviazione della documentazione e della cartografia esistente	<i>Pag. 20</i>
2.2.1.2 Indagini di campo per la delimitazione delle aree storicamente inondate	<i>Pag. 21</i>
2.2.2 Studio geomorfologico e aggiornamento del catasto delle opere idrauliche	<i>Pag. 22</i>
2.2.2.1 Fiume Liri	<i>Pag. 23</i>
2.2.2.2 Principali affluenti del fiume Liri	<i>Pag. 30</i>
2.2.2.3 Fiume Garigliano	<i>Pag. 36</i>
2.2.2.4 Affluenti del fiume Garigliano	<i>Pag. 41</i>
2.2.3 Studio idrologico per la valutazione delle piene	<i>Pag. 41</i>
2.2.3.1 Stima delle portate naturali al colmo di piena	<i>Pag. 41</i>
2.2.3.1 Stima delle portate naturali al colmo di piena	<i>Pag. 41</i>
2.2.3.2 Valutazioni degli idrogrammi di in alcune delle sezioni di chiusara di interesse del PSDA	<i>Pag. 43</i>
2.2.4 Studio idraulico per la mappatura delle aree inondabili e mappatura delle aree inondabili	<i>Pag. 54</i>
2.2.4.1 Introduzione	<i>Pag. 54</i>
2.2.4.2 Metodologia operativa	<i>Pag. 55</i>
2.2.4.2.1 Integrazione dei profili in regime di moto permanente	<i>Pag. 55</i>
2.2.4.2.2 Integrazione dei profili in regime di moto vario	<i>Pag. 57</i>
2.2.4.3 Risultati ottenuti	<i>Pag. 59</i>
2.2.4.3.1 Integrazione dei profili in regime di moto permanente	<i>Pag. 59</i>
2.2.4.3.2 localizzazione delle esondazioni	<i>Pag. 59</i>
2.2.4.3.3 Integrazione dei profili in regime di moto vario	<i>Pag. 65</i>
2.2.4.3.3.1 I tratti considerati	<i>Pag. 65</i>
2.2.4.3.3.2 Fiume Liri dalla confluenza del fiume Melfa a S. Apollinare	<i>Pag. 65</i>
2.2.4.3.3.3 Fiume Gari da Cassino alla confluenza con il fiume Liri	<i>Pag. 66</i>
2.2.4.3.3.4 Fiume Garigliano da S. Ambrogio allo sbarramento ENEL di Suio	<i>Pag. 66</i>
2.2.4.3.3.5 Fiume Garigliano dalla restituzione ENEL di Suio alla foce	<i>Pag. 66</i>
2.2.4.3.3.6 Fiume Liri dalla traversa Val Francesca (a monte di Sora) al ponte S. Domenico (monte confluenza Fibreno)	<i>Pag. 67</i>
2.2.4.3.3.5 Fiume Garigliano dalla restituzione ENEL di Suio alla foce	<i>Pag. 66</i>

3. CRITERI DI PREDISPOSIZIONE DEL PIANO STRALCIO DI ASSETTO IDROGEOLOGICO – RISCHIO IDRAULICO

3.1 Bacino Liri-Garigliano	<i>Pag. 81</i>
3.1.1 Premessa	<i>Pag. 81</i>
3.1.2 Definizione del rischio	<i>Pag. 82</i>
3.2 La pericolosità	<i>Pag. 85</i>
3.2.1 Generalità	<i>Pag. 85</i>
3.2.2 Modello idraulico e delimitazione delle aree inondabili	<i>Pag. 86</i>
3.2.3 Individuazione delle fasce di pertinenza fluviale	<i>Pag. 89</i>
3.2.3.1 Individuazione delle fasce di pertinenza fluviale	<i>Pag. 89</i>
3.2.3.2 Alveo di piena ordinaria	<i>Pag. 89</i>
3.2.3.3 Alveo di piena standard	<i>Pag. 90</i>
3.2.3.4 Aree di espansione naturale della piena	<i>Pag. 90</i>
3.2.3.5 Aree ad elementi di interesse naturalistico, paesaggistico, storico, artistico ed archeologico	<i>Pag. 91</i>
3.2.3.6 Le fasce di pertinenza fluviale	<i>Pag. 91</i>
3.2.4 Quantificazione della pericolosità	<i>Pag. 92</i>
3.3 Il danno	<i>Pag. 93</i>
3.3.1 Considerazioni preliminari	<i>Pag. 93</i>
3.3.2 Danno potenziale	<i>Pag. 94</i>
3.3.2.1 Criteri di determinazione	<i>Pag. 94</i>
3.3.2.2 Carta degli insediamenti urbani e delle infrastrutture	<i>Pag. 95</i>
3.3.2.3 Determinazione delle classi di danno	<i>Pag. 100</i>
3.3.3 Vulnerabilità e danno effettivo	<i>Pag. 103</i>
3.3.4 Criteri di predisposizione della carta del danno	<i>Pag. 104</i>
3.4 Il rischio	<i>Pag. 108</i>
3.4.1 Criteri di programmazione. Il criterio standard	<i>Pag. 108</i>
3.4.2 Quantificazione del rischio	<i>Pag. 113</i>
3.4.3 Criteri di predisposizione della carta del rischio	<i>Pag. 124</i>
3.4.3.1 Individuazione del rischio in forma areale	<i>Pag. 124</i>
3.4.3.2 Individuazione del rischio in forma lineare	<i>Pag. 125</i>
3.4.3.3 Individuazione del rischio in forma puntuale	<i>Pag. 126</i>
3.4.4 Risultati	<i>Pag. 129</i>
3.4.5 Carta delle fasce fluviali	<i>Pag. 130</i>
3.4.6 Carta del rischio	<i>Pag. 130</i>
3.4.7 Norme di Attuazione	<i>Pag. 132</i>

4. ELEMENTI PER LA PREDISPOSIZIONE DEL PIANO DI INTERVENTI

4.1 Interventi strutturali	<i>Pag. 132</i>
4.1.1 Requisiti	<i>Pag. 132</i>
4.1.2 Definizione delle priorità	<i>Pag. 134</i>

Autorità di Bacino dei Fiumi Liri-Garigliano e Volturno

ELENCO ELABORATI

Pag. 136

ELENCO COMUNI

Pag. 136

Allegato 1

SCHEDE DI SINTESI