

# COMUNE DI MOLFETTA

PROGETTO:

- DI MASSIMA
- DEFINITIVO
- ESECUTIVO

ZONA Ca - VIA TERLIZZI  
PIANO DI LOTTIZZAZIONE DELLA MAGLIA "C"

ELABORATO:

**Cu.1**

OGGETTO:

Relazione idrologica-idraulica

SCALA:

PRATICA:

DATA:

settembre 2017

AGG.:

ottobre 2021

FILE:

COMMITTENTE E PROPRIETARIO:

*I LOTTIZZANTI*

PROGETTISTI ARCHITETTONICI:

ing. Domenico Mastropiero - Via A. De Curtis, 11/B - Molfetta  
ing. De Gennaro Mario Emilio - Via A. De Curtis, 11/B - Molfetta

INDICE

1	PREMESSA.....	1
2	INQUADRAMENTOURBANISTICO .....	2
2.1	Piano Regolatore Generale (PRGC) .....	2
2.1.1	Indice di fabbricabilità $I_f = 0,50mc/mq$ .....	2
2.1.2	Distanza dai confini $D_c = H/2$ $D_c \geq 5,0m$ .....	2
2.2	Piano Urbanistico Esecutivo (PUE) .....	2
2.3	Catasto Urbano e Terreni .....	3
2.4	PUTT/P Regione Puglia - Primi Adempimenti .....	3
2.5	DL 42/2004 - Codice dei Beni Culturali e del Paesaggio .....	4
2.6	Adeguamento del PRGC al PUTT/P (PIANO ADOTTATO).....	4
2.7	PPTR Regione Puglia (ADOTTATO).....	4
2.8	Descrizione dell'intervento.....	5
2.9	Vincolo idrogeologico sull'area di intervento.....	5
3	RICHIESTA DI COMPATIBILITA' E DESCRIZIONE DEI LUOGHI.....	8
4	METODOLOGIA OPERATIVA.....	11
4.1	Premesse .....	11
4.2	ANALISI MORFOLOGICA.....	12
4.2.1	Rilievi effettuati .....	12
4.2.2	Modalità operative .....	13
4.3	Singularità riscontrate .....	15
4.4	STUDIO IDROLOGICO .....	26
4.4.1	Introduzione .....	26
4.4.2	Idrogrammi di Progetto utilizzati nell'analisi preliminare .....	26
4.4.3	Idrogrammi di Progetto utilizzati per il dominio in oggetto.....	28
4.5	ANALISI IDRAULICA.....	31
4.5.1	Teoria del modello idraulico .....	31
4.5.2	Scelta dei limiti di rappresentazione delle aree di allagamento.....	33
5	RISULTATI DELLA MODELLAZIONE IDRAULICA.....	37
5.1	Descrizione del Dominio Computazionale ed Analisi Dei Risultati Del Modello Idraulico .....	37
6	CONCLUSIONI.....	43

## 1 PREMESSA

Ai sensi dell'art 9 delle NTA del PAI e dell'Art. 4 della L.R. n. 19 del 19 luglio 2013 si chiede il parere di Compatibilità Idraulica per le aree indicate nel seguito ed interessate dalle Lame Cupa ed Urbana da parte dei lottizzanti (Sig.ri **Pasculli Caterina, Domenico, Laura Annamaria e Maria, de Pinto Annalisa, Salvemini Sergio, Mancini Angelica, Pasculli Francesco Saverio, Spagnoletti Rosa**) del Lotti 1, 2, 3 e 4, ricadenti nel Comparto C.a. Maglia C in Molfetta,

- Coordinate dell'area di interesse:  $41^{\circ} 11' 19.680''$  N -  $16^{\circ} 35' 11.364''$  E (Google 41.1891- 16.58644), in catasto nel comune di Molfetta, Fg. 25, p.lle 461-19 - 358 - 1181 - 1182 - 360.

al fine di realizzare un intervento di edilizia privata e allegano alla presente uno studio idrologico-idraulico per le aree di interesse in rosso in Figura 1.

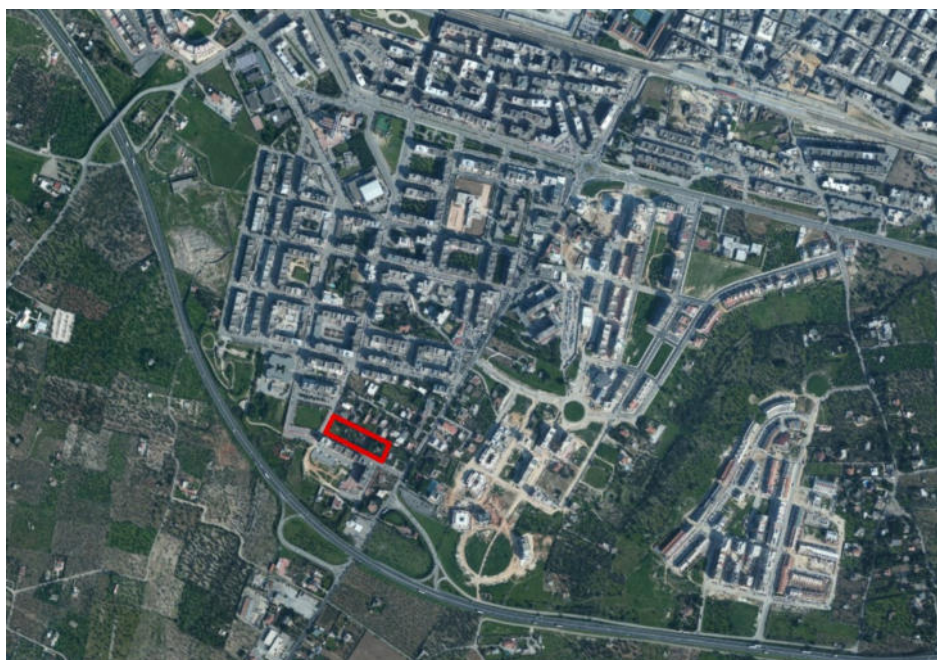


Figura 1

## 2 INQUADRAMENTO URBANISTICO

### 2.1 Piano Regolatore Generale (PRGC)

Con DGR n° 527 del 10.5.2001 è stata definitivamente approvata la variante generale al PRGC di Molfetta. Detta variante prevede, fra le diverse zone omogenee, le zone di espansione di tipo "Ca" che sono suddivise in due blocchi distinti: l'uno posto in contrada Madonna della Rosa e l'altro, a cui appartiene l'area in esame, ubicato ad ovest della provinciale per Terlizzi (vedasi la tavola n° A2 - stralci della TAVV. D07 e D05 del PRGC). Quest'ultima zona è totalmente urbanizzata e servita dalle infrastrutture a rete.

Dette zone Ca sono normate dall'art. 35 delle NTA del PRGC che prevede la redazione di uno strumento attuativo generale relativo a ciascun blocco in cui, oltre alle aree da cedere per standard ai sensi del DM 1444/68, devono essere individuate le maglie da assoggettare a successivi piani di lottizzazione.

Gli indici e parametri fondamentali previsti per la lottizzazione sono i seguenti:

**2.1.1 INDICE DI FABBRICABILITÀ**  $I_f = 0,50 \text{ MC/MQ}$

Altezza massima  $H = 8 \text{ m}$

Rapporto di copertura massimo  $R_c = 30\%$

Superficie a parcheggio (art. 11 N.T.A.) Sup. = (1/10V + 1 posto auto per appartamento)

**2.1.2 DISTANZA DAI CONFINI**  $D_c = H/2 \quad D_c \geq 5,0 \text{ M}$

Distanza fra i fabbricati  $D_f =$  semisomma delle altezze

Relativamente alla zona "Ca" di via Terlizzi, il P.R.G.C. non prevede alcuna strada di nuova realizzazione.

### 2.2 Piano Urbanistico Esecutivo (PUE)

Con deliberazione di Consiglio Comunale n° 54 del 09 luglio 2007, è stato definitivamente approvato il PUE della zona Ca – via Terlizzi con valore di studio di maglia del PRGC. Con tale strumento urbanistico (vedasi tavola n° A2 - stralcio del PUE) sono

state individuate tre maglie dove è possibile edificare, identificate con le lettere A, B e C. La maglia "C" è composta complessivamente da 5 lotti di cui 4 lotti adiacenti ed uno, il numero 5, non contiguo.

L'area in esame ricade nella maglia C ed interessa i lotti nn° 1, 2, 3 e 4 (vedasi tavola n° A2 - stralcio del PUE). Essa confina su due lati con proprietà private ricadenti nella stessa zona urbanistica e sugli altri due con due strade pubbliche: via Alma Monda a ovest e via G. Falcone a sud.

A seguito dell'approvazione della DGC n. 68 del 06/04/2021, le aree da cedere per standard sono state progettuualmente eliminate perché da monetizzare, contrariamente alle previsioni del Piano di cui alla Delibera di C.C. n.54 del 09/07/2009 di approvazione definitiva del PUE della "Ca".

Circa l'edilizia esistente, come si evince dalla tavola A2, all'interno dell'area di intervento non sono presenti costruzioni di rilievo. Per queste costruzioni è prevedibile la demolizione totale.

### **2.3 Catasto Urbano e Terreni**

L'area in esame si trova al limite nord del foglio catastale n° 25 del Comune di Molfetta. Le particelle interessate, ossia la 19, 358, 1181, 1182 e 461, risultano tutte censite al Catasto Terreni (vedasi tavola A2 - Stralcio di mappa catastale).

### **2.4 PUTT/P Regione Puglia - Primi Adempimenti**

Con delibera di Consiglio Comunale n° 17 del 31.07.2001, l'Amministrazione comunale, nel rispetto di quanto previsto all'art. 1.03 commi dal 5.1 al 5.5 delle NTA del PUTT/P della Regione Puglia, ha individuato i "*territori costruiti*", mentre, con delibera di Consiglio Comunale n° 42 del 23.10.2001, in ottemperanza dell'art. 5.05 delle NTA del PUTT/P, ha approvato la perimetrazione degli *ambiti territoriali estesi* e degli *ambiti territoriali distinti*. Il PRGC di Molfetta, pur avendo avuto l'asseverazione da parte della Regione Puglia alle due delibere suddette (nota regionale prot. 2521/06 del 8.03.2002), non si deve considerare adeguato al PUTT/P (artt. 2.10 e 5.06 delle NTA).

L'area in esame è individuata con un riquadro nelle 4 tavole che compongono i cosiddetti "*primi adempimenti*". Come si evince dagli elaborati grafici, essa non è

direttamente interessata dalla presenza di ATE o ATD (assetto geomorfologico, assetto botanico-vegetazionale e stratificazione storica) poiché compresa all'interno dei *“territori costruiti”* di cui al comma 5° dell'art. 1.03 delle NTA del PUTT/P. In definitiva, l'area di cui trattasi non è soggetta alle norme di cui al titolo II *“Ambiti Territoriali Estesi”* e III *“Ambiti Territoriali Distinti”* delle NTA del PUTT/P.

## **2.5 DL 42/2004 - Codice dei Beni Culturali e del Paesaggio**

Sull'area in esame non vi sono vincoli di cui al D.Lgs. 42/2004 e, pertanto, i relativi progetti di edificazione non sono soggetti al rilascio delle autorizzazioni di cui agli artt. 22 e 146 del suddetto decreto legislativo.

## **2.6 Adeguamento del PRGC al PUTT/P (PIANO ADOTTATO)**

Con delibera di Consiglio Comunale n. 25 del 24.05.2010 è stato adottato il Piano di Adeguamento del PRGC al PUTT/P e, con delibera di Consiglio Comunale n. 52 del 27.09.2010, lo stesso Piano è stato modificato a seguito dell'accoglimento di alcune osservazioni. In quanto variante al PRGC, il suddetto adeguamento determina l'applicazione delle cosiddette *“norme di salvaguardia”*.

Nella tavola A2 si riportano gli stralci delle tavole più significative dell'Adeguamento del PRGC al PUTT/P: rispettivamente i territori costruiti e, per quanto riguarda gli ambiti territoriali distinti, i sistemi: idrogeomorfologico, botanico-vegetazionale e di stratificazione storica ed infine gli ambiti territoriali estesi.

Anche in questo caso l'area in esame, perimetrata in rosso, non è direttamente interessata dalla presenza di ATE o ATD (assetto geomorfologico, assetto botanico-vegetazionale e stratificazione storica) poiché compreso all'interno dei *“territori costruiti - zona omogenea tipizzata B (di completamento)”*.

## **2.7 PPTR Regione Puglia (APPROVATO)**

Con la delibera di Giunta Regionale n° 1435 del 02.08.2013 è stato adottato il Piano Paesaggistico Territoriale Regionale (PPTR). In data 16.02.2015 con la Delibera di Giunta Regionale n° 176, la Giunta Regionale ha approvato il PPTR, pubblicata sul

BURP n. 40 del 23.03.2015. Come si evince dalla tavola A2, l'area in esame, è interessata per una piccola parte, dall'UCP "paesaggi rurali" del PPTR. Tale area non segue le misure di salvaguardia e utilizzazione in quanto secondo il comma 6 dell'art. 83 delle NTA del PPTR (*Le misure di salvaguardia e utilizzazione di cui ai commi precedenti si applicano in tutte le zone territoriali omogenee a destinazione rurale nonché ai piani urbanistici esecutivi adottati dopo l'approvazione definitiva del PPTR*). Infatti il PUE della zona "Ca" è stato approvato definitivamente con DCC n. 54/2007.

## **2.8 Descrizione dell'intervento**

Dall'esame del quadro vincolistico in precedenza descritto, emerge che, fatto salvo il *Piano Stralcio Assetto Idrogeologico* (Figura 3), sull'area di cui trattasi non esistono vincoli che determinano limitazioni all'edificazione. Pertanto, le norme di riferimento sono quelle dell'art. 35 delle NTA del PRGC già descritte nel paragrafo a) della presente relazione.

Ognuno dei lotti dei richiedenti, ossia i lotti nn° 1, 2 e 3 della maglia "C", ed anche il lotto n° 4, dispongono di circa 1580 mc di volumetria residenziale la cui configurazione di dettaglio sarà individuata dal piano di lottizzazione dell'intera maglia "C". Tuttavia, in considerazione dell'altezza urbanistica massima pari a 8 metri, della conformazione dei lotti e della volumetria da edificare, è ragionevole prevedere che, in ciascun lotto, la volumetria da edificare sarà disposta in un unico corpo di fabbrica bifamiliare, costituito cioè da due unità immobiliari autonome. Secondo lo schema classico, esse saranno costituite da piano interrato e piano superiore con copertura piana. Ciascun corpo di fabbrica sarà contornato da aree pertinenziali prevalentemente destinate a verde privato.

## **2.9 Vincolo idrogeologico sull'area di intervento.**

Dall'esame della cartografia vigente dell'AdB della Puglia si rileva che l'area di intervento ricade in un'area attualmente perimetrata quale BP, ovvero bassa pericolosità idraulica, ovvero interessata da piene con Tempo di ritorno di 500 anni.

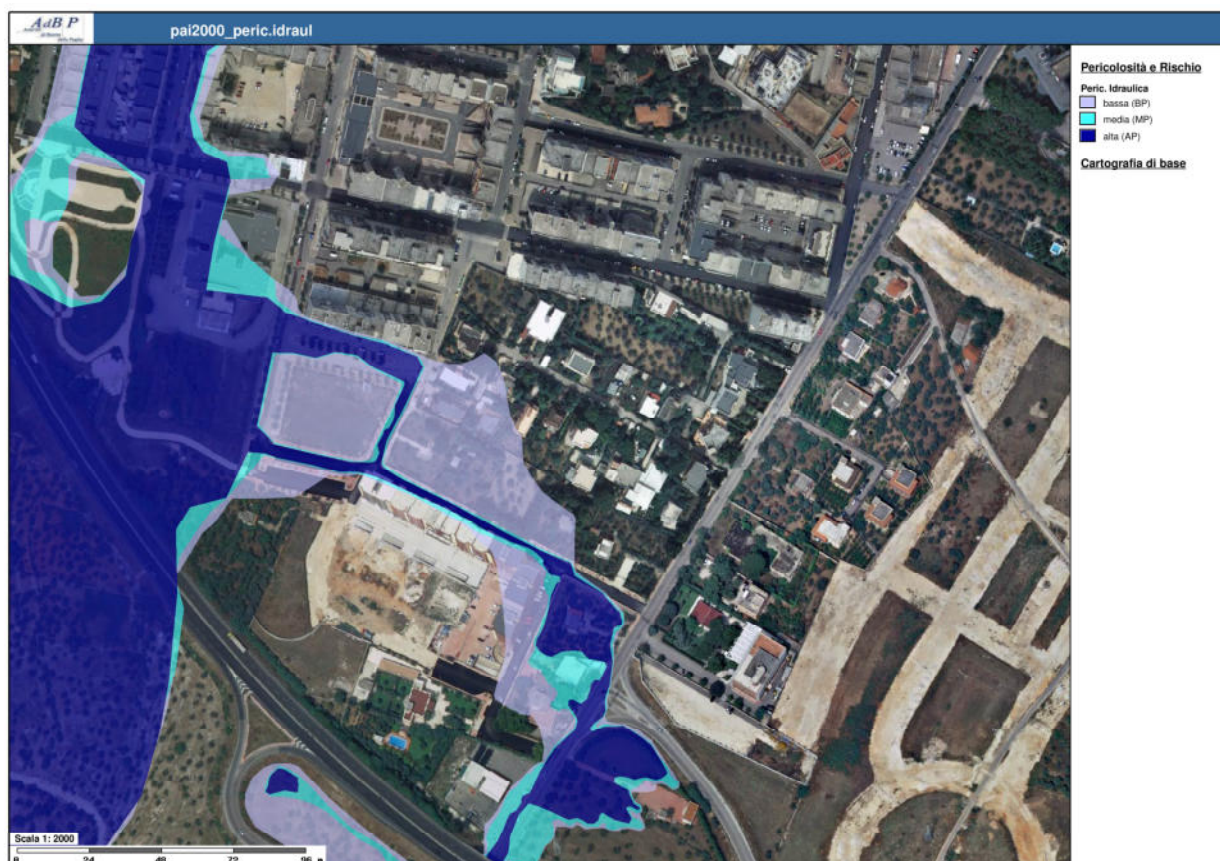


Figura 2: Perimetrazione vigente ed area di studio

A tal fine si richiama in primis il **Piano di Assetto Idrogeologico (PAI)**, adottato con deliberazione del Comitato istituzionale dell'Autorità di Bacino della Puglia (AdB) 30 novembre 2005, n. 39 ed in particolare l'Art. 9 Interventi consentiti nelle aree a bassa pericolosità idraulica (B.P.)

1. Nelle aree a bassa probabilità di inondazione sono consentiti tutti gli interventi previsti dagli strumenti di governo del territorio, purché siano realizzati in condizioni di sicurezza idraulica in relazione alla natura dell'intervento e al contesto territoriale.
2. Per tutti gli interventi nelle aree di cui al comma 1 l'AdB richiede, in funzione della valutazione del rischio ad essi associato, la redazione di uno studio di compatibilità idrologica ed idraulica che ne analizzi compiutamente gli effetti sul regime idraulico a monte e a valle dell'area interessata.
3. In tali aree, nel rispetto delle condizioni fissate dagli strumenti di governo del territorio, il PAI persegue l'obiettivo di integrare il livello di sicurezza



alle popolazioni mediante la predisposizione prioritaria da parte degli enti competenti, ai sensi della legge 225/92, di programmi di previsione e prevenzione.

A tal fine l'art. **Art. 4 Delega di funzioni** della successiva **Legge Regionale del 19 luglio 2013, n. 19** recante: "Norme in materia di riordino degli organismi collegiali operanti a livello tecnico-amministrativo e consultivo e di semplificazione dei procedimenti amministrativi", prevede che:

1. In deroga all'articolo 8, comma 1, lettera l), della L.R. n. 19/2002 e per il territorio regionale della Puglia, **l'espressione del parere tecnico** previsto ai commi 4 e 5 dell'articolo 4 e ai commi 4 e 5 dell'articolo 11 **delle norme tecniche d'attuazione del Piano di Assetto Idrogeologico (PAI)**, adottate con deliberazione del Comitato istituzionale dell'Autorità di Bacino della Puglia (AdB) 30 novembre 2005, n. 39, è **attribuita alla competenza degli uffici tecnici comunali, limitatamente agli interventi di cui:**

- a. al comma 6 dell'articolo 6;
- b. al comma 1, lettere e), f), g), h), i), dell'articolo 7;
- c. al comma 1, lettere e), f), g), h), i), dell'articolo 8;
- d. **al comma 1 dell'articolo 9;**
- e. al comma 1, lettere d), e), f, ) dell'articolo 13;
- f. al comma 1, lettera a), dell'articolo 14;
- g. al comma 1 dell'articolo 15.

A tal fine si presenta a codesta amministrazione studio di Compatibilità idraulica per l'intervento in oggetto.

### 3 RICHIESTA DI COMPATIBILITA' E DESCRIZIONE DEI LUOGHI

Si richiede parere di compatibilità idraulica per la realizzazione dell'intervento di edilizia privata indicato nelle figure a seguire.



Figura 3



Figura 4: Stralcio di P.U.E. con individuazione delle opere

L'area di intervento, collocata a Sud-Ovest dell'abitato di Molfetta, è delimitata a Sud dalla SS 16 Bis mentre a Nord dall'agglomerato urbano. Essa risulta situata tra due aste torrentizie fossili che attraversano l'intero abitato di Molfetta e, per quanto concerne la Lama Cupa, anche l'abitato di Terlizzi, fino al loro sbocco a mare.

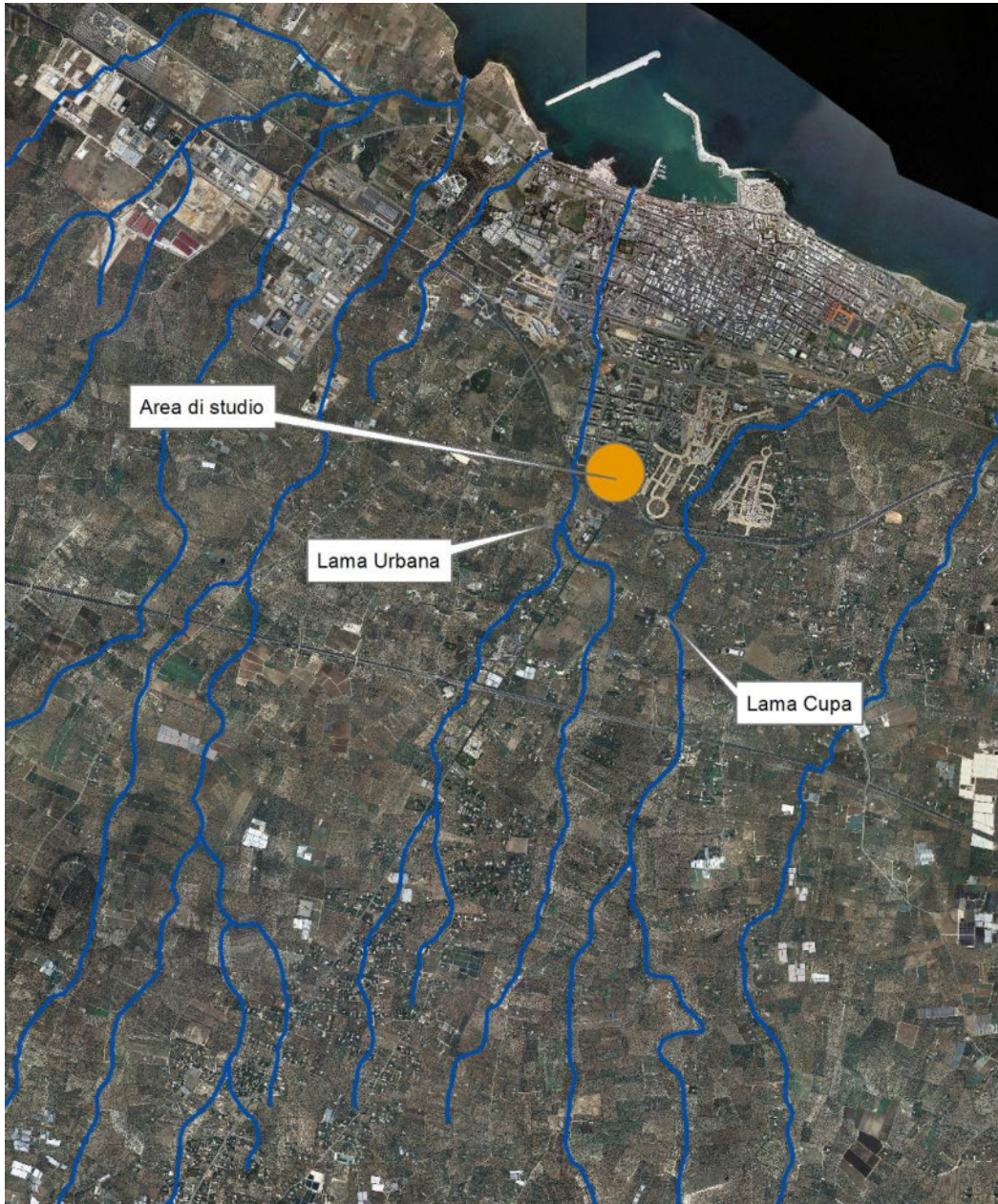


Figura 5: Individuazione dei due reticoli idrografici tra cui è compresa l'area di interesse.

## 4 METODOLOGIA OPERATIVA

### 4.1 Premesse

L'indagine è stata condotta relativamente al dominio computazionale riportato nella figura a seguire, tuttavia al fine di poter verificare la compatibilità idraulica dell'intervento in oggetto è stato necessario svolgere un'analisi preliminare. Detta analisi preliminare ha avuto come obiettivo la definizione dell'idrogramma di piena da inserire come input nel dominio computazionale suindicato. L'area identificata, infatti, si inserisce in un contesto più ampio ed è stato quindi necessario analizzare preliminarmente un modello più esteso che valutasse l'effetto di laminazione della porzione dei bacini posta più a monte.



Figura 6: Individuazione della sezione (in ciano) per la definizione dell'idrogramma adottato nello studio.

Nel presente capitolo sono esposti gli *steps* operativi che hanno permesso la determinazione dei parametri idrologici ed idraulici necessari allo studio di compatibilità idraulica.

**1) ANALISI MORFOLOGICA** ha permesso di determinare i bacini idrografici delle due Lame che interessano l'area di studio.

**2) ANALISI IDROLOGICA:** come meglio precisato di seguito, i dati relativi alle portate e ai volumi di piena relativi alle Lame in esame sono stati forniti in fase di progettazione preliminare dall'Autorità di Bacino della Puglia.

**3) ANALISI IDRAULICA** ha consentito di individuare l'estensione delle aree allagate in corrispondenza di un tempo di ritorno pari a 500 anni.

## **4.2 ANALISI MORFOLOGICA**

L'approccio utilizzato per affrontare e risolvere le problematiche oggetto del presente studio parte da un'analisi a scala di bacino dei processi idrologici e idraulici determinati dagli eventi meteorici estremi i cui effetti al suolo sono fortemente influenzati dallo stato dei luoghi, sia per l'aspetto della geomorfologia degli stessi sia dal punto di vista della loro destinazione d'uso.

Al fine di giungere a determinazioni che abbiano un riscontro attendibile rispetto alla realtà dei luoghi, è evidentemente necessario ricostruire, nella maniera quanto più dettagliata possibile, la conformazione degli stessi che si andranno ad analizzare partendo da un esame a scala di bacino e via via aumentando sempre più il dettaglio dell'indagine.

La base di partenza per l'ottenimento dei bacini idrografici, grazie alle moderne tecnologie disponibili, è sicuramente il modello digitale del terreno. Quanto più il modello digitale del terreno approssima il reale andamento morfologico dei luoghi, tanto più simile alle situazioni reali saranno le determinazioni rinvenienti dall'analisi morfologica. Il livello di dettaglio del modello digitale del terreno è strettamente legato al tipo di "dato grezzo" di partenza ovvero, maggiore è il livello di dettaglio della cartografia disponibile, migliore sarà la qualità del modello digitale del terreno da essa derivato.

### **4.2.1 RILIEVI EFFETTUATI**

Nel presente studio, al fine di realizzare un modello digitale del terreno quanto più prossimo a quello reale, sono state effettuate diverse campagne di rilievo diffuse e

particolareggiate; queste ultime nelle zone dove sono presenti singolarità che possono influenzare il deflusso e accumulo delle acque di piena.

In particolare è stato acquisito un DTM passo 2 mt con precisione di  $\pm 25$  cm per un'area complessiva di 6.800 ha, utilizzando un volo del 2006 per l'area più estesa, ed un volo dell'agosto 2011 per l'area di più recente edificazione così come indicato nella figura a seguire.

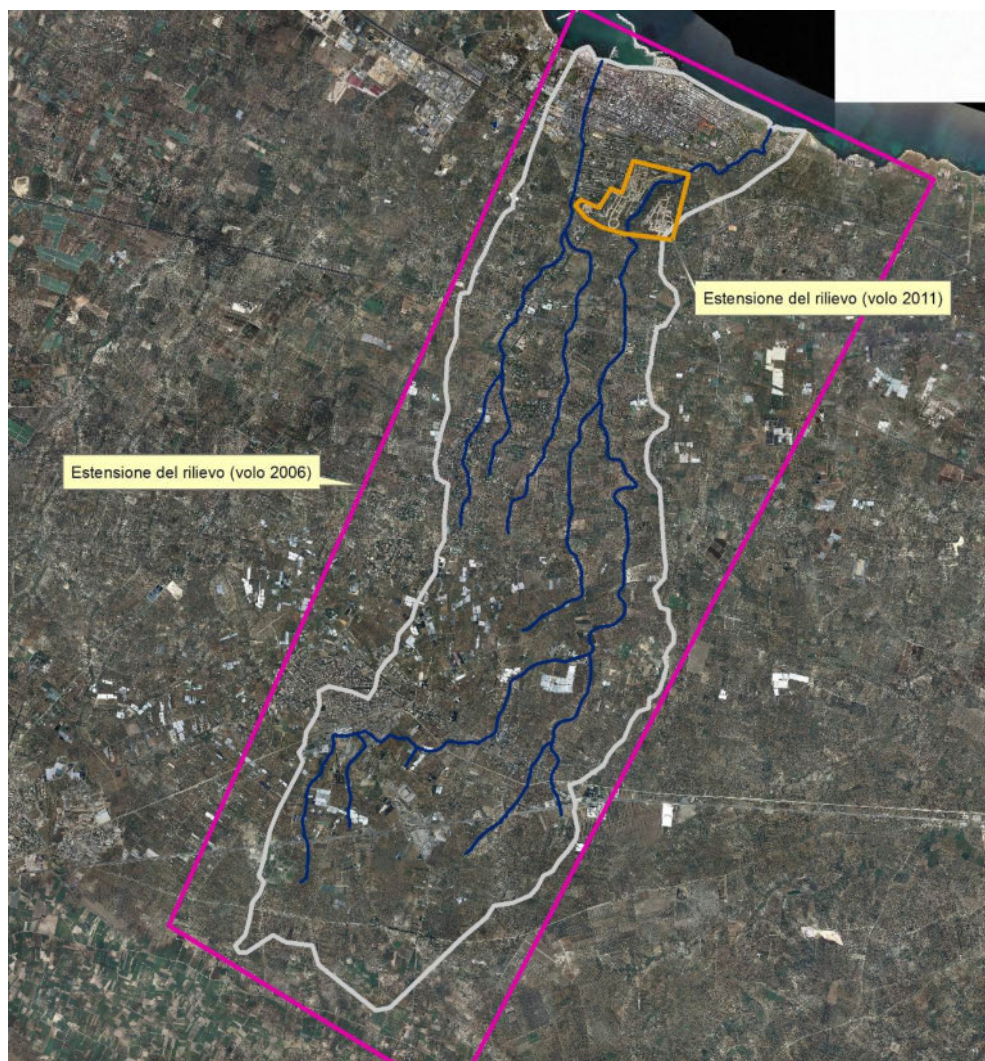


Figura 7: Rappresentazione dei rilievi di dettaglio effettuati

#### 4.2.2 MODALITÀ OPERATIVE

Al fine di effettuare uno studio idraulico di dettaglio l'area di studio è stata suddivisa in tre parti, ognuna delle quali aventi sezione di chiusura nella delimitazione delle tre zone individuate nella figura a seguire.

Dette aree denominate, rispettivamente Dominio 1, Dominio 2 e Dominio 3 sono meglio rappresentate nella figura 7 dove, con colori diversi, vengono indicati i tre sottobacini di riferimento. La suddivisione delle tre aree è anche indicata dalla S.P. 107 che rappresenta il confine tra i domini 1 e 2 e la S.S. 16 bis che, invece, indica il confine tra il dominio 2 ed il dominio 3.

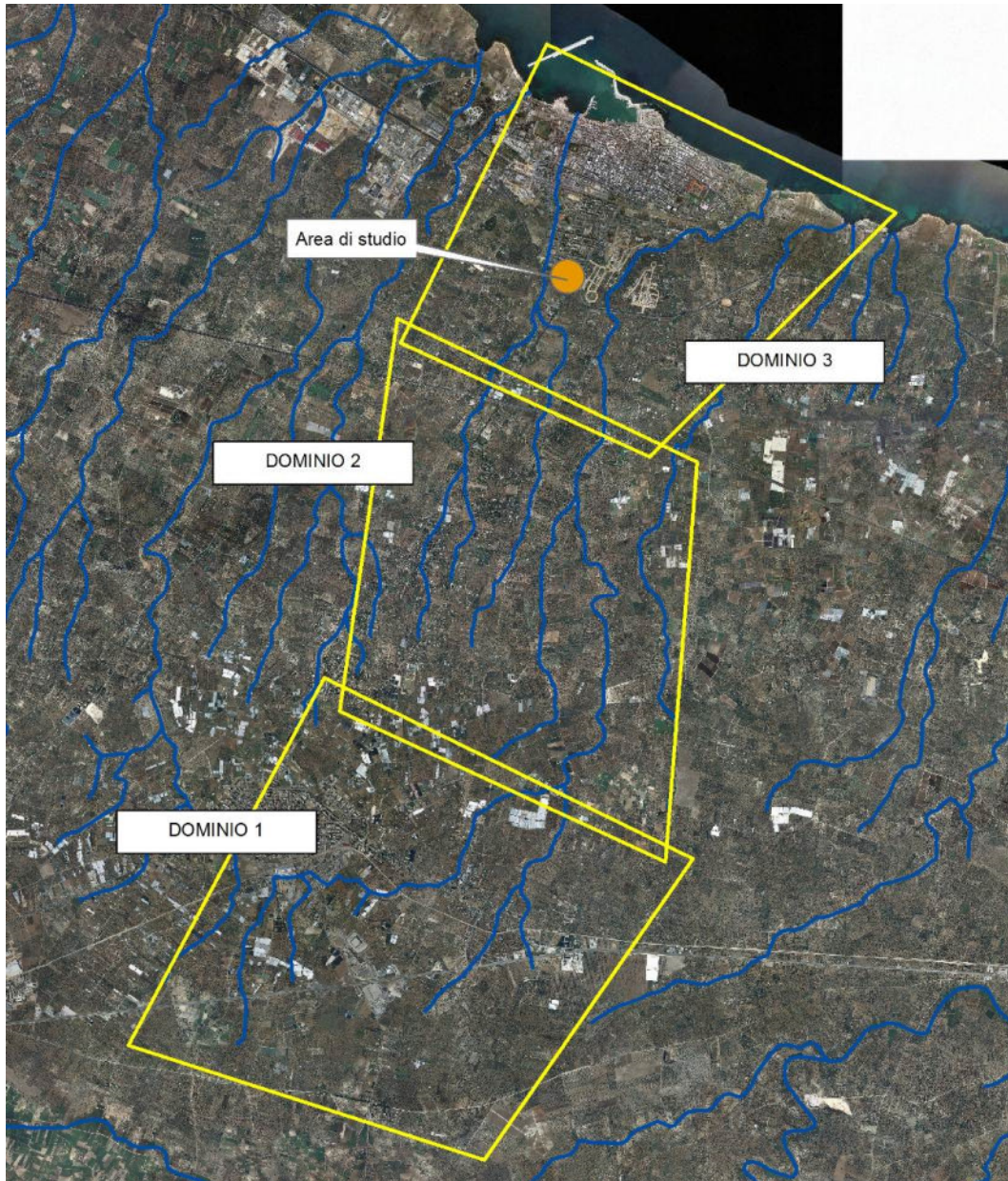


Figura 8: Inquadramento dell'area di studio



### **4.3 Singolarità riscontrate**

I bacini determinati e le loro caratteristiche morfometriche hanno fornito l'input per l'applicazione del modello di calcolo afflussi-deflussi che verrà descritto nei paragrafi successivi.

Partendo dal Dominio 1, area di monte, si evince che la zona esaminata è caratterizzata da un andamento altimetrico all'interno della quale non è possibile individuare elementi orografici dominanti, seppur presentando caratteristiche topografiche tali da poter definire, in maniera univoca, la direzione di scorrimento del flusso idrico superficiale.

Le interferenze del corpo stradale con il reticolo idrografico sono identificate a monte con la S.P. 231 e più a valle dalla S.P. 112, inoltre il Dominio 1 include quasi nella sua interezza il centro abitato del Comune di Terlizzi.

Per quanto concerne il Dominio 2, esso si sviluppa in direzione parallela alla S.P. 112 fino a poco a valle dell'incrocio con la A 14, che però è in rilievo rispetto al piano campagna.

Il Dominio 3, infine, riparte a valle della A 14 e prosegue intersecando la S.S. 16 fino a interessare il centro abitato fino alla linea di costa.

A seguito di rilievi topografici si riportano nella figura 10, con apposita numerazione, tutti i tombini ed attraversamenti ricadenti nei tre domini ed oggetto di opportuno rilievo ed implementazione nel modello numerico utilizzato.

Utilizzando le formule della foronomia e considerando il funzionamento, durante la piena, come luce a battente, si è potuto determinare la scala di deflusso di ciascun tombino in condizione di moto uniforme, mentre per i ponti si è utilizzato il software Hec-Ras per la determinazione della scala di deflusso in condizione di moto permanente.



Figura 9: Indicazione dei ponti e dei tombini per i due bacini di studio (prefisso C per la Lama Cupa ed U per la Lama Urbana) nella zona verso Terlizzi (a) e verso Molfetta (b)



Figura 10: Tombino C1



Figura 11: Ponte C2



Figura 12: **Tombino C2.1**



Figura 13: **Tombino C2.3**



Figura 14: **Tombino C3**



Figura 15: **Ponticello C4**



Figura 16: Ponticello C5



Figura 17: Ponte C6 a 4 luci



Figura 18: Singola luce del Ponte C6



Figura 19: Ponte C7 a tre luci



Figura 20: Ponte C7 - Particolare



Figura 21: Ponte C8 a tre luci





Figura 22: Ponte C9 a sette luci



Figura 23: Ponte C10



Figura 24: Ponte C11



Figura 25: Ponte 1



Figura 26: Tombino scatolare U1



Figura 27: Tombino scatolare U2



Figura 28: Ponte U3 - 4 tombini, due scatolari e due sezioni composite poste centralmente

## **4.4 STUDIO IDROLOGICO**

### **4.4.1 INTRODUZIONE**

L'analisi idrologica ha come obiettivo la valutazione delle portate di piena che, per prefissati tempi di ritorno, interessano un bacino idrografico e, di conseguenza, le sue infrastrutture, centri abitati, elementi vulnerabili.

Lo studio idraulico prevede un preliminare studio idrologico volto alla definizione degli idrogrammi relativi ai diversi tempi di ritorno considerati.

*Tale studio, in questo caso, non è stato effettuato in quanto l'AdB della Regione Puglia ha fornito, su richiesta degli scriventi, in data 11.02.2013 (prot. in uscita AdB 1909) i risultati dello studio idrologico condotto sulle due lame in esame.*

### **4.4.2 IDROGRAMMI DI PROGETTO UTILIZZATI NELL'ANALISI PRELIMINARE**

Si riportano nelle tabelle a seguire i dati di portata, rispettivamente per la Lama Cupa e la Lama Urbana, relativamente ad un tempo di ritorno di 500 anni; gli stessi vengono anche rappresentati graficamente.

I dati di portata e le relative durate in oggetto sono stati utilizzati nella modellazione bidimensionale, per i diversi tempi di ritorno indicati, come condizione al contorno di monte per il Dominio 1 per la Lama Cupa e, rispettivamente, per il Dominio 2 per la Lama Urbana, a cui sono stati aggiunti i dati di portata in uscita dal dominio 1 relativamente alla Lama Cupa. Due sezioni di controllo disposte nel dominio 3 hanno fornito le condizioni di input per il modello oggetto del presente studio.

Tabella 1: **Dati di portata (m<sup>3</sup>/s) relativamente ad un Tr di 500 anni per le due lame**

Lama Cupa		Lama Urbana	
t (h)	Q500 (m <sup>3</sup> /s)	t (h)	Q500 (m <sup>3</sup> /s)
0,00	0,00	0,00	0,00
0,63	1,88	0,37	1,06
1,26	6,27	0,75	3,52
1,89	11,91	1,12	6,69
2,52	19,43	1,50	10,92
3,14	29,46	1,87	16,55
3,77	41,36	2,25	23,25
4,40	51,39	2,62	28,88
5,03	58,29	2,99	32,76
5,66	62,05	3,37	34,87
6,29	62,67	3,74	35,22
6,92	62,05	4,12	34,87
7,55	58,29	4,49	32,76
8,17	53,90	4,86	30,29
8,80	48,89	5,24	27,47
9,43	42,62	5,61	23,95
10,06	35,10	5,99	19,72
10,69	28,83	6,36	16,20
11,32	24,44	6,74	13,74
11,95	20,68	7,11	11,62
12,58	17,55	7,48	9,86
13,83	12,97	8,23	7,29
15,09	9,21	8,98	5,18
16,35	6,71	9,73	3,77
17,61	4,83	10,48	2,71
18,86	3,45	11,23	1,94
20,12	2,51	11,97	1,41
21,38	1,82	12,72	1,02
22,64	1,32	13,47	0,74
23,90	0,94	14,22	0,53
25,15	0,69	14,97	0,39
28,30	0,31	16,84	0,18
31,44	0,00	18,71	0,00

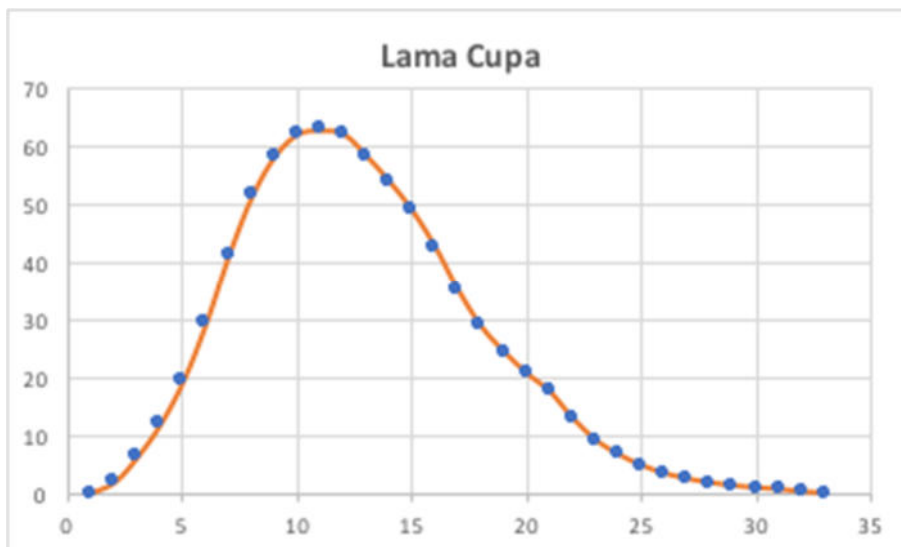


Figura 29: Idrogrammi di piena della Lama Cupa (Tr= 500 anni)

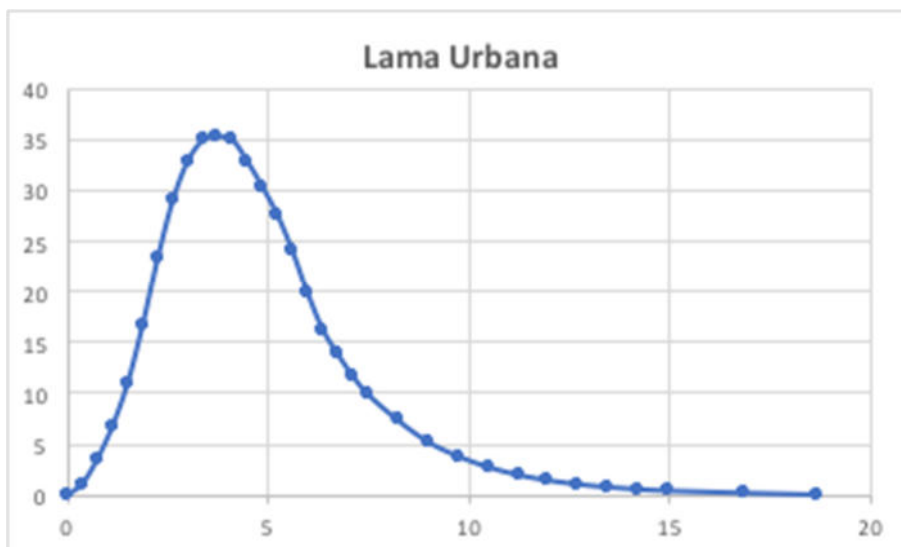


Figura 30: Idrogrammi di piena della Lama Urbana (Tr= 500 anni)

#### 4.4.3 IDROGRAMMI DI PROGETTO UTILIZZATI PER IL DOMINIO IN OGGETTO

Dopo aver effettuato le diverse simulazioni per i tre domini indicati, si è poi proceduto a verificare che i due contributi in ingresso al dominio (lama Urbana e divagazione lama Cupa), non investono entrambi l'area di interesse, in particolare il contributo della lama Urbana tende a seguire, ancorché già fortemente antropizzato, la linea di deflusso originaria per cui le fluenze idriche che tendono ad interessare l'area di interesse degli istanti risultano essere esclusivamente quelle provenienti dalla

divagazione dei deflussi della lama Cupa, per effetto della potenziale insufficienza del tombino della Strada Statale n.16.

Pertanto le elaborazioni che vengono di seguito descritte escludono la componente derivante dalla Lama Urbana. Si riporta per la Lama Cupa, relativamente ad un tempo di ritorno di 500 anni; l'idrogramma utilizzato nello studio.

Tabella 2: **Dati di portata (m<sup>3</sup>/s) relativamente ad un Tr di 500 anni per la lama Cupa**

t (h)	Q500 (m <sup>3</sup> /s)
0,00	0,00
0,33	0,23
0,66	1,55
1,00	2,60
1,33	3,01
1,66	3,36
2,00	3,62
2,33	3,74
2,66	3,79
3,00	3,81
3,33	3,79
3,66	3,68
4,00	3,50
4,33	3,32
4,66	3,09
5,00	2,85
5,33	2,61
5,66	2,38
6,00	2,09
6,33	1,70
6,83	1,00
7,33	0,50
8,33	0,10
10,33	0,00

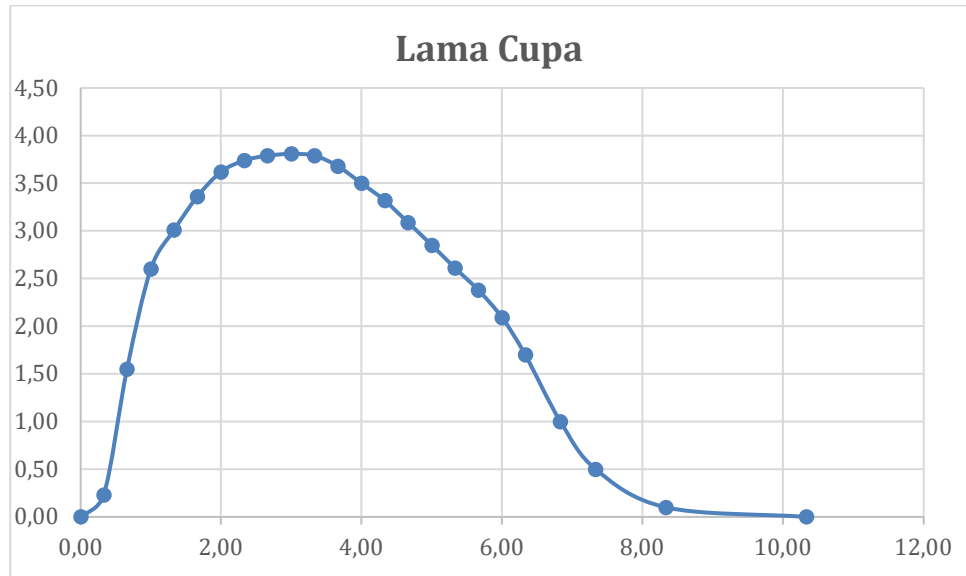


Figura 31: Idrogramma di piena della Lama Cupa (Tr=500 anni)



## **4.5 ANALISI IDRAULICA**

Definito il valore delle portate e l'idrogramma di piena per un Tr di 500 anni, si è proceduto all'analisi idraulica delle aree oggetto di studio.

Per l'individuazione delle aree di allagamento e per la valutazione della distribuzione degli esposti e della loro vulnerabilità, si è fatto ricorso, ad un modello bidimensionale ed in particolare al modello di calcolo FLO-2D, in quanto uno studio monodimensionale non permette di riprodurre lo stato effettivo del sistema.

Nel paragrafo a seguire si illustrano brevemente i contenuti del modello utilizzato.

### **4.5.1 TEORIA DEL MODELLO IDRAULICO**

Il FLO-2D è un software per la modellazione idraulica bidimensionale utilizzato per diversi tipi di verifiche idrauliche come la propagazione delle piene anche quando siano interessate le golene, deflussi in zone non confinate, deflussi in aree urbane, trasformazione afflussi-deflussi, deflusso delle piene in aree costiere, colate fangose e detritiche.

Esso permette di simulare un'inondazione su una topografia complessa e con una data scabrezza basando il suo funzionamento sulla conservazione del volume, che è fondamentale per avere un'esatta distribuzione della piena.

Il modello usa l'equazione completa del moto di un'onda dinamica ed uno schema centrale alle differenze finite con otto potenziali direzioni di flusso per predire il procedere dell'idrogramma di piena su una griglia di elementi quadrati.

Questo software è una combinazione tra un modello idrologico ed un modello idraulico e richiede per ogni simulazione principalmente due tipi di informazione: quella associata alle quote (modello digitale del terreno, DTM) e quella idrologica.

La topografia della superficie di flusso potenziale è rappresentata da un sistema di griglie quadrate. Agli elementi di griglia sono assegnati le quote ricavate da un'interpolazione dei punti del DTM.

Attraverso il programma di pre-processor GDS (*Grid Developer System*), presente nel pacchetto FLO-2D, si genera il sistema a griglia assegnando le quote alle singole celle. Il GDS sovrappone le griglie sui punti del DTM ed interpolando per mezzo di particolari punti, detti filtri, determina le quote di ogni elemento di griglia.

Esso genera automaticamente il “*piano di piena*” (che rappresenterà schematicamente la nostra superficie di inondazione) e gli altri dati per cominciare una simulazione.

Il procedere dell’onda di piena sul dominio di flusso è controllato dalla topografia e dalla resistenza al deflusso.

La simulazione dell’inondazione che si sviluppa in due dimensioni è portata a termine tramite un’integrazione numerica delle equazioni del moto e quella di continuità.

Le equazioni costitutive su cui si basa il modello sono:

1. l’equazione di continuità;

$$\frac{\partial h}{\partial t} + \frac{\partial h v_x}{\partial x} = i$$

2. l’equazione del moto (equazione del momento di un’onda dinamica).

$$S_{fx} = S_{ox} - \frac{\partial h}{\partial x} - \frac{v_x}{g} \cdot \frac{\partial v_x}{\partial x} - \frac{v_x}{g} \cdot \frac{\partial v_x}{\partial x} - \frac{1}{g} \cdot \frac{\partial v_x}{\partial t}$$

dove  $h$  è la profondità di flusso e  $V_x$  è la componente della velocità mediata lungo la profondità. L’eccesso di pioggia può essere diverso da zero sulla superficie di flusso. La componente di attrito del pendio  $S_{fx}$  è basata sull’equazione di Manning.

Gli altri termini includono la pendenza del letto  $S_{ox}$ , variazione di pressione e termini di accelerazione convettivi e locali.

Le equazioni del moto in FLO-2D sono definite meglio come un quasi bidimensionale. L’equazione del moto è risolta calcolando la velocità di flusso media attraverso un elemento di griglia di confine, considerando una direzione alla volta.

Ci sono otto direzioni potenziali di flusso, le quattro perimetrali (nord, sud, est, ovest) e le quattro diagonali (nordest, sudest, nordovest, sudovest).

Ogni calcolo di velocità è essenzialmente monodimensionale in natura ed è risolto indipendentemente delle altre sette direzioni.

La stabilità di questo schema numerico esplicito è basata su uno specifico criterio di controllo della misura della variabile computazionale “intervallo temporale”.

La grandezza delle componenti dell’accelerazione relative alla pendenza del fondo ed ai termini di pressione è importante.

Henderson nel 1966 calcolò i termini dell’equazione del moto per un canale alluvionale ripido ed un idrogramma crescente velocemente. I risultati di Henderson sono i seguenti:

– Termini dell'equazione:	$S_0 \delta y / \delta x$	$V \delta V / g \delta x$	$\delta V / g \delta t$
– Grandezza (ft/mi):	26	0.5	0.12-0.25
			0.05

dove  $S_0$  rappresenta la pendenza del fondo,  $\delta y / \delta x$  è il gradiente di pressione,  $V \delta V / g \delta x$  è l'accelerazione convettiva,  $\delta V / g \delta t$  è l'accelerazione locale.

Egli dimostrò su varie applicazioni per diverse pendenze, che l'applicazione dell'onda cinematica ( $S_0 = S_f$ ) è sufficiente per modellare la progressione dell'onda di piena e che il contributo del gradiente di pressione e delle accelerazioni può essere trascurato.

L'aggiunta del gradiente di pressione migliorerà la simulazione del flusso su superfici caratterizzate da una complessa topografia.

L'equazione di onda diffusiva con il gradiente di pressione è necessaria se il sistema di griglie presenta depressioni topografiche.

I termini dell'accelerazione locale e convettiva sono importanti soprattutto per la soluzione di canali con pendenze nulle (*secche*) o con pendenze molto elevate.

Quindi è sempre usata l'equazione completa del moto, senza apportare nessuna delle semplificazioni suddette, enunciate soltanto per chiarire meglio il modello teorico che è alla base del calcolo effettuato attraverso la modellazione con il FLO-2D.

#### **4.5.2 SCELTA DEI LIMITI DI RAPPRESENTAZIONE DELLE AREE DI ALLAGAMENTO**

Le valutazioni idrauliche condotte in questo studio hanno consentito di individuare le aree interessate dall'inondazione in riferimento alle piene relative ad un Tr di 500 anni.

L'indicazione di allagamento di una superficie non è di per sé un fattore di pericolosità, particolari condizioni di allagamento però possono mettere in condizioni di pericolo le persone presenti nelle aree in cui essi si verificano.

Oltre al tirante idrico, i fattori che influiscono sul livello di pericolo sono la velocità di scorrimento idrico e la persistenza del fenomeno. Infatti un allagamento che presenta un tirante idrico di 0,1 metri risulta diverso da quello derivante da 2 metri, anche se si verifica con lo stesso tempo di ritorno. Al contrario, se il primo possiede una elevata velocità di scorrimento, potrebbe diventare più pericoloso del secondo valore se fosse quest'ultimo quasi statico.

L'Autorità di Bacino della Puglia non da indicazioni a riguardo, tuttavia altre Autorità di Bacino propongono una serie di approcci per procedere alla perimetrazione delle aree di allagamento.

L'Autorità di Bacino del Tevere ha proposto un diagramma che mette in relazione i due parametri fondamentali nella determinazione del livello di pericolosità dell'inondazione, tirante e velocità.

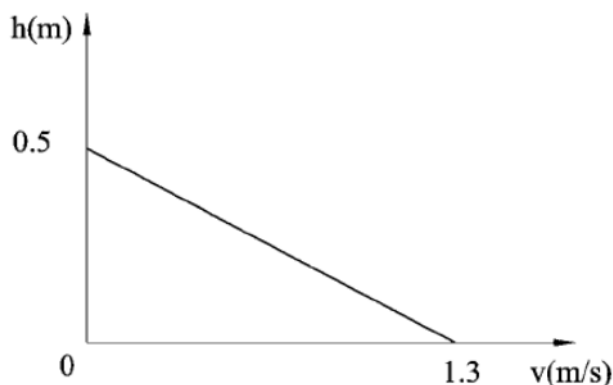
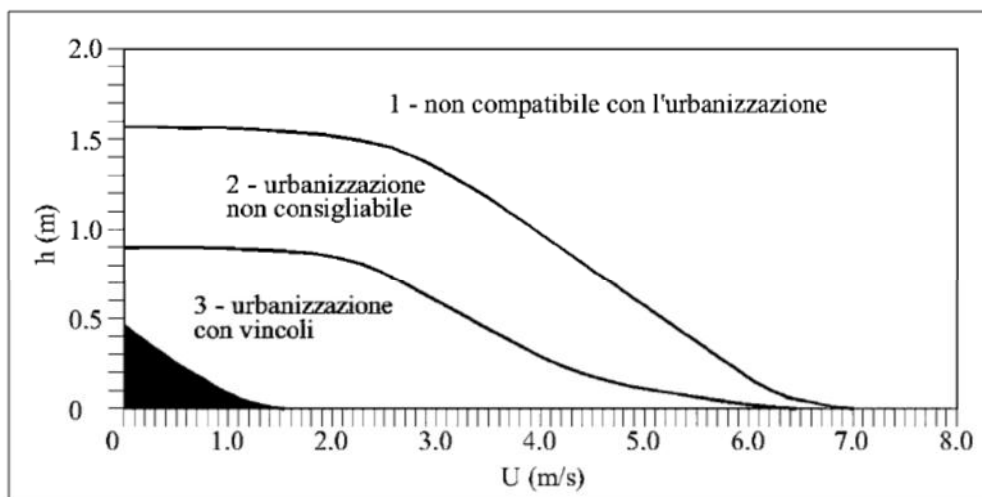


Figura 32: Diagramma della vulnerabilità (autorità di Bacino del Tevere)

Nel caso dell'Autorità del Tevere la superficie esondata è stata suddivisa in sottozone caratterizzate da un medesimo valore della spinta idrostatica. Il valore della spinta è funzione della velocità di scorrimento  $U$ , e del tirante idrico  $h$ ; nel grafico sottostante ( $U-h$ ) sono identificate porzioni caratterizzate da stesso valore della spinta. A seconda della coppia  $U-h$  ogni punto geografico dell'area allagata è catalogato con il riferimento (1, 2, 3, 4) relativo alla porzione del grafico all'interno del quale ricade il punto ( $U-h$ ).

Vengono così definite aree "marginali", quelle ricadenti nella porzione 4 del grafico precedente o colorato in nero nel grafico successivo; qui le condizioni di rischio in termini di incolumità delle persone risultano accettabili anche per minori e disabili con accompagnamento.

Si giunge quindi ad una distinzione generale delle aree a pericolosità in tre classi: dirette, indirette e marginali. I primi due termini derivano da considerazioni prettamente idrauliche, già esposte in precedenza e funzione delle caratteristiche del deflusso, il terzo esprime una condizione di effettiva trascurabilità del rischio.



fonte: A.B. Tevere, 2002

Figura 33: Diagramma della suddivisione delle superfici esondate (Autorità di Bacino del Tevere)

In definitiva viene messo in evidenza il fatto che le condizioni di rischio non dipendono solo dalla presenza/assenza d'acqua e dell'entità del tirante idrico ma anche il fattore velocità di scorrimento (valutata localmente) gioca un ruolo nell'attribuzione del livello di danno effettivo.

Altro esempio, da prendere come riferimento, sono le indicazioni dell'Autorità di Bacino dell'Adige che ha individuato 4 aree di pericolosità idraulica (molto elevata, elevata, media, moderata) in base allo schema seguente:

1) aree di pericolosità idraulica molto elevata (P4): aree allagate in occasione dell'evento di piena con tempo di ritorno di 30 anni nel quale risulti o la presenza di una **lama d'acqua sul piano di campagna superiore ad 1m o una velocità massima di trasferimento superiore ad 1m/s;**

2) aree di pericolosità idraulica elevata (P3): aree allagate o in occasione di un evento di piena con tempo di ritorno di 30 anni e condizioni di **lama d'acqua massima raggiunta sul piano di campagna tra 50 cm ed 1m**, o per un evento più raro ( $Tr=100$  anni) con condizioni come quelle stabilite per pericolosità molto elevata (**lama d'acqua massima maggiore di 1m oppure velocità superiore ad 1 m/s;**

3) aree di pericolosità idraulica media (P2): aree allagate per un evento caratterizzato da un tempo di ritorno di 100 anni nelle quali si instaurino condizioni di **lama d'acqua massima sul piano di campagna compresa tra 0 cm ed 1 m;**

4) aree di pericolosità idraulica moderata (P1): aree esondabili con eventi di piena meno frequenti ( $T_r=200$  anni) **in qualunque condizione di lama d'acqua e velocità sul piano di campagna.**

Sulla base di questa distinzione sono state perimetrare aree a diversa pericolosità, attraverso un modello di propagazione dell'onda di piena. Ovviamente le ultime due classi di pericolosità danno luogo ad un rischio NON elevato e quindi non pericoloso per l'incolumità di persone o cose.

Nel caso in oggetto si è preferito, cautelativamente, assumere come limiti di rappresentazione della pericolosità, e quindi della vulnerabilità idraulica, i seguenti limiti:

- tirante idrico  $> 0,2$  m
- velocità  $> 0,52$  m/s.

Che risultano comunque **più cautelativi** rispetto ai limiti proposti dalla letteratura tecnica del settore e dalle Autorità di Bacino sopra indicate.

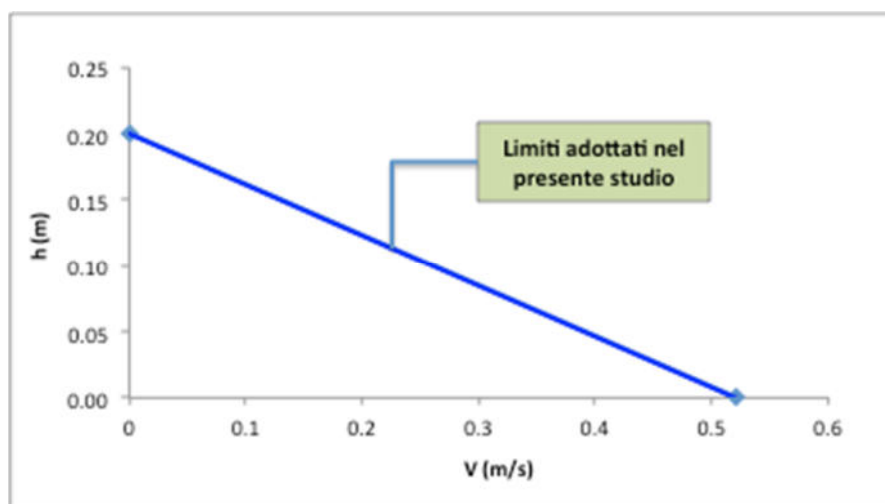


Figura 34: Filtro adottato nello studio

## 5 RISULTATI DELLA MODELLAZIONE IDRAULICA

### 5.1 *Descrizione del Dominio Computazionale ed Analisi Dei Risultati Del Modello Idraulico*

Nell'immagine a seguire, come già indicato in precedenza, si riporta l'estensione del dominio computazionale indagato. Come primo passo per l'applicazione del modello idraulico, si è proceduto a implementare il DEM del terreno; in questo modo è stato possibile definire il dominio computazionale adottando celle di calcolo aventi dimensioni 2 m x 2 m., tale griglia ha permesso la ricostruzione dettagliata dello stato dei luoghi nel modello. Inoltre, la quota del terreno coincidente con l'area dell'intervento, in funzione della comunicazione del Comune di Molfetta in fase di modifica di perimetrazione nel 2015, è stata attribuita pari alla quota del marciapiede adiacente.

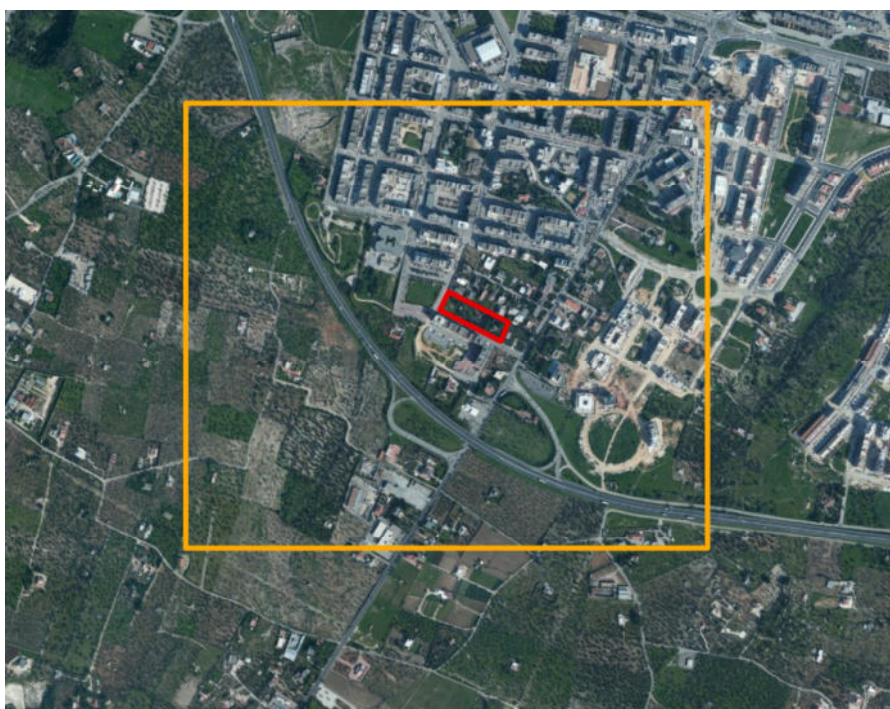


Figura 35: Inquadramento dell'area di studio (in arancione)

Inoltre, come evidenziato da perimetrazione vigente, l'area oggetto dello studio è interessata, se pur marginalmente, dalla piena con tempo di ritorno di 500 anni. A tal fine si prevede di realizzare una recinzione che impedisca che una piena con detto tempo di ritorno o superiore possa invadere le abitazioni in progetto. A tal fine si riportano due

diverse simulazioni condotte, la prima rappresentata in Figura 36, che prevede che tutte le celle siano bloccate nel confine dell'intervento previsto ed una seconda (Figura 37) che, invece, prevede solo la chiusura parziale lungo il confine, al fine di dimostrare come l'apertura degli accessi alle singole unità abitative non andrà a modificare la pericolosità idraulica.

Definito il dominio computazionale, si è ricostruita la conformazione dei luoghi attraverso l'impiego di alcune funzioni del modello di calcolo.

In particolare si è fatto ricorso alle seguenti funzioni:

- *In Condition*: per assegnare l'idrogramma di piena di piena calcolato in precedenza, dividendo il colmo in diverse celle, a seconda del  $T_r$  considerato, per rispettare i parametri di stabilità numerica del software.
- *Out Condition*: per definire le celle attraverso cui può avvenire il deflusso al di fuori del dominio computazionale.
- *Area and Width Reduction Factors*: per inserire nel modello la presenza di fabbricati che creano un naturale ostacolo al libero deflusso delle acque. In tal caso, prevedendo che ci possano essere locali interrati o altre strutture accessibili all'acqua, si è assunto un coefficiente riduttivo pari a 0.70. Invece, nel caso della recinzione le celle sono state completamente bloccate.

Pertanto la ricostruzione della geometria del modello è da considerarsi sufficientemente dettagliata. Per quanto attiene i valori di scabrezza, questi sono stati assunti pari a  $0,04 \text{ s/m}^{1/3}$

La simulazione dell'evento è stata condotta per una durata pari a 15 ore.

I risultati ottenuti sono riportati nelle figure a seguire.

Si può osservare come i risultati nel modello 1 e 2 non cambino in termini di tiranti in prossimità dell'area di intervento, né tantomeno si incrementa il livello di pericolosità delle aree contermini.





Figura 36 Griglia di calcolo N. 1



Figura 37 Griglia di calcolo N. 2

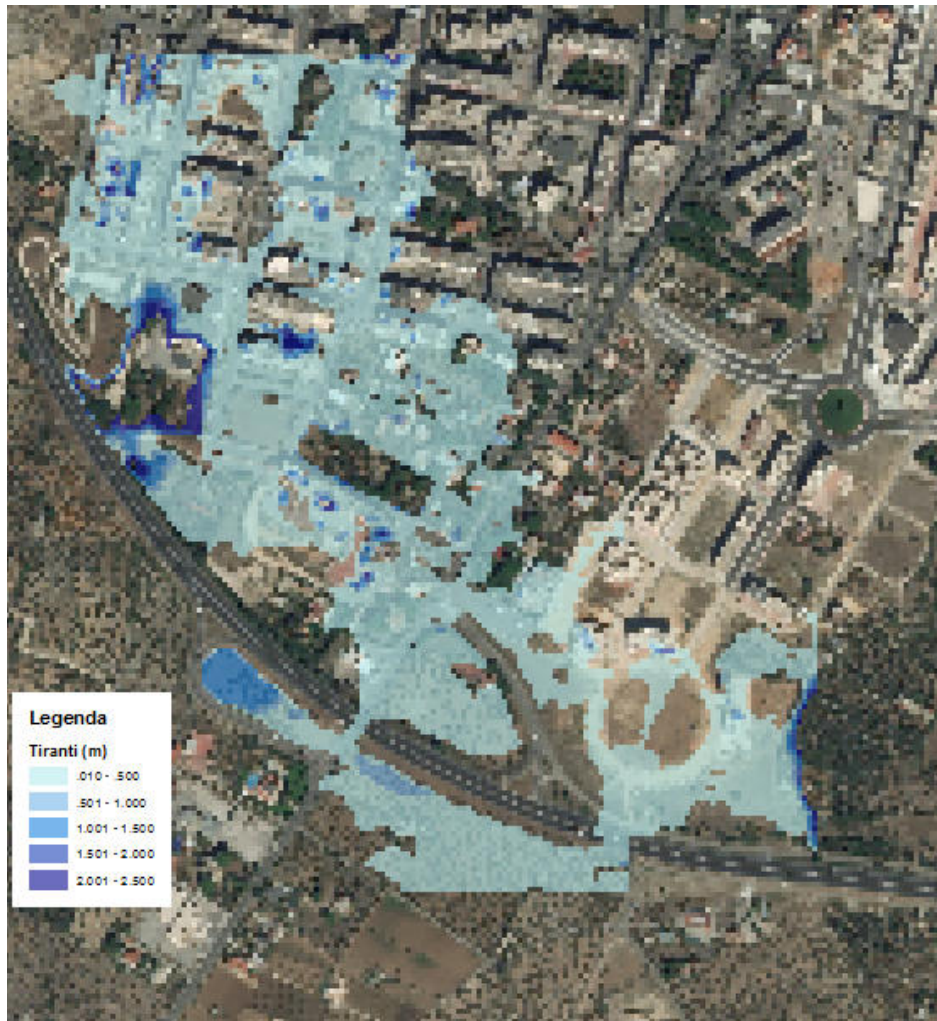


Figura 38: Involuppo dei massimi tiranti modello n.1

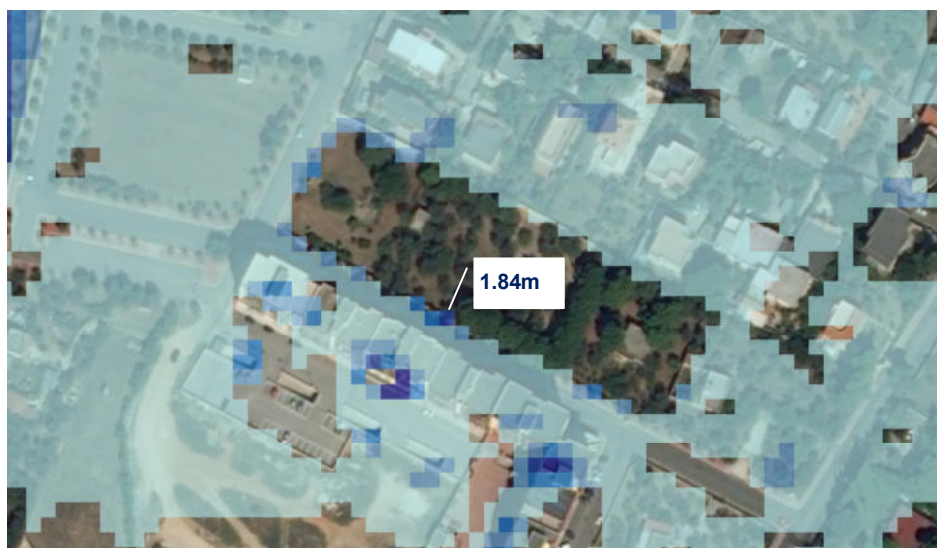


Figura 39 Tiranti in corrispondenza della lottizzazione modello n.1

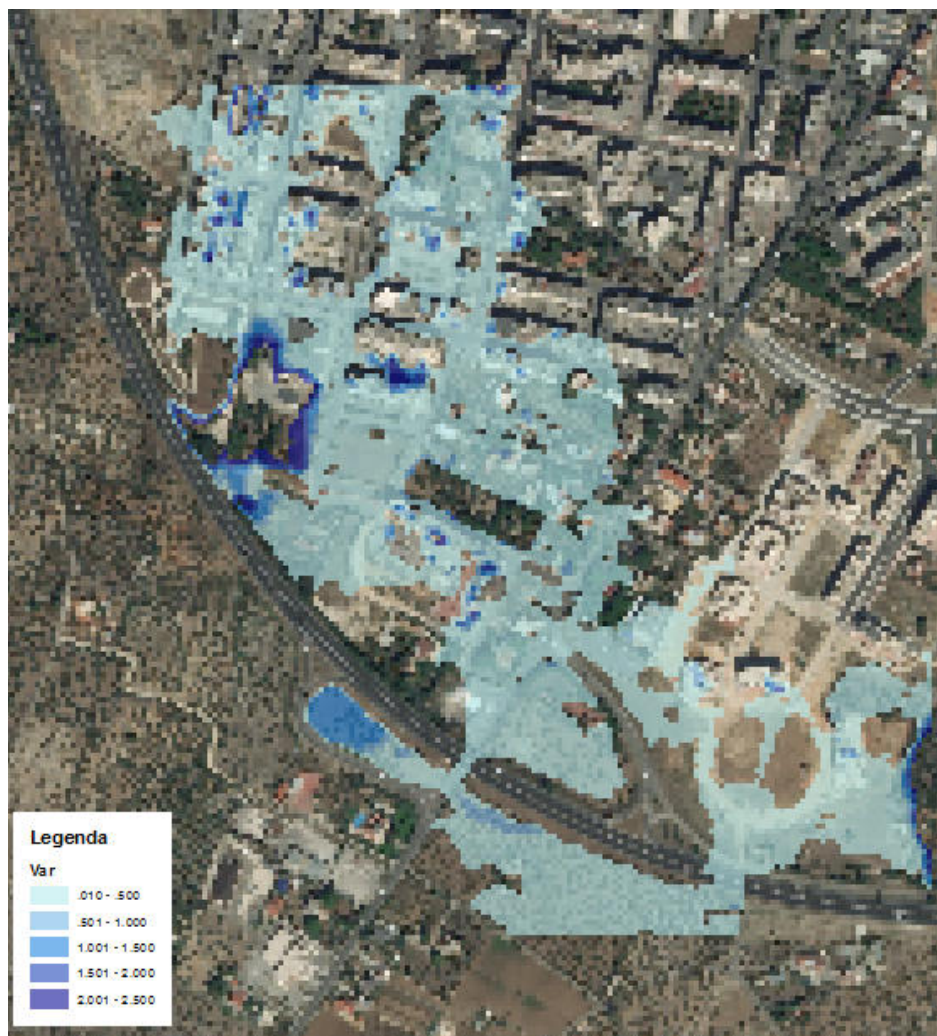


Figura 40 Inviluppo dei massimi tiranti modello n.2

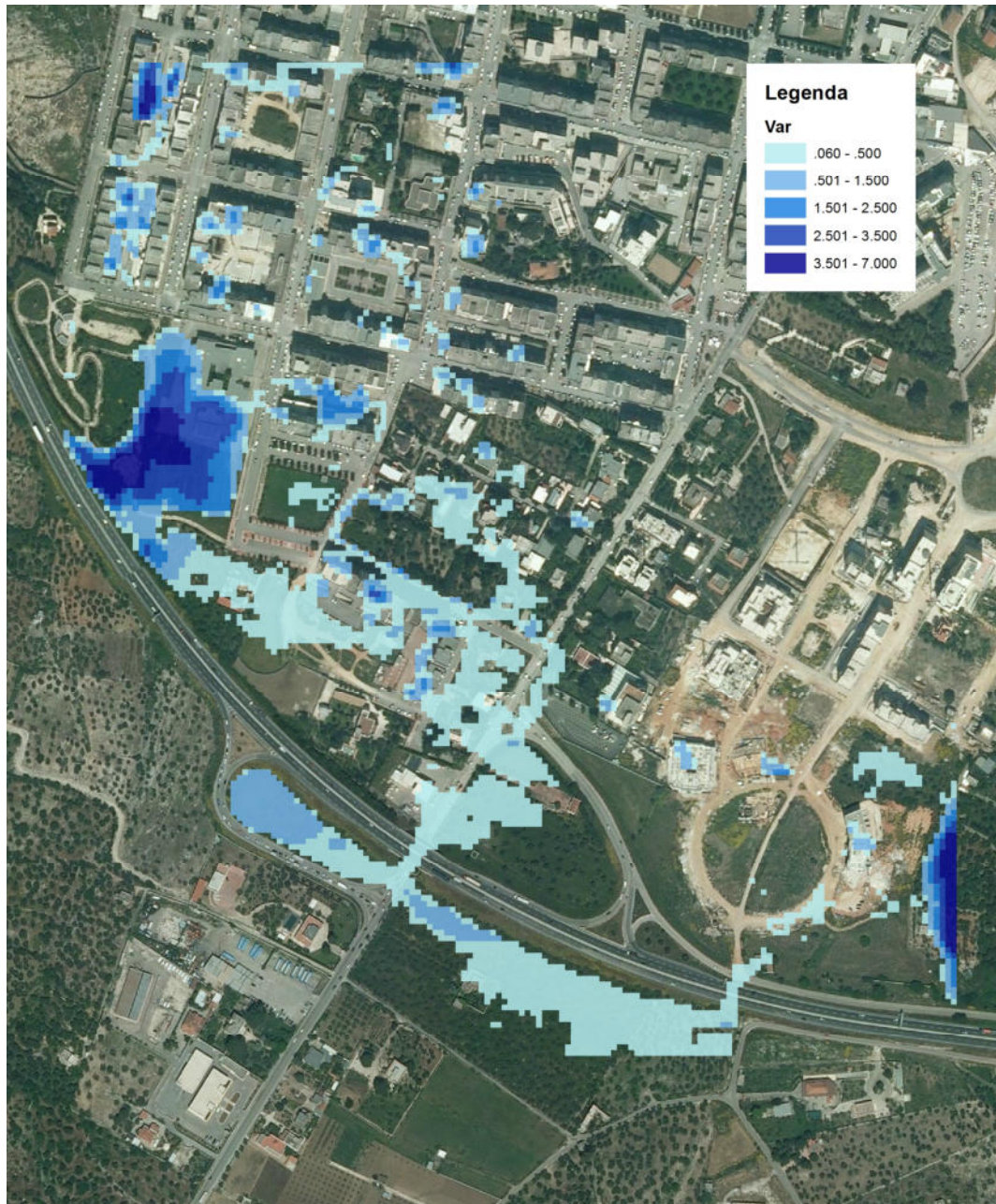


Figura 41 Inviluppo di tiranti e velocità filtrati nel modello n.2

I risultati della simulazione sono rappresentati negli elaborati grafici in calce alla presente relazione e rappresentano l'inviluppo dei tiranti massimi con l'eliminazione delle aree di allagamento marginale, determinate come indicato in precedenza.

## 6 CONCLUSIONI

Il presente studio è stato condotto secondo le indicazioni tecniche riportate nella relazione generale del Piano di Assetto Idrogeologico della Puglia redatta dall'Autorità di Bacino. In particolare ai sensi dell'art. 9 delle NTA del PAI e dell'Art. 4 della L.R. n. 19 del 19 luglio 2013 chiedono la **Compatibilità Idraulica per le aree oggetto dello studio ed interessate dalle Lame Cupa ed Urbana.**

Data la complessità morfologica e data la destinazione urbanistica della zona si è proceduto adottando parametri idraulici cautelativi dal punto di vista della sicurezza idraulica in particolare:

- Realizzazione di un DTM e TIN passo 2 mt con precisione di  $\pm 25$  cm per un'area complessiva di 6.800 ha utilizzando un volo del 2006 per l'area più estesa ed un volo dell'agosto 2011 per l'area di più recente edificazione così come indicato nella figura 8;
- Le simulazioni numeriche, ottenute attraverso l'applicazione di un modello bidimensionale, hanno riguardato l'area di studio utilizzando una maglia con una risoluzione di 2m x 2 m. Un tale livello di dettaglio lascia poco spazio a semplificazioni modellistiche che in qualche maniera potrebbero mal interpretare la risposta dei bacini al sopraggiungere di un evento di piena, qualunque sia il tempo di ritorno considerato.
- Si sono adottati valori di taglio del floodplain molto cautelativi (tirante idrico  $> 0.2$  m e velocità  $> 0.52$  m/s) rispetto a quelli utilizzati da altre Autorità di Bacino.

Per quanto descritto nei paragrafi precedenti si è dimostrato che la compatibilità idraulica dell'intervento in oggetto e che lo stesso, a seguito degli interventi di progetto previsti, non è interessato da rischio idraulico per un Tr di 500 anni e che la sua stessa realizzazione non incrementa la pericolosità idraulica delle aree contermini.

IL TECNICO

Ing. Domenico Mastropierro