



REGIONE SICILIA

Committente



COMUNE DI POZZALLO
LIBERO CONSORZIO COMUNALE DI RAGUSA

Intervento

LAVORI DI MITIGAZIONE DEL RISCHIO IDROGEOLOGICO DA ESONDAZIONE, REGIMENTAZIONE ACQUE METEORICHE CONFLUENTI ALLA FASCIA COSTIERA EST DEL COMUNE DI POZZALLO
CIG: 9082382AB8 - CUP: C14H20001110001

E - PROGETTO ESECUTIVO

Commessa	Fase	Cap.	El.	Oggetto	Scala
	LP2203	P	0	02	RELAZIONE IDRAULICA

Progettista

Ing. Orazio Pellegrino



Gruppo di Lavoro

Ing. Orazio Pellegrino
Ing. Rosario Corvaia
Geol. Ugo Petrina
Ing. Nicoletta Campofiorito
Ing. Andrea Cascio Rizzo
Ing. Rosanna Timpanaro

Impresa ausiliaria



Fase

- I** INQUADRAMENTO
 R RILIEVI ED INDAGINI
 F STATO DI FATTO
 P PROGETTO

Capitolo

- 0** GENERALE **4** TECNICO-ECONOMICI
 1 IDRAULICA
 2 CANTIERIZZAZIONE
 3 SICUREZZA

Rev.	Data	Nome file	Descrizione	Redatto	Approvato	Verificato
E	10/01/2023	E-P-0-02-E_p0-r1-v Relazione idraulica	Emissione a seguito richieste A.T.A. - Com. Corpo Forestale del 30/12/22	OP	OP	OP
D	26/11/2022	E-P-0-02-D_p0-r1-v Relazione idraulica	Emissione a seguito di richieste AdB del 22/11/22	NC	RT	OP
C	22/09/2022	E-P-0-02-C_p0-r1-v Relazione idraulica	Emissione a seguito di incontro del 19/09/22 con la S.A.	NC	RT	OP
B	09/09/2022	E-P-0-02-B_p0-r1-v Relazione idraulica	Emissione a seguito di incontro del 23/08/22 con la S.A.	NC	RT	OP

Visti



Sommario

PREMESSA	4
1. STUDIO DI COMPATIBILITA' IDRAULICA	4
2. INQUADRAMENTO DELL'AREA E DESCRIZIONE DELL'INTERVENTO	5
3. ASPETTI IDROLOGICI	6
4. MODELLAZIONE IDRAULICA	6
4.1 MODELLO BIDIMENSIONALE FLO-2D	6
4.2 LA STRUTTURA DEL MODELLO IDRAULICO	7
4.3 SCHEMATIZZAZIONE IDRAULICA DEL BACINO	11
5. RISULTATI DEL MODELLO IDRAULICO	14
5.1 SCENARIO DI CONFIGURAZIONE ATTUALE DEL TERRITORIO	15
5.2 SCENARIO CON OPERE DI MITIGAZIONE DEL RISCHIO IDRAULICO	15
6. VALUTAZIONE DELLA PERICOLOSITÀ E DEL RISCHIO IDRAULICO	16
6.1 VALUTAZIONI DELLE POTENZIALI CONSEGUENZE NEGATIVE DERIVANTI DALLE INONDAZIONI	16
6.2 PERIMETRAZIONE PER AGGIORNAMENTO DEL PIANO STRALCIO DI ASSETTO IDROGEOLOGICO P.A.I.	16
6.3 VALUTAZIONI SULLE OPERE DI MITIGAZIONE DEL RISCHIO IDRAULICO	18
7. VERIFICHE DI STABILITÀ DEL RIVESTIMENTO IN MATERASSI	19
8. VERIFICA IDRALICA DEI TOMBINI CIRCOLARI DN 1000	22
9. CONCLUSIONI	23
ALLEGATI	24
Carta dei tiranti Tr 50 anni– Scenario stato di fatto	24
Carta dei tiranti Tr 100 anni– Scenario stato di fatto	24
Carta dei tiranti Tr 300 anni– Scenario stato di fatto	24
Carta dei tiranti Tr 50 anni – Scenario con interventi di mitigazione del rischio	24



Carta dei tiranti Tr 100 anni – Scenario con interventi di mitigazione del rischio	24
Carta dei tiranti Tr 300 anni – Scenario con interventi di mitigazione del rischio	24
Carta delle velocità Tr 50 anni– Scenario stato di fatto	24
Carta delle velocità Tr 100 anni– Scenario stato di fatto	24
Carta delle velocità Tr 300 anni– Scenario stato di fatto	24
Carta delle velocità Tr 50 anni– Scenario con interventi di mitigazione del rischio	24
Carta delle velocità Tr 100 anni– Scenario con interventi di mitigazione del rischio.....	24
Carta delle velocità Tr 300 anni– Scenario con interventi di mitigazione del rischio.....	24
Carta delle Energie Cinetiche Tr 50 anni- Scenario stato di fatto	24
Carta delle Energie Cinetiche Tr 100 anni- Scenario stato di fatto	24
Carta delle Energie Cinetiche Tr 300 anni- Scenario stato di fatto	24
Carta delle Energie Cinetiche Tr 50 anni– Scenario con interventi di mitigazione del rischio.....	24
Carta delle Energie Cinetiche Tr 100 anni– Scenario con interventi di mitigazione del rischio.....	24
Carta delle Energie Cinetiche Tr 300 anni– Scenario con interventi di mitigazione del rischio.....	24
Carta della Pericolosità Idraulica – Scenario stato di fatto.....	24
Carta della Pericolosità Idraulica – Scenario con interventi di mitigazione del rischio	24
Shapefile delle modellazioni idrauliche – EPSG 25833.....	24

Indice delle Figure

<i>Figura 2.1- Inquadramento dell'area in studio (perimetro rosso) su base cartografica.....</i>	5
<i>Figura 4.2.1 - Rappresentazione delle 8 potenziali direzioni di flusso della singola cella di calcolo</i>	8
<i>Figura 4.2.2 - Schema del modello di Flo-2D di propagazione della portata attraverso la maglia di calcolo.....</i>	8
<i>Figura 4.2.3 - Diagramma di flusso della verifica dei criteri di stabilità del calcolo di FLO-2D</i>	10
<i>Figura 4.3.1 - Idrogramma delle portate in ingresso al dominio di calcolo</i>	11
<i>Figura 4.3.2 – Ubicazione delle celle di ingresso al dominio di calcolo degli idrogrammi di piena</i>	12
<i>Figura 4.3.3 – Elementi di schematizzazione idraulica del bacino per il modello bidimensionale FLO2D.</i>	14



LAVORI DI MITIGAZIONE DEL RISCHIO IDROGEOLOGICO DA ESONDAZIONE,
REGIMENTAZIONE ACQUE METEORICHE CONFLUENTI ALLA FASCIA COSTIERA EST
DEL COMUNE DI POZZALLO
CIG: 9082382AB8 - CUP: C14H20001110001

PROGETTO
Relazione idraulica

DOCUMENTO	REV	FOGLIO
E-P-0-02	D	3 DI 24



PREMESSA

La presente relazione è redatta a corredo del progetto definitivo/esecutivo dei Lavori di mitigazione del rischio idrogeologico da esondazione in località Primo Scivolo, nel comune di Pozzallo.

Gli interventi previsti nel presente progetto hanno l'obiettivo di regimentare il corso d'acqua e ripristinare il suo naturale deflusso fino a mare, nonché di realizzare un bacino di laminazione in grado di contenere le portate di piena che, a causa della presenza del rilevato stradale della SP67, del parcheggio a servizio dell'attività commerciale e dell'azione congiunta del vento e del mare, rigurgitano.

In considerazione della vocazione turistica del sito, si sono proposti interventi a basso impatto ambientale, ricorrendo a tecniche di ingegneria naturalistica. Tali tecniche sfruttano essenzialmente le particolari caratteristiche biotecniche di alcune specie vegetali, caratteristiche sintetizzabili principalmente nella capacità di sviluppo di un considerevole apparato radicale e nell'elevata capacità di propagazione vegetativa.

Il territorio comunale di Pozzallo, esteso per una superficie complessiva di circa 15,39 km², si affaccia sul Mar Mediterraneo e fa parte del libero consorzio comunale di Ragusa, confinando a Nord con il comune di Modica e a Nord-Est con quello di Ispica.

1. STUDIO DI COMPATIBILITA' IDRAULICA

Il presente studio di compatibilità idraulica, per le aree oggetto di intervento è finalizzato alla *progettazione di interventi strutturali finalizzati alla mitigazione del rischio*.

Nel dettaglio, è stato predisposto uno studio sito specifico, conforme alle Norme di Attuazione del Piano Stralcio di Bacino per l'Assetto Idrogeologico (P.A.I.) ed ai criteri riportati all'interno dell'Appendice C dell'aggiornamento del Capitolo 11 alle Norme di Attuazione del Piano Stralcio di Bacino per l'Assetto Idrogeologico (P.A.I.) approvato con D.P. n. 9/ADB del 06/05/2021.

Lo studio, in sintesi, si è articolato calcolando e verificando i modelli di pioggia estremi sintetici, aggiornati sulla più recente bibliografia disponibile. Sono stati sviluppati i modelli idrologici delle aree con software HEC-HMS per i tempi di ritorno pari a 50, 100 e 300 anni. Successivamente, sono stati sviluppati 2 scenari bidimensionali di propagazione delle piogge con il modello idraulico FLO2d, come di seguito specificato:

- ✓ il primo scenario ha simulato la condizione ante-opera, facendo propagare una piena generata dalle piogge di progetto sulle aree in studio, nelle condizioni di deflusso attuali. Tale scenario si è reso necessario al fine di quantificare l'effettiva condizione di pericolosità idraulica del territorio;



- ✓ il secondo scenario, in cui sono state inserite le captazioni delle opere di mitigazione del rischio idraulico in progetto, che ha permesso di stimare la riduzione di pericolo idraulico del territorio e quantificare il rischio residuo insistente sul territorio.

2. INQUADRAMENTO DELL'AREA E DESCRIZIONE DELL'INTERVENTO

L'intervento in progetto riguarda il tratto terminale dell'asta torrentizia fino allo sbocco a mare in C. da Scaro, località Primo Scivolo, per uno sviluppo complessivo di circa 255 m. Le aree oggetto di intervento si collocano sulla fascia costiera rivolta ad Est e da un punto di vista cartografico ricadono nella tavoletta della carta d'Italia IGM "Pozzallo II SE" del foglio 276. Nel piano stralcio di bacino per l'assetto idrogeologico della Regione Sicilia (PAI) il sito studiato rientra nell'area territoriale tra il Torrente di Modica e Capo Passero, individuata con il codice 084.

L'area oggetto di intervento è segnalata nella carta PAI della pericolosità idraulica come Sito di attenzione non rientra, invece, tra i siti interessati da dissesti idrogeologici.

Il territorio presenta lievi incisioni morfologiche a carattere torrentizio ed è principalmente pianeggiante per quanto riguarda la parte costiera, caratterizzata da spiagge sabbiose, e collinare verso Nord. Si riporta in *Figura 2.1* l'inquadramento dell'area in studio su base cartografica.

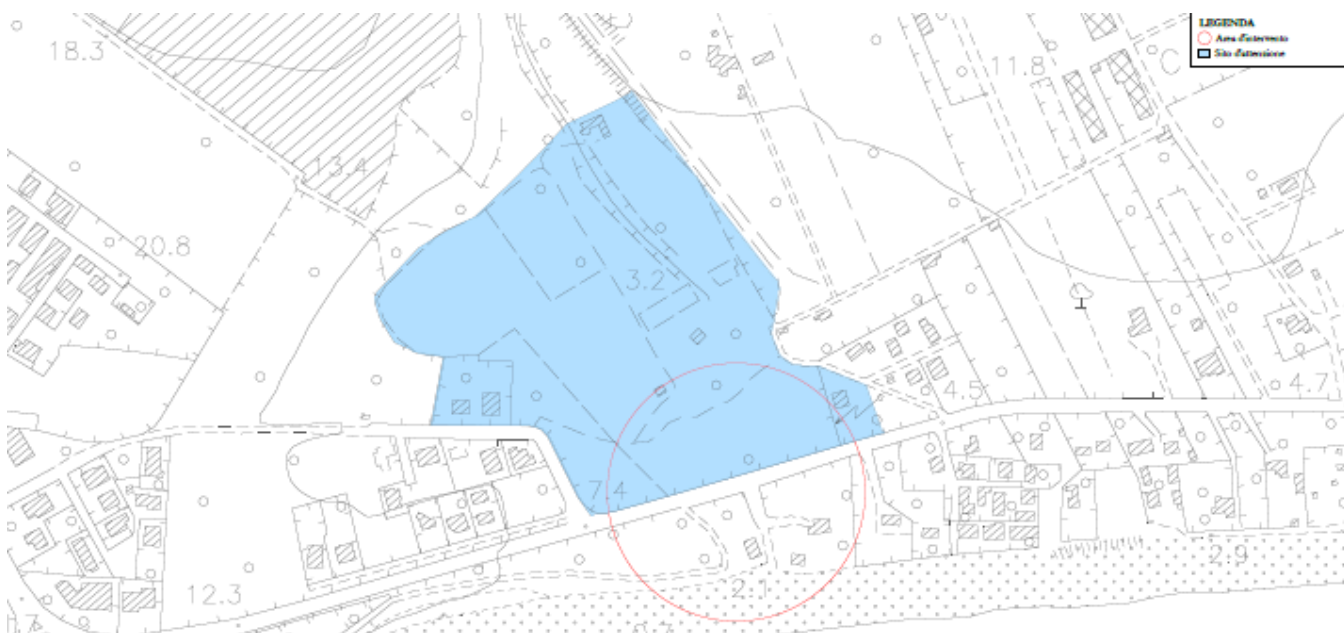


Figura 2.1- Inquadramento dell'area in studio (perimetro rosso) su base cartografica



3. ASPETTI IDROLOGICI

Per gli aspetti idrologici si rimanda all'elaborato E-P-0-01-C Relazione idrologica, nella quale sono dettagliate le indagini e gli studi condotti, nonché i modelli utilizzati ed i risultati delle elaborazioni condotte per la determinazione delle portate di progetto da utilizzare nel modello idraulico. Nella tabella seguente si riepilogano i risultati ottenuti.

Nome	Portata di Picco tr50 [mc/s]	Portata di Picco Tr100 [mc/s]	Portata di Picco Tr300 [mc/s]
Subbasin-1	27.9	33.2	41.7
Subbasin-2	13.9	16.5	20.6
Subbasin-3	26.5	31.6	39.8
Sink 1	63.1	75.1	94.4

4. MODELLAZIONE IDRAULICA

4.1 MODELLO BIDIMENSIONALE FLO-2D

La modellazione idraulica è stata eseguita secondo i criteri previsti dal punto C.5.2 “*Valutazioni idrauliche approfondite (livelli intermedio e avanzato)*” dell'Appendice C dell'aggiornamento del Capitolo 11 alle Norme di Attuazione del Piano Stralcio di Bacino per l'Assetto Idrogeologico (P.A.I.)

Gli scenari di simulazione di propagazione dell'onda di piena all'interno dell'area di studio sono stati eseguiti con il codice di calcolo commerciale Flo-2D, in particolare la versione utilizzata è stata la FLO-2D PRO 19.07.21 rilasciata il 30/12/2019 e sviluppato da Jimmy S. O'Brien della FLO Engineering inc. Tale software, ha permesso di sviluppare uno studio idraulico accurato, utilizzando un modello idraulico di tipo bidimensionale. Flo-2D è stato inserito dalla FEMA (*Federal Emergency Management Agency*), l'agenzia governativa degli Stati Uniti preposta alla mitigazione dei rischi naturali ed alla gestione delle emergenze, fra i modelli idraulici certificati per simulazioni idrauliche finalizzate alla valutazione del rischio. In allegato si riporta lo studio di validazione del modello bidimensionale condotto dalla FEMA. Anche in Italia sono numerosi gli enti, autorità di bacino e agenzie pubbliche che utilizzano FLO-2D, tra cui la Regione Siciliana, come dichiarato dal distributore europeo¹.

FLO-2D è un modello fisicamente basato che permette di propagare il deflusso superficiale generato dalle precipitazioni e/o l'idrogramma di piena su superfici di deflusso non confinate o in canali,

¹ Flo-2D Europe – sales@flo-2deurope.com – www.flo-2deurope.com



utilizzando l'approssimazione equazione del momento dell'onda dinamica. Al suo interno implementa differenti codici di calcolo per simulare l'interazione dell'onda con stradale, edifici, ostacoli, il trasporto di sedimenti, le precipitazioni e le infiltrazioni spazialmente variabili, le alluvioni e molti altri dettagli di allagamento.

4.2 LA STRUTTURA DEL MODELLO IDRAULICO

Il codice Flo-2D integra l'equazione del moto dei fluidi e l'equazione di continuità applicata alle correnti, secondo il modello di De Saint-Venant, attraverso un modello bidimensionale con uno schema alle differenze finite centrate². L'equazione è risolta calcolando la velocità di flusso media attraverso il contorno delle celle della griglia, in una direzione per volta. L'equazione che regola il modello è l'equazione costitutiva dei fluidi, incluse l'equazione di continuità e l'equazione bidimensionale del moto (equazione del momento dell'onda dinamica):

$$\frac{\partial h}{\partial t} + \frac{\partial hV}{\partial x} = i$$
$$S_f = S_0 - \frac{\partial h}{\partial x} - \frac{V}{g} \cdot \frac{\partial V}{\partial x} - \frac{1}{g} \cdot \frac{\partial V}{\partial t}$$

In cui h è il tirante idrico, V rappresenta la componente velocità media in ciascuna delle differenti direzioni del flusso (x) ed i rappresenta l'intensità dell'eccesso di pioggia. S_f è la pendenza del vettore dell'energia nella direzione del flusso x e viene calcolata attraverso la relazione di Manning. Con S_0 si intende la pendenza del piano campagna e gli altri termini includono il gradiente di pressione e le componenti locali e convettive dell'accelerazione. La forma differenziale delle equazioni di continuità e del moto è risolta con uno schema numerico esplicito alle differenze finite centrato, ovvero interpolando, con legge quadratica, la soluzione reale.

L'analisi della propagazione dell'onda di piena fuori alveo avviene attraverso il calcolo della portata in ognuna delle 8 potenziali direzioni di flusso, 4 ortogonali ai bordi della cella e 4 diagonali (*Figura 4.2.1*).

² Per maggior dettaglio sull'equazioni di governo si rimanda al paragrafo 9.5 del libro "Applied Hydrology" (Chow, Maidment, & Mays, 1988)

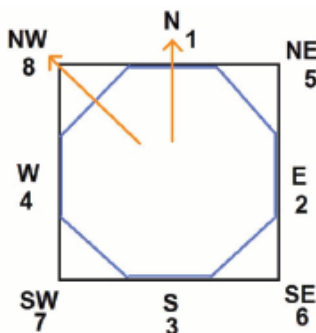


Figura 4.2.1 - Rappresentazione delle 8 potenziali direzioni di flusso della singola cella di calcolo

Il tirante idrico (h) viene calcolato come una media dei battenti delle celle adiacenti interconnesse idraulicamente nelle 8 direzioni. Infine, il codice per stimare la velocità di propagazione valuta l'area di deflusso, la pendenza, il perimetro bagnato, ed implementa il parametro idraulico di resistenza al moto calcolato secondo la relazione di Manning – Gauckler Strickler. In Figura 4.2.2 è riportata la schematizzazione, in forma grafica, del processo di calcolo sopra descritto.

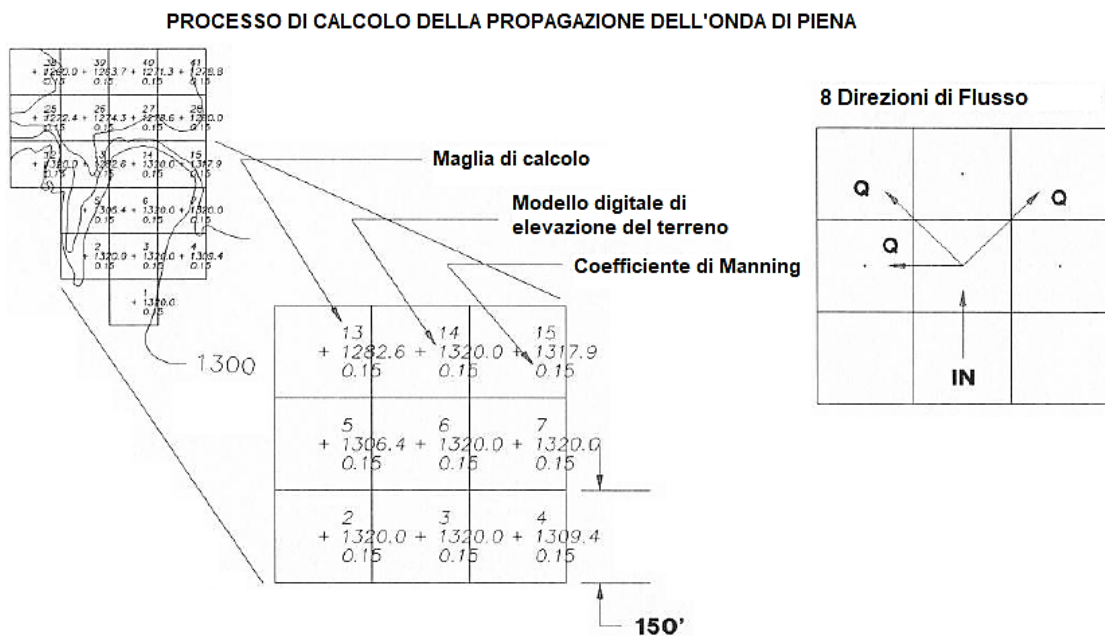


Figura 4.2.2 - Schema del modello di Flo-2D di propagazione della portata attraverso la maglia di calcolo

La stima dell'altezza del flusso è data dall'interazione delle celle contigue, attraverso una media dei tiranti idraulici del flusso nelle due celle che si scambiano la portata in una delle otto direzioni. Analogamente,



anche gli altri parametri idraulici (velocità della corrente, il coefficiente di resistenza secondo Manning, l'area bagnata, la pendenza, la quota del pelo libero, il perimetro bagnato) sono calcolati mediando i valori tra due elementi contigui della maglia di calcolo (Savi, 2009).

La risoluzione dell'equazione del moto avviene in due fasi, secondo due sistemi di risoluzione differenti: Sistema completo e Modello parabolico. Inizialmente, attraverso il calcolo della velocità del flusso avviene secondo il metodo della tangente del secondo ordine di Newton-Raphson (James, Warinner, & Reedy, 1992); in seconda fase, qualora il metodo non porta a convergenza, l'algoritmo risolve l'equazione del moto secondo l'ipotesi di onda diffusiva ovvero il modello di propagazione parabolico.

Di seguito si riporta la traduzione del compendio dell'algoritmo di risoluzione riportato nel Reference Manual di FLO 2D (2016):

1. Vengono calcolate la geometria del flusso medio, la scabrezza e la pendenza tra due elementi della griglia di calcolo;
2. La profondità del flusso d_x al tempo $i+1$ è stimata dal passo temporale precedente i , usando una stima lineare (come profondità media tra due elementi della griglia):

$$d_x^{i+1} = d_x^i + d_{x+1}^i$$

3. La prima stima della velocità viene calcolata utilizzando l'equazione dell'onda diffusiva. L'unica variabile incognita è la velocità di propagazione del flusso
4. La velocità dell'onda diffusiva, prevista per il passo temporale corrente, viene utilizzata nel metodo di *Newton-Raphson* per risolvere l'equazione dinamica completa. Per le correnti ad alta concentrazione di sedimenti, il calcolo della velocità include termini aggiuntivi come la viscosità e la tensione di snervamento.
5. La portata Q , all'intorno della cella di calcolo, viene calcolata moltiplicando la velocità per la sezione dell'area attraversata. Per le aree inondabili, la portata viene calcolata implementando fattori di riduzione di larghezza (WRFs).
6. L'incremento di portata per ogni passo temporale e nelle otto direzioni è pari alla somma:

$$\Delta Q_x^{i+1} = Q_{nord} + Q_{est} + Q_{ovest} + Q_{nord-est} + Q_{sud-est} + Q_{sud-ovest} + Q_{nord-ovest}$$

e la variazione di volume (portata netta per passo temporale) è distribuita sulla superficie di accumulo all'interno dell'elemento della griglia (o del canale) per determinare un aumento incrementale della profondità del flusso:



$$\Delta d_x^{i+1} = \frac{\Delta Q_x^{i+1} \cdot \Delta t}{Area}$$

- Il criterio di stabilità numerica è controllato per la profondità del flusso del nuovo elemento della griglia. Se uno dei criteri non è verificato il tempo della simulazione ritorna al passo precedente e l'incremento del passo temporale viene ridotto.
- La simulazione procede con intervalli temporali crescenti fino al superamento dei criteri di stabilità (*Figura 4.2.3*).

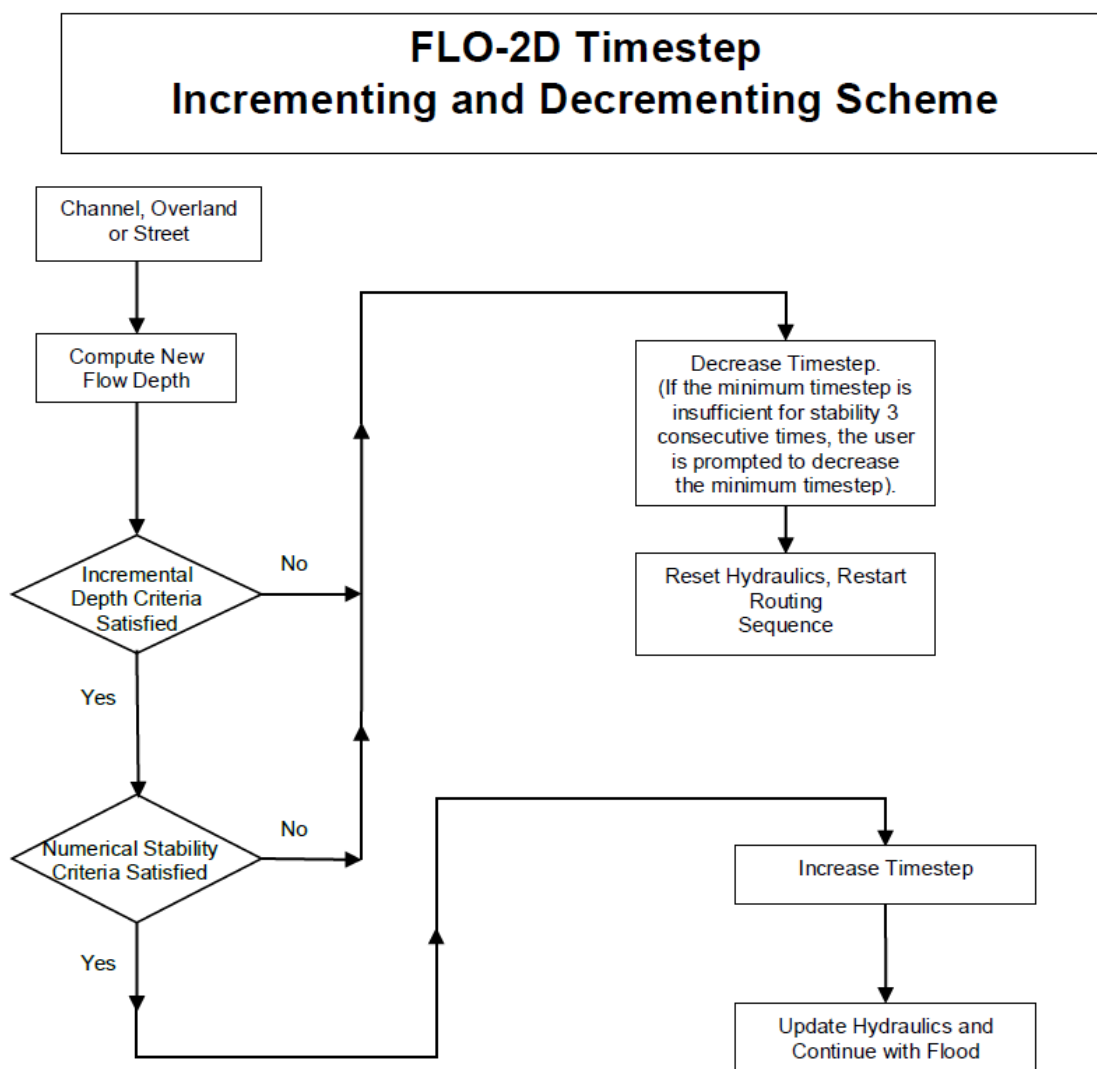


Figura 4.2.3 - Diagramma di flusso della verifica dei criteri di stabilità del calcolo di FLO-2D

Inoltre, tutti i volumi in entrata e in uscita, le portate accumulate o perse dall'area della griglia sono sommati alla fine di ogni iterazione e viene calcolata la conservazione del volume.



4.3 SCHEMATIZZAZIONE IDRAULICA DEL BACINO

La schematizzazione dell'area in studio è stata realizzata tramite il Plug-in di Flo2D che permette di impostare le condizioni al contorno del modello sotto ambiente QGIS. In particolare, ai fini della simulazione, eseguita interamente con processo di calcolo bidimensionale secondo lo schema riportato in *Figura 4.2.2*, la griglia del dominio di calcolo è stata calibrata al fine di poter rappresentare idoneamente le condizioni al contorno senza inficiare le prestazioni di calcolo. Allo scopo, è stata definita una maglia di calcolo quadrata avente lato 3 m. Le quote di ogni griglia del dominio di calcolo sono state importate dal DTM della Regione Sicilia avente maglia 2 metri, verificato dal rilievo topografico di progetto. Le celle di immissione degli idrogrammi, calcolati per i tempi di ritorno a 50, 100 e 300 anni (*Figura 4.3.1*),

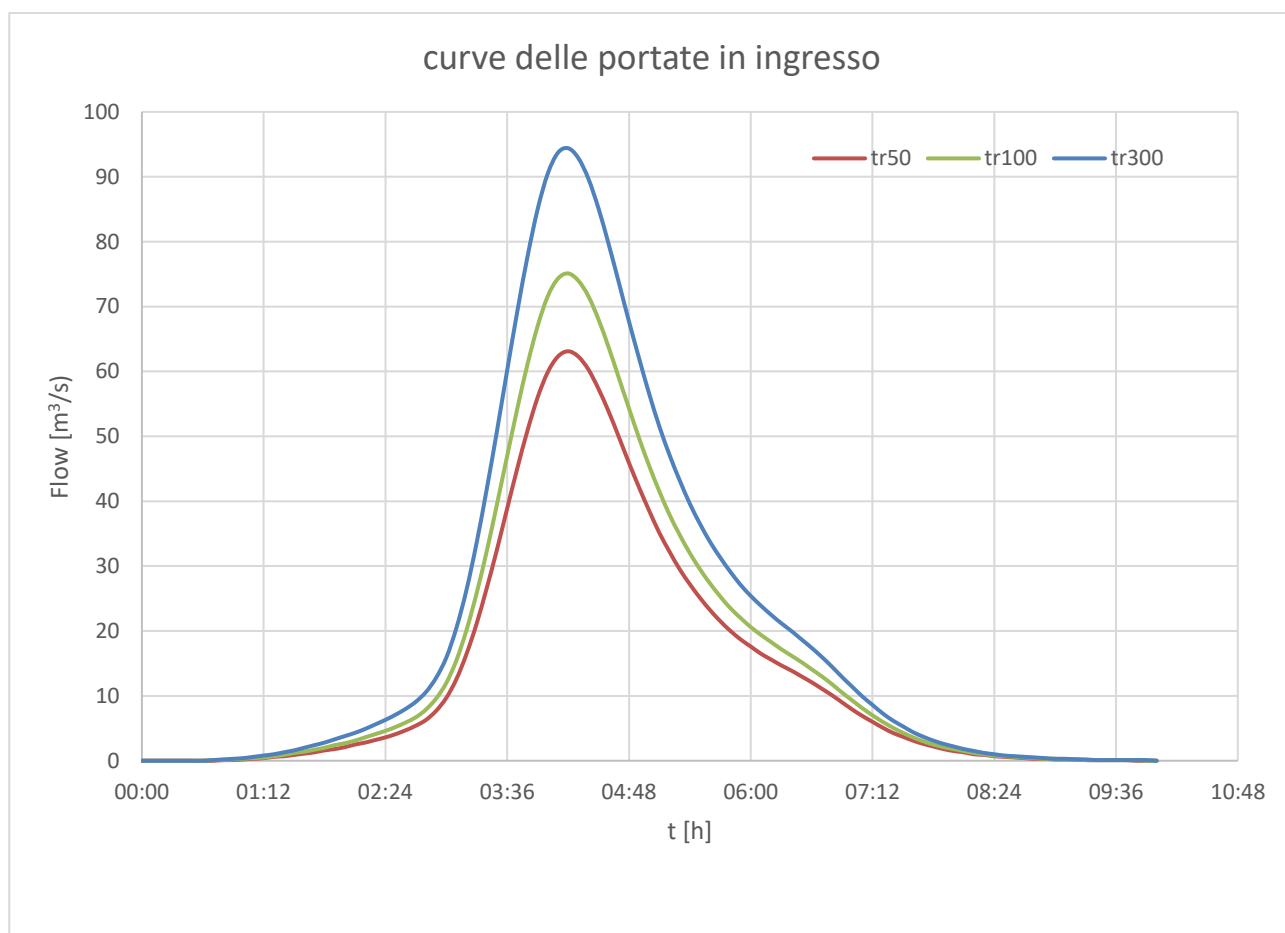


Figura 4.3.1 - Idrogramma delle portate in ingresso al dominio di calcolo

sono state poste all'interno dell'area in studio in prossimità delle sezioni di chiusura dei sottobacini calcolati nel modello idrologico. Le celle di ingresso delle portate sono state classificate come *Inflow with hydrograph*, *Floodplain*. Queste due opzioni permettono di simulare la propagazione sulla superficie del terreno senza condizionare e vincolare la direzione di deflusso, e di inserire gli idrogrammi di piena (*Figura 4.3.2*)



Figura 4.3.2 – Ubicazione delle celle di ingresso al dominio di calcolo degli idrogrammi di piena

Le celle di contorno, poste lungo il perimetro dell'area in studio, attraverso le quali la corrente esce dal dominio, sono state classificate come di *outflow no hydrograph*.

Per quanto riguarda la verifica di mitigazione del rischio, il modello FLO2D ha permesso di inserire tutte le opere di captazione previste in progetto.

Poiché l'area in studio presenta un contesto di forte urbanizzazione, sono state assegnate varie caratteristiche alle celle per tener conto della presenza di strade, canali, edifici, argini, ecc. Questi elementi sono stati inseriti utilizzando l'applicazione QGIS di FLO-2D GDS che ne ha permesso il loro posizionamento tramite elementi vettoriali georiferiti. In particolare, la simulazione ha tenuto conto degli edifici, delle strade, delle opere di regimentazione idraulica. Inoltre, il codice FLO2D, permette di assegnare ad ogni cella due distinti fattori di riduzione di propagazione delle portate. Il primo, Area



Reduction Factor (ARF) è un coefficiente che permette di tener conto delle riduzioni date dall'edificato diffuso. Il secondo, l'attributo "levees" (argini) è un coefficiente che tiene conto della presenza di strutture, come appunto muri e argini. Il levees, viene assegnato, a differenza dell'ARF, per ogni una delle 8 direzione di propagazione del flusso della singola cella e consente di attribuire anche l'altezza specifica dell'opera.

Altro parametro considerato nel modello è il parametro di resistenza al moto. Tale valore, calcolato secondo la relazione di Manning – Gauckler Strickler, è stato impostato un valore (n) iniziale di scabrezza, come proposti da Phillips & Tadayon (2007), pari a $0,015 \text{ s/m}^{1/3}$ caratteristico di aree asfaltate o cementate, $0,02 \text{ s/m}^{1/3}$ per le aree urbanizzate, $0,035 \text{ s/m}^{1/3}$ per aree incolte e spiaggia. FLO-2D ha delle funzioni di controllo per cui, durante il calcolo, la scabrezza iniziale può variare fino al raggiungimento di un valore limite prefissato del numero di Froude della corrente. Infatti, nella realtà, quando le velocità di deflusso aumentano anche i fenomeni di trasporto solido ed in genere tutti quei fenomeni che determinano una resistenza al moto si incrementano e di conseguenza aumentano i fenomeni di dissipazione dell'energia, con un corrispondente incremento dei valori di n .

In funzione delle differenti aree di scabrezza è stato fissato un valore massimo del numero di Froude, per cui se tale valore è superato il programma di calcolo aumenta il valore di scabrezza nell'elemento in cui si è verificato questo superamento, fino ad ottenere un valore uguale a quello limite di Froude pre-impostato.

Di seguito vengono riportati i parametri geospaziali riportati all'interno del modello idraulico, per lo scenario di verifica delle opere di mitigazione del rischio idraulico (*Figura 4.3.3*).

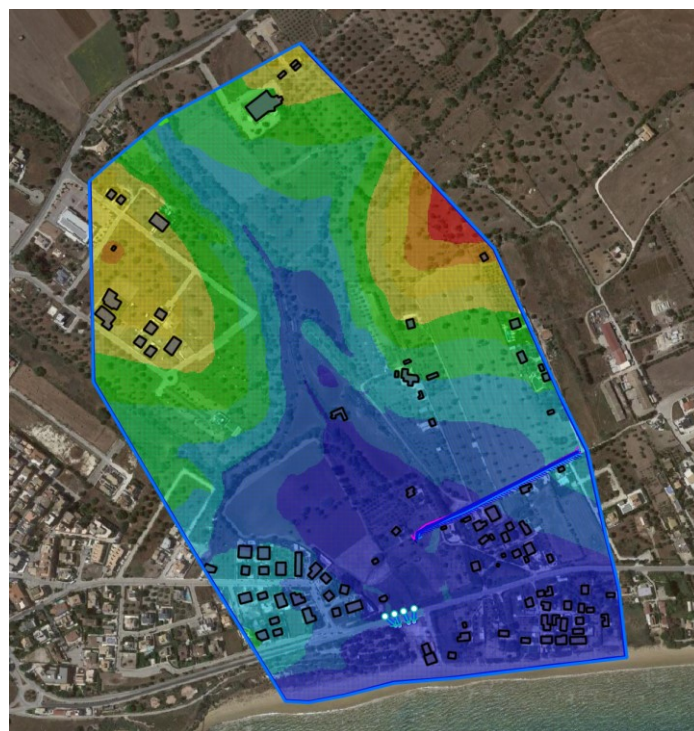


Figura 4.3.3 – Elementi di schematizzazione idraulica del bacino per il modello bidimensionale FLO2D.

5. RISULTATI DEL MODELLO IDRAULICO

Di seguito vengono riportati i risultati delle simulazioni numeriche per i vari tempi di ritorno e per differenti parametri. Nello specifico si riportano i valori areali di altezza massima del tirante idraulico ed i vettori di velocità di flusso. Dalle elaborazioni numeriche, inoltre, sono stati calcolati per ogni singola



cella l'energia cinetica. I dati vettoriali calcolati vengono allegati al presente progetto. Infine, si rammenta che tali scenari derivano da simulazioni numeriche provenienti da dati sintetici. Pertanto, pur ritenendo affidabili le risultanze ottenute, esse vanno considerate pur sempre una rappresentazione statistica di fenomeni reali complessi. Tuttavia, ad oggi, le potenzialità ed efficacia dei codici di simulazione bidimensionale risiedono soprattutto nella possibilità di rappresentare nel loro complesso le fenomenologie fisiche che caratterizzano un determinato evento oggetto di studio. L'impiego di un approccio di tipo puramente bidimensionale per la descrizione della propagazione della piena permette di conoscere non solo l'intensità del fenomeno ma anche la direzione ed il verso del vettore velocità in ogni punto dell'area di studio. All'interno del campo di moto è infatti possibile rappresentare la distribuzione dei vettori delle velocità che mettono in evidenza la direzione di propagazione della piena sul territorio e lo scambio biunivoco di portata tra alveo, aree golenali ed aree antropizzate.

5.1 SCENARIO DI CONFIGURAZIONE ATTUALE DEL TERRITORIO

Le simulazioni di evento di inondazione per i vari tempi di ritorno (50, 100 e 300 anni) hanno palesato come il flusso d'acqua proveniente da monte allaghi gran parte dell'area di studio, incanalandosi oltre che nell'alveo esistente anche lungo il reticolo stradale adiacente, progredendo fino al mare. Per i tiranti massimi raggiunti, le velocità e l'energia cinetica, calcolati per i differenti tempi di ritorno pari a 50 anni, 100 anni e 300 anni si rimanda alle risultanze grafiche riportate nelle rispettive tavole allegate al presente studio.

5.2 SCENARIO CON OPERE DI MITIGAZIONE DEL RISCHIO IDRAULICO

Le simulazioni di evento di inondazione per i vari tempi di ritorno (50, 100 e 300 anni) hanno verificato l'interazione tra le opere idrauliche ed il flusso d'acqua proveniente da monte che causa i fenomeni di allagamento nell'area urbanizzata ad est delle opere in progetto. Trattandosi ovviamente di allagamenti in prossimità della foce, l'ubicazione delle opere di mitigazione del rischio idraulico (si rimanda agli elaborati progetti per maggior dettaglio), permette un contenimento dei tiranti massimi raggiunti per tutti e tre gli scenari analizzati. Le risultanze ottenute dei tiranti massimi raggiunti, delle velocità e dell'energia cinetica, calcolati per i differenti tempi di ritorno pari a 50 anni, 100 anni e 300 anni sono riportate nelle rispettive tavole allegate al presente studio.

	LAVORI DI MITIGAZIONE DEL RISCHIO IDROGEOLOGICO DA ESONDAZIONE, REGIMENTAZIONE ACQUE METEORICHE CONFLUENTI ALLA FASCIA COSTIERA EST DEL COMUNE DI POZZALLO CIG: 9082382AB8 - CUP: C14H20001110001		
	PROGETTO Relazione idraulica	DOCUMENTO E-P-0-02	REV D

6. VALUTAZIONE DELLA PERICOLOSITÀ E DEL RISCHIO IDRAULICO

6.1 VALUTAZIONI DELLE POTENZIALI CONSEGUENZE NEGATIVE DERIVANTI DALLE INONDAZIONI

Il punto C.1 dell'Appendice C dell'aggiornamento del Capitolo 11 alle Norme di Attuazione del Piano Stralcio di Bacino per l'Assetto Idrogeologico (P.A.I.) prevede che, oltre alle considerazioni di valutazioni di carattere idrologico ed idraulico, siano svolte anche valutazioni in termini di ricaduta sociale dell'evento di inondazione. Tutte le informazioni di seguito riportate sono state recepite dalla banca dati del geoportale nazionale del Ministero della Transizione Ecologica (M.I.T.E.)

Nello specifico, le aree soggette ad inondazione presentano una superficie pari a 36.140 m², con un valore di popolazione residente potenzialmente interessata, secondo censimento ISTAT 2001 pari a 298 abitanti. L'evento di piena ricade su un tessuto extra urbano che, tuttavia comprende la strada urbana di via del Merluzzo e la Strada Provinciale 67. L'area di allagamento non interessa istituti scolastici.

Secondo le informazioni reperibili, non l'area di potenziale inondazione non presenta 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.

6.2 PERIMETRAZIONE PER AGGIORNAMENTO DEL PIANO STRALCIO DI ASSETTO IDROGEOLOGICO P.A.I.

La valutazione della pericolosità idraulica del territorio e del conseguente rischio, sono stati calcolati secondo la "Metodologia Completa", in maniera omogenea a quanto riportato al capitolo 7.4 della Relazione Generale del P.A.I. L'utilizzo di una Metodologia completa è stato possibile poiché la modellazione idraulica è stata effettuata sulla base di un modello digitale di superficie particolarmente di dettaglio e dell'utilizzo di un codice di calcolo commerciale bidimensionale che ha preso in considerazione numerosi aspetti sito specifici. Infatti, il modello idraulico ha permesso di ricavare sia la distribuzione spaziale delle altezze idrauliche ai differenti tempi di ritorno (50, 100 e 300 anni) che delle velocità del flusso, tenendo conto della scabrezza del terreno e delle strutture antropiche, ottenendo un risultato (seppur modellistico)



LAVORI DI MITIGAZIONE DEL RISCHIO IDROGEOLOGICO DA ESONDAZIONE, REGIMENTAZIONE ACQUE METEORICHE CONFLUENTI ALLA FASCIA COSTIERA EST DEL COMUNE DI POZZALLO
CIG: 9082382AB8 - CUP: C14H20001110001

PROGETTO
Relazione idraulica

DOCUMENTO REV FOGLIO
E-P-0-02 D 17 DI 24

che rispecchi potenziali scenari di eventi estremi di inondazione dati da eventi di pioggia estremi, nonché dell'interazione con le opere di mitigazione del rischio idraulico.

Come riportato nella Relazione Generale del P.A.I., i 4 differenti livelli di pericolosità crescenti sono stati valutati in base al valore dei tiranti idrici e del tempo di ritorno secondo la matrice qui riportata:

Battente Idraulico	Tempo di Ritorno (T) [Anni]		
	50	100	300
$h < 0.3 m$	P1	P1	P1
$0.3 < h < 1 m$	P2	P2	P2
$1 < h < 2 m$	P4	P3	P2
$H > 2 m$	P4	P4	P3

Il conseguente rischio è stato determinato attraverso la sovrapposizione delle aree perimetrare a differenti classi di pericolosità con gli elementi a rischio determinati sulla base dei dati di perimetrazione riportati nel censimento ISTAT 2011 e così definiti:

Tabella Elementi a rischio					
Classe	Insedimenti antropici	Infrastrutture di trasporto	Reti e infrastrutture tecnologiche	Beni ambientali e risorse economiche	Zone industriali, aree estrattive e impianti tecnologici
E1		Viabilità privata e pubblica minore.		Zone boscate	
E2	Edifici isolati a uso agricolo o residenziale (case sparse *). Insediamenti agricoli. Insediamenti zootecnici.		Reti e infrastrutture tecnologiche di secondaria importanza di ambito comunale (es.: acquedotti, reti elettriche, gasdotti, collettori fognari).	Aree naturali protette (zone A e B dei parchi, riserve). Aree agricole utilizzate. Saline.	Impianti di depurazione di ambito comunale
E3	Beni culturali, architettonici e archeologici sottoposti a vincolo ai sensi del D. Lgs. 42/2004. Aree di intensa frequentazione turistica delle aree naturali protette (es.: punti di ristoro, centri di accoglienza, sentieri, rifugi). Cimiteri.	Viabilità pubblica secondaria (strade provinciali e comunali).	Reti e infrastrutture tecnologiche di primaria importanza intercomunale (es.: acquedotti, reti elettriche, gasdotti, collettori fognari).	Spiagge, coste rocciose facilmente fruibili.	Impianti di depurazione di ambito sovra-comunale. Insediamenti industriali, commerciali, artigianali. Discariche di R.S.U. e di inerti. Cave e strutture di pertinenza di aree minerarie. Infrastrutture di uso e gestione delle acque (es.: dighe, argini, canali).
E4	Centri e nuclei abitati. * Edifici pubblici di rilevante importanza (es.: ospedali, scuole, caserme, chiese, uffici pubblici). Servizi privati con fruizione pubblica (es.: case di cura, alberghi, centri commerciali, ostelli, campeggi, stabilimenti balneari, parchi divertimenti e assimilabili). Aree di protezione civile (attesa, ricovero e ammassamento).	Aeroporti e eliporti, porti, ferrovie e relative aree di pertinenza. Viabilità pubblica primaria (autostrade, strade statali) e vie di fuga.			Insediamenti industriali a rischio di incidente rilevante. Siti di interesse nazionale per le bonifiche ambientali, aree contaminate. Discariche di rifiuti speciali o tossico-nocivi. Impianti ex Allegato 1 del D. Lgs. n. 59 del 18/01/2005.

* Come delimitati da ISTAT (vedi nota seguente).

	LAVORI DI MITIGAZIONE DEL RISCHIO IDROGEOLOGICO DA ESONDAZIONE, REGIMENTAZIONE ACQUE METEORICHE CONFLUENTI ALLA FASCIA COSTIERA EST DEL COMUNE DI POZZALLO CIG: 9082382AB8 - CUP: C14H20001110001		
	PROGETTO Relazione idraulica	DOCUMENTO E-P-0-02	REV D

Intersecando il dato di classificazione del bersaglio (elemento a rischio) con quello della classe di pericolosità, si è risalito alla definizione del differente grado di rischio, secondo la matrice di seguito riportata:

Rischio	E1	E2	E3	E4
P1	R1	R1	R2	R2
P2	R1	R2	R3	R3
P3	R2	R2	R3	R4
P4	R2	R3	R4	R4

Le risultanze della perimetrazione di pericolosità e di rischio sono riportate nelle rispettive tavole allegate al presente studio.

6.3 VALUTAZIONI SULLE OPERE DI MITIGAZIONE DEL RISCHIO IDRAULICO

In ambito urbano, come precedentemente descritto, la riduzione del rischio derivante da fenomeni di propagazione delle piene prevede la realizzazione di opere puntuali distribuite sul territorio.

La valutazione complessiva dell'efficacia delle opere di mitigazione del rischio in progetto, sono state effettuate analizzando la riduzione percentuale complessiva delle aree assoggettate a pericolo di inondazione. Tale approccio è imposto dall'impiego dei modelli bidimensionali in cui non è possibile elaborare sezioni con i valori di tirante idraulico in quanto le stesse non risulterebbero rappresentative del fenomeno analizzato. Di seguito vengono riportate i risultati ottenuti per i due scenari e le percentuali di riduzione di aree perimetrate con pericolosità idraulica e conseguente rischio.

	Aree di pericolosità - Scenario Stato attuale [mq]	Aree di pericolosità - Scenario con opere di mitigazione [mq]	Riduzione percentuale
P1	1.996.293	1.728.887	13,4 %
P2	705.948	516.671	26,8 %
P3	25.166	18.275	27,4 %
P4	102.330	83.559	18,3 %
Sup. Totale	2.829.737	2.347.392	17,0 %

	Aree a Rischio - Scenario Stato attuale [mq]	Aree a Rischio - Scenario con opere di mitigazione [mq]	Riduzione percentuale
R1	1.942.023	1.712.889	11,8 %
R2	87.865	16.247	81,5 %

	LAVORI DI MITIGAZIONE DEL RISCHIO IDROGEOLOGICO DA ESONDAZIONE, REGIMENTAZIONE ACQUE METEORICHE CONFLUENTI ALLA FASCIA COSTIERA EST DEL COMUNE DI POZZALLO CIG: 9082382AB8 - CUP: C14H20001110001		
	PROGETTO Relazione idraulica	DOCUMENTO E-P-0-02	REV D

R3	123.903	101.502	18,1 %
R4	675.605	516.413	23,6 %
Sup. Totale	2.829.396	2.347.051	17,0 %

7. VERIFICHE DI STABILITÀ DEL RIVESTIMENTO IN MATERASSI

Le opere in gabbioni e materassi Reno mostrano una spiccata rinaturalizzazione spontanea esprimendo la loro potenzialità a consentire un naturale recupero delle biocenosi distrutte o manomesse. Vegetazione e gabbioni/materassi Reno hanno dimostrato di poter convivere ed offrire vicendevolmente condizioni ottimali di sviluppo, rappresentando una reale esemplificazione del concetto di base della ingegneria naturalistica che si propone di analizzare e verificare l'abbinamento tra materiali vivi ed inerti per le opere di difesa contro l'erosione. Sulla base di tali osservazioni si è assunto che per le resistenze a trascinamento di materassi e gabbioni vegetati non vi siano differenze in funzione dello spessore del rivestimento, in quanto l'intreccio che si viene a creare tra pietrame, rete, terreno di riempimento, apparato radicale e terreno sottostante alla protezione costituisce una struttura unica la cui resistenza è dovuta alla mobilitazione dei vari elementi che la costituiscono.

La stabilità delle opere di rivestimento in materassi metallici tipo Reno e gabbioni metallici, viene verificata confrontando τ_w l'azione di trascinamento esercitata dalla corrente sul rivestimento con l'azione di trascinamento critica τ_{cr} , che determina le condizioni di incipienza del moto del materiale costituente il rivestimento o produce un eccesso di deformazione dello stesso.

L'azione di trascinamento esercitata dalla corrente sul rivestimento, può essere infatti espressa, con riferimento alle condizioni di moto uniforme, dalla relazione:

$$\tau_w = \xi \gamma_w Y_{max} J$$

in cui:

- ✓ Y_{max} è il massimo tirante (m);
- ✓ γ_w peso specifico dell'acqua (KN/m³);
- ✓ J pendenza motrice (m/m)
- ✓ ξ coefficiente che tiene conto della distribuzione delle τ sul fondo e sulle sponde, assunto cautelativamente pari a 1 in corrispondenza del fondo e pari a 0,75 in corrispondenza delle sponde.

L'azione di trascinamento critica τ_{cr} , che determina l'incipienza del moto del materiale costituente il rivestimento o che produce un eccesso di deformazioni, nel caso di giacitura orizzontale, è fornita dalla relazione di Shields:

$$\tau_{cr} = \Phi (\gamma_s - \gamma_w) d_m$$

in cui:



- ✓ Φ è il parametro di Shields, assunto pari a 0.10 per materassi;
- ✓ γ_w peso specifico dell'acqua, pari a 10 KN/m³;
- ✓ γ_s peso specifico del materiale costituente il rivestimento, pari a 26 KN/m³;
- ✓ d_m dimensioni medie del materiale costituente il rivestimento, pari a 0,15 m.

poiché i Materassi Reno previsti in progetto sono realizzati con diaframmi doppi distanziati da 1 m, la relazione di Shields viene rivalutata come segue:

$$\tau_c = \alpha f[f_1(d_{50}), C_u, \gamma_s, t, V_{ties}]$$

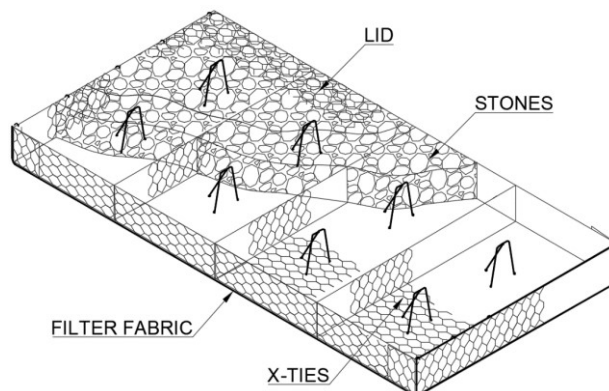
dove:

γ_s peso specifico del materiale costituente il rivestimento;

$f_1(d_{50})$ è funzione della dimensione media della roccia;

C_u fattore dovuto all'uniformità della roccia (tra 1 e 1,5);

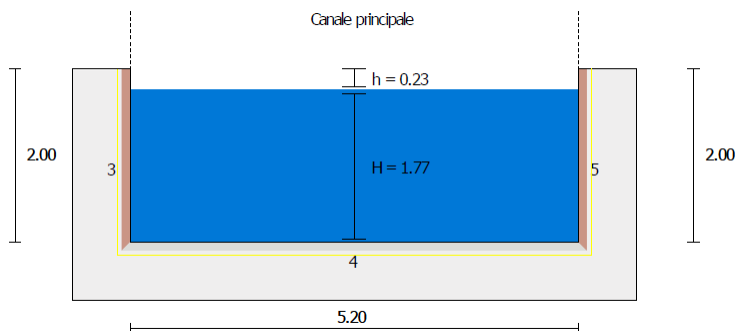
V_{ties} è il fattore di amplificazione dovuto all'utilizzo dei tiranti verticali.



Dall'applicazione della suddetta formula si sono determinate le tensioni tangenziali critiche in funzione del materiale lapideo di riempimento, che si riepilogano nella seguente tabella.

Tensione tangenziale critica per i Materassi Reno e gabbioni			
spessore m	d_{50}	Coefficiente di uniformità - C_u	Tensione tangenziale critica* Pa
0.17	0.083	1.00	402
0.17	0.083	1.50	321
0.17	0.095	1.00	445
0.17	0.102	1.50	371
0.23	0.083	1.00	482
0.23	0.083	1.50	385
0.23	0.095	1.00	534
0.23	0.095	1.50	426
0.23	0.102	1.50	445
0.30	0.083	1.00	576
0.30	0.083	1.50	459
0.30	0.095	1.00	638
0.30	0.095	1.50	509
0.30	0.102	1.50	532
≥0,50 gabbione**	0.127	1.50	714

Il calcolo della tensione di trascinamento è stato condotto sulla sezione più critica (sezione 17) con riferimento alla portata con tempo di ritorno 100 anni ($Q_{100}=21$ mc/sec).



Dalle suddette formule si ricava che lo sforzo massimo sopportabile dal materasso τ_{cr} è valutabile in 334 N/mq quello dei gabbioni in 714 N/mq, mentre le massime tensioni tangenziali sono rispettivamente pari a 63,08 N/mq e 47,31 N/mq, come si evince dalla tabella seguente.

Pelo libero [m]	0.23	Freeboard Soddisfatta
Pendenza longitudinale [%]	0.6	
Profondità dell'acqua [m]	1.77	
Numero di Froude	0.55	Subcritical Flow!

	Totale		Canale principale	
Portata [m ³ /s]	21.00		21.00	
Area della sezione trasversale [m ²]	9.18		9.18	
Perimetro bagnato [m]	8.73		8.73	
Raggio idraulico [m]	1.05		1.05	
Velocità dell'acqua [m/s]	2.29		2.29	
Scabrezza media	-		0.035	

* Nota: la velocità calcolata è una media della sotto-sezione. Questo valore non rappresenta il valore effettivo sul fondo o sulle sponde, che dipendono dalla geometria del canale e dalla scabrezza della sua superficie. (Ven Te Chow, Open-Channel Hydraulics, New York, McGraw-Hill, 1959, pp. 24-29)

Materiali

/ Warning: Geotechnical stability check required for sector(s): 3, 5

ID	Materiali del letto	Scabrezza	d50 del Pietrame	Cu	Castoro	X-Ties	Geotessile	Tempo [h]	Sforzo di taglio [N/m ²]		Velocità sotto materiale [m/s]	Lunghezza [m]	
									Ammissibile	Calcolato			
3	Gabbioni Polimac™	0.035	0.13	1.5			Sì		714.00	47.31	✓	0	2.00
4	Materassi Reno Standard Polimac™ 0.3 m	0.035	0.09	1.5	Sì	No	Sì		334.00	63.08	✓	0.18	5.20
5	Gabbioni Polimac™	0.035	0.13	1.5			Sì		714.00	47.31	✓	0	2.00

Pertanto, confrontando i valori di τ_w e τ_{cr} si ottiene, rispettivamente:

$$\checkmark \quad \eta_{\text{fondo}} = \tau_{cr} / \tau_w \text{ fondo max} = 334/63,08 = 5,29$$

$$\checkmark \quad \eta_{\text{sponde}} = \tau_{cr} / \tau_w \text{ sponde max} = 714/47,31 = 15,09.$$

Dal confronto risulta verificata la stabilità del rivestimento della sezione all'azione di trascinamento della corrente.

I materassi Reno avranno dimensioni 3.00 x 2.00 x 0.30 m e saranno confezionati con rete metallica a doppia torsione a forte zincatura (UNI 8018) con maglia 6 x 8 mm e filo da 2.2 mm e con pietrame (2600 Kg/mc) di pezzatura da 150 – 200 mm.



8. VERIFICA IDRALICA DEI TOMBINI CIRCOLARI DN 1000

I tombini circolari DN 1000 in c.a.v. posati sotto il parcheggio con pendenza media pari a 0,6%, contribuiscono al deflusso delle portate di progetto nel tratto a valle dello sbocco dei tombini scatolari della SP 67. Il modello bidimensionale descritto nei paragrafi precedenti ha tenuto parzialmente in conto il loro contributo.

Nella figura seguente si è determinata la scala delle portate defluenti all'interno di ogni tombino.

Tombino	DATI GEOMETRICI & IDRAULICI
	Raggio 0,500 m
	Sezione Massima 0,785 mq
	Scabrezza 60 s/m ^{1/3}
	Pendenza Fondo 0,006 m/m

SCALA DELLE PORTATE										
h unif.	Angolo	Sez. bagn.	Bordo lib.	Riemp.	h med.	Perim.	Rag. Idr.	Q unif.	v unif.	E unif.
[m]	[°]	[mq]	[m]	[%]	[m]	[m]	[m]	[mc/s]	[m/s]	
0,050	0,902	0,015	0,44	2%	0,03	0,45	0,03	0,01	0,47	0,06
0,100	1,287	0,041	0,60	5%	0,07	0,64	0,06	0,03	0,74	0,13
0,150	1,591	0,074	0,71	9%	0,10	0,80	0,09	0,07	0,95	0,20
0,200	1,855	0,112	0,80	14%	0,14	0,93	0,12	0,13	1,13	0,27
0,250	2,094	0,154	0,87	20%	0,18	1,05	0,15	0,198	1,29	0,34
0,300	2,319	0,198	0,92	25%	0,22	1,16	0,17	0,28	1,43	0,40
0,350	2,532	0,245	0,95	31%	0,26	1,27	0,19	0,38	1,55	0,47
0,400	2,739	0,293	0,98	37%	0,30	1,37	0,21	0,49	1,66	0,54
0,450	2,941	0,343	0,99	44%	0,34	1,47	0,23	0,60	1,76	0,61
0,500	3,142	0,393	1,00	50%	0,39	1,57	0,25	0,72	1,84	0,67
0,550	3,342	0,443	0,99	56%	0,44	1,67	0,26	0,85	1,92	0,74
0,600	3,544	0,492	0,98	63%	0,50	1,77	0,28	0,97	1,98	0,80
0,650	3,751	0,540	0,95	69%	0,57	1,88	0,29	1,10	2,03	0,86
0,700	3,965	0,587	0,92	75%	0,64	1,98	0,30	1,21	2,07	0,92
0,750	4,189	0,632	0,87	80%	0,73	2,09	0,30	1,32	2,09	0,97
0,800	4,429	0,674	0,80	86%	0,84	2,21	0,30	1,42	2,10	1,03
0,850	4,692	0,712	0,71	91%	1,00	2,35	0,30	1,49	2,10	1,07
0,900	4,996	0,745	0,60	95%	1,24	2,50	0,30	1,54	2,07	1,12
0,940	5,293	0,766	0,47	98%	1,61	2,65	0,29	1,56	2,03	1,15
0,990	5,883	0,784	0,20	100%	3,94	2,94	0,27	1,51	1,93	1,18

Come si evince dalla tabella sopra, il contributo al deflusso dei tombini esistenti è pari a circa 3 mc/sec.



9. CONCLUSIONI

Il presente studio di compatibilità idraulica, per le aree oggetto di intervento, finalizzato alla *progettazione di interventi strutturali finalizzati alla mitigazione del rischio* è stato predisposto al fine di ottemperare a quanto riportato nel riscontro protocollo 13361 del 26/08/2022 del Servizio 6 dell'Autorità di Bacino Distretto Idrografico della Sicilia. Nel dettaglio, è stato predisposto uno studio sito specifico, conforme alle Norme di Attuazione del Piano Stralcio di Bacino per l'Assetto Idrogeologico (P.A.I.) ed ai criteri riportati all'interno dell'Appendice C dell'aggiornamento del Capitolo 11 alle Norme di Attuazione del Piano Stralcio di Bacino per l'Assetto Idrogeologico (P.A.I.) approvato con D.P. n. 9/ADB del 06/05/2021.

Lo studio, in sintesi, è stato eseguito secondo i criteri previsti dal punto C.5.2 "*Valutazioni idrauliche approfondite (livelli intermedio e avanzato)*" dell'Appendice C dell'aggiornamento del Capitolo 11 alle Norme di Attuazione del Piano Stralcio di Bacino per l'Assetto Idrogeologico (P.A.I.) per i tempi di ritorno pari a 50, 100 e 300 anni. In particolare, poiché l'area ad oggi è perimetrata come sito d'attenzione e pertanto non vi sono stati studi pregressi, si è ritenuto necessario sviluppare 2 scenari bidimensionali di propagazione delle piogge con il modello idraulico FLO2d, come di seguito specificato:

- ✓ Il primo scenario (*Stato di Fatto*) ha simulato la condizione ante-opera, facendo propagare una piena generata dalle piogge di progetto sulle aree in studio, nelle condizioni di deflusso attuali. Tale scenario si è reso necessario al fine di quantificare l'effettiva condizione di pericolosità idraulica del territorio.
- ✓ Il secondo scenario (*Interventi di mitigazione del rischio*), in cui sono state inserite le captazioni delle opere di mitigazione del rischio idraulico in progetto, ha permesso di stimare la riduzione di pericolo idraulico del territorio e quantificare il rischio residuo insistente sul territorio.
- ✓ Dalle risultanze riportate nel presente studio è possibile affermare che:
- ✓ L'inondazione si propaga su un territorio urbanizzato in cui le acque utilizzano come vie di drenaggio preferenziale il reticolo stradale.
- ✓ L'area interessata dall'evento di piena ha una superficie complessiva pari a circa 2,8 Km².
- ✓ Le opere di mitigazione del rischio idraulico in progetto permettono una riduzione delle aree soggette a potenziale pericolosità idraulica.
- ✓ La riduzione della pericolosità idraulica derivante dalle opere di mitigazione del rischio in progetto permette una potenziale riduzione delle aree soggette a rischio idraulico, aumentando la resilienza dei territori al mutamento delle condizioni climatiche globali.



ALLEGATI

Carta dei tiranti Tr 50 anni– Scenario stato di fatto

Carta dei tiranti Tr 100 anni– Scenario stato di fatto

Carta dei tiranti Tr 300 anni– Scenario stato di fatto

Carta dei tiranti Tr 50 anni – Scenario con interventi di mitigazione del rischio

Carta dei tiranti Tr 100 anni – Scenario con interventi di mitigazione del rischio

Carta dei tiranti Tr 300 anni – Scenario con interventi di mitigazione del rischio

Carta delle velocità Tr 50 anni– Scenario stato di fatto

Carta delle velocità Tr 100 anni– Scenario stato di fatto

Carta delle velocità Tr 300 anni– Scenario stato di fatto

Carta delle velocità Tr 50 anni– Scenario con interventi di mitigazione del rischio

Carta delle velocità Tr 100 anni– Scenario con interventi di mitigazione del rischio

Carta delle velocità Tr 300 anni– Scenario con interventi di mitigazione del rischio

Carta delle Energie Cinetiche Tr 50 anni- Scenario stato di fatto

Carta delle Energie Cinetiche Tr 100 anni- Scenario stato di fatto

Carta delle Energie Cinetiche Tr 300 anni- Scenario stato di fatto

Carta delle Energie Cinetiche Tr 50 anni– Scenario con interventi di mitigazione del rischio

Carta delle Energie Cinetiche Tr 100 anni– Scenario con interventi di mitigazione del rischio

Carta delle Energie Cinetiche Tr 300 anni– Scenario con interventi di mitigazione del rischio

Carta della Pericolosità Idraulica – Scenario stato di fatto

Carta della Pericolosità Idraulica – Scenario con interventi di mitigazione del rischio

Shapefile delle modellazioni idrauliche – EPSG 25833