

# **Università degli Studi di Napoli FEDERICO II**



**FACOLTA' DI INGEGNERIA**

**CORSO DI LAUREA SPECIALISTICA IN  
INGEGNERIA PER L'AMBIENTE E IL TERRITORIO**

**SINTESI DELLA TESI DI LAUREA**

## **VALUTAZIONE E MITIGAZIONE DEL RISCHIO IDRAULICO NELL'AREA DEL BASSO VOLTURNO**

**RELATORI**

**CH.MO PROF. ING. G. RASULO**

**CH.MA DOTT.SSA GEOL. V. CORBELLI**

**CORRELATORE**

**DOTT. ING. R. VELARDO**

**CANDIDATA**

**MARCELLA GUADAGNUOLO**

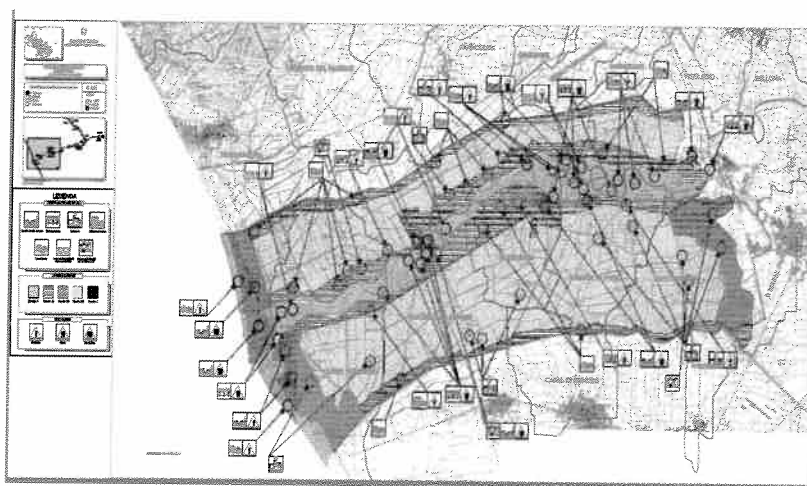
**MATR. 324/129**

**Anno Accademico 2009-2010**

L'Italia ha una lunga storia di alluvioni e inondazioni, che nel passato hanno messo in ginocchio interi territori. Nel fronteggiare tali criticità si è sempre pensato che esse fossero connesse ad eventi meteorologici eccezionali, ma, a giudicare dai mutati tempi di ritorno, le emergenze meteo-climatiche stanno pericolosamente assumendo una cadenza pressoché annuale. Tra le cause dell'aumento della frequenza dei fenomeni vi sono senza dubbio l'elevata urbanizzazione di aree di naturale pertinenza fluviale e la riduzione sistematica delle sezioni idrauliche dei corsi d'acqua con tombature ed attraversamenti.

Il continuo verificarsi di questi episodi ha indotto una politica di gestione del rischio che affrontasse il problema non solo durante le emergenze. Si è così passati da un'impostazione di base incentrata sulla riparazione dei danni e sull'erogazione di provvidenze, ad una **cultura di previsione e prevenzione**, diffusa a vari livelli, imperniata sull'individuazione delle condizioni di rischio e volta all'adozione di interventi finalizzati alla minimizzazione dell'impatto degli eventi.

La scelta del Basso Volturno, come area di studio, viene giustificata dalla presenza di un'ampia gamma di opere per la difesa dalle piene, che mostra assenza di manutenzione, che è in parte incompleta o versa in uno stato di abbandono. Il mancato svolgimento delle funzioni per le quali sono stati predisposti gli interventi, comporta la permanenza del rischio idraulico nelle zone retroarginali, nonché in quelle all'interno degli argini che sono state urbanizzate in maniera incontrollata.



**Figura 1: Fasce fluviali e delimitazioni d'uso  
(PSDA – Autorità di bacino Liri-Garigliano e Volturno)**

Il sistema urbano dei cinque comuni che ricadono nell'area (Capua, Santa Maria La Fossa, Grazzanise, Cancellò Arnone e Castel Volturno) è strettamente connesso con il Fiume Volturno. Dal dopoguerra in poi, però, il tessuto edificato, in particolare lungo la fascia costiera, e in destra orografica del fiume, ha avuto una forte espansione, prevalentemente

spontanea e abusiva. Attualmente tale tessuto si presenta discontinuo, irregolare, senza alcun criterio di ordine e privo di una equilibrata distribuzione di attrezzature e servizi.

In un contesto caratterizzato da un elevato degrado urbano, ai problemi di natura ambientale e sociale si aggiunge il rischio idraulico dovuto a:

- presenza di centri abitati, nuclei urbani, attività agricole e produttive nelle zone retro arginali;
- arginature, da Capua a mare, realizzate nella prima metà del secolo, che oggi risultano inadeguate a contenere il passaggio della piena centennale.

Il problema delle esondazioni riguarda gran parte del bacino del fiume Volturno ed è decisamente grave per l'entità delle portate di piena, destinata ad incrementarsi anche per l'aumento dei deflussi superficiali dovuti alla crescente antropizzazione dell'area.

La necessità di intervenire per mettere in sicurezza questi territori, messa in evidenza già dal Governo Borbonico agli inizi del 1800, assume ora un carattere di urgenza nell'ottica della predisposizione dei **Piani di Gestione delle alluvioni previsti dal D.Lgs. 49/2010**, di recepimento della Direttiva 2007/60/Ce. Secondo la normativa, oltre alla mitigazione del rischio, occorre definire una gestione integrata e ordinaria del rischio alluvioni, attraverso la prevenzione e la pianificazione coordinata degli interventi, in modo tale da non trovarsi impreparati in fase emergenziale.

Per valutare quantitativamente il rischio presente sono stati tracciati i profili di corrente nel tratto del fiume Volturno compreso tra la confluenza con il fiume Calore Irpino e la foce, utilizzando il modello implementato nel codice HEC-RAS. Il processo di moto vario di una corrente a pelo libero unidimensionale viene descritto dal sistema di equazioni differenziali del De Saint Venant che rappresentano, rispettivamente, i principi fisici della conservazione della massa e della quantità di moto, dedotte sulla base delle seguenti ipotesi:

- il moto è monodimensionale, la velocità è uniforme nella sezione trasversale e la superficie libera nella sezione è orizzontale;
- la curvatura delle traiettorie è modesta e le accelerazioni verticali sono trascurabili, cosicché la distribuzione delle pressioni nella sezione è di tipo idrostatico;
- gli effetti degli sforzi trasversali e della turbolenza possono essere valutati attraverso leggi di resistenza analoghe a quelle utilizzate in condizioni di moto permanente;
- la pendenza media dell'alveo è modesta, cosicché è possibile sostituire il seno dell'angolo formato con l'orizzontale con l'angolo medesimo;
- l'alveo è rigido, con sezioni trasversali indeformabili;
- la densità del fluido è costante.

Tali equazioni assumono nella loro forma più generale le seguenti espressioni:

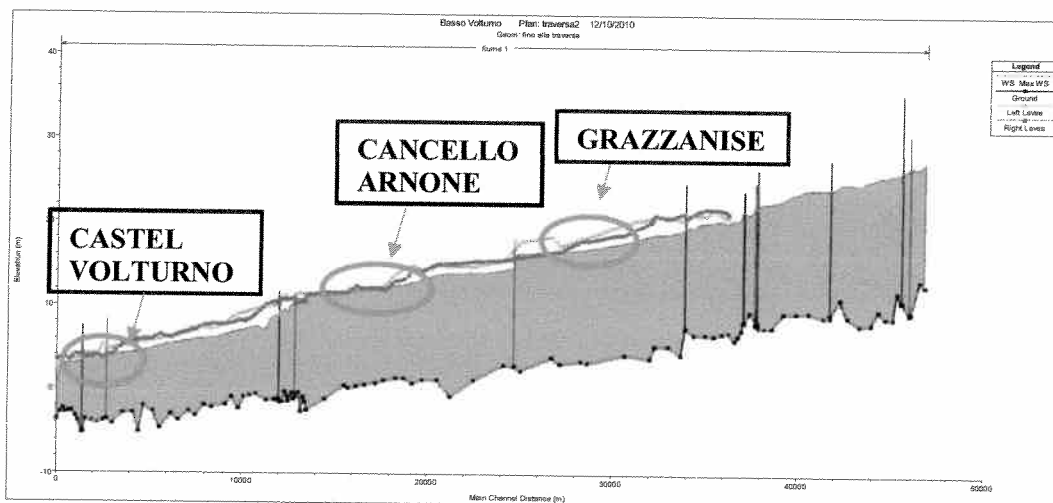
*Equazione di continuità:*

$$\frac{\partial A}{\partial t} + \frac{\partial S}{\partial t} + \frac{\partial Q}{\partial x} - q_l = 0$$

*Equazione del moto:*

$$\frac{\partial Q}{\partial t} + \frac{\partial(VQ)}{\partial x} + gA \left( \frac{\partial z}{\partial x} + S_f \right) = 0$$

Si è fatto riferimento a tre diverse campagne di rilevamenti (2001, 2004, 2007) relativi a 180 sezioni trasversali in parte tracciate sulla savanella ed in parte estese sino agli argini. Come condizione iniziale è stata imposta una portata minima di deflusso pari a 54.52 m<sup>3</sup>/s; come condizione al contorno è stato imposto a monte l'idrogramma di piena registrato nella stazione di ponte Annibale nel dicembre 1968 ribaltato e con portata al colmo maggiorata da 3060 m<sup>3</sup>/s a circa 3560 m<sup>3</sup>/s, per tenerne conto della stima di massima piena effettuata dal CUGRI, negli studi preliminari al Piano Stralcio Difesa Alluvioni dell'Autorità di bacino dei fiumi Liri-Garigliano e Volturno, pari a 3600 m<sup>3</sup>/s. A valle, invece, è stata assegnata come condizione al contorno la distribuzione dei livelli idrici (variabili da 0 a 0.5 m) in funzione della portata. Assumendo un coefficiente di Strickler di 37 m<sup>1/3</sup>/s per la savanella e di 25 m<sup>1/3</sup>/s per l'area golenale (come da PSDA del fiume Volturno), sono stati valutati i **tiranti idrici e le portate transitanti** per le sezioni di riferimento.



**Figura 2: Profilo idrico in condizioni di moto vario ottenuto con il codice Hec-Ras - Stato di fatto**

Dalla simulazione effettuata si evince che la laminazione dell'onda di piena è minima (circa il 5-6 %); infatti la massima portata nella sezione di monte è di 3517 m<sup>3</sup>/s mentre a valle, prima dello sbocco a mare, il picco dell'idrogramma è risultato pari a 3330 m<sup>3</sup>/s. Dal profilo idrico longitudinale è stato possibile individuare i punti in cui gli argini vengono sormontati, in

seguito al passaggio della piena: a Grazzanise; a Canello Arnone; nel tratto a monte della foce, nell'abitato di Castel Volturno.

Viste le problematiche evidenziate, nel tempo sono state progettate le seguenti opere: il Drizzagno del Caricchiano a valle di Canello Arnone, lo scolmatore di piena Fiumarella in sinistra idraulica, nel Comune di Grazzanise, incompleto e lo scolmatore di piena Lavapiatti nel comune di Castel Volturno, che appare come un'opera abbandonata. Sono stati inoltre previsti i seguenti interventi:

- sovralti e rifunzionalizzazione degli argini;
- risagomatura della savanella nel tratto del fiume Volturno tra il ponte Garibaldi ed il successivo ponte della RFI nel Comune di Canello ed Arnone;
- completamento dello scolmatore Fiumarella;
- completamento e ripristino della funzionalità dello scolmatore Lavapiatti.

Al fine di valutare gli effetti indotti da tali interventi è stata ripetuta la simulazione idraulica, con l'ausilio del codice di calcolo, dopo l'inserimento degli interventi sopra citati.

L'intervento di risagomatura della savanella con l'allargamento conformato alle sezioni disponibili al ponte Garibaldi ed al ponte della RFI ha comportato un abbassamento delle quote idriche a monte del ponte RFI per circa 10 km, con la creazione di un franco di sicurezza all'intradosso dell'impalcato del ponte Garibaldi. Dall'analisi dei valori di portata forniti in output dal programma, si evince che l'inserimento dello scolmatore riduce la piena centennale a circa **3000 m<sup>3</sup>/s** nel tratto terminale, dove le sezioni però sono caratterizzate da un'officiosità idraulica minore. Da qui la necessità di ripristinare lo scolmatore Lavapiatti.

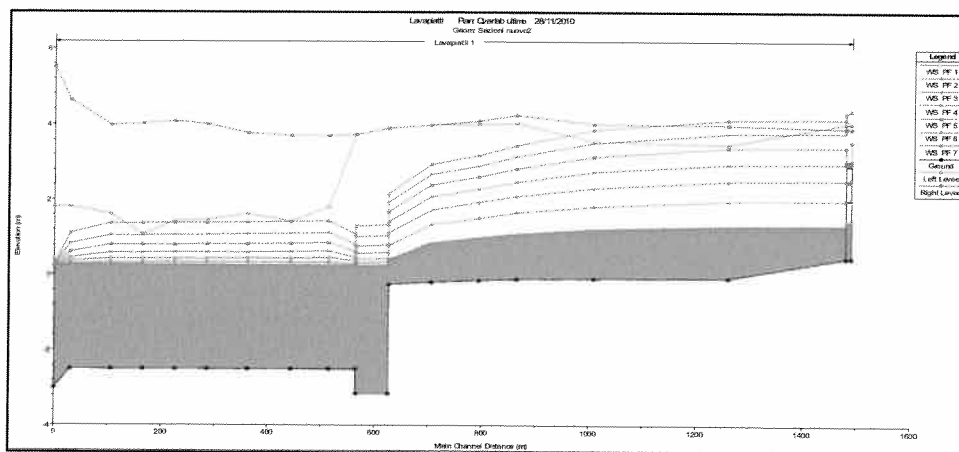
Per come oggi si presenta lo scolmatore, durante gli eventi di piena, solo una piccola parte delle portate in arrivo segue il Lavapiatti, attraversa cioè il Viadotto della Bagnane e imbecca la depressione. Quando ciò accade, la portata trova, però, generalmente occluso lo sbocco a mare e spaglia lungo tutto il pianoro.



**Figura 3: Vista aerea dello scolmatore Lavapiatti**

Il ripristino è funzionale alla riduzione del rischio idraulico, ma anche alla riqualificazione dell'area dal punto di vista igienico-ambientale. Sono stati tracciati i profili di corrente, in moto permanente nello scolmatore, corrispondenti ad una portata pari a 100, 200, 300, 400, 500, 600 e 700 m<sup>3</sup>/s, con il sussidio del codice di calcolo Hec-Ras, basato sulla risoluzione iterativa dell'equazione dell'energia in una dimensione:

$$Y_2 + Z_2 + \frac{\alpha_2 V_2^2}{2g} = Y_1 + Z_1 + \frac{\alpha_1 V_1^2}{2g} + h_e$$

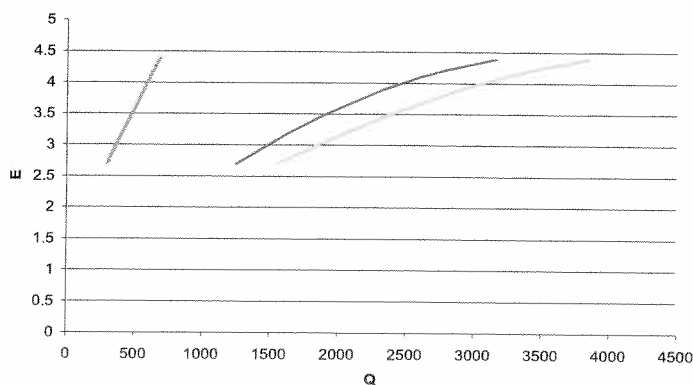


**Figura 4: Profili idrici nello scolmatore al variare della portata**

In tale modo è stato possibile calcolare le coppie di valori “Q (portate) – E (energia totale)” nella sezione a monte dell’opera di imbocco dello scolmatore. Facendo variare la portata da 800 mc/s a 3600 mc/s sono stati tracciati i profili di corrente nel tratto terminale del fiume Volturno, a valle del Viadotto della SS 7quater, e conseguentemente sono state valutate le coppie di valori Q-E, nella stessa sezione presa a riferimento per lo scolmatore.

Si è proceduto al calcolo delle equazioni della curva Q-E, sia per lo scolmatore, sia per il fiume, al fine di valutare la curva rappresentativa della somma delle due.

**Diagramma Q-E**



**Figura 5-7: Curve Q-E**

A parità di energia totale è stato, quindi, possibile calcolare la ripartizione delle portate tra lo scolmatore e il fiume, al variare delle portate provenienti da monte.

Al passaggio della piena centennale, ridotta a 3000 m<sup>3</sup>/s per quanto detto precedentemente, 650 m<sup>3</sup>/s sarebbero scolmati nel Lavapiatti.

Dal tracciamento dei profili di corrente si nota, inoltre, che il deflusso delle portate nel canale scolmatore non è assicurato fino alla portata di 650 m<sup>3</sup>/s, in quanto detta portata non è contenuta con adeguato franco (1 m) nella sponda sinistra attualmente posta a quota di campagna nel tratto a valle del dissipatore.

Di conseguenza, nelle more di un intervento più ampio sull'opera di foce, si prevedono:

- lo splateamento e/o sfangamento del tratto compreso tra il “Viadotto delle Bagnane” e il tronco ristretto dello scolmatore;
- l'innalzamento della sponda sinistra dello scolmatore fino alla quota di quella destra nel tratto ristretto;
- l'innalzamento della sponda sinistra dello scolmatore per un'altezza media di circa 2 m e per l'intero tratto a valle del tronco ristretto e fino al litorale al fine di permettere il deflusso in sicurezza della portata di 650 m<sup>3</sup>/s.

Verso la foce defluirebbe una portata pari a **2350 m<sup>3</sup>/s**, per la quale si stabiliscono livelli nel tronco terminale che provocano allagamenti dell'insediamento “Destra Volturmo”. Infatti, dalla simulazione effettuata, si evince che la portata massima transitabile nelle sponde è pari a 2000 m<sup>3</sup>/s. Occorrerebbe innalzare la sponda destra dell'alveo, mediante la costruzione di una paratia alta 1.5 m, per evitare l'allagamento del villaggio Destra Volturmo.

Con la simulazione effettuata non si è tenuto conto di un eventuale abbassamento del fondo che si potrebbe verificare durante il passaggio della piena, in quanto non sono noti i coefficienti relativi al trasporto solido da inserire nel modello.