

COMMITTENTE:



PROGETTAZIONE:



## LINEA CATANIA - SIRACUSA

### DIREZIONE TECNICA

### SO COORDINAMENTO DI SISTEMA E PFTE

## PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICO ECONOMICA

### Collegamento ferroviario con il Porto di Augusta

### Fase 1B

### IDROLOGIA E IDRAULICA

### Modellazione 2D Fiume Mulinello

### Relazione Idraulica e di compatibilità idraulica

SCALA:

-

COMMESSA LOTTO FASE ENTE TIPO DOC. OPERA/DISCIPLINA PROGR. REV.

R S 6 2 0 1 R 1 4 R I I D 0 0 0 2 0 0 1 B

Rev.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	Autorizzato Data
A	Emissione Esecutiva	M. Carlino	Settembre 2022	M. Ventura	Settembre 2022	P. Carlesimo	Settembre 2022	G. Ingrosso Settembre 2023
B	Emissione per Recepimento prescrizioni AdSP	C. Segnini	Settembre 2023	M. Ventura	Settembre 2023	P. Carlesimo	Settembre 2023	ITALFERR S.p.A. COORDINAMENTO DI SISTEMA Dott. Ing. GIULIANA INGROSSO Ordine degli Ingegneri di ROMA N. 20502

File: RS6201R14RIID0002001B

n. Elab.:

RELAZIONE IDRAULICA E DI COMPATIBILITA' IDRAULICA	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	RS62	01	R14	RIID0002001	B	2 di 51

## INDICE

1	PREMESSA	4
1.1	Aggiornamento del progetto	5
2	INQUADRAMENTO DELL'AREA DI INTERVENTO	8
3	ELENCO ELABORATI DI PROGETTO	9
4	RIFERIMENTI NORMATIVI	10
4.1	QUADRO NORMATIVO STATALE DI RIFERIMENTO	11
4.1.1	<i>LA LEGGE QUADRO SULLA DIFESA DEL SUOLO</i>	11
4.1.2	<i>DECRETO LEGGE N. 180/1998</i>	11
4.1.3	<i>L'ATTO DI INDIRIZZO E COORDINAMENTO.</i>	11
4.1.4	<i>DECRETO LEGGE N. 132/1999</i>	13
4.1.5	<i>DECRETO LEGGE N. 279/2000</i>	13
4.1.6	<i>PIANO DI GESTIONE RISCHIO ALLUVIONI PGRA</i>	13
4.2	QUADRO NORMATIVO REGIONALE DI RIFERIMENTO	16
4.2.1	<i>PIANO STRAORDINARIO PER L'ASSETTO IDROGEOLOGICO.</i>	16
4.2.2	<i>PIANO GESTIONE RISCHIO ALLUVIONI ADOTTATO E QUADRO CONOSCITIVO DELLE CRITICITA' IDRAULICHE</i>	17
5	AREE A PERICOLOSITA' IDRAULICA SECONDO PAI TORRENTE MULINELLO 27	
5.1	AREE A PERICOLOSITA' IDRAULICA SECONDO PGRA TORRENTE MULINELLO	29
6	RISULTANZE STUDIO IDROLOGICO	30
7	ANALISI IDRAULICA	32
7.1	CARATTERISTICHE CODICE DI CALCOLO	32
7.1.1	<i>DEFINIZIONI</i>	35
7.1.2	<i>MODELLAZIONE DEL TERRENO</i>	38
7.1.3	<i>CREAZIONE DELLA MESH DI CALCOLO</i>	38
7.1.4	<i>PROBLEMI LEGATI ALLA GENERAZIONE DELLA MAGLIA DI CALCOLO</i>	40
7.1.5	<i>VARIABILITÀ SPAZIALE DEL MANNING.</i>	41
7.1.6	<i>ANALISI DELLA SIMULAZIONE UTILIZZANDO IL RAS MAPPER.</i>	42
7.1.7	<i>PORTATE DI PROGETTO</i>	43
7.2	MODELLO 2D	44
7.2.1	<i>MODELLAZIONE DEL TERRENO</i>	44

RELAZIONE IDRAULICA E DI COMPATIBILITA'  
IDRAULICA

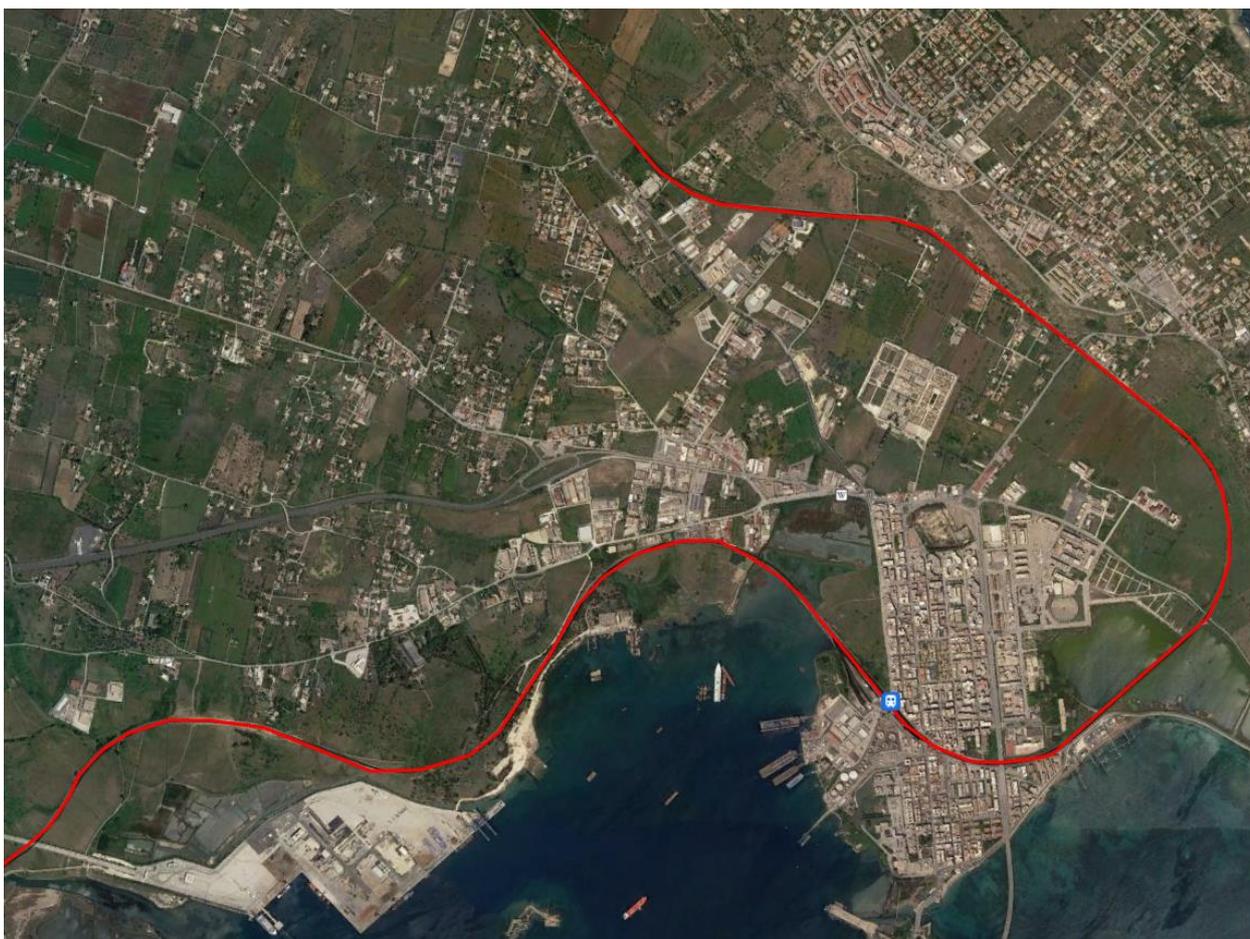
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS62	01	R14	RIID0002001	B	3 di 51

7.2.2	<i>Estensione dominio di calcolo modello 2D</i>	45
7.2.3	<i>CREAZIONE DELLA MESH DI CALCOLO</i>	45
7.2.4	<i>CONDIZIONI AL CONTORNO</i>	48
7.2.5	<i>CONDIZIONI INIZIALI</i>	49
7.2.6	<i>RISULTATI DELLE SIMULAZIONI</i>	49
7.3	<b>CONCLUSIONI</b>	51

## 1 PREMESSA

Scopo della presente relazione è quello di illustrare il Progetto di Fattibilità Tecnico Economica del Collegamento con il Porto di Augusta, intervento che rientra nel Piano Nazionale di Ripresa e Resilienza (PNRR). Il cui Protocollo d'Intesa fra Autorità di Sistema Portuale del Mare di Sicilia Orientale, Rete Ferroviaria Italiana e Regione Siciliana, è stato sottoscritto in data 7 agosto 2020 e successiva Convenzione stipulata in data 17 Aprile 2023.

La città di Augusta, sita in provincia di Siracusa, è attualmente attraversata dalla direttrice ferroviaria che collega tra di loro i due capoluoghi di Catania e Siracusa. L'attuale tracciato in corrispondenza dell'attraversamento del territorio comunale augustano è composto da un singolo binario con una serie di curve e controcurve che permettono l'avvicinamento della ferrovia al nucleo storico della città (Figura 1).



*Figura 1 – area di intervento*

Una volta attraversato il centro abitato, la linea ferroviaria percorre un tratto vicino il porto di Augusta che è caratterizzato da tre differenti ambiti:

- Petrolifero – energetico;

- Industriale;
- Commerciale e RoRo.

Allo stato attuale i traffici si sviluppano nell'ambito petrolifero-energetico e in quello industriale.

Il collegamento ferroviario al porto di Augusta, riguarda l'ambito Commerciale, situato nella parte settentrionale e per il quale sono in corso ipotesi di sviluppo infrastrutturale da parte dell'AdSP.

L'intervento si inserisce nel progetto di ampliamento del porto commerciale di Augusta e consiste nella realizzazione di una bretella ferroviaria che collega il nuovo parco ferroviario alla rete ferroviaria nazionale. L'obiettivo è quello di rispettare gli Adempimenti previsti da Reg 1315/2013 per i porti Core, in ottica di sviluppo delle connessioni insulari e da/per il continente.

Secondo quanto previsto da RFI, il progetto sarà realizzato in due diverse fasi funzionali, una prima fase, denominata Fase 1A, che si configura secondo un layout delle opere ridotto all'interno dell'area portuale, e una seconda fase che completa lo sviluppo delle opere realizzate dalla Fase 1A al fine di raggiungere la configurazione finale definita Fase 1B.

Nell'area di Augusta è inoltre previsto anche un altro intervento denominato "Bypass di Augusta" anch'esso, come l'intervento del presente progetto, rientra nel Piano Nazionale di Ripresa e Resilienza (PNRR). Anche in questo caso il "Piano di Committenza" prevede lo sviluppo di ambedue gli appalti entro i limiti temporali richiesti dal suddetto PNRR.

### **1.1 Aggiornamento del progetto**

Con Nota del 21 giugno 2023 l'Autorità di Sistema Portuale del Mare di Sicilia Orientale ha espresso "parere positivo" al PFTE del progetto condizionandolo alla seguente prescrizione: "...sia assicurata la modifica della viabilità stradale di collegamento dei binari col porto, in modo che la sede individuata oggi dal P.F.T.E. per le sole corsie stradali, possa, senza doverne successivamente modificare l'assetto, strutturale, la configurazione planoaltimetrica, i sovraccarichi, consentire il passaggio anche del binario ferroviario diretto al terminal containers. In tale secondo assetto, la viabilità, oggi prevista in due corsie da 3,5 metri l'una, oltre un tratto di marciapiede, sarà ridotta ad una sola, trattandosi di un collegamento di servizio, per lasciare spazio al binario ferroviario". Pertanto, si è provveduto ad aggiornare il progetto al fine di recepire nell'ambito della Fase 1A la suddetta richiesta come meglio illustrato nel seguito.

Alla luce della prescrizione di cui sopra, la configurazione finale della Fase 1B (Figura 2) resta comunque inalterata fatto salvo le citate modifiche alla viabilità ed è costituita da:

- un binario di Presa e Consegna (PEC) con modulo maggiore di 600 metri elettrificato e dotato di segnalamento collegato alla linea ferroviaria e prosegue fino ad un cancello che delimita l'area di competenza RFI dall'area di competenza dell'autorità portuale
- le dotazioni tecnologiche come da standard RFI
- Successivamente al cancello un fascio di tre binari tronchi, non elettrificati e non dotati di segnalamento, di lunghezza  $\geq 600$  metri per la composizione e scomposizione dei treni e il carico scarico contenitori
- La connessione tra banchina e fascio di binari costituita da una viabilità che costeggia il fascio, con annesso piazzale dimensionato per consentire le manovre dei mezzi adibiti al carico/scarico e stoccaggio dei contenitori.



Figura 2 – assetto finale di Progetto

In recepimento alle richieste dell'AdSP, la Fase 1A prevede la realizzazione di:

- binario di presa e consegna fino al cancello (punto di delimitazione competenza RFI/ADSP)
- binario di carico/scarico contenitori modulo 250 m affiancato da un piazzale della medesima lunghezza
- viabilità di collegamento della banchina portuale al piazzale rivisitata per rispondere alla prescrizione della prescrizione dell'AdSP, in particolare la stessa viene ridisegnata da un punto di vista plano-altimetrico al fine di essere compatibile con la geometria di un tracciato ferroviario nonché dimensionata da un punto di vista statico rispetto ai carichi ferroviari sensibilmente superiori rispetto a quelli stradali. Si precisa che sia nella fase 1A che nella fase 1B quest'opera avrà funzione di sola viabilità per la movimentazione dei contenitori dalla banchina al piazzale di Carico/Scarico e

solo in una futura fase, non oggetto del presente progetto, potrà avere la funzione di collegamento ferroviario con la banchina portuale oltre a collegamento viario limitato a veicoli di servizio/emergenza;

- fabbricato tecnologico con annesso piazzale.
- tutte le tecnologie per la gestione movimento treno

L'intervento di completamento che porta alla configurazione finale Fase 1B, prevede le seguenti opere:

- completamento del fascio di Binari per carico/scarico contenitori e composizione/scomposizione treni (n. 3 binari modulo 600 m)
- estensione e completamento del relativo piazzale di movimentazione per l'intera lunghezza del fascio di binari.

Nel seguito, nell'ambito dei diversi capitoli specialistici, verranno illustrate le opere oggetto dell'intero intervento, differenziate nelle rispettive fasi funzionali.

## 2 INQUADRAMENTO DELL'AREA DI INTERVENTO

L'intervento in progetto interessa il bacino idrografico del Fiume Mulinello, ricadente nell'area territoriale tra il Bacino del Fiume San Leonardo e il Bacino del fiume Anapo (Codice PAI 092).

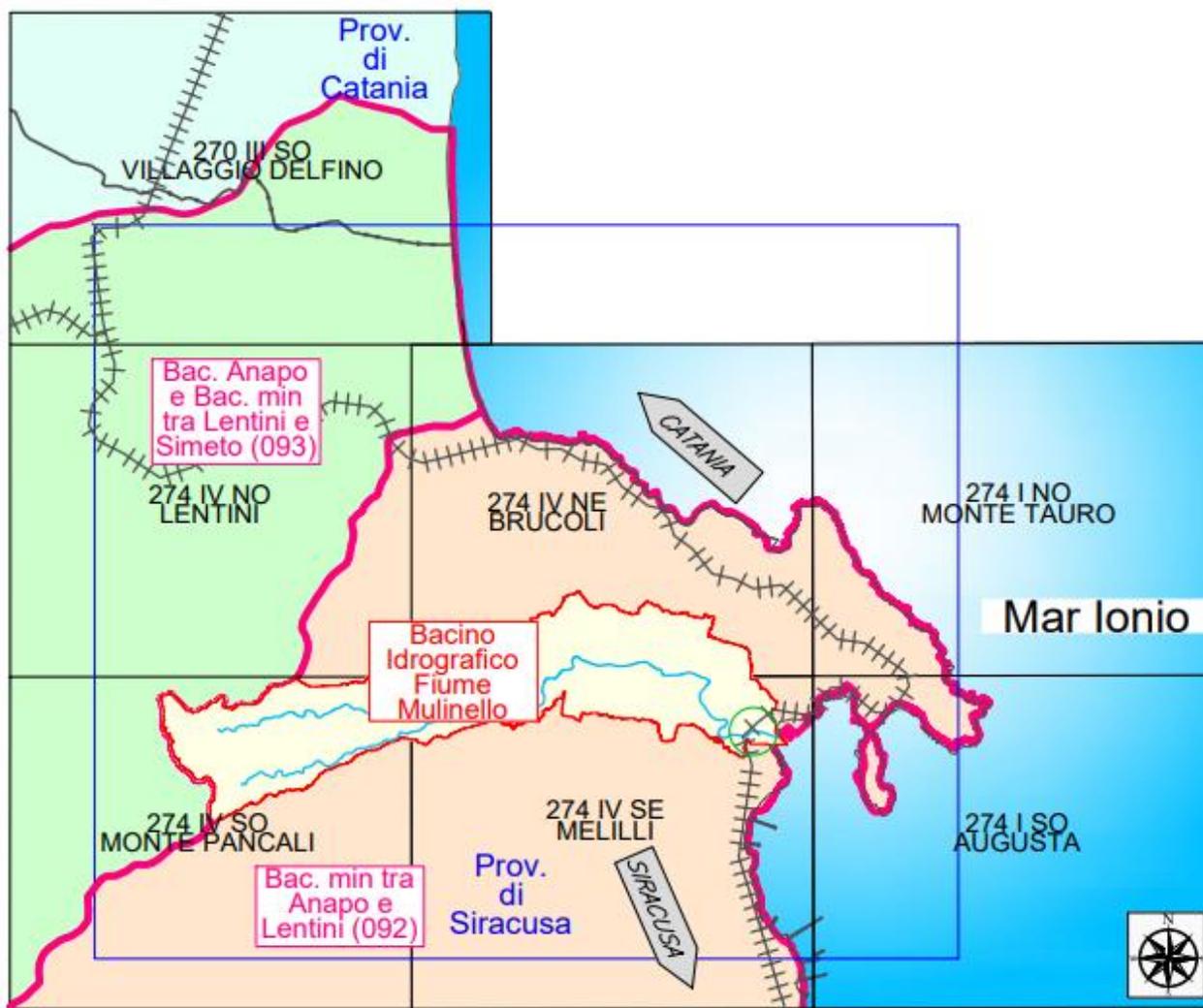


Figura 3 - Inquadramento dell'area.

RELAZIONE IDRAULICA E DI COMPATIBILITA'  
IDRAULICA

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS62	01	R14	RIID0002001	B	9 di 51

### 3 ELENCO ELABORATI DI PROGETTO

PFTE COLLEGAMENTO FERROVIARIO PORTO DI AUGUSTA			
N° Elaborati	Titolo Elaborato	scala	
01	<b>IDROLOGIA E IDRAULICA - ELABORATI GENERALI</b>		
1	Aree a preesistente pericolosità idraulica da strumenti di pianificazione vigenti - PAI 1 di 2	1:10000	RS6200R14C4ID0001001A
2	Aree a preesistente pericolosità idraulica da strumenti di pianificazione vigenti - PAI 2 di 2	1:10000	RS6200R14C4ID0001002A
3	Aree a preesistente pericolosità idraulica da strumenti di pianificazione vigenti - PAI- COLLASSO DIGA 1 di 2	1:10000	RS6200R14C4ID0001003A
4	Aree a preesistente pericolosità idraulica da strumenti di pianificazione vigenti - PAI- COLLASSO DIGA 2 di 2	1:10000	RS6200R14C4ID0001004A
5	Aree a preesistente pericolosità idraulica da strumenti di pianificazione vigenti - PGRA 1 di 2	1:10000	RS6200R14C4ID0001005A
6	Aree a preesistente pericolosità idraulica da strumenti di pianificazione vigenti - PGRA 2 di 2	1:10000	RS6200R14C4ID0001006A
7	Relazione Idrologica Generale	-	RS6200R14RHID0001001A
	<b>MODELLAZIONE 2D</b>		
8	Modellazione 2D Fiume Mulinello - Corografia dei bacini	1:25000	RS6200R14C3ID0001001A
9	Modellazione 2D Fiume Mulinello - Relazione Idraulica e di compatibilità idraulica	-	RS6200R14RIID0002001A
10	Modellazione 2D Fiume Mulinello - Ante/Post Operam - Planimetria sree allagabili, tiranti idrici - Tr=50 anni	1:5000	RS6200R14P6ID0002001A
11	Modellazione 2D Fiume Mulinello - Ante/Post Operam - Planimetria aree allagabili, velocità-Tr=50 anni	1:5000	RS6200R14P6ID0002002A
12	Modellazione 2D Fiume Mulinello - Ante/Post Operam - Planimetria sree allagabili, tiranti idrici - Tr=100 anni	1:5000	RS6200R14P6ID0002003A
13	Modellazione 2D Fiume Mulinello - Ante/Post Operam - Planimetria aree allagabili, velocità-Tr=100 anni	1:5000	RS6200R14P6ID0002004A
14	Modellazione 2D Fiume Mulinello - Ante/Post Operam - Planimetria sree allagabili, tiranti idrici - Tr=200 anni	1:5000	RS6200R14P6ID0002005A
15	Modellazione 2D Fiume Mulinello - Ante/Post Operam - Planimetria aree allagabili, velocità-Tr=200 anni	1:5000	RS6200R14P6ID0002006A
16	Modellazione 2D Fiume Mulinello - Ante/Post Operam - Planimetria sree allagabili, tiranti idrici - Tr=300 anni	1:5000	RS6200R14P6ID0002007A
17	Modellazione 2D Fiume Mulinello - Ante/Post Operam - Planimetria aree allagabili, velocità-Tr=300 anni	1:5000	RS6200R14P6ID0002008A

*Tabella 1-Elenco elaborati di progetto*

## 4 RIFERIMENTI NORMATIVI

L'analisi condotta nel presente studio ha preso in considerazione gli strumenti di pianificazione territoriale in vigore. Proprio all'interno degli strumenti legislativi di recente emanazione (dicembre 2004 e successivi aggiornamenti), si è adottato il P.A.I., Piano Stralcio di Bacino per l'Assetto Idrogeologico della Regione Siciliana che individua le aree a rischio idraulico ed idrogeologico.

Il Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico, di seguito denominato Piano Stralcio o Piano o P.A.I., redatto ai sensi dell'art. 17, comma 6 ter, della L. 183/89, dell'art. 1, comma 1, del D.L. 180/98, convertito con modificazioni dalla L. 267/98, e dell'art. 1 bis del D.L. 279/2000, convertito con modificazioni dalla L. 365/2000, ha valore di Piano Territoriale di Settore ed è lo strumento conoscitivo, normativo e tecnico-operativo mediante il quale sono pianificate e programmate le azioni, gli interventi e le norme d'uso riguardanti la difesa dal rischio idrogeologico del territorio siciliano.

Obiettivo principale del P.A.I. è infatti il perseguimento di un assetto territoriale che, in parallelo con le aspettative di sviluppo economico, minimizzi i possibili danni connessi al rischio idrogeologico.

La definizione di norme d'uso e di salvaguardia è finalizzata alla difesa idrogeologica, al miglioramento delle condizioni di stabilità del suolo, al recupero di situazioni di degrado e di dissesto, al ripristino e/o alla conservazione della naturalità dei luoghi, alla regolamentazione del territorio interessato dalle piene.

Il P.A.I. della Sicilia quindi tende ad ottimizzare la compatibilità tra la domanda di uso del suolo per uno sviluppo sostenibile del territorio e la naturale evoluzione geomorfologica dei bacini, nel quadro di una politica di governo del territorio rispettosa delle condizioni ambientali.

Il P.A.I. ha sostanzialmente tre funzioni:

1. La funzione conoscitiva, che comprende lo studio dell'ambiente fisico e del sistema antropico, nonché della ricognizione delle previsioni degli strumenti urbanistici e dei vincoli idrogeologici e paesaggistici;
2. La funzione normativa e prescrittiva, destinata alle attività connesse alla tutela del territorio e delle acque fino alla valutazione della pericolosità e del rischio idrogeologico e alla conseguente attività di vincolo in regime sia straordinario che ordinario;
3. La funzione programmatica, che fornisce le possibili metodologie d'intervento finalizzate alla mitigazione del rischio, determina l'impegno finanziario occorrente e la distribuzione temporale degli interventi.

## 4.1 QUADRO NORMATIVO STATALE DI RIFERIMENTO

### 4.1.1 LA LEGGE QUADRO SULLA DIFESA DEL SUOLO

Con il Piano per l'Assetto Idrogeologico viene avviata, nella Regione Siciliana, la pianificazione di bacino, intesa come lo strumento fondamentale della politica di assetto territoriale delineata dalla legge 183/89, della quale ne costituisce il primo stralcio tematico e funzionale.

Gli obiettivi principali della legge quadro convergeranno nella redazione del piano di bacino idrografico.

Le finalità e i contenuti del Piano di Bacino sono illustrati nell'art. 17 della Legge 183: "esso ha valore di piano territoriale di settore ed è uno strumento mediante il quale sono pianificate e programmate le azioni e le norme d'uso finalizzate alla conservazione, alla difesa ed alla valorizzazione del suolo".

### 4.1.2 DECRETO LEGGE N. 180/1998

Il Decreto Legge n. 180/98, noto con il nome di "provvedimento Sarno", viene emanato l'11 giugno 1998.

Il Decreto dispone che, entro il 30 giugno 1999, le Autorità di bacino di rilievo nazionale e interregionale e le Regioni, ove le prime non siano presenti, adottino, qualora ciò non fosse già avvenuto in applicazione alla L. 183/89, Piani Stralcio di bacino per l'Assetto Idrogeologico.

L'innovazione rispetto alla legislazione precedente sta nel carattere di emergenza e di immediatezza, sia nell'acquisizione delle conoscenze che nella programmazione degli interventi e nell'emanazione delle norme di salvaguardia.

A seguito di alcune modifiche il D.L. 180/98 viene convertito con la L. 267/98, ove fra gli Enti onerati di fornire indicazioni sullo stato di dissesto del territorio, vengono coinvolti anche gli Enti di gestione degli acquedotti.

### 4.1.3 L'ATTO DI INDIRIZZO E COORDINAMENTO.

L'Atto di Indirizzo e Coordinamento, previsto dal comma 2 dell'art. 1 del D.L. 180/98 ed adottato con Decreto del Presidente del Consiglio dei Ministri il 29/9/98, viene redatto per consentire alle Autorità di bacino ed alle Regioni di realizzare attività di pianificazione omogenee e confrontabili a scala nazionale.

Fornisce, dunque, attenendosi al carattere emergenziale del D.L. 180/98, i criteri generali per l'individuazione e la perimetrazione delle aree a rischio che tengano conto "quale elemento essenziale per l'individuazione del livello di pericolosità, la localizzazione e la caratterizzazione di eventi avvenuti nel passato riconoscibili o dei quali si ha, al momento presente, cognizione".

L'Atto di indirizzo e coordinamento, distingue la metodologia di indagine a seconda del tipo di dissesto presente, idraulico e/o di frana, individuando per ciascuno di essi le tre fasi operative di lavoro e definendo quattro classi di rischio a gravosità crescente da moderato a medio, elevato e molto elevato.

Il rischio deve considerarsi come il prodotto di tre fattori fondamentali:

$$R = H * E * V$$

- La pericolosità o probabilità che l'evento calamitoso accada;
- Il valore degli elementi a rischio (intesi come persone, cose, patrimonio ambientale);
- La vulnerabilità degli elementi a rischio (intesa come capacità di sopportare le sollecitazioni e l'intensità dell'evento).

Nell'Atto di indirizzo e coordinamento viene fornito un carattere generale di priorità degli elementi considerati a rischio, considerando innanzitutto l'incolumità delle persone come elemento prioritario.

L'Atto di indirizzo e coordinamento dispone, inoltre, che le attività di redazione dei Piani vengano articolate in tre fasi, corrispondenti a diversi livelli di approfondimento:

1. Individuazione delle aree soggette a rischio idrogeologico, attraverso l'acquisizione delle informazioni disponibili sullo stato del dissesto;
2. Perimetrazione, valutazione dei livelli di rischio e definizione delle conseguenti misure di salvaguardia;
3. Programmazione della mitigazione del rischio e previsione di spesa.

#### 4.1.4 DECRETO LEGGE N. 132/1999

Il D.L. 132/99, modifica, in alcune parti, la Legge n. 267/98, stabilendo come termine ultimo per l'adozione dei Piani stralcio di bacino il 30 giugno 2001, mentre entro il 31 ottobre 1999 dovevano essere individuate e perimetrate le situazioni a rischio più elevato (Piani Straordinari).

Il D.L. 132/99 stabilisce, inoltre, che i piani straordinari devono ricomprendere prioritariamente le aree a rischio idrogeologico per le quali era stato dichiarato lo stato di emergenza, ai sensi dell'art. 5 della Legge 24 febbraio 1992, n. 225.

#### 4.1.5 DECRETO LEGGE N. 279/2000

L' 11 Dicembre 2000 il D.L. n. 279, viene convertito nella legge. 365/00 che anticipa in maniera perentoria la data di adozione dei Piani Stralcio al 30 aprile 2001, fornendo nuove procedure per l'adozione dei piani. La nuova legge estende la validità delle norme imposte dai Piani Straordinari fino all'approvazione dei Piani per l'Assetto Idrogeologico.

#### 4.1.6 PIANO DI GESTIONE RISCHIO ALLUVIONI PGRA

La Direttiva comunitaria 2007/60/CE del 23 ottobre 2007 "relativa alla valutazione e alla gestione del rischio di alluvioni" istituisce un quadro di riferimento per la gestione dei fenomeni alluvionali e persegue l'obiettivo di ridurre i rischi di conseguenze negative derivanti dalle alluvioni soprattutto per la vita e la salute umana, l'ambiente, il patrimonio culturale, l'attività economica e le infrastrutture.

La Direttiva prevede a tal fine l'individuazione delle misure idonee sulla base di un'attività di pianificazione suddivisa in tre fasi successive e tra loro concatenate, così articolate:

- fase 1: valutazione preliminare del rischio di alluvioni;
- fase 2: elaborazione di mappe della pericolosità e del rischio di alluvione;
- fase 3: predisposizione ed attuazione di piani di gestione del rischio di alluvioni.

La normativa altresì prevede che gli elementi di cui al piano di gestione del rischio di alluvioni (fase 1, 2 e 3) siano soggetti ad un riesame periodico e, se del caso, aggiornati, anche tenendo conto degli effetti dei cambiamenti climatici sul verificarsi delle alluvioni. Alla scadenza del 2018 è previsto un primo riesame della valutazione preliminare del rischio cui farà seguito la revisione delle mappe di pericolosità e rischio nel 2019 e del piano di gestione del rischio nel 2021. Successivamente i riesami da effettuarsi ogni 6 anni terranno conto degli effetti dei cambiamenti climatici sul verificarsi delle alluvioni.

Con l'emanazione del **D.L.gs. 23 febbraio 2010 n. 49** lo Stato Italiano ha avviato il percorso per l'"Attuazione della Direttiva 2007/60/CE relativa alla valutazione ed alla gestione dei rischi di alluvioni".

Vengono innanzitutto stabilite le fasi per pervenire alla definizione del piano di gestione secondo quanto stabilito dalla direttiva e in particolare:

- fase 1: valutazione preliminare del rischio di alluvioni;
- fase 2: elaborazione di mappe della pericolosità e del rischio di alluvione;
- fase 3: predisposizione ed attuazione di piani di gestione del rischio di alluvioni.

I Piani di gestione devono contenere misure per la gestione del rischio di alluvioni nelle zone ove, in base alle analisi svolte nella fasi precedenti, possa sussistere un rischio potenziale ritenuto significativo evidenziando, in particolare, la riduzione delle potenziali conseguenze negative per la salute umana, il territorio, i beni, l'ambiente, il patrimonio culturale e le attività economiche e sociali, attraverso l'attuazione prioritaria di interventi non strutturali e di azioni per la riduzione della pericolosità.

Gli adempimenti previsti sopra elencati sono attribuiti dallo stesso decreto legislativo 49/2010 alle Autorità di Bacino Distrettuali, ma, dal momento che queste non sono ancora state istituite, il Governo italiano, con il **Decreto legislativo 219 del 10 dicembre 2010**, ha stabilito che agli adempimenti connessi all'attuazione della direttiva alluvioni, nel caso di distretti nei quali non è presente alcuna autorità di bacino di rilievo nazionale, provvedono le regioni. La Regione Siciliana ha pertanto avviato il processo attuativo delle fasi stabilite dalla direttiva e in particolare della redazione del Piano di Gestione del Rischio Alluvioni.

#### **4.1.6.1 Iter approvativo e stato di attuazione del P.G.R.A. in Sicilia**

L'art.7 del D.L.gs. 23 febbraio 2010 n. 49 stabilisce quali debbano essere le principali finalità e i contenuti essenziali del PGRA, fissando la data per ultimare e pubblicare i piani di gestione del rischio di alluvioni al 22 dicembre 2015.

Inoltre, in base alle modifiche apportate all'art. 9 del D.Lgs. 49/2010 dalla Legge 97/2013, è stata inserita nel decreto la verifica di assoggettabilità del PGRA alla VAS, per garantire un elevato livello di protezione dell'ambiente e contribuire all'integrazione di considerazioni ambientali nelle varie fasi di elaborazione, adozione e approvazione del piano stesso

Il ruolo di autorità proponente è svolto dall'Autorità di Bacino Nazionale a cui è attribuito il ruolo di coordinamento a livello di Distretto Idrografico in virtù dell'art. 4 del D.Lgs. 219/2010.

Il 3 marzo 2016 sono stati approvati in sede di Comitato Istituzionale Integrato, ai sensi dell'art. 4 comma 3 del D.Lgs. 219/2010, i PGRA adottati il 17 dicembre 2015 ai sensi dell'art. 66 del D.Lgs. 152/2006, e per i quali si è conclusa la procedura di VAS con giudizio positivo di compatibilità ambientale espresso dal MATTM, quale Autorità Competente, di concerto con il Ministero dei Beni e delle Attività Culturali e del Turismo (MiBACT).

Nel frattempo, come previsto dall'art. 13.4 del D.Lgs. 49/2010, le Autorità Competenti hanno provveduto a trasmettere le informazioni pertinenti il reporting del PGRA a ISPRA, tenendo conto della compatibilità con i sistemi di gestione dell'informazione adottati a livello comunitario. Nello stesso mese di marzo,

successivamente alla verifica delle informazioni ricevute, ISPRA ha provveduto a inviare alla Commissione Europea i dati richiesti per il reporting, completando così le attività previste per il primo ciclo di gestione.

Il 27 ottobre 2016, su proposta del Ministro dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare, a conclusione delle procedure di VAS e acquisito il parere favorevole della Conferenza Stato-Regioni, il Consiglio dei Ministri ha approvato il PGRA di tutti i distretti idrografici a eccezione di quello della Sicilia.

Il PGRA della regione Sicilia, con relativo Rapporto Ambientale, adottato con Decreto Presidenziale n° 47 del 18/02/2016 ha acquisito giudizio positivo di compatibilità ambientale, con condizioni raccomandazioni e osservazioni, con decreto n° 58 del 14/03/2017 dal Ministero dell'Ambiente di concerto con il ministero dei Beni e delle Attività Culturali e del Turismo.

L'aggiornamento del Rapporto ambientale, avvenuto nel luglio 2018, recepisce le raccomandazioni e le osservazioni contenute nel parere motivato positivo espresso con DM n. 58 del 14 marzo 2017 dall'Autorità Competente (MATTM e MiBACT). In tal modo la nuova valutazione degli impatti significativi sull'ambiente è stata presa in considerazione in fase di rielaborazione e prima dell'approvazione finale del PGRA.

In data 19 novembre 2020 è stata presentata dall'Autorità di Bacino del Distretto Idrografico della Sicilia istanza di Verifica di Assoggettabilità alla procedura di Valutazione Ambientale Strategica per il "Piano di Gestione del Rischio di Alluvioni – II ciclo di pianificazione: 2016-2021", ai sensi dell'articolo 12 del decreto legislativo 3 aprile 2006, n. 152, alla Divisione V – Sistemi di valutazione ambientali della Direzione Generale per la Crescita Sostenibile e la qualità dello Sviluppo con nota prot. 16203, acquisita con prot. MATTM- 97913 in data 26 novembre 2020 e con prot. MATTM-100689 del 2 dicembre 2020.

Il 2 Luglio 2021 il MATTM determina che il "Piano di Gestione del rischio di alluvioni - II ciclo di pianificazione: 2016-2021" non debba essere sottoposto al procedimento di Valutazione Ambientale Strategica - VAS, secondo le disposizioni di legge vigenti in materia, recependo il parere espresso dalla Commissione.

## 4.2 QUADRO NORMATIVO REGIONALE DI RIFERIMENTO

### 4.2.1 PIANO STRAORDINARIO PER L'ASSETTO IDROGEOLOGICO.

Come già accennato il decreto legge n. 132/99 dispone che entro il 31 ottobre 1999, le autorità di bacino e le regioni approvino, in deroga alle procedure della legge 183/89, i piani straordinari diretti a rimuovere le situazioni a più alto rischio.

Il Piano straordinario deve contenere l'individuazione e la perimetrazione delle aree a rischio idrogeologico "molto elevato" per garantire l'incolumità delle persone e la sicurezza delle infrastrutture e del patrimonio ambientale e culturale. Per dette aree devono essere adottate le misure di salvaguardia che, in assenza di piani stralcio, rimangono in vigore sino all'approvazione di detti piani.

Con Decreto 4 luglio 2000, n.298, l'Assessore Regionale del Territorio e Ambiente ha adottato il Piano Straordinario di bacino per l'assetto idrogeologico, ai sensi del comma 1 bis del Decreto Legge n.180/98. Nel Piano sono stati individuati 57 bacini idrografici principali e all'interno di questi individuate le aree a rischio "elevato" o "molto elevato" per frana e per inondazione su cartografia in scala 1:50.000. In tali aree sono state adottate le misure di salvaguardia transitorie comportanti limitazioni d'uso al fine di mitigare le condizioni di rischio.

Nell'Aggiornamento del Piano Straordinario, approvato con D.A. n. 543 del 22/7/02, erano state individuate le aree territoriali intermedie ai sopraelencati bacini idrografici principali.

Nel P.A.I. vengono elencati i bacini idrografici di tutti i corsi d'acqua aventi sbocco a mare e le aree comprese tra una foce e l'altra, raggruppandoli, dal punto di vista geografico, nei tre versanti siciliani: settentrionale, meridionale ed orientale.

Nella Tabella dei Bacini idrografici ed aree del versante orientale del PAI, ricade il bacino dell'Area territoriale tra il Bacino del Fiume San Leonardo e il Bacino del fiume Anapo (092) che risulta di interesse per i nostri studi.

Considerata la vastità territoriale della Regione e in conformità a quanto stabilito dall'art. 17, comma 6 ter, della L. 183/89 che ha previsto la facoltà di redigere il Piano di bacino per stralci che possono riguardare sottobacini o settori funzionali, l'Assessore al Territorio e Ambiente ha individuato, con D.A. n. 176/S9 del 4/4/02, ai sensi e per gli effetti dell'art. 130 della Legge regionale 3 maggio 2001 n° 6, i bacini idrografici prioritari dai quali iniziare il progetto di Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico.

#### 4.2.2 PIANO GESTIONE RISCHIO ALLUVIONI ADOTTATO E QUADRO CONOSCITIVO DELLE CRITICITA' IDRAULICHE

La regione Sicilia con Decreto Presidenziale n° 47 del 18/02/2016 ha adottato il progetto di Piano di Gestione del Rischio Alluvioni per il suo territorio, sul quale ha acquisito, con decreto n° 58 del 14/03/2017 del Ministero dell'Ambiente di concerto con il ministero dei Beni e delle Attività Culturali e del Turismo, giudizio positivo di compatibilità ambientale VIA -VAS, con condizioni raccomandazioni e osservazioni. Ad oggi è in corso, da parte della Regione Sicilia, l'adeguamento e l'assoggettamento degli elaborati del PGRA, alle condizioni, osservazioni e raccomandazioni espresse nel parere della Valutazione Ambientale Strategica approvata.

*A conclusione dell'iter di approvazione del PGRA per la Sicilia, necessita ancora, il parere favorevole della Conferenza Stato-Regioni e l'approvazione definitiva del Consiglio dei Ministri.*

Nelle more di approvazione del PGRA da parte del Consiglio dei Ministri, si riportano le Mappe della pericolosità e del rischio alluvione e le aree critiche che interessano gli interventi in progetto.

##### 4.2.2.1 Mappe della pericolosità e del rischio di alluvione

#### Le mappe di pericolosità

La Direttiva 2007/60, così come recepita dal D.Lgs 49/2010, stabilisce la redazione di mappe della pericolosità da alluvione in scala preferibilmente non inferiore a 1:10.000 ed, in ogni caso, non inferiore a 1:25.000. L'articolo 6 dello stesso Decreto dispone la predisposizione delle mappe di pericolosità e di rischio di alluvione che devono indicare le aree geografiche potenzialmente allagabili con riferimento a tre scenari:

- alluvioni rare di estrema intensità: tempo di ritorno fino a 500 anni dall'evento (bassa probabilità);
- alluvioni poco frequenti: tempo di ritorno fra 100 e 200 anni (media probabilità);
- alluvioni frequenti: tempo di ritorno fra 20 e 50 anni (elevata probabilità).

Nel territorio regionale, le attività finalizzate alla mappatura della pericolosità e del rischio ai sensi dell'art. 6 del D.Lgs. 49/2010 sono state sviluppate con l'obiettivo di avviare il processo di elaborazione del Piano di Gestione in modo da adempiere alle prescrizioni normative comunitarie e statali, partendo dalla valorizzazione degli studi svolti nell'ambito dei Piani per l'assetto idrogeologico (PAI). Pertanto, in relazione alle risorse disponibili e alle scadenze temporali stabilite, si è proceduto prioritariamente nella valutazione e nell'omogeneizzazione dei PAI vigenti anche al fine di avviare il loro aggiornamento in relazione alle successive scadenze stabilite dal decreto legislativo 49/2010.

Per il bacino dell'Area territoriale tra il Bacino del Fiume San Leonardo e il Bacino del fiume Anapo (092) sono state individuate e pubblicate sul sito web dell'Assessorato del Territorio e dell'Ambiente della Regione Siciliana ([www.sitr.regione.sicilia.it/pai/bacini.htm](http://www.sitr.regione.sicilia.it/pai/bacini.htm)) le mappe riportanti le aree di pericolosità e di rischio, desunte dal PAI.

### **Perimetrazione delle aree a diversa pericolosità di inondazione e valutazione del rischio idraulico**

La stima della pericolosità costituisce il presupposto essenziale per la valutazione del rischio sul territorio: a seconda delle informazioni disponibili e dell'affidabilità della ricostruzione delle aree inondabili, la pericolosità è stata valutata in maniera differente.

Nel caso in cui la scala della cartografia disponibile e le connesse sezioni trasversali della valle fluviale non consentissero di ottenere un'affidabile distribuzione spaziale delle altezze idriche all'interno dell'area inondata (ottenuta peraltro utilizzando modelli monodimensionali, oppure bidimensionali semplificati), si è fatto riferimento ad una metodologia, cosiddetta "semplificata", che valuta la pericolosità soltanto in funzione del tempo di ritorno.

Nel caso in cui, invece, i risultati della modellazione idraulica fossero supportati da elementi conoscitivi di dettaglio (cartografia 1:2000 e/o sezioni trasversali rilevate in loco), atti a consentire una notevole affidabilità relativa al calcolo della distribuzione spaziale delle grandezze idrauliche (ottenute tramite l'uso di modelli mono/bidimensionali o quasi-bidimensionali), si è fatto ricorso ad una metodologia "completa" che valuta la pericolosità incrociando le informazioni relative al tempo di ritorno con quelle relative alla distribuzione spaziale delle altezze idriche.

### **Metodologia semplificata**

In questo caso gli elementi di conoscenza disponibili non sono stati giudicati sufficienti per determinare in modo affidabile la distribuzione spaziale delle altezze idriche all'interno dell'area inondabile: la pericolosità è stata allora valutata soltanto in funzione del tempo di ritorno e, in particolare, in modo inversamente proporzionale allo stesso.

Per quanto riguarda la scelta dei tempi di ritorno ai quali fare riferimento per la valutazione della pericolosità e quindi del rischio, il D.P.C.M. del 29/09/98, nella fase 2 di perimetrazione e valutazione dei livelli di rischio, indica che dovranno essere identificate sulla cartografia aree caratterizzate da tre diverse probabilità di evento e, conseguentemente, da diverse rilevanze di piena:

- aree ad alta probabilità di inondazione (con tempi di ritorno di 20-50 anni);
- aree a moderata probabilità di inondazione (con tempi di ritorno di 100-200 anni);
- aree a bassa probabilità di inondazione (con tempi di ritorno di 300-500 anni).

In particolare nell'ambito del presente P.A.I. sono stati selezionati tempi di ritorno pari a 50, 100 e 300 anni, cioè gli estremi inferiori degli intervalli proposti per le probabilità di inondazione moderata e bassa e, a vantaggio di sicurezza, l'estremo superiore per alta probabilità di inondazione.

La pericolosità, così come già detto prima, è stata valutata in modo inversamente proporzionale al tempo di ritorno stesso:

<b>T</b>	<b>P</b>
<b>50</b>	<b>P3</b>
<b>100</b>	<b>P2</b>
<b>300</b>	<b>P1</b>

*Figura 4 Calcolo della pericolosità idraulica secondo la metodologia semplificata*

Sulla base della suddetta tabella è possibile ricavare la carta di pericolosità idraulica per l'area in studio.

Le classi di rischio sono dunque determinate dalla sovrapposizione di questa carta con gli elementi a rischio risultanti dalle informazioni derivate dalla CTR in scala 1:10.000 e dalle ortofoto alla medesima scala. Mediante l'incrocio del dato relativo all'elemento con quello della classe di pericolosità, si può pertanto risalire agevolmente al grado di rischio. Il valore del rischio si è assunto, in via convenzionale e qualitativa, crescente con l'indice della classe di appartenenza.

<b>Rischio</b>	<b>E1</b>	<b>E2</b>	<b>E3</b>	<b>E4</b>
<b>P1</b>	R1	R1	R2	R3
<b>P2</b>	R1	R2	R3	R4
<b>P3</b>	R2	R2	R4	R4

*Figura 5 Valutazione del rischio idraulico secondo la metodologia semplificata*

### Metodologia completa

Nel caso in cui i risultati della modellazione idraulica, supportati da una buona qualità dell'informazione cartografica e morfologica disponibile, fornissero informazioni spazialmente distribuite delle altezze idrauliche, ricavate con l'applicazione attendibile di modelli mono/bidimensionali o quasi-bidimensionali, si è fatto ricorso ad una metodologia "completa" che valuta la pericolosità incrociando le informazioni relative al tempo di ritorno e alla distribuzione spaziale delle altezze idriche stesse.

Altri parametri come la velocità dell'acqua e il tempo di permanenza della stessa non sono stati considerati a causa della difficoltà di ottenere, in tutti i casi, delle valutazioni sufficientemente attendibili. In relazione alle precedenti considerazioni si è individuato un metodo per la definizione dei livelli di pericolosità, con riferimento all'entità delle inondazioni valutate in base al valore dei tiranti idrici e del tempo di ritorno.

Il calcolo della pericolosità è definito nella Tabella sotto.

Battente Idraulico	Tempo di Ritorno		
	50	100	300
<b>H&lt;0.3 m</b>	P1	P1	P1
<b>0.3&lt;H&lt;1 m</b>	P2	P2	P2
<b>1&lt;H&lt;2 m</b>	P4	P3	P2
<b>H&gt;2 m</b>	P4	P4	P3

Figura 6 Calcolo della pericolosità idraulica secondo la metodologia completa.

Per quanto riguarda il valore del tirante idrico è evidente che esso influisce sull'entità dei danni e, quindi, sulle potenzialità d'uso del territorio.

Un livello di inondazione dell'ordine di poche decine di cm comporta danni limitati e qualche piccolo disagio alle persone, mentre livelli di inondazione superiori procurano disagi e danni notevolmente maggiori, che difficilmente possono essere sopportati dalle popolazioni. Si può ritenere che sino a 0.3 m i danni e i disagi siano ancora contenuti, mentre per livelli di inondazione più elevati vi sia un notevole incremento sia dei danni sia del disagio percepito.

Le classi di rischio sono dunque determinate dalla sovrapposizione della carta della pericolosità con gli elementi a rischio determinati sulla base della cartografia disponibile.

Mediante l'incrocio del dato relativo all'elemento a rischio con quello della classe di pericolosità, si può risalire agevolmente al grado di rischio. La valutazione del rischio si è così effettuata sulla base della matrice riportata nella Tabella sotto.

<b>Rischio</b>	<b>E1</b>	<b>E2</b>	<b>E3</b>	<b>E4</b>
<b>P1</b>	R1	R1	R2	R2
<b>P2</b>	R1	R2	R3	R3
<b>P3</b>	R2	R2	R3	R4
<b>P4</b>	R2	R3	R4	R4

*Figura 7 Figura 4 Calcolo del rischio idraulico secondo la metodologia completa.*

### Le mappe del rischio

Il Decreto Legislativo 49/2010 prevede che le mappe del rischio di alluvioni indichino le potenziali conseguenze negative derivanti dalle alluvioni, nell'ambito degli scenari di pericolosità idraulica e prevedono le 4 classi di rischio di cui al decreto del Presidente del Consiglio dei Ministri in data 29 settembre 1998, (pubblicate G.U. n. 3 del 5 gennaio 1999), espresse in termini di:

- d. numero indicativo degli abitanti potenzialmente interessati;
- e. infrastrutture e strutture strategiche (autostrade, ferrovie, ospedali, scuole, etc.);
- f. beni ambientali, storici e culturali di rilevante interesse presenti nell'area potenzialmente interessata;
- g. distribuzione e tipologia delle attività economiche insistenti sull'area potenzialmente interessata;
- h. impianti di cui all'allegato I del decreto legislativo 18 febbraio 2005, n. 59, che potrebbero provocare inquinamento accidentale in caso di alluvione e aree protette potenzialmente interessate, individuate all'allegato 9 alla parte terza del decreto legislativo n. 152 del 2006;
- i. altre informazioni considerate utili dalle autorità di bacino distrettuali, come le aree soggette ad alluvioni con elevato volume di sedimenti.

Per quanto riguarda quindi, l'individuazione e mappatura del rischio idraulico, la normativa indica i criteri di massima sia per la valutazione degli elementi esposti sia delle condizioni di rischio, confermando la validità delle indicazioni già fornite nel D.P.C.M. 29/09/98 aggiungendo e/o dettagliando gli aspetti relativi al numero di abitanti potenzialmente esposti e alla presenza di impianti IPPC-AIA e di aree protette.

Le mappe di rischio sono il risultato del prodotto della pericolosità e del danno potenziale in corrispondenza di un determinato evento:

$$R = P \times E \times V = P \times Dp$$

Ove:

- **P** (pericolosità): probabilità di accadimento, all'interno di una certa area e in un certo intervallo di tempo, di un fenomeno naturale di assegnata intensità;
- **E** (elementi esposti): persone e/o beni (abitazioni, strutture, infrastrutture, ecc.) e/o attività (economiche, sociali, ecc.) esposte ad un evento naturale;
- **V** (vulnerabilità): grado di capacità (o incapacità) di un sistema/elemento a resistere all'evento naturale;
- **Dp** (danno potenziale): grado di perdita prevedibile a seguito di un fenomeno naturale di data intensità, funzione sia del valore che della vulnerabilità dell'elemento esposto;

- **R** (rischio): numero atteso di vittime, persone ferite, danni a proprietà, beni culturali e ambientali, distruzione o interruzione di attività economiche, in conseguenza di un fenomeno naturale di assegnata intensità

La Vulnerabilità assume valori compresi tra 0 (struttura non vulnerabile) e 1 (struttura molto vulnerabile) e in questa prima fase è stata assunta cautelativamente pari a 1.

Per quanto riguarda il danno potenziale l'analisi è stata condotta in modo qualitativo associando le categorie di elementi esposti a condizioni omogenee di danno potenziale attribuendo peso crescente da 1 a 4.

Negli elaborati cartografici in scala 1:10.000 denominati "mappa del rischio ai sensi dell'art. 6 del D.Lgs 23/02/2010 n. 49", per i bacini riportati nella tabella 1, sono riportate le aree a rischio secondo la classificazione del DPCM 29 settembre 1998 distinte in:

- **R4** (rischio molto elevato);
- **R3** (rischio elevato);
- **R2** (rischio medio);
- **R1** (rischio moderato o nullo).

Il PGRA per ciascuna area elabora una prima valutazione economica del Danno in prospettiva di un'analisi costi benefici secondo la metodologia utilizzata al momento di tipo semplificato riportata nell'allegato "Analisi costi benefici -Valutazione economica del danno atteso e analisi economiche".

### **Le aree critiche**

Nel corpo del PGRA, vengono individuate alcune aree critiche, e precisamente:

- i "Siti di attenzione" dei Piani per l'assetto idrogeologico (P.A.I.) di competenza dell'Assessorato Regionale del Territorio e dell'Ambiente;
- le aree potenzialmente a rischio individuate nei piani di protezione civile comunali e intercomunali in tema di rischio idrogeologico, meglio identificate come "Nodi idraulici classificati" e "Aree allagabili soggette ad onde anomale", per le quali la Regione Sicilia si riserva in futuro di effettuare studi e indagini necessari per la classificazione dell'effettivo livello di pericolosità e di rischio. In queste aree critiche, nelle more di classificazione del rischio, l'art.6 delle Norme di attuazione, disciplina gli interventi di edilizia e trasformazione del territorio. Per la realizzazione di interventi classificati come E3 (Ferrovie) ed E4 prevede la verifica di compatibilità idraulica.

### **I siti d'attenzione**

Nell'elaborazione dei Piani per l'Assetto Idrogeologico gli studi idrologici e idraulici effettuati hanno portato all'individuazione di aree di pericolosità idraulica. Sono emerse oltre alle aree di pericolosità aree indicate come siti di attenzione. Tali aree concorrono a definire il quadro conoscitivo di base per la valutazione

preliminare del rischio e vanno intese come aree su cui approfondire il livello di conoscenza delle condizioni geomorfologiche e/o idrauliche in relazione alla potenziale pericolosità.

Per tali aree il PGRA prevede la successiva elaborazione di studi di aggiornamento e approfondimento per completare le valutazioni necessarie e/o per produrre i livelli informativi per la individuazione della pericolosità e rischio in conformità a quanto previsto dalla Direttiva per il successivo ciclo di pianificazione e contestualmente per aggiornare e integrare i P.A.I. vigenti relativamente ai corsi d'acqua e ambiti territoriali o nuove aree soggette a fenomeni di allagamento.

### **I nodi idraulici critici per l'attività di protezione civile**

Il Dipartimento Regionale della Protezione Civile ha fornito un primo contributo alla redazione del Piano nella prospettiva di avviare sin d'ora alla successiva fase di valutazione preliminare effettuando un censimento finalizzato a individuare le interferenze tra reticolo idrografico e impatto antropico che può costituire fonte di criticità.

Il Dipartimento ha sintetizzato i risultati in uno studio (Dipartimento Regionale della Protezione Civile Servizio Regionale Rischi Idrogeologici E Ambientali- Rapporto Preliminare Rischio Idraulico in Sicilia- versione 4-2014), cui si rinvia per una più completa analisi. Lo studio non fa riferimento a eventi specifici, né a calcoli idrologici o idraulici o a mappe di rischio, e viene proposto come strumento di prevenzione nel quadro delle attività di protezione civile. Esso quindi è da considerarsi come il presupposto per l'implementazione delle attività di ricognizione e di presidio territoriale individuate tra le misure di piano.

Lo studio, in sintesi, evidenzia la presenza di diffuse anomalie idrauliche soprattutto nell'ambito del reticolo idrografico minore e, in corrispondenza degli agglomerati urbani schematizzabili nelle due seguenti categorie:

- interferenze tra corsi d'acqua e viabilità;
- interferenze tra corsi d'acqua e edificato.

Tali interferenze, intese come intersezioni tra viabilità e corsi d'acqua o qualsivoglia situazione per la quale sia temibile una situazione di potenziale rischio relativa all'interferenza tra acque superficiali ed elementi antropici, assumono la definizione di "Nodi Idraulici" che, in occasione di eventi estremi di natura meteorologica, possono determinare situazioni di criticità anche gravi.

In apposite mappe generali vengono riportati tutti i nodi idraulici potenzialmente critici, censiti con l'utilizzo di Google Earth Pro (con nuove immagini al 2015) e di Street View.

In tale lavoro l'identificazione dei "nodi censiti" non è supportata da alcuna valutazione di rischio, anche in relazione al fatto che la classificazione del rischio dipende da condizioni al contorno, quale per esempio l'officiosità degli attraversamenti osservata al momento del sopralluogo, che possono mutare nel tempo e pure durante i fenomeni di piena.

Pur tuttavia le mappe riportano tra tutti i nodi censiti i nodi non classificati e i nodi a classificazione del rischio idraulico in: Basso, Moderato, Elevato e Molto Elevato. Classificazione da intendersi come indirizzo da seguire nell'ambito del modello di intervento della pianificazione di protezione civile, tenendo ben presente che si è in presenza di contesti dinamici, cioè dipendenti da una serie di circostanze che possono cambiare nel tempo. In sintesi il Rapporto Preliminare sul Rischio Idraulico della Protezione Civile riporta: *“Pertanto, esso, non può essere in alcun modo utilizzato per analisi o attestazioni di pericolosità o di rischio idraulico e idrogeologico ma soltanto come base di conoscenza preliminare per eventuali successivi approfondimenti finalizzati alla redazione dei Piani comunali e intercomunali di protezione civile o per altri studi di pianificazione e gestione del territorio”*.

### **Mappe delle aree allagabili a seguito di onde anomale**

Il Dipartimento della Protezione Civile, nell'ambito del Piano di Gestione del Rischio Alluvioni, ha pubblicato il rapporto “Mappe allagabili a seguito di onde anomale”.

Estratto dal rapporto:

*Nel rapporto improvvisi innalzamenti del livello del mare sono stati denominati “onde anomale”, intendendo con tale termine sia i fenomeni classicamente associati a eventi sismici, sia quelli che possono essere provocati, per quello che si sa, anche da frane sottomarine o da particolari condizioni atmosferiche (come, per esempio, il “marrobbio”).*

*A fini di protezione civile, ovviamente, si tende a ragionare in termini di previsione e prevenzione; pertanto, di un fenomeno occorre riconoscere i precursori di evento e ipotizzarne i possibili effetti al suolo. Con tali presupposti, bisognerebbe possedere gli strumenti di rilevazione per identificare l'occorrenza di un evento che possa causare le “onde anomale”.*

*Al momento, si attende che la comunità scientifica, insieme al Dipartimento della Protezione Civile, diano indicazioni al riguardo; tuttavia, considerato che la conoscenza della vulnerabilità potenziale al rischio di inondazione delle aree costiere costituisce un importante presupposto per avviare, da subito, le necessarie attività di prevenzione, il Dipartimento Regionale della Protezione Civile, ai sensi del Decreto Legislativo n. 112/98, ha inteso fornire un contributo affinché gli Enti Locali siano messi nella possibilità di predisporre o aggiornare le proprie pianificazioni di emergenza per questo tipo di rischio.*

*Sono state così predisposte, per alcune aree costiere, le “Mappe delle aree allagabili a seguito di onde anomale” che, pur non tenendo conto di una serie di parametri importanti per la simulazione (run-up energia dell'onda, presenza di ostacoli, profondità dei fondali, ecc), permettono di definire i contorni delle zone che, potenzialmente, potrebbero essere soggette all'ingressione marina causata da un generico innalzamento improvviso e repentino del livello del mare.*

*In assenza di modelli di propagazione delle onde di marea, è stato scelto di adoperare un criterio statico (le quote sul livello del mare da 0 a 12 metri, in 4 classi) indipendentemente dalla causa scatenante. Pur nella*



**PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA  
COLLEGAMENTO FERROVIARIO PORTO DI AUGUSTA**

RELAZIONE IDRAULICA E DI COMPATIBILITA'  
IDRAULICA

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS62	01	R14	RIID0002001	B	26 di 51

*semplificazione della metodologia, in tal modo si ha comunque la possibilità di individuare le infrastrutture che potrebbero essere coinvolte e di avviare una pianificazione di emergenza calibrata per il tipo di problematica in esame.*

## **5 AREE A PERICOLOSITA' IDRAULICA SECONDO PAI TORRENTE MULINELLO**

L'analisi territoriale per l'area in studio è stata condotta utilizzando la Carta Tecnica Regionale a scala 1:10.000 e con l'ausilio delle ortofoto della Regione Siciliana (A.R.T.A.).

Attraverso la loro osservazione e mediante i sopralluoghi svolti si sono individuati i siti di potenziale rischio. Lo studio geomorfologico ha inoltre messo in evidenza tutti gli elementi che possono segnalare aree potenzialmente inondabili quali andamento plano-altimetrico dell'alveo, presenza di depositi alluvionali conseguenti a fenomeni di trasporto solido, evidenze relative a precedenti tracce di esondazione, ecc.

In questa prima stesura del PAI, le aree segnalate dai vari Enti come pericolose per inondazione o per evidenti condizioni di pericolo emerse nel corso dei sopralluoghi, sono state indicate nella cartografia allegata come "siti di attenzione".

Questi vanno intesi come aree su cui approfondire il livello di conoscenza delle condizioni geomorfologiche e/o idrauliche in relazione alla potenziale pericolosità e rischio e su cui comunque gli eventuali interventi dovranno essere preceduti da adeguate e approfondite indagini.

Nel territorio comunale di Augusta vengono posti in evidenza diversi i tre siti che si descrivono di seguito:

### **Torrente Porcaria – Carta Tecnica Regionale 1:10.000 641110.**

Sul torrente Porcaria sono state raccolte due segnalazioni pervenute dal Servizio Protezione Civile della Provincia di Siracusa che riguardano due punti in cui si sono verificati danni in passato. In corrispondenza della foce viene messa in evidenza l'eccessiva presenza di materiali che ostacolano un adeguato deflusso delle acque.

Più a monte si segnala l'attraversamento di una strada, che raggiunge un villaggio turistico ed un complesso residenziale, per la quale sarebbe necessaria la costruzione di un ponte dimensionato in maniera adeguata. I due punti, critici in caso di eventi di pioggia intensi, sono stati inseriti nella carta della pericolosità come "siti di attenzione", riservando le necessarie verifiche ad una successiva fase di approfondimento del PAI.

Il Comune di Augusta ha inviato una scheda con la quale segnala un progetto che prevede "interventi di ingegneria naturalistica e bioarchitettura per la realizzazione di briglie, viminate, difese spondali, pulizia, manutenzione e risagomatura delle sezioni idrauliche". Si rimanda la delimitazione delle aree a rischio alla ricezione, che seguirà alla scheda di sintesi inviata, del progetto di "sistemazione idrogeologica del torrente Porcheria a protezione dell'abitato di Brucoli".

### **Foce Fiume San Leonardo – CTR 1:10.000 641060.**

Nell'ambito della redazione del Piano per l'Assetto Idrogeologico del fiume San Leonardo è stata già eseguita la verifica idraulica sul tratto terminale dell'asta fluviale.

A seguito della simulazione sono stati determinati la pericolosità ed il rischio nell'area prossima alla foce. Una parte dell'area interessata dalla potenziale inondazione fa parte dell'area oggetto del presente studio e pertanto viene riportata l'area a pericolosità P3 nella carta della pericolosità e l'area a rischio R4 nella carta del rischio allegate al presente studio.

### Foce Fiume Mulinello – CTR 1:10.000 641150.

La Provincia Regionale di Siracusa ha perimetrato la zona prossima alla foce del fiume Mulinello, all'interno del porto di Augusta, segnalandola a "rischio esondabilità".

Quest'area è stata riportata nella carta della pericolosità ed evidenziata come "sito di attenzione" (vedasi Figura 8).

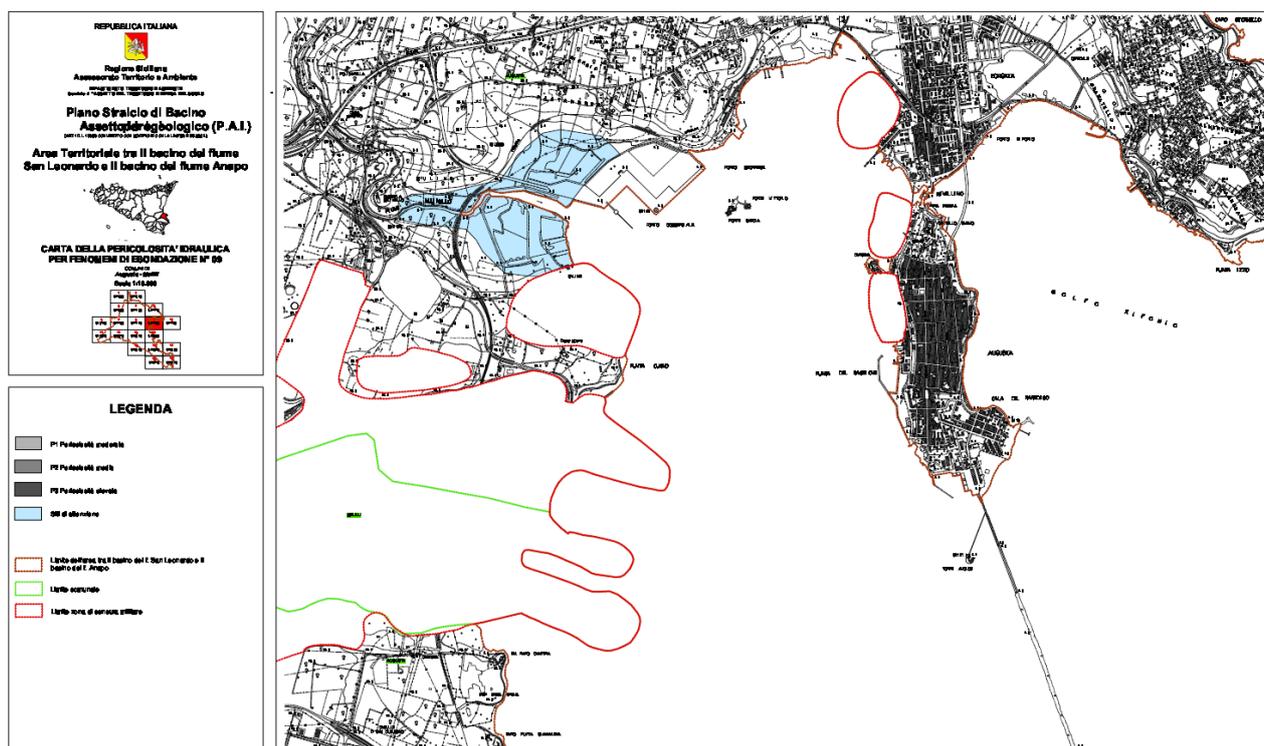


Figura 8 IDRO-092\_09\_PERICOLOSITA'\_641150

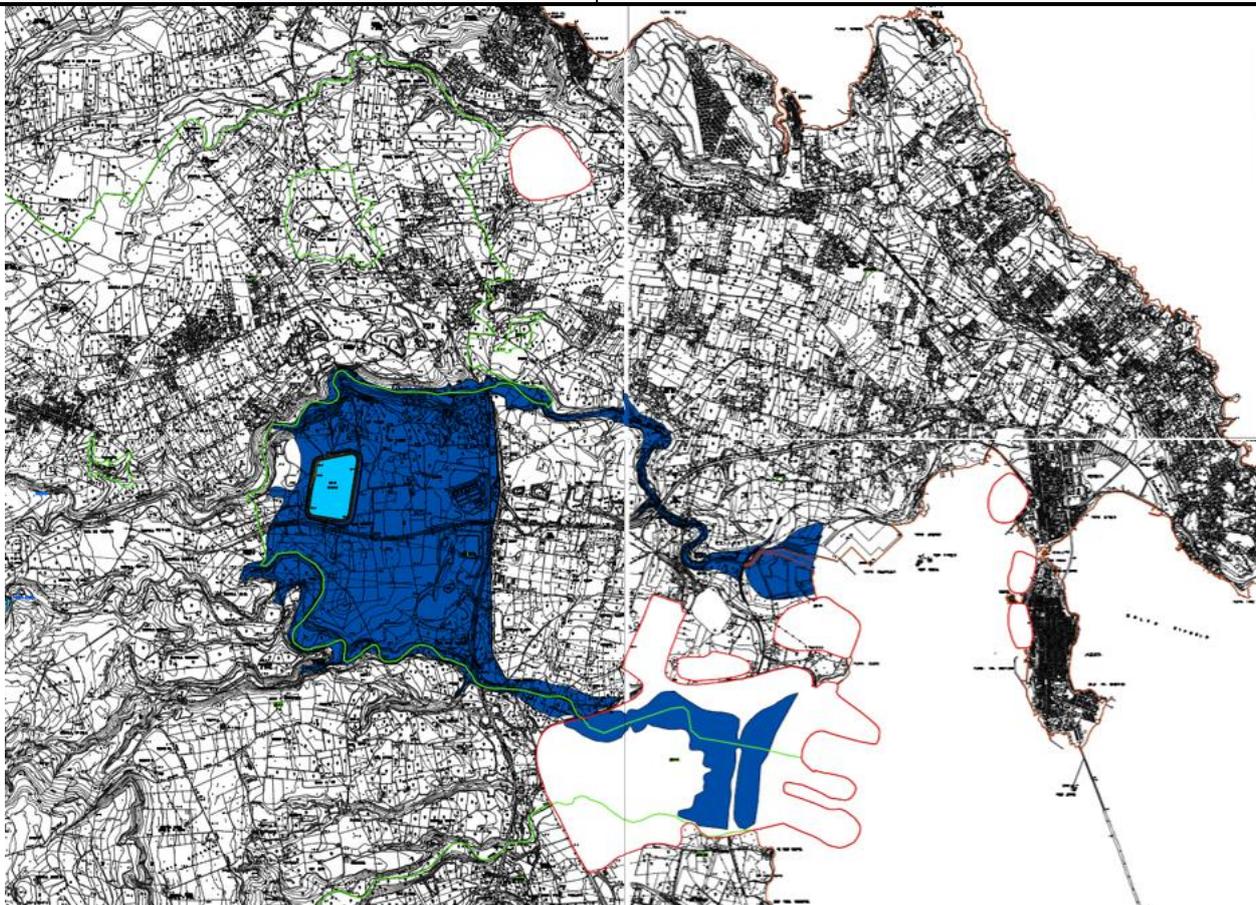


Figura 9 IDRO-092\_09\_COLLASSO-DIGA\_641140-641150-646030-646020

## 5.1 AREE A PERICOLOSITA' IDRAULICA SECONDO PGRA TORRENTE MULINELLO

Il PGRA, per l'area in esame, riporta quanto previsto nel PAI.

## 6 RISULTANZE STUDIO IDROLOGICO

Si riportano di seguito le risultanze dello studio idrologico, di cui alla relazione idrologica-RS6200R14RHID0001001A cui si rimanda per approfondimenti.

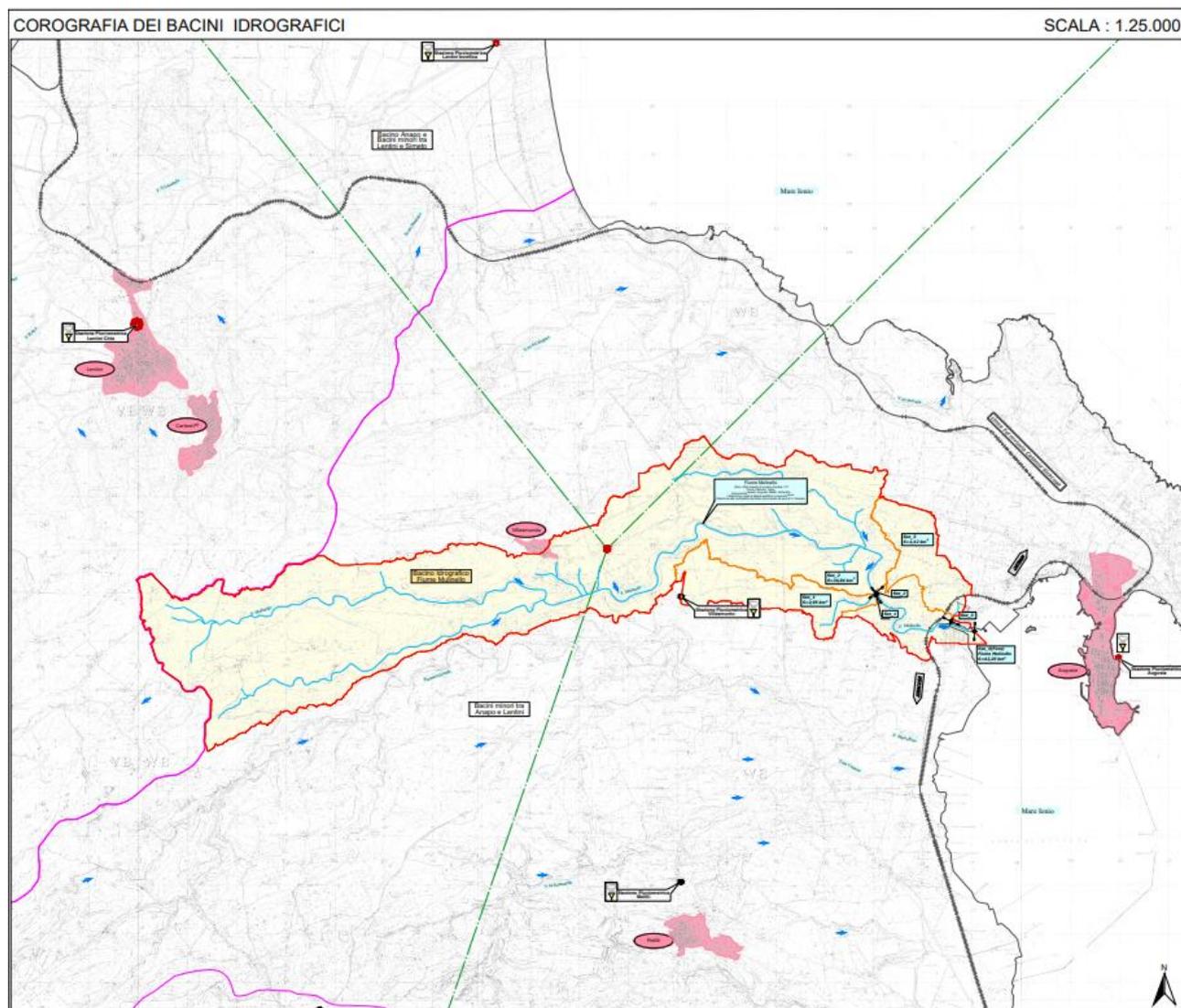


Figura 10 Corografia inquadramento bacino idrografici (ref. Tavola RS6200R14C3ID0001001A)

Nella tabella seguente vengono riportate le portate valutate alla sezione di chiusura del bacino (sezione 0-v. Figura 10), per assegnato tempo di ritorno.

Sezione	Tempo di ritorno	Portata $X_Q$ [mc/s]
Sez.0-Foce	50	169.3
	100	194.6
	200	220.1
	300	234.9

Tabella 2 Portate al colmo di piena alla sezione di chiusura del bacino per tempi di ritorno di 50,100,200 e 300 anni

	<b>PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA</b> <b>COLLEGAMENTO FERROVIARIO PORTO DI AUGUSTA</b>					
	RELAZIONE IDRAULICA E DI COMPATIBILITA' IDRAULICA	COMMESSA RS62	LOTTO 00	CODIFICA R14	DOCUMENTO RIID0002001A	REV. A

## 7 ANALISI IDRAULICA

La metodologia di lavoro seguita, per valutare le possibili criticità indotte sul territorio dall'intervento in progetto, si basa sui seguenti passi:

- definizione dell'ambito di studio e descrizione dell'assetto idraulico di riferimento;
- ricostruzione dell'assetto idraulico attuale, mediante il modello di calcolo bidimensionale
- analisi idraulica dello scenario di progetto, sempre mediante il modello di calcolo, finalizzata al confronto tra i livelli idrici calcolati nella situazione attuale (stato di fatto) e quelli calcolati nello scenario di progetto ed alla definizione delle eventuali soluzioni di mitigazione.

### 7.1 CARATTERISTICHE CODICE DI CALCOLO

I modelli 2D sono stati sviluppati utilizzando la versione 5.07 del Codice di calcolo HEC –RAS realizzato dall'Hydrologic Engineering Center del "U.S. Army Corps of Engineers.

Il codice di calcolo HEC-RAS è un programma sviluppato dal Corpo degli ingegneri dell'esercito U.S.A. presso l'Hydrologic Engineering Centre (HEC) utilizzato per la modellazione mono e bidimensionale di reti di canali naturali e artificiali, River Analysis System (RAS).

Il software HEC RAS permette di:

- Effettuare simulazioni in condizioni stazionarie (*steady flow*) in corrente lenta, veloce o mista, calcolando i corrispondenti profili di corrente.
- Effettuare simulazioni in condizioni non stazionarie (*unsteady flow*).
- Effettuare simulazioni per la classificazione e quantificazione di processi di idrodinamica del trasporto solido relativi a fenomeni di erosione o deposizione generalizzata e/o localizzata.
- Effettuare, all'interno dell'analisi in moto vario, simulazioni idrauliche bidimensionali o monodimensionali integrati con modelli 2D nelle aree inondabili.

Di seguito vengono riportati degli esempi di come le Aree 2D possano essere utilizzate come supporto alla modellazione di HEC-RAS:

- dettagliata modellazione 2D del canale;
- dettagliata modellazione 2D del canale e delle aree golenali;
- combinazione tra canale 1D e aree golenali 2D;
- combinazione tra canale 1D e aree inondabili esterne agli argini;
- connessione diretta del corpo idrico 1D all'interno delle aree inondabili 2D;
- connessione diretta tramite l'ausilio di strutture idrauliche tra aree inondabili 2D e aree di accumulo 1D;
- aree inondabili 2D multiple all'interno di una singola geometria;
- connessione diretta multipla di aree 2D con strutture idrauliche;
- simulazione dettagliata delle breccie in presenza di dighe;
- simulazione dettagliata delle breccie in presenza di argini;
- modellazione mono e bidimensionale in grado di gestire moto supercritico e subcritico e passaggio attraverso risalti idraulici.

Obiettivo principale del modello, utilizzato nell'ipotesi di moto vario, è quello di correlare l'entità della portata liquida in arrivo dal bacino di monte con le velocità e con l'altezza idrometrica raggiunta nell'alveo principale e nelle golene.

Le caratteristiche principali dell'algoritmo di modellazione sono:

- Equazioni complete di Saint Venant o di diffusione dell'onda in 2D: Il programma risolve sia le equazioni 2D di diffusione dell'onda o quelle complete di Saint Venant. Questa opzione è selezionabile dall'utente, offrendo quindi una maggiore flessibilità. In generale, le equazioni di diffusione dell'onda in 2D consentono al software di funzionare più velocemente garantendo inoltre una maggiore stabilità. Le equazioni 2D in forma completa di Saint Venant sono applicabili a una gamma più ampia di problemi, ma la grande maggioranza delle situazioni può essere modellata con sufficiente precisione con le equazioni di diffusione dell'onda.
- Algoritmo di soluzione ai volumi finiti: Il risolutore delle equazioni di moto bidimensionale utilizza un algoritmo implicito ai volumi finiti. L'algoritmo di soluzione consente di utilizzare step temporali di calcolo maggiori rispetto ai metodi espliciti. L'approccio ai volumi finiti fornisce una misura dei miglioramenti in termini di stabilità e robustezza rispetto alle tradizionali tecniche differenziali di soluzione basate su metodi agli elementi finiti.

- Modellazione combinata 1D e 2D che prevede la possibilità di eseguire una simulazione combinata 1D e 2D all'interno dello stesso modello in regime di moto vario che permettendo di lavorare su schemi fluviali più complessi, utilizzando come sopra descritto la modellazione 1D per l'alveo, e la modellazione 2D aree inondabili esterne.
- Algoritmo per la soluzione accoppiata dei modelli 1D e 2D: Gli algoritmi di soluzione 1D e 2D sono strettamente accoppiati nello stesso passo temporale di calcolo permettendo una perfetta coerenza a ogni step tra i modelli 1D e 2D. Ad esempio, se un fiume è modellato in 1D, ma l'area dietro un argine è modellata in 2D, il deflusso al di sopra dell'argine o eventualmente attraverso una breccia nell'argine è valutato utilizzando come carico di monte il livello nel fiume 1D e come carico di valle il livello nell'area 2D. L'equazione dello stramazzo è utilizzata per calcolare il deflusso al di sopra dell'argine o attraverso la breccia.
- Maglie computazionali strutturate e non strutturate: Il software è stato progettato per utilizzare mesh computazionali strutturati o non strutturati. Ciò significa che le cellule computazionali possono essere triangoli, quadrati, rettangoli o anche elementi a cinque e sei facce. La maglia può essere una miscela di forme e dimensioni delle celle. Il contorno esterno della maglia computazionale è definito con un poligono.
- Tabella dettagliata delle proprietà idrauliche per le celle di calcolo: All'interno di HEC-RAS le celle e le facce delle celle si basano sui dati del terreno sottostante (DTM). Ogni cella della maglia computazionale è pre-elaborato per sviluppare dei grafici dettagliati sulle proprietà idrauliche basate sul terreno sottostante che vengono utilizzati nella modellazione di HEC. Inoltre, ogni faccia delle celle viene valutata come una sezione trasversale dove vengono elaborate in tabelle che descrivono le proprietà idrauliche. Il flusso si muove in tutta la faccia (tra le celle) basandosi su questi dati. Questo permette agli utenti di utilizzare delle celle molto grandi senza però perdere troppo il dettaglio del terreno sottostante che governa il movimento del flusso. Il vantaggio è un minor numero di calcoli e quindi tempi di esecuzione molto più veloci.
- Dettagliata mappatura dello scenario degli allagamenti con animazioni: La perimetrazione delle aree allagabili così come le animazioni dello scenario degli allagamenti in funzione del tempo può essere fatta all'interno di HEC-RAS utilizzando le funzionalità di RAS-Mapper. La mappatura delle aree allagate si basa sul DTM, ciò significa che la reale superficie bagnata sarà basata sui dettagli della morfologia del terreno sottostante e non sulla dimensione della cella di calcolo. Le celle quindi possono anche essere parzialmente bagnate/asciutte.

- Algoritmo di calcolo basato su sistemi Multi-Processore: Il modello di calcolo 2D è stato programmato per sfruttare i sistemi multi-processore presenti sui computer moderni (architettura parallela). In questo l'algoritmo di soluzione presenta una maggiore velocità e quindi i computer dotati di più processori saranno in grado di eseguire la modellazione 2D più velocemente rispetto ai computer a singolo processore.

### 7.1.1 DEFINIZIONI

Il modello utilizza, all'interno dei suoi algoritmi di calcolo, elementi dell'idraulica dei canali a pelo libero, si ritiene, quindi, opportuno prima di procedere oltre, inserire alcuni elementi per meglio chiarire il funzionamento del modello stesso.

#### Moto permanente e vario

Il criterio di distinzione fra i due tipi di moto è il loro andamento nei confronti della variabile "tempo". Se profondità, velocità e portata rimangono costanti nel tempo in una determinata sezione di un corso d'acqua, il moto è permanente; se una di queste caratteristiche varia, il moto è vario. Il passaggio di un'onda di piena lungo un tronco d'alveo è un esempio di moto vario perché profondità, velocità e portata cambiano nel tempo. La ragione per cui HEC-RAS, modello di moto permanente, può essere usato per il moto vario, come è da considerarsi a rigore un'onda di piena, sta nella lentezza con cui l'onda cresce e si esaurisce. Un ipotetico osservatore sulla sponda di un corso d'acqua non è infatti in grado di apprezzare la curvatura dell'onda e non apprezza le variazioni istantanee di livello che si verificano.

Eccetto quindi casi estremi, la variazione di portata avviene gradualmente e i risultati ottenuti usando metodi analitici per moto permanente sono ugualmente di buona qualità.

#### Moto uniforme e vario

Quando il moto è uniforme, profondità e velocità sono costanti lungo un tratto di canale. La forza di gravità provoca il movimento dell'acqua, in equilibrio con gli attriti. Il moto non è accelerato né decelerato. Per un canale naturale non si può parlare di moto uniforme in senso stretto, perché la geometria delle sezioni trasversali e l'area bagnata variano lungo il canale, causando accelerazioni e decelerazioni del moto. A rigore il moto uniforme è possibile solo in un canale prismatico con sezione e pendenza costanti. D'altra parte è considerato corretto

assumere che il moto sia uniforme quanto il pelo libero è approssimativamente parallelo al fondo del canale; in tal caso si assume che anche la linea dell'energia sia parallela al fondo.

Nel caso di moto vario profondità e velocità cambiano con la distanza lungo il canale; si può distinguere tra moto "gradualmente vario" quando le variazioni nell'altezza del pelo libero avvengono in una distanza relativamente lunga e modo "rapidamente vario" se le variazioni sono brusche.

Quest'ultima distinzione è importante in quanto HEC-RAS calcola i profili solamente in situazioni di moto gradualmente vario.

#### Moto subcritico e supercritico

Il moto in un canale a pelo libero può essere classificato come subcritico, supercritico o critico.

La determinazione del tipo di moto secondo questa classificazione è di fondamentale importanza nell'utilizzo del modello, perché cambia il verso in cui si procede nello studio del profilo idraulico partendo da una delle due estremità del tratto d'alveo in esame.

Le perturbazioni che interessano la superficie liquida, infatti, si propagano verso monte nel caso di moto subcritico ma non nel caso di moto supercritico, e ciò risulta fondamentale nella scelta del punto di partenza nel calcolo del profilo idraulico.

Una delle prime operazioni da fare è quindi la determinazione del tipo di moto che si sviluppa nel tratto oggetto dell'indagine condotta con il modello.

Per definire il punto di separazione fra moto subcritico e supercritico viene utilizzato il numero adimensionale di *Froude*, rapporto fra le forze gravitazionali e le forze inerziali:

$$Fr = \frac{V}{\sqrt{gh_m}}$$

dove:

V = velocità media Q/A [m/s]



PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA  
COLLEGAMENTO FERROVIARIO PORTO DI AUGUSTA

RELAZIONE IDRAULICA E DI COMPATIBILITA'  
IDRAULICA

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS62	00	R14	RIID0002001A	A	37 di 51

$g$  = accelerazione di gravità [ $m/s^2$ ]

$h_m$  = altezza media della corrente [m]

Se il numero di Froude risulta minore di 1, il moto è subcritico, se invece è superiore, il moto è supercritico; se risulta uguale a 1, il moto è critico e la situazione è di particolare instabilità.

Questa definizione del numero di Froude ipotizza che ci sia una distribuzione uniforme di velocità nella sezione. Per un canale simmetrico, rettangolare, triangolare, trapezoidale, ecc., questo presupposto si realizza, ma nel caso di un canale naturale, con sezioni irregolari e aree golenali, l'espressione data non è più valida e non può essere rigorosamente utilizzata per determinare il tipo di moto; in questo caso sarebbe più corretto utilizzare dei numeri di Froude particolari, che tengano conto delle variazioni geometriche, di velocità e di portata.

La ricerca di questi particolari numeri di Froude va effettuata caso per caso, consultando eventualmente la letteratura esistente. Il modello, comunque, effettua al suo interno le necessarie approssimazioni e ridefinizioni del valore di questo parametro.

### Altezza critica

L'altezza critica è una caratteristica molto importante per il moto, dato che, come già accennato, rappresenta un criterio per discriminare i vari regimi di moto.

Il moto che si sviluppa con un'altezza pari, o vicina, all'altezza critica è chiamato moto critico; questa situazione è molto instabile poiché una piccola variazione di energia specifica causa grandi variazioni di livello.

L'energia specifica  $E$  di una sezione trasversale è l'energia riferita al punto più basso del tratto in esame; è quindi la somma della profondità  $Y$  e del termine cinetico  $V^2/2g$ :

$$E = Y + \frac{V^2}{2g}$$

La determinazione dell'altezza critica viene complicata dalla distribuzione delle velocità che ci si trova ad avere in sezioni irregolari, associate a flusso nelle golene. Il contributo cinetico nell'equazione dell'energia specifica deve quindi essere corretto tramite un moltiplicatore  $\alpha$  di Coriolis. Si ha quindi:

	<b>PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA</b> <b>COLLEGAMENTO FERROVIARIO PORTO DI AUGUSTA</b>					
	RELAZIONE IDRAULICA E DI COMPATIBILITA' IDRAULICA	COMMESSA RS62	LOTTO 00	CODIFICA R14	DOCUMENTO RIID0002001A	REV. A

$$E = Y + \alpha \frac{V^2}{2g}$$

In HEC-RAS, l'altezza critica relativa ad una sezione viene determinata ricercando il minimo dell'energia specifica. La ricerca viene fatta con un procedimento iterativo partendo da un valore *WS* di primo tentativo al quale ne consegue un valore di energia specifica dato dalla precedente equazione, che verrà poi corretto fino alla determinazione del *WS* in grado di garantire il minimo valore di *E*.

HEC-RAS può calcolare l'andamento di profili subcritici e supercritici. Viene però richiesto all'utente di specificare il regime di moto all'atto del setup dell'applicazione.

#### 7.1.2 MODELLAZIONE DEL TERRENO

Ai fini di una corretta modellazione idraulica in campo bidimensionale il primo step fondamentale consiste nella generazione di un corretto e dettagliato modello del terreno, che costituirà la discriminante principale degli output relativi all'estensione delle aree inondabili e ai livelli raggiunti dall'acqua in queste ultime.

La superficie topografica utilizzata nel modello idraulico 2D deve rappresentare con accuratezza e continuità l'elevazione del piano campagna, rimosse le strutture superficiali quali edifici, manufatti, rilevati, vegetazione.

#### 7.1.3 CREAZIONE DELLA MESH DI CALCOLO

Definito e generato lo "sfondo" per il progetto in analisi, cioè l'andamento digitale del terreno e del corpo idrico, si è passati alla creazione del grigliato di calcolo che costituisce il corpo dell'area 2D, per lo sviluppo della simulazione vera e propria.

Lo schema risolutivo della versione HEC-RAS 5.0.7. è basato su un algoritmo ai volumi finiti che permette di utilizzare per il calcolo una maglia computazionale strutturata e non strutturata che può essere composta da celle con 3, 4, 5, 6 lati fino ad un massimo di 8.

Per la creazione delle aree 2D è stato necessario definire i confini del dominio 2d (dunque tracciare il poligono di contorno).

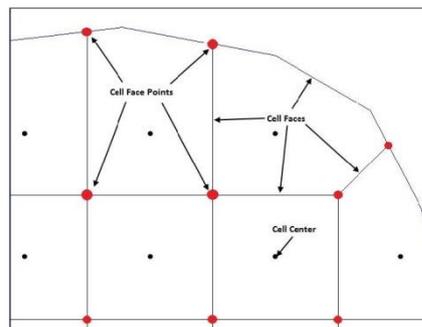
Definito il poligono delle aree 2D si è passati alla creazione della maglia di calcolo all'interno delle aree stesse.

Selezionando l'area cliccando sull'*Edit* è stato possibile scegliere la dimensione della griglia di calcolo, impostando il valore del  $dx$  e del  $dy$ .

Ovviamente i tempi computazionali per effettuare la simulazione sono direttamente legati alle dimensioni della mesh di calcolo e all'estensione del poligono dell'area 2D.

Ogni singola cella che compone le aree 2D è descritta dalle seguenti caratteristiche:

- Cell Center: è dove il pelo idrico è computato;
- Cell Face: sono le linee di contorno. Le facce sono generalmente segmenti lineari eccetto lungo il bordo dove possono essere spezzate;
- Cell Face Point: questi *face point* saranno il punto di collegamento tra le *lateral structures* e l'area 2D.



La risoluzione della grid è definita dalla distanza tra i baricentri di due celle adiacenti lungo una delle direzioni cardinali. La scelta della risoluzione spaziale è un passo estremamente importante per un'accurata simulazione idraulica 2D.

La risoluzione deve essere sufficientemente piccola/bassa per rappresentare con accuratezza la distribuzione spaziale delle proprietà macroscopiche del territorio in relazione al passaggio dell'onda di piena, quali un'accurata rappresentazione degli elementi morfologici principali (golene, versanti), la variazione delle condizioni di scabrezza, il posizionamento dei manufatti e delle infrastrutture viarie ed idrauliche. D'altra parte, però, non

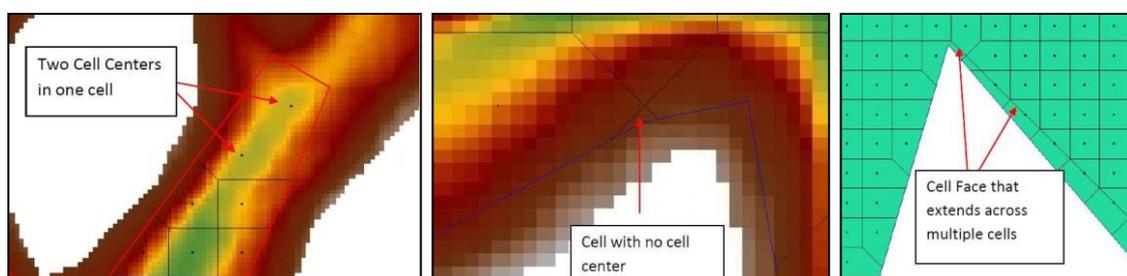
	<b>PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA</b> <b>COLLEGAMENTO FERROVIARIO PORTO DI AUGUSTA</b>					
	RELAZIONE IDRAULICA E DI COMPATIBILITA' IDRAULICA	COMMESSA RS62	LOTTO 00	CODIFICA R14	DOCUMENTO RIID0002001A	REV. A

bisogna eccedere adottando una cella troppo piccola per gestire i tempi di calcolo e rispettare le condizioni di stabilità del modello e la congruità dei risultati (conservazione dei volumi di piena).

#### 7.1.4 PROBLEMI LEGATI ALLA GENERAZIONE DELLA MAGLIA DI CALCOLO

Dopo avere definito il contorno esterno delle aree 2D il programma genera automaticamente le celle che compongono la mesh di calcolo con relativi cell face point, cell faces e cell center. In determinati casi però questa generazione automatica presenta i seguenti problemi che devono essere corretti manualmente spostando o rimuovendo i cell center:

- *Più di un "Cell Center" nella singola cella.* A volte sulle celle di confine il generatore della maglia automatica creerà una cella con più di un punto centrale. Computazionalmente questo non è permesso. Per risolvere il problema basta rimuovere tale punto con il comando remove point.
- *Una cella non ha il "Cell Center".* Ogni cella di calcolo deve avere uno e un solo centro. Può capitare però che nella creazione automatica della maglia una cella non abbia nessun centro. Per risolvere il problema bisogna spostare i punti di confine dell'area 2D o i centri delle celle con il comando move point
- *Il contorno della cella attraversa più celle:* Il generatore della maglia automatico potrebbe creare una faccia che si estende intersecando altre celle. Questo si verifica solo per le celle di confine, e di solito dove il confine è un angolo molto acuto. Per risolvere questo problema è possibile aggiungere punti al poligono di confine con il comando Add point.



### 7.1.5 VARIABILITÀ SPAZIALE DEL MANNING.

Per una simulazione più accurata, è opportuno associare al Terrain Model, quindi alle aree 2D, dei valori di scabrezza variabili che simulino l'eterogeneità reale delle aree inondabili nei confronti del deflusso.

Questa variabilità spaziale viene creata mediante uno *shape file* e inserita all'interno di HEC-RAS nel RAS Mapper. Successivamente mediante l'apposita finestra si assegnano i vari *Land Cover* alle singole aree.

Nelle immagini di seguito, a titolo di esempio, si possono osservare i vari *Land Cover* (strade in nero, edifici in arancione, campi in verde) a cui corrispondono diversi valori di scabrezza.

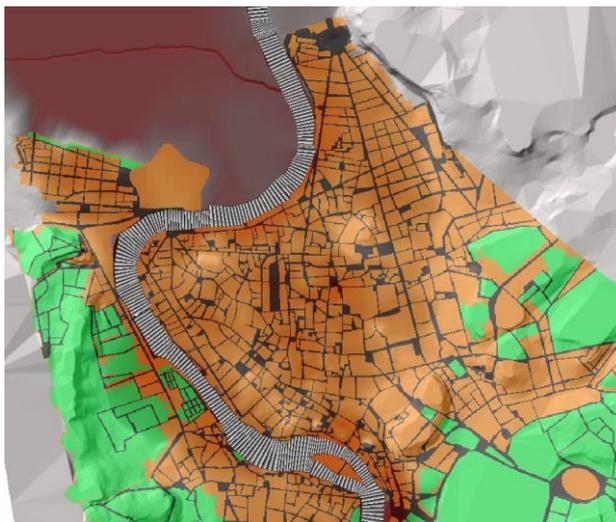


Figura 11 Esempio Land Cover

 <b>ITAFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO	<b>PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA</b> <b>COLLEGAMENTO FERROVIARIO PORTO DI AUGUSTA</b>					
	RELAZIONE IDRAULICA E DI COMPATIBILITA' IDRAULICA	COMMESSA RS62	LOTTO 00	CODIFICA R14	DOCUMENTO RIID0002001A	REV. A

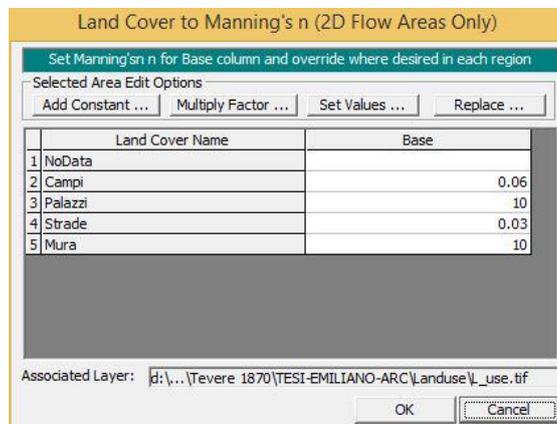


Figura 12 Esempio Variabilità del Coefficiente di Manning per le aree 2D

#### 7.1.6 ANALISI DELLA SIMULAZIONE UTILIZZANDO IL RAS MAPPER.

Completato il processo di simulazione, i file di output relativi al modello monodimensionale possono essere elaborati nella stessa modalità della versione precedente, mentre gli output relativi alla simulazione bidimensionale possono essere analizzati all'interno della sezione *RAS Mapper*.

Il RAS mapper permette infatti in una fase iniziale di poter caricare i files relativi alla geometria del modello monodimensionale e i files *.Tiff* connessi alla modellazione digitale del terreno.

Caricati i dati di input e avviato il processo di simulazione, all'interno del *RAS Mapper* vengono riportati i risultati di output che possono essere manipolati nei vari step temporali che compongono l'intervallo della simulazione.

La finestra di visualizzazione del *RAS Mapper* è composta da:

- ***Geometries***: All'interno di questa sezione possono essere visualizzate tutte le componenti che caratterizzano la geometria del modello (*Storage Areas, 2D Flow Areas, Breaklines, 2d connections, etc*);
- ***Results*** : In questo elenco vengono raccolti tutti gli output delle simulazioni effettuate. Tali valori, quali *Depth, Velocity* e *Water Surface Elevation* possono essere visualizzati dall'utente sia nei loro valori massimi raggiunti sia attraverso un'animazione durante tutto il periodo della simulazione;
- ***Map Layers***: In questa finestra è possibile inserire dei layers da files esterni (*shapefiles*) da inserire all'interno del Mapper in modo tale da ottenere una visualizzazione più diretta durante la fase di analisi dei dati di output.

	<b>PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA</b> <b>COLLEGAMENTO FERROVIARIO PORTO DI AUGUSTA</b>					
RELAZIONE IDRAULICA E DI COMPATIBILITA' IDRAULICA	COMMESSA RS62	LOTTO 00	CODIFICA R14	DOCUMENTO RIID0002001A	REV. A	FOGLIO 43 di 51

- *Terrains*: In quest'ultima sezione è possibile inserire files relativi a terreni digitalizzati o creare i cosiddetti terreni "condizionati", cioè terreni digitalizzati del terreno a cui viene sovrapposto il tubo di flusso del corpo idrico, anch'esso digitalizzato.

#### 7.1.7 PORTATE DI PROGETTO

Come descritto nella Relazione Idrologica (RS6200R14RHID0001001A), l'analisi idrologica è stata condotta sulla base delle seguenti fasi:

- individuazione degli attraversamenti idraulici lungo la linea ferroviaria;
- analisi del modello digitale del suolo per la determinazione dei bacini scolanti afferenti a ciascun attraversamento;
- l'individuazione delle portate di progetto e verifica.

Ai fini della modellazione idraulica, sono stati utilizzati gli idrogrammi desunti da modello HMS per tempi di ritorno di 50-100-200-300 anni.

Si rimanda alla relazione idrologica (IA8W03D09RIID0001002A) per approfondimenti.

## 7.2 MODELLO 2D

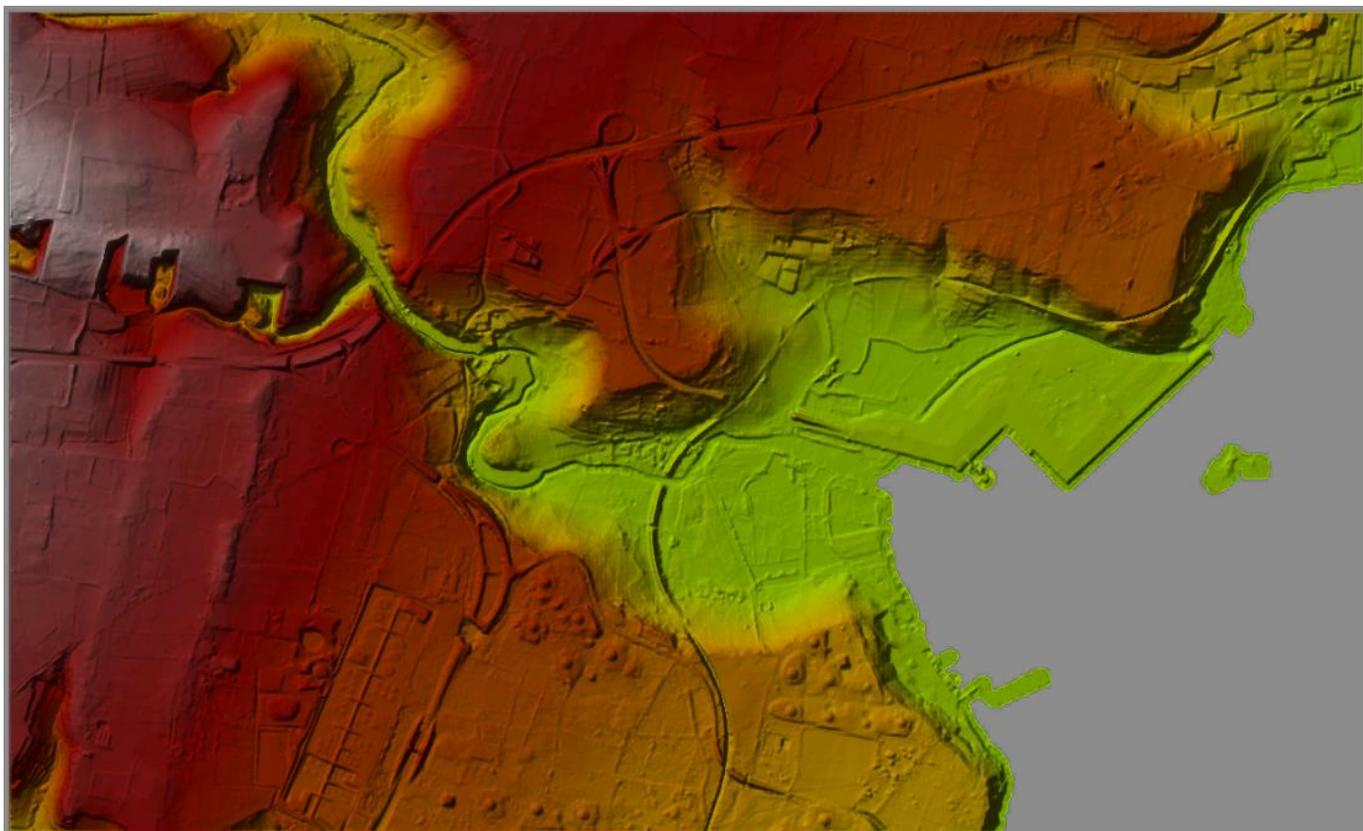
Il modello idraulico è di tipo bidimensionale ed è stato sviluppato utilizzando la versione 5.07 del Codice di calcolo HEC –RAS realizzato dall'Hydrologic Engineering Center del "U.S. Army Corps of Engineers.

Le simulazioni sono state svolte per la configurazione geometrica post operam (P.O.), per lo scenario di portata con Tempo di ritorno di 200 anni.

### 7.2.1 MODELLAZIONE DEL TERRENO

Come anzi detto, la superficie topografica utilizzata nel modello idraulico 2D deve rappresentare con accuratezza e continuità l'elevazione del piano campagna, rimosse le strutture superficiali quali edifici, manufatti, rilevati, vegetazione.

A tale scopo, utilizzando la base dati disponibile del DTM (passo 2.0 m), sono stati utilizzati opportuni strumenti di interpolazione per assegnare ad ogni cella del dominio la rispettiva quota altimetrica, che viene, quindi, stimata a partire da una serie di punti quotati sparsi nel dominio o di un DTM esistente a passo differente da quello di calcolo.



	<b>PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA</b> <b>COLLEGAMENTO FERROVIARIO PORTO DI AUGUSTA</b>					
	RELAZIONE IDRAULICA E DI COMPATIBILITA' IDRAULICA	COMMESSA RS62	LOTTO 00	CODIFICA R14	DOCUMENTO RIID0002001A	REV. A

Figura 13 Modello del Terreno

### 7.2.2 Estensione dominio di calcolo modello 2D

Nella figura seguente sono riportati i limiti del dominio di calcolo del Dominio 2d utilizzato ai fini del presente studio.

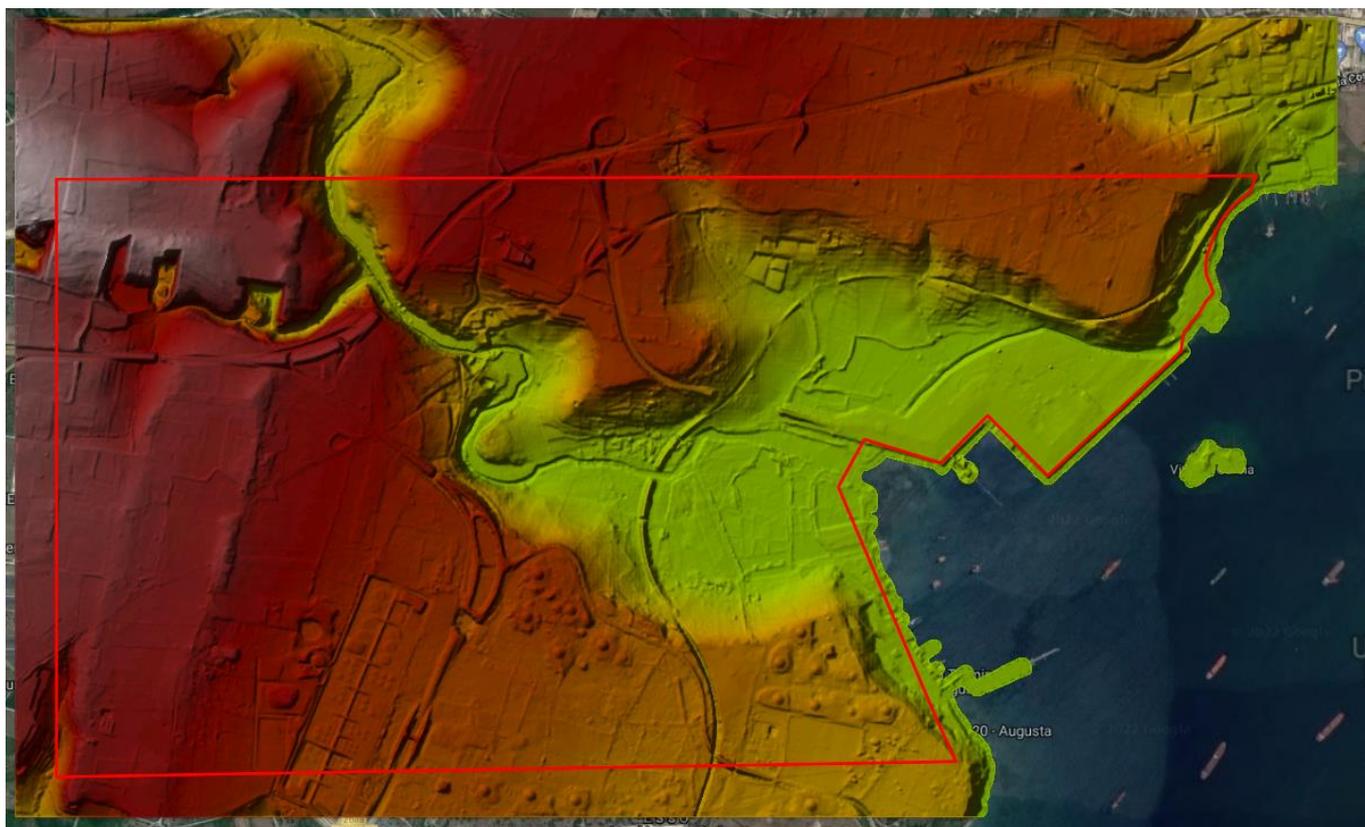


Figura 14 Limiti dominio di calcolo

### 7.2.3 CREAZIONE DELLA MESH DI CALCOLO

Definiti i confini del dominio 2d, entro i confini del dominio è stata creata la maglia di calcolo.

I tempi computazionali per effettuare la simulazione sono direttamente legati alle dimensioni della mesh di calcolo e all'estensione del poligono dell'area 2D.

Una analisi di sensitività della grid size è stata effettuata allo scopo di definire la risoluzione della griglia di calcolo da adottare ai fini del presente studio.

Cercando di bilanciare esigenze di accuratezza e tempi computazionali, condizioni di stabilità del modello oltre che congruità dei risultati (conservazione dei volumi di piena), ai fini del presente studio si è scelto di adottare una mesh uniforme avente dimensione pari a 30 m.

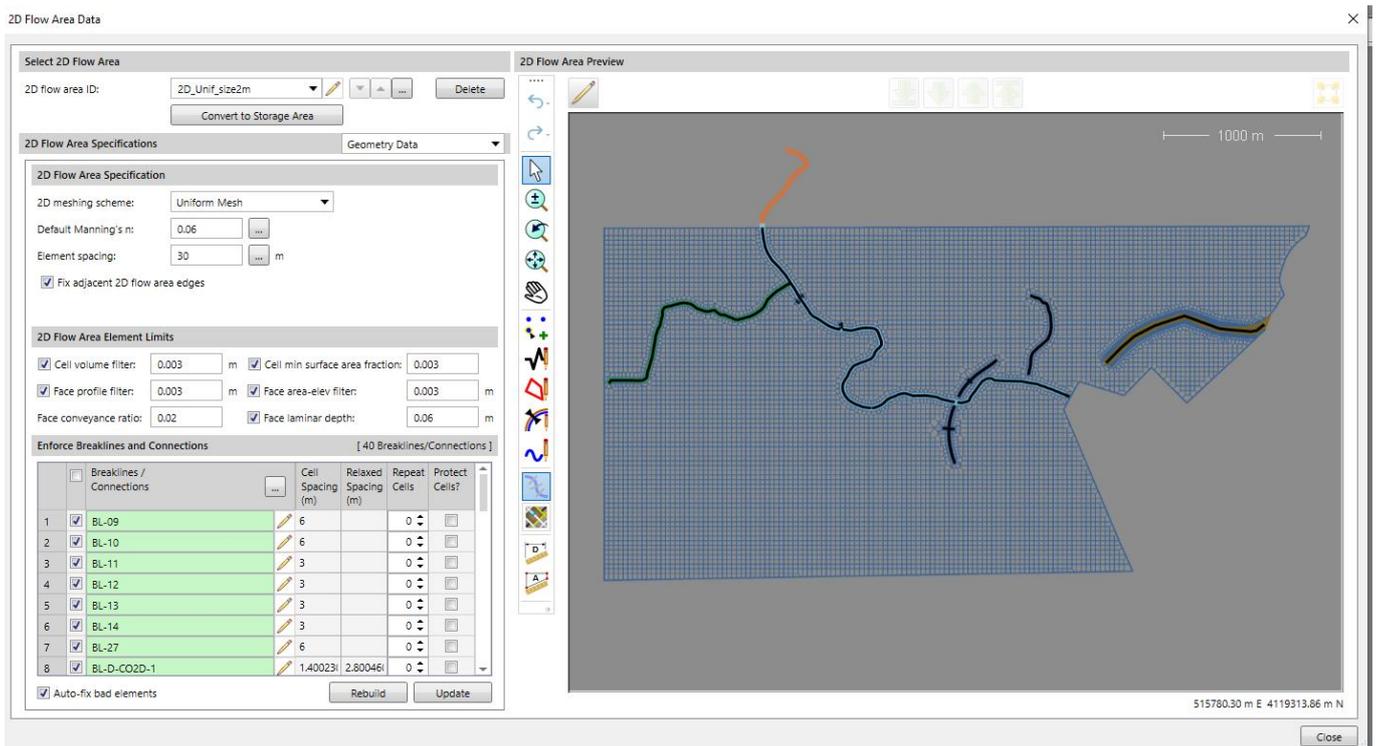


Figura 15: Mesh di calcolo

La mesh di calcolo è stata infittita:

- in corrispondenza della viabilità esistente
- in corrispondenza della idrografia

Particolare attenzione è stata posta nella definizione del dominio 2d in corrispondenza degli attraversamenti ferroviari e stradali, in corrispondenza dei quali la griglia di calcolo è stata ulteriormente rifinita tramite l'inserimento di breaklines.



Figura 16 Refinement mesh di calcolo tramite inserimento di Breaklines (BL)

 <b>ITAFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO	<b>PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA</b> <b>COLLEGAMENTO FERROVIARIO PORTO DI AUGUSTA</b>					
	RELAZIONE IDRAULICA E DI COMPATIBILITA' IDRAULICA	COMMESSA RS62	LOTTO 00	CODIFICA R14	DOCUMENTO RIID0002001A	REV. A

#### 7.2.4 CONDIZIONI AL CONTORNO

Ai fini dell'esecuzione della simulazione, il software richiede una serie di ulteriori dati, ovvero le condizioni al contorno, che sono valori costanti di  $h$  e  $Q$ , valori di  $h$  e  $Q$  variabili nel tempo, relazioni tra  $h$  e  $Q$  (ad es. scala di deflusso per una sezione d'alveo) e le condizioni allo stato iniziale.

Al modello bidimensionale, oggetto di studio, sono state assegnate le seguenti condizioni:

##### Condizioni al contorno di Monte:

Sono stati assegnati gli idrogrammi di piena delle sezioni indicate in rosso nella figura seguente:

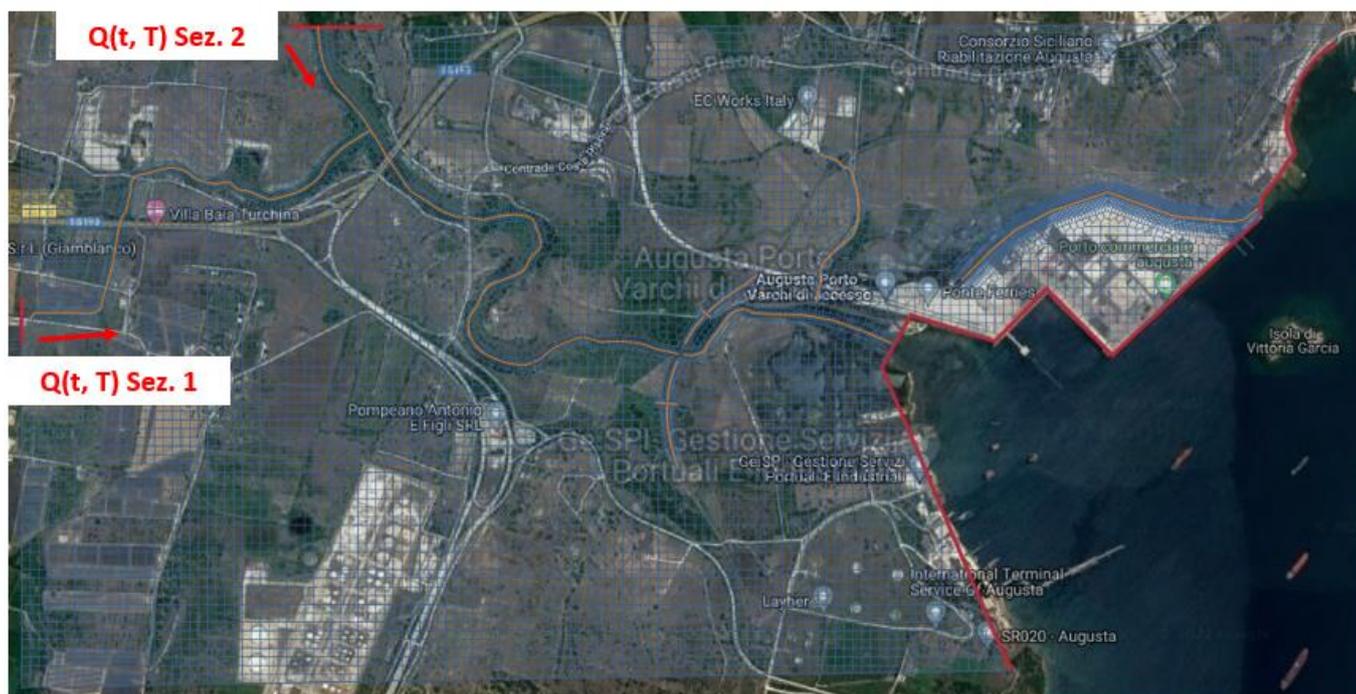


Figura 17: Condizioni al contorno assegnate al Modello 2d

##### Condizioni al contorno di Valle:

In corrispondenza della sezione di valle è stata assegnata una condizione di deflusso libero (Free Outflow).

 <b>ITAFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO	<b>PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA</b> <b>COLLEGAMENTO FERROVIARIO PORTO DI AUGUSTA</b>					
	RELAZIONE IDRAULICA E DI COMPATIBILITA' IDRAULICA	COMMESSA RS62	LOTTO 00	CODIFICA R14	DOCUMENTO RIID0002001A	REV. A

### 7.2.5 CONDIZIONI INIZIALI

Per le sezioni alle quali sono state assegnate degli idrogrammi  $Q(t)$  come condizione al contorno, è stato assegnato come condizione iniziale il valore riportato all'istante iniziale  $Q(t=0)$ .

### 7.2.6 RISULTATI DELLE SIMULAZIONI

I modelli idraulici consentono la determinazione delle grandezze idrodinamiche necessarie ai fini di una più dettagliata caratterizzazione della pericolosità idraulica, la cui rappresentazione è peraltro richiesta dalla direttiva europea 2007/60/CE e del relativo decreto di attuazione D.Lgs 49/2010.

Nella figura che segue si riportano le mappe dei massimi tiranti idrici per un tempo di ritorno di 200 anni desunte dalla modellazione 2D per la configurazione A.O. (Vedasi Tavola RS6200R14P6ID0002005A)



Figura 18: Tiranti massimi nelle configurazioni A.O T=200 Anni

Nella figura che segue sono messe a confronto le mappe dei massimi tiranti idrici per tempo di ritorno di 200 anni per le configurazioni Ante Operam (A.O.) e di progetto (P.O.), desunte da modellazione 2D (Vedasi Tavola RS6200R14P6ID0002005A)

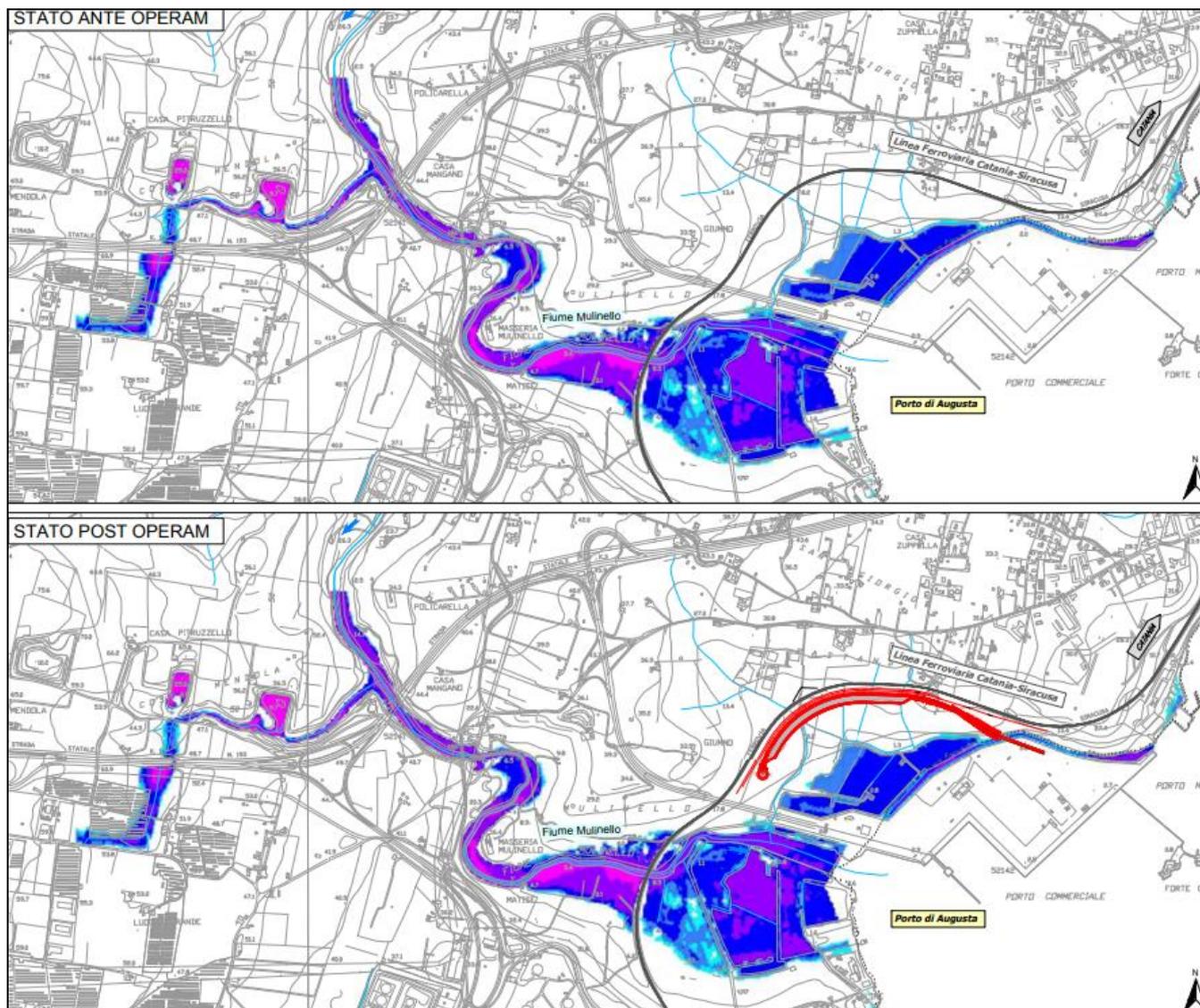


Figura 19 Tiranti massimi nelle configurazioni A.O e P.O. T=200 Anni

Come si evince nella figura sopra, le opere in progetto non aumentano l'estensione delle aree di esondazione, ne' determinano un innalzamento dei livelli idrici nell'area oggetto di intervento.

Per le mappe delle velocità massime per un tempo di ritorno di 200 anni desunte dalla modellazione 2D nella configurazione P.O. si rimanda alla tavola RS6200R14P6ID0002006A.



**PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA  
COLLEGAMENTO FERROVIARIO PORTO DI AUGUSTA**

RELAZIONE IDRAULICA E DI COMPATIBILITA'  
IDRAULICA

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS62	00	R14	RIID0002001A	A	51 di 51

### 7.3 CONCLUSIONI

Come si evidenzia dalle tavole di progetto e dall'analisi sviluppata nei paragrafi precedenti, le opere in progetto:

- non aumentano l'estensione delle aree di esondazione e non aumentano, quindi, il rischio idraulico;
- non modificano i livelli idrici rispetto alla configurazione ante operam

Alla luce delle precedenti considerazioni, la configurazione finale di progetto risulta idraulicamente compatibile con le norme della legislazione vigente di protezione dai rischi idraulici e con la conformazione odierna dei luoghi.