



Comune di Piombino
(Provincia di LIVORNO)



Loc. Torre Mozza Via Carbonifera, 14 - 57025 Vignale Riotorto (LI)

RELAZIONE IDROLOGICA-IDRAULICA

Codice Dati Fernando:\04PAP16F /relidrPAPPASOLErev02-06Dicembre2016

Documento firmato con firma digitale
Ai sensi dell'Art. 21 comma 2 D.L.vo 7
marzo 2005, n° 82

Dott. Ing. Fernando MUCCETTI	
ORDINE INGEGNERI PROV. LIVORNO	
SEZ. A	Ing. Civile - Edile - Ambientale
N. 1027	Ing. Industriale

Ing. Fernando Muccetti
Via degli Orti 9/a
57025 PIOMBINO (LI)
P.IVA 01853990495

email.f.muccetti@alice.it - cell 335/7218898

SOMMARIO

<u>1</u>	<u>PREMESSA</u>	<u>4</u>
<u>2</u>	<u>SINTESI DELLE CONOSCENZE</u>	<u>6</u>
2.1	PRECEDENTI STUDI.....	10
<u>3</u>	<u>AGGIORNAMENTO DEL QUADRO CONOSCITIVO.....</u>	<u>15</u>
3.1	AGGIORNAMENTO NORMATIVO - PIANO GESTIONE RISCHIO ALLUVIONI	15
3.2	AGGIORNAMENTO MORFOLOGICO – ACQUISIZIONE LIDAR	17
3.3	AGGIORNAMENTO IDROLOGICO/IDRAULICO-PARAMETRIZZAZIONE LSPP (2014).....	19
<u>4</u>	<u>VALUTAZIONE DEGLI SCENARI DI INONDAZIONE POTENZIALE</u>	<u>27</u>
4.1	LA TEORIA DEL MODELLO FLO-2D.....	30
4.2	DESCRIZIONE DEGLI SCENARI DI ESONDAZIONE	35
4.3	ANALISI DEI RISULTATI.....	37
<u>5</u>	<u>COMPENSAZIONE DEGLI EVENTUALI EFFETTI DI URBANIZZAZIONE</u>	<u>39</u>
<u>6</u>	<u>CONCLUSIONI</u>	<u>39</u>

Allegati

Uso del suolo e geologia del Bacino Fosso S. Pietro

Profilo di Simulazioni HEC-RAS con vecchie e nuove portate

Ingrandimenti Simulazioni Flo-2d

FIGURA 1– ESTRATTO DA R.U.	4
FIGURA 2 – AREE DI INTERVENTO	5
FIGURA 3 – PERICOLOSITÀ IDRAULICA NEGLI STRUMENTI URBANISTICI	6
FIGURA 4 – CLASSIFICAZIONE PERICOLOSITÀ SECONDO PGRA	7
FIGURA 5 – AREA DI STUDIO (AREA VASTA)	7
FIGURA 6 – AREA DI STUDIO (AREA RISTRETTA)	8
FIGURA 7 – CORSI D’ACQUA ESAMINATI	9
FIGURA 8 – SEZIONI TIPO DI INTERVENTO ESEGUITO	11
FIGURA 9 – BACINO IMBRIFERO FOSSO SAN PIETRO	12
FIGURA 10 – IDROGRAMMA (STUDIO 2007)	14
FIGURA 11 – SEZIONI FOSSO S. PIETRO	15
FIGURA 12 – IL DOCUMENTO DI RIFERIMENTO PER IL PGRA TOSCANA COSTA	16
FIGURA 13 – ESTRATTO PRGA RIFERIMENTO SCALA 1:10000	16
FIGURA 14 – ESTRATTO PRGA RIFERIMENTO SCALA 1:5000	17
FIGURA 15 – ESTRATTO PRGA RIFERIMENTO ORTOFOTOCARTA	17
FIGURA 16 – IL MODELLO DIGITALE LIDAR	19
FIGURA 17 – PARAMETRI A E N PER LA REGIONE TOSCANA (2014)	20
FIGURA 18 – ANDAMENTO PARAMETRI A E N LUNGO ASSE BACINO	20
FIGURA 19 – CONFRONTO VALORI DI PIOGGIA PARAMETRIZZAZIONE RT E STUDIO 2007	22
FIGURA 20 – BACINO FOSSO SAN PIETRO	23
FIGURA 21 – VERIFICA IDROGRAMMA STUDIO 2007	23
FIGURA 22 – IDROGRAMMA CON PARAMETRI A E N POST 2014	24
FIGURA 23 – SCONNESSIONE IDRAULICA NEL FOSSO CERVIA IN LOC. TORRE MOZZA	25
FIGURA 24 – PERIMETRAZIONE BACINO CERVIA DI COMPETENZA PER IL SITO	25
FIGURA 25 – BACINO CERVIA	26
FIGURA 26 – IDROGRAMMA FOSSO CERVIA	26
FIGURA 27 – NUOVI IDROGRAMMI A CONFRONTO	27
FIGURA 28 – PROCESSI MODELLATI DA FLO 2D	29
FIGURA 29 – FLOW SHEET FLO 2D	30
FIGURA 30 – INTERFACCIA CHANNELL - FLOODPAIN	31
FIGURA 31 – IL GRID UTILIZZATO NEL CODICE DI CALCOLO	32
FIGURA 32 – FLUSSO ATTRAVERSO GLI ELEMENTI DI CONFINI DELLA GRIGLIA	33
FIGURA 33 – INGRESSO DELLE PORTATE	36
FIGURA 34 – INONDAZIONE PER SCENARIO 1	38
FIGURA 35 – INONDAZIONE PER SCENARIO 2	38

1 Premessa

Il presente studio illustra le verifiche idrauliche che sono state effettuate al fine di valutare il livello di pericolosità idraulica nell'area interessata da un piano attuativo finalizzato al completamento delle dotazioni di una struttura ricettiva presente da anni sul territorio e classificata nel vigente Regolamento Urbanistico con destinazione D10, soggetta ad un Piano attuativo vigente "Pv18".



Figura 1- Estratto da R.U.

La relazione analizza le reali condizioni di pericolosità idraulica, sulla base delle conoscenze note in atti, valutando la fattibilità di dettaglio delle opere, alla luce di quanto previsto e consentito dall'Artt. 2 della L.R. 21/2012, dal D.P.G.R. 53/R/2011, e dal recente P.G.R.A. del distretto Appennino Settentrionale, individuando, ove necessario, le opere per la messa in sicurezza e/o per la mitigazione degli effetti dell'intervento.

Il tutto attraverso una valutazione di dettaglio delle pericolosità attuali, senza modifica finale del quadro conoscitivo esistente e certificato, ma previo aggiornamento delle morfologie e delle condizioni idrologiche.

Le opere da realizzare determinano una destinazione a piazzole attrezzate per campeggio di alcune aree all'interno del perimetro del complesso, si prevedono semplici sistemazioni del terreno a ghiaia e verde e dotazioni di pergole ombreggianti, in maniera analogo ad altre installazioni presenti nell'area stessa.



PERIMETRO CAMPEGGIO PAPPASOLE



PIAZZOLE DI NUOVA FORMAZIONE

Figura 2 - Aree di intervento

La presente relazione, vuole pertanto analizzare , limitatamente al Fosso San Pietro ed il Fosso Cervia, le reali condizioni di pericolosità idraulica, anche sulla base delle conoscenze note in atti e delle intervenute variazioni in termini di conoscenza dell'ambito territoriale in studio.

2 Sintesi delle conoscenze

In questo paragrafo si elencano e descrivono le stratificazioni delle conoscenze nei vari atti tecnici ed urbanistici depositati e vigenti, ivi comprese le recenti cartografie del P.G.R.A., che hanno portato alla attuale definizione di pericolosità e di uso dell'area.

Attualmente l'area oggetto dello studio ricade in Area PIE e PIM secondo la classificazione degli strumenti urbanistici a suo tempo redatti e confermati dal più recente PGRA (P1 e P2), in entrambi casi non derivanti da studi di dettaglio.

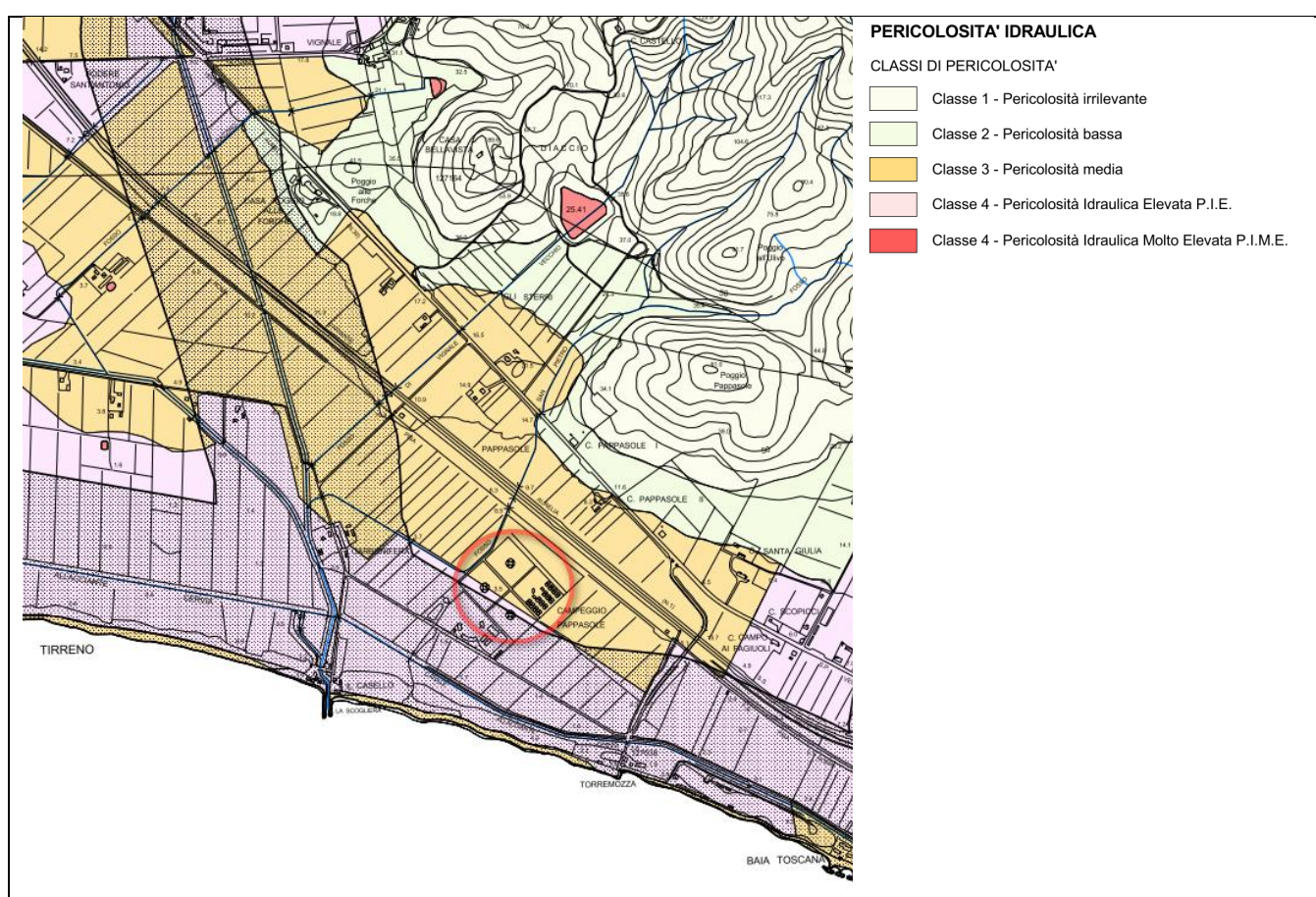


Figura 3 - Pericolosità idraulica negli strumenti urbanistici

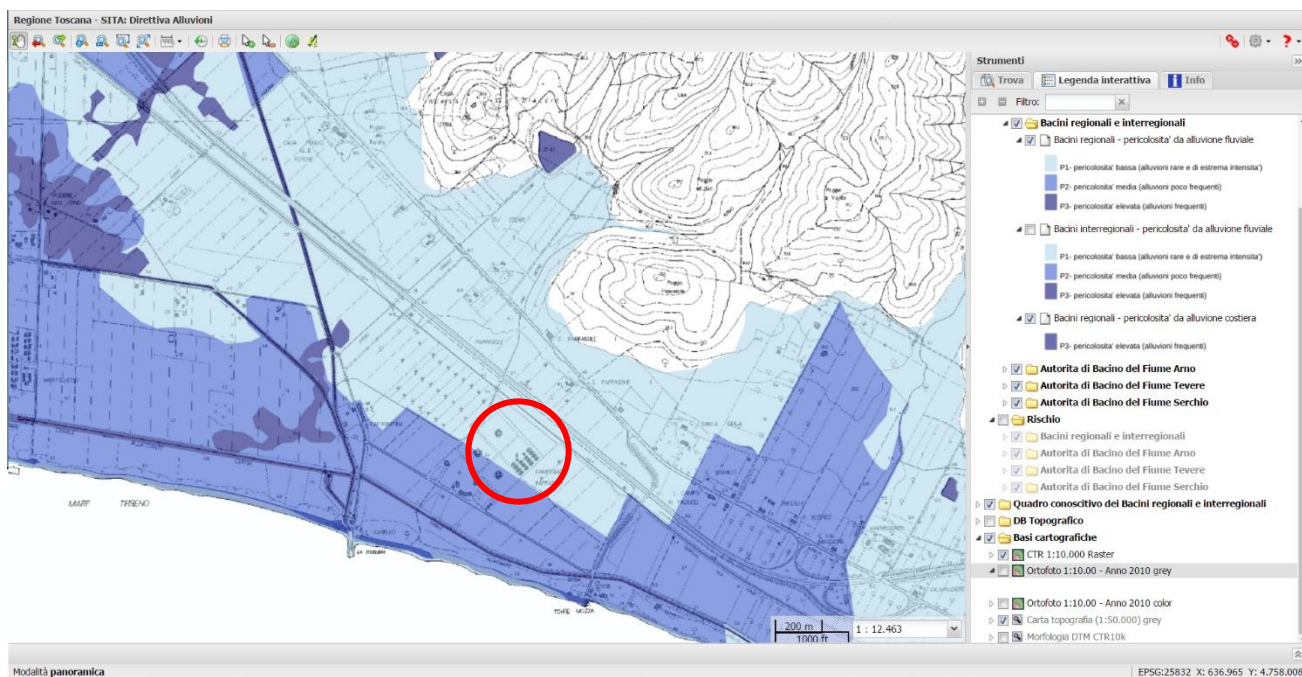


Figura 4 - Classificazione pericolosità secondo PGRA

Nelle sottostanti planimetria è riportata l'ubicazione dell'area di intervento.

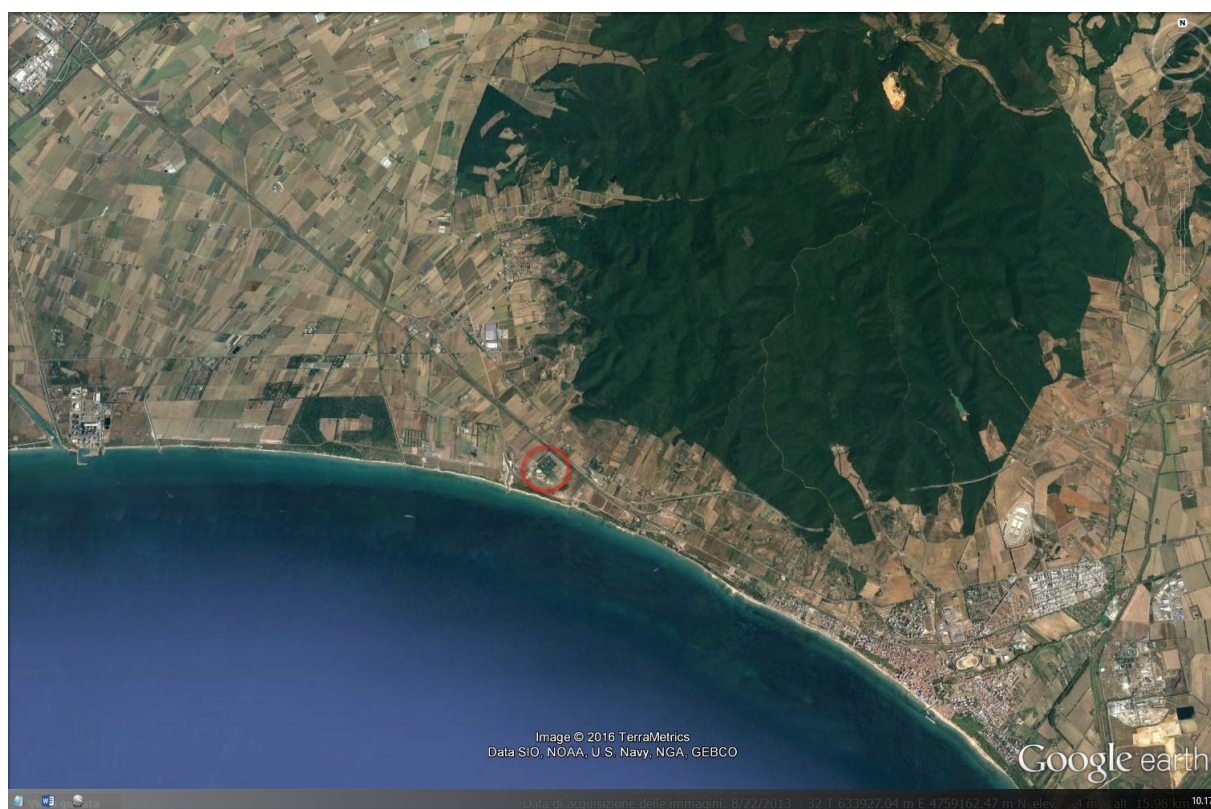


Figura 5 - Area di studio (Area Vasta)



Figura 6 - Area di studio (Area ristretta)

Il complesso turistico ricettivo ricade con il suo sedime all'interno di un'area ex palustre, interessata negli anni da lavori di bonifica idraulica che hanno portato alla regimazione/deviazione delle cosiddette "acque alte" proveniente dalle colline ed al sollevamento meccanico delle acque residue di ristango, cosiddette "acque basse", attestanti sulla duna costiera.

I corsi d'acqua in grado di interessare il comprensorio sono due, rispettivamente: il fosso San Pietro (canale di acque, deviato e fatto confluire, con i lavori di bonifica, nel fosso principale Valnera) ed un tratto del Fosso Cervia (canale allacciante retrodunale - di acque basse - nel tratto compreso tra il sifone sottopassante il corso d'acqua Valnera per il collegamento alla Stazione idrovora in sponda dx, e la sconnessione idraulica in corrispondenza di Torre Mozza, dove il Fosso Cervia inverte il suo senso di scorrimento, indirizzandosi verso Follonica).

Il Fosso S. Pietro costituisce un bacino minore della fascia costiera compresa nel Golfo di Follonica, ricadente interamente nel Comune di Piombino drenante una superficie di circa 1,28 kmq a monte della ex S.S. n. 1 Aurelia ora S.P. n. 39, raccogliendo anche un piccolo bacino di acque di pianura, nel tratto compreso tra la ex Aurelia e la Variante Aurelia, in adiacenza alla preesistente linea FF.SS..

Il fosso, nella sua parte terminale è chiaramente a tracciato artificiale, realizzato a seguito delle opere di bonifica dell'area paludosa retrodunale di Carbonifera.

Le acque di monte (acque alte) del Fosso S. Pietro, con le opere di bonifica, venivano allontanate dallo sbocco in palude, con un percorso sinuoso e scaricate direttamente a mare attraverso la foce di Carbonifera, in fregio alla quale (in sponda destra) trova alloggio una stazione di sollevamento delle acque di drenaggio della zona paludosa (acque basse).

Le acque basse che altrimenti resterebbero intercluse tra la deviazione del Fosso S. Pietro citata e la duna costiera, sono invece raccolte dal Fosso allacciante "Cervia" e dopo il sollevamento meccanico, avviate a mare, sempre dalla foce del Fosso Valnera.

Il bacino afferente del fosso Cervia drena invece un comprensorio della superficie di 0,5 kmq, in acque basse, con effetto drenante esercitato, in condizioni critiche, dall'idrovora posta in in destra del Fosso Valnera e pertanto collegata allo stesso da sifone. Tale connessione idraulica rappresenta ovviamente una criticità del sistema idraulico e pertanto, come vedremo ai successivi punti, la crisi del Fosso Cervia alla confluenza sarà considerata in ogni scenario di potenziale inondazione dell'area.

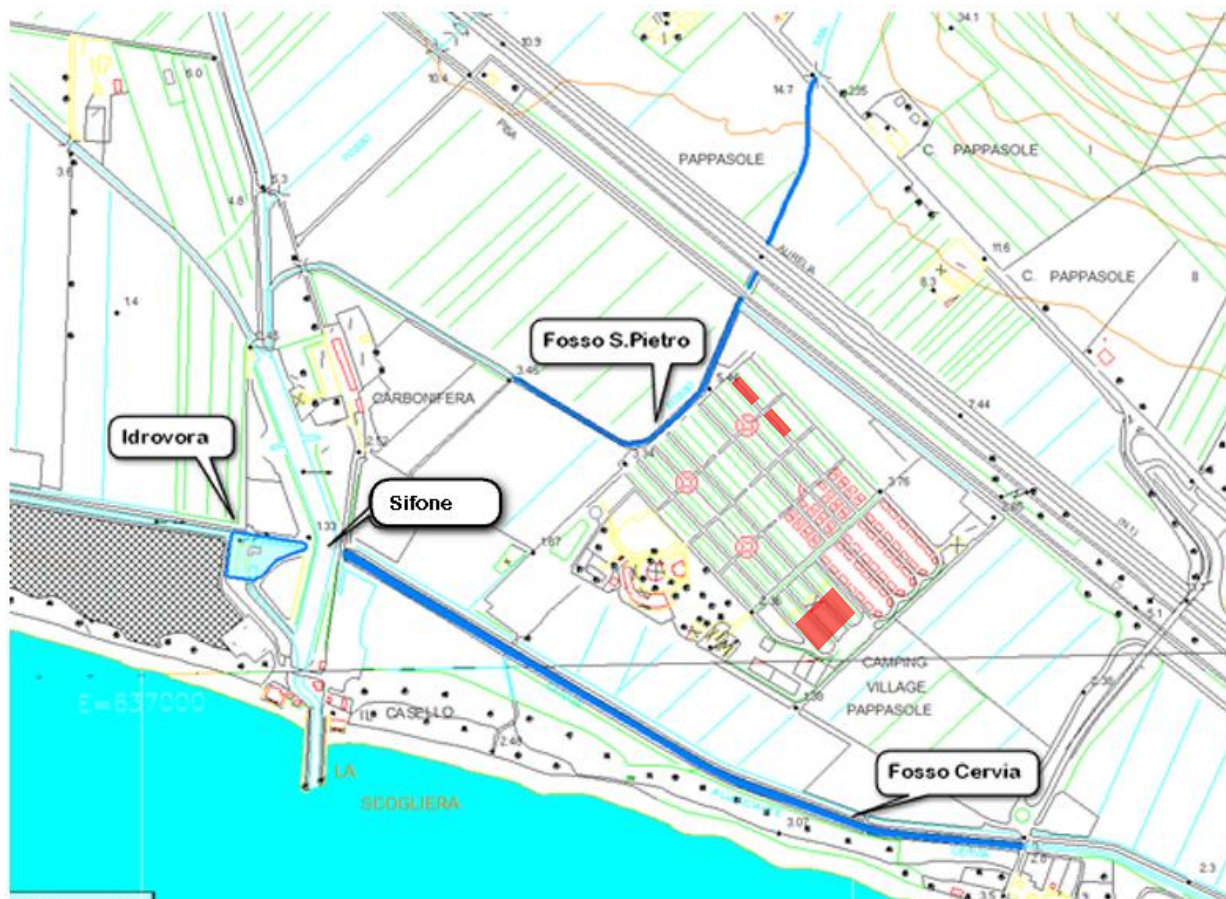


Figura 7 - Corsi d'acqua esaminati

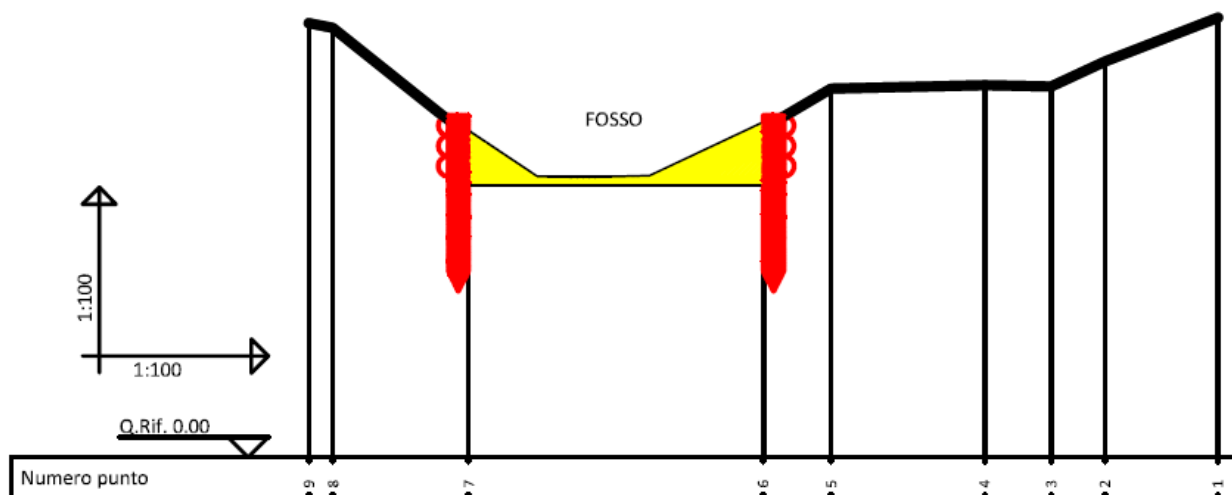
Al paragrafo successivo sono in dettaglio riepilogati e sintetizzati gli studi idrologici ed idraulici strettamente connessi all'area in esame che hanno portato alla situazione fin qui descritta.

2.1 Precedenti Studi

Nel Regolamento Urbanistico d'Area dei Comuni di Campiglia Marittima, Piombino e Suvereto la valutazione del rischio idraulico è stata redatta secondo le indicazioni del Prof. Pagliara (febbraio 2012)

Tuttavia non sono emersi riferimenti diretti al Fosso San Pietro ed al Fosso Cervia nel tratto di nostro interesse.

Nell'ambito di un progetto autorizzato in linea idraulica, ai sensi del T.U. 523/1904 – pratica demanio idrico 2556, con Atto dirigenziale n. 18 del 30.01.2015, redatto sempre per la medesima committenza dallo scrivente, per la realizzazione di un ponte carrabile ed un rinforzo spondale, in prosecuzione ad un progetto precedentemente omologato R.D. 523/1904 prot. 144384.0.10.10 – maggio 2008 e successivo parere della Provincia di Livorno Prot. 41783 del 25.11.2013, veniva prodotto uno studio inerente al Fosso San Pietro



Sezione tipo di intervento

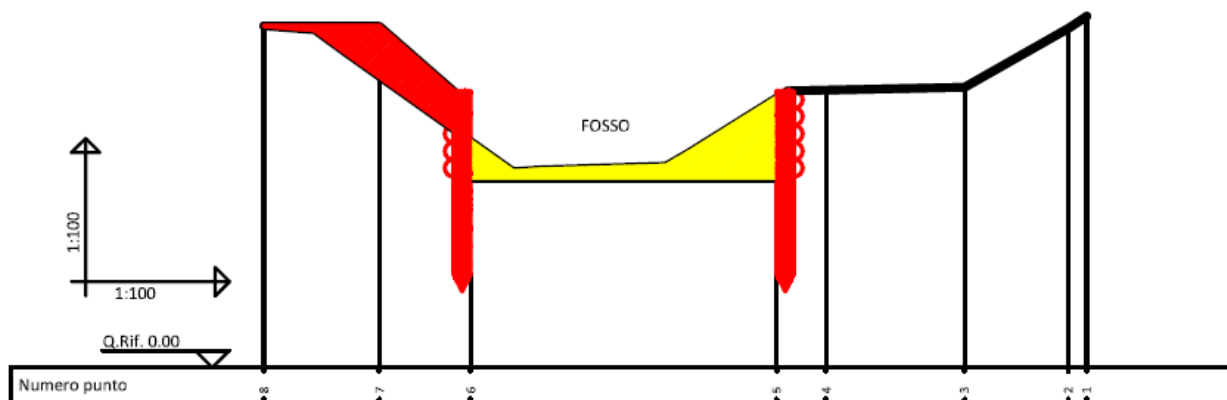


Figura 8 - Sezioni tipo di intervento eseguito

In tale studio risulta essere di interesse la modellazione idrologica ed idraulica del corso d'acqua, che si riporta in breve.

Per la determinazione dell'idrogramma di portata è stato impiegato il software "URBIS" sviluppato dal Centro Studi Idraulica Urbana (CSDU) 2006 c/o Politecnico di Milano che consente, partendo da curve di possibilità climatica note, di generare ietogrammi e idrogrammi sintetici.

Per una durata pari al tempo di corrivazione, determinato con la nota formula di Giandotti

$$t_c = \frac{4\sqrt{S} + 1.5L}{0.8 \cdot \sqrt{H}}$$

Dove:

S	Superficie bacino (kmq)	= 1,28 kmq
L	Lunghezza asta principale (km)	= 2,32 km
H	Altezza media bacino (m)	= 66,6 m

Risultando:
tc = 1,23 ore

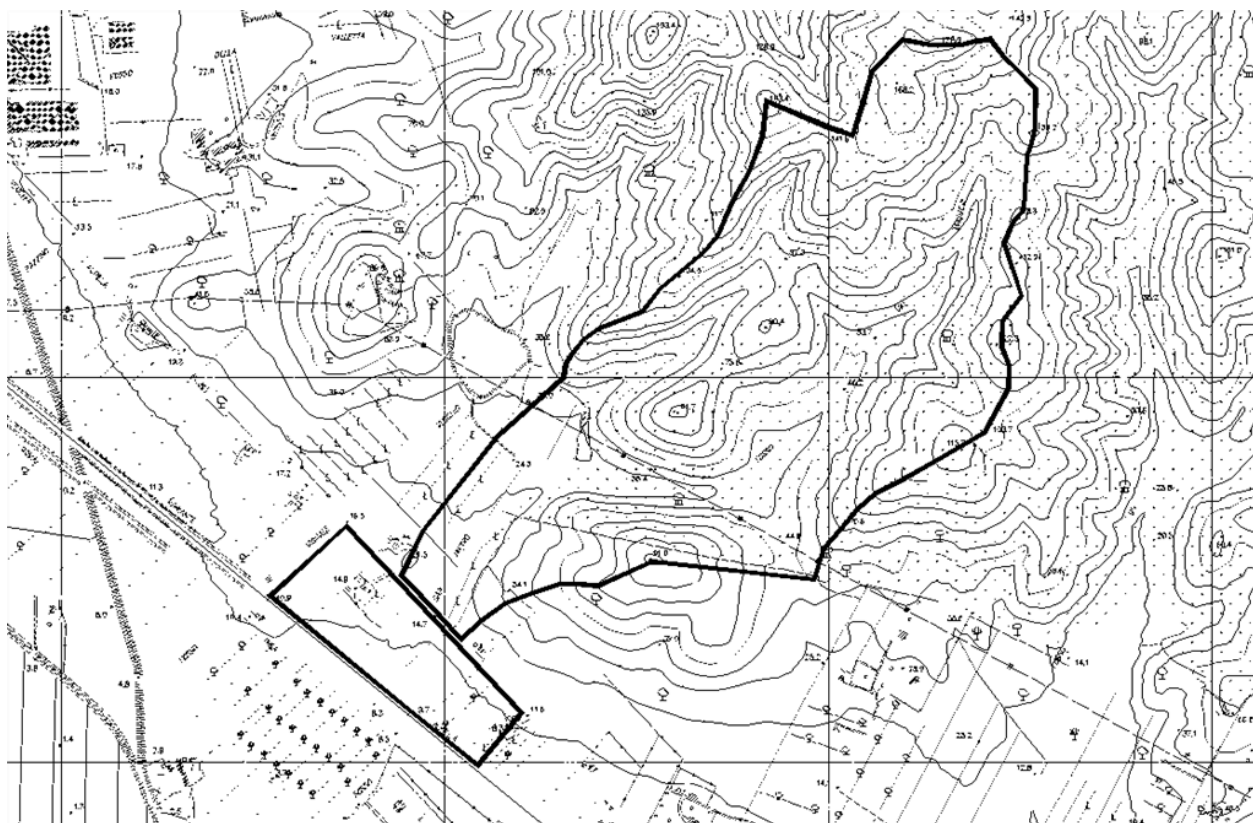
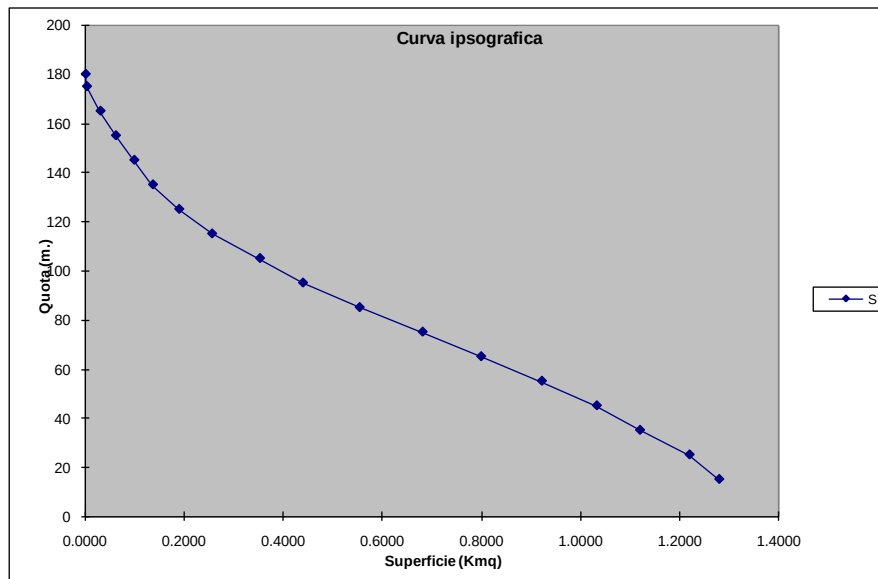


Figura 9 - Bacino imbrifero Fosso San Pietro

Fosso Pappasole		Area		Superficie (kmq)	Quota (m.s.l.m.)	Superficie (Kmq)	Area
Curve di livello (m)							
180	180	0.0000	0.0000	180	0.0000		
180-170	175	2478.0000	0.0025	175	0.0025	0.006195	
170-160	165	27346.0000	0.0298	165	0.0273	0.16151	
160-150	155	31078.0000	0.0609	155	0.0311	0.45363	
150-140	145	37125.0000	0.0980	145	0.0371	0.794645	
140-130	135	37708.0000	0.1357	135	0.0377	1.16881	
130-120	125	52982.0000	0.1887	125	0.0530	1.62226	
120-110	115	66392.0000	0.2551	115	0.0664	2.21913	
110-100	105	96607.0000	0.3517	105	0.0966	3.034125	
100-90	95	86800.0000	0.4385	95	0.0868	3.95116	
90-80	85	114407.0000	0.5529	85	0.1144	4.957195	
80-70	75	127203.0000	0.6801	75	0.1272	6.165245	
70-60	65	118134.0000	0.7983	65	0.1181	7.39193	
60-50	55	122633.0000	0.9209	55	0.1226	8.595765	
50-40	45	110884.0000	1.0318	45	0.1109	9.76335	
40-30	35	87205.0000	1.1190	35	0.0872	10.7538	
30-20	25	100066.0000	1.2190	25	0.1001	11.69015	
20-10	15	59928.0000	1.2790	15	0.0599	12.49012	
Area Bacino		1.2790 kmq		Totale	1.2790	85.21902	
				Altezza Media		66.63066	



E' stata applicata la convoluzione di Nash ad un ietogramma sintetico modello "Chicago" avente durata pari al tempo di corrivazione e valore di picco centrato, associato ad una curva di possibilità climatica del tipo:

$$h = a \cdot t^n$$

Dove, con riferimento alla stazione pluviometrica di Venturina per $t_r=200$

$$a = 81,66 \quad \text{ed} \quad n = 0,268$$

Si è assunto infine infine, per la messa in conto delle perdite idrologiche, il metodo CN (SCS), in virtù della composizione vegetazionale e geologica del bacino illustrata in allegati, che porta alla assunzione di un valore di CN = 78, a fronte di una infiltrazione iniziale standard di circa 2 mm, si determina l'idrogramma di figura avente una portata di picco pari a **12,69** mc/sec .

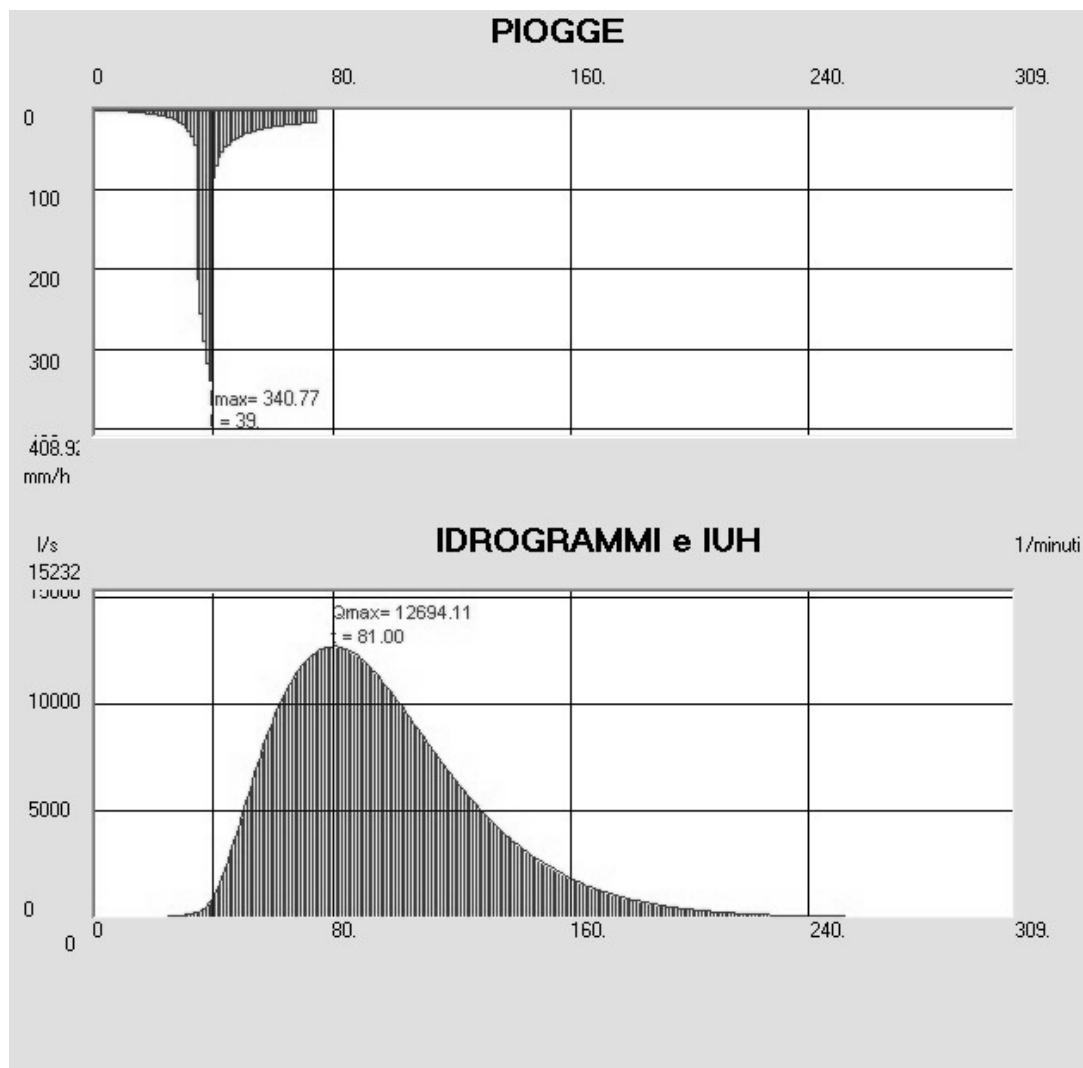


Figura 10 - Idrogramma (studio 2007)

Assumendo poi in sede di verifica idraulica il valore di 12.8 mc/s e verificando il sostanziale contenimento delle portate nelle sezioni di progetto, con franchi adeguati in tutte le sezioni. In particolare, nel tratto più pendente (con due salti di fondo) e risagomato con l'intervento di progetto autorizzato emergono franchi di sicurezza importanti. I franchi di sicurezza invece risultano minimi nel tratto immediatamente valle della curva a 90° (sezioni 10-11) caratterizzato da pendenze motrici minime e da cambio di sezione che rimane inalterato, non essendo stato risagomato.

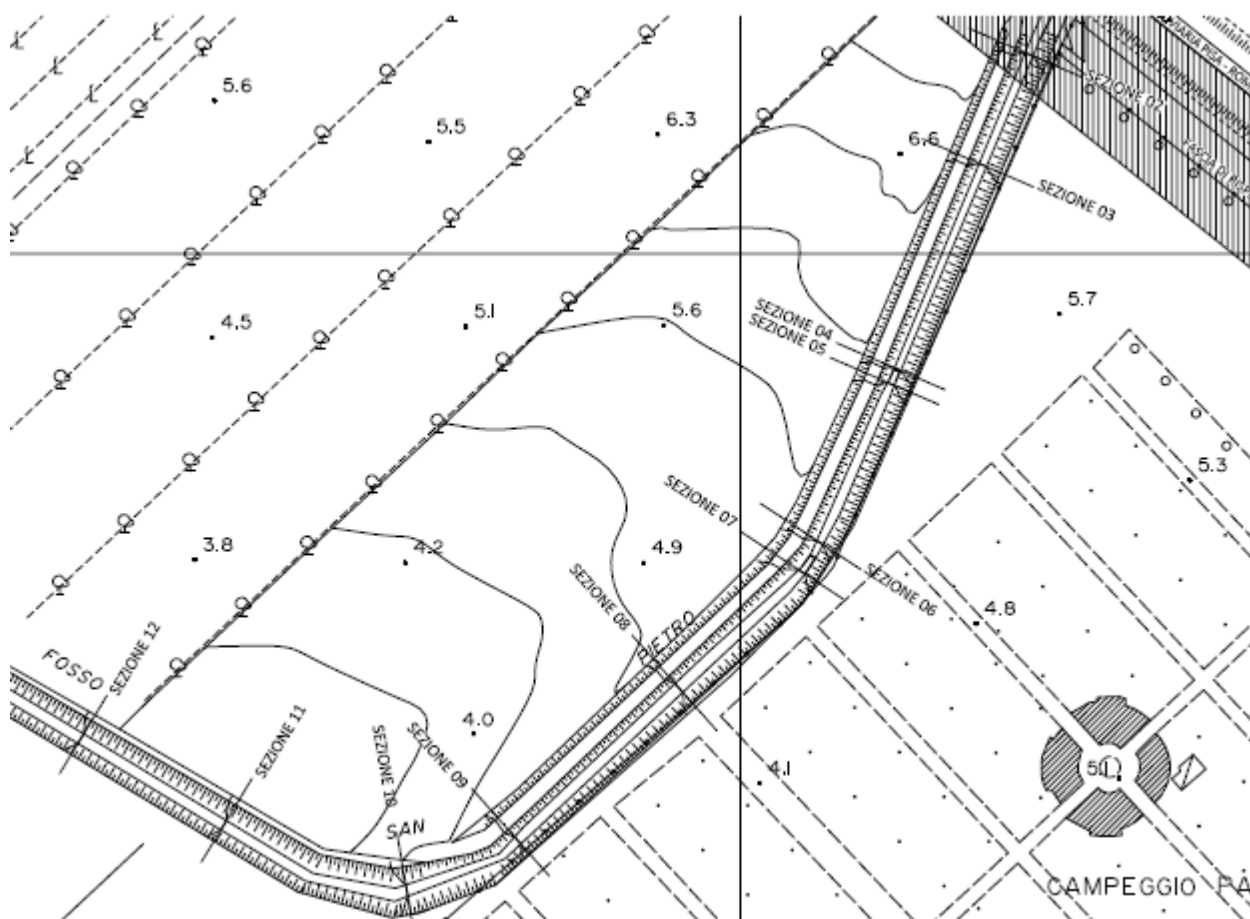


Figura 11 - Sezioni Fosso S. Pietro

3 Aggiornamento del quadro conoscitivo

In questo paragrafo si vogliono elencare e descrivere le variazioni intervenute, sotto il profilo della classificazione di rischio idraulico, dalla data di approvazione del Regolamento Urbanistico, quale ultimo documento certificato.

3.1 Aggiornamento normativo - Piano Gestione Rischio Alluvioni

Da Luglio 2016 è decaduto il PAI, per l'entrata in vigore del P.G.R.A. Piano Gestione Rischio Alluvioni – ex D.Lgs 219/2010,



Figura 12 - Il documento di riferimento per il PGRA Toscana Costa

A tali classi si deve quindi ora riferire la zona in oggetto, che risulta trovarsi in area P1 - Aree a pericolosità di alluvione bassa.

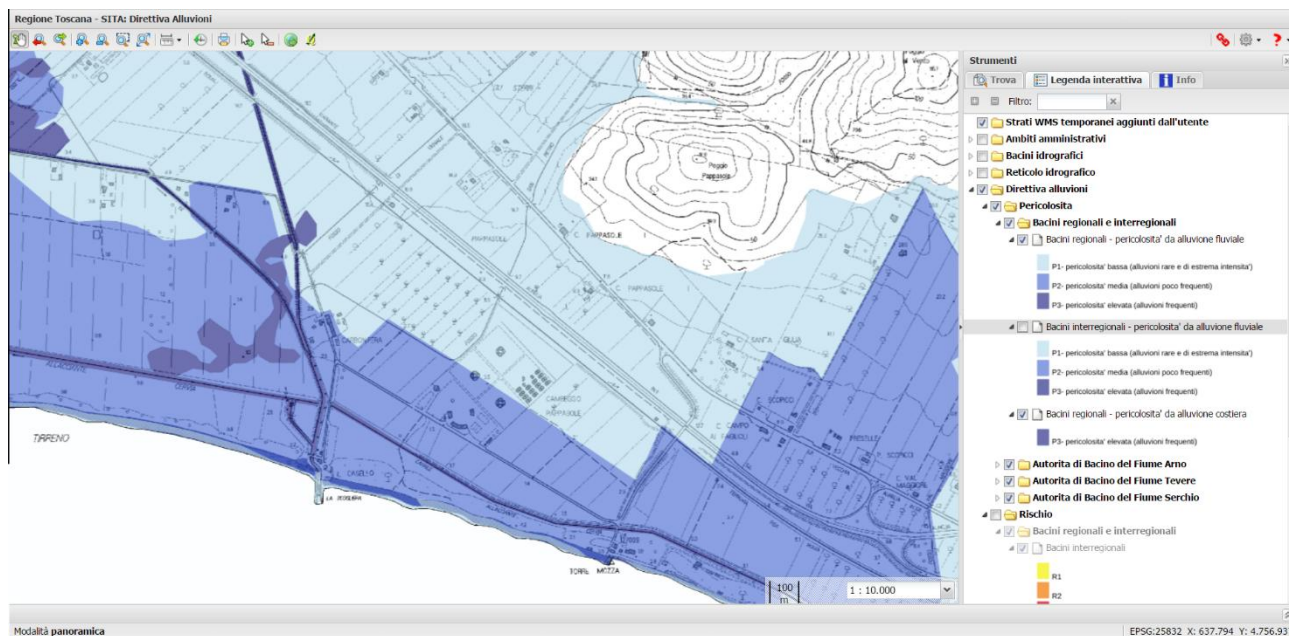


Figura 13 - Estratto PRGA riferimento scala 1:10000

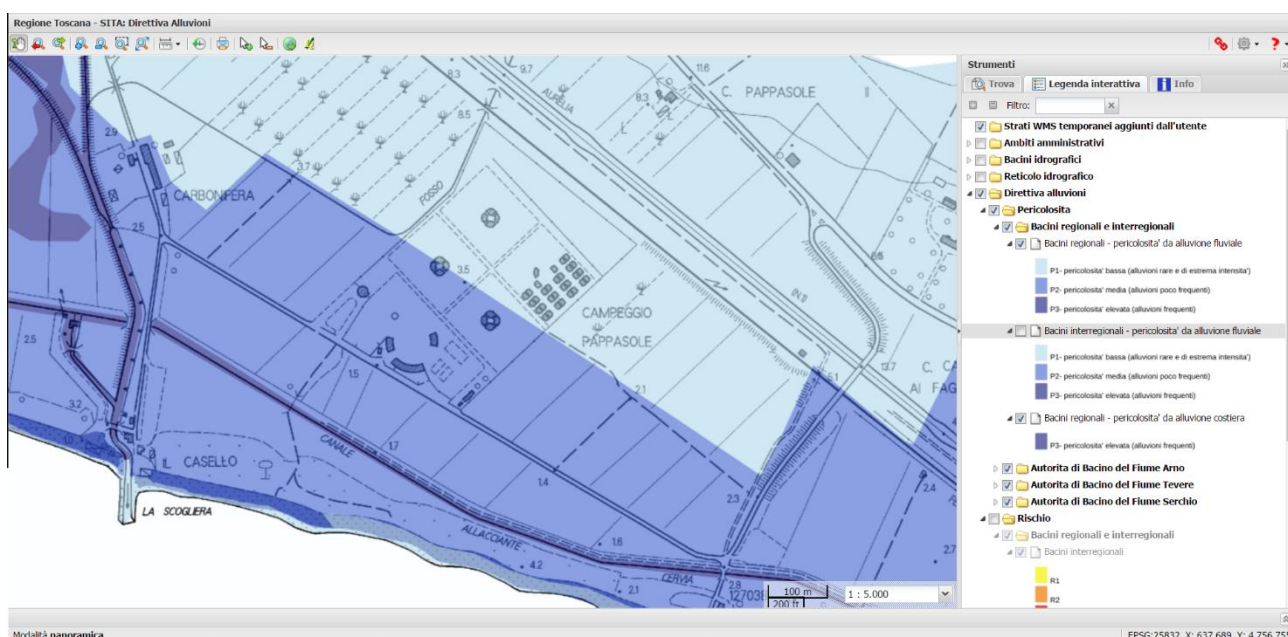


Figura 14 - Estratto PRGA riferimento scala 1:5000

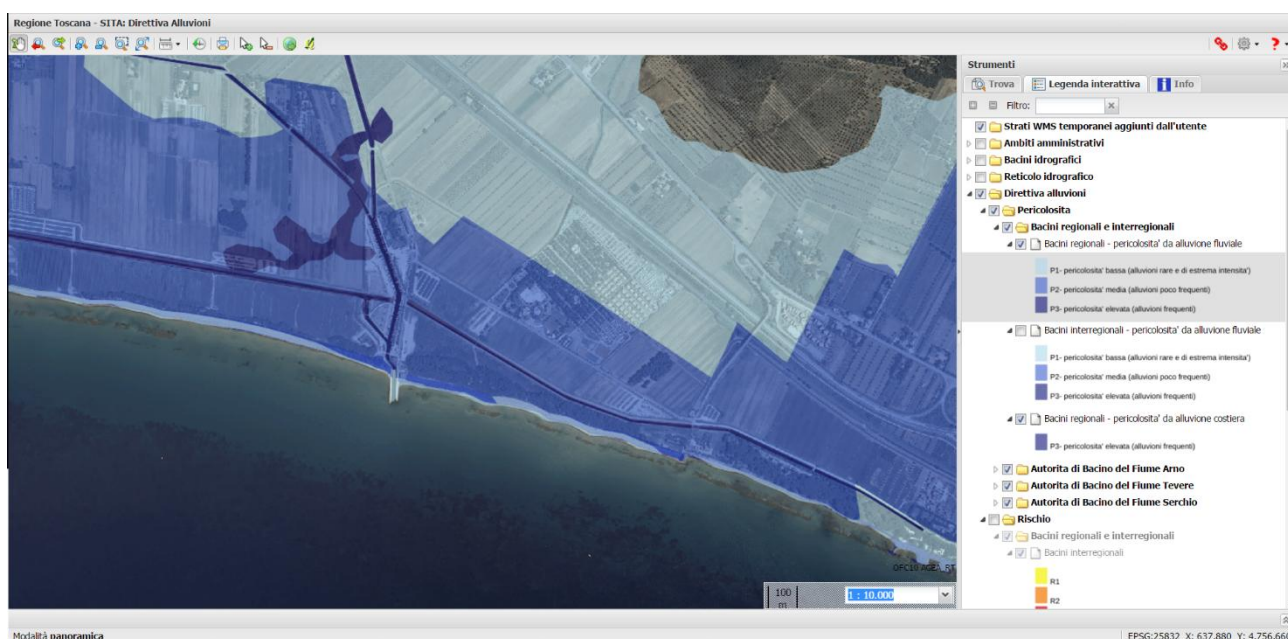


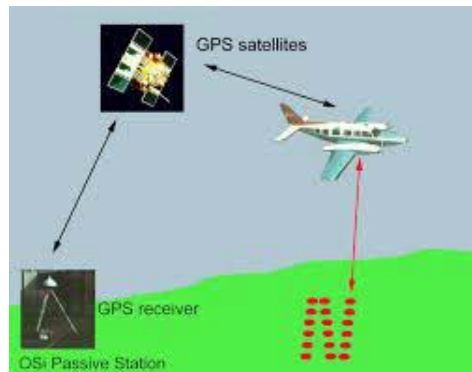
Figura 15 - Estratto PRGA riferimento ortofotocarta

3.2 Aggiornamento morfologico – Acquisizione LIDAR

L'approfondimento di dettaglio del quadro conoscitivo viene condotto anche grazie ad una ricostruzione di una porzione della piana del Fiume Cornia, tramite l'utilizzo dei recentissimi dati "LIDAR", disponibili presso il Comune di Piombino.

Il lavoro di ricostruzione della topografia della porzione della Valle di Cornia è stato quindi eseguito utilizzando i dati LIDAR del Ministero Dell'Ambiente e Della Tutela del Territorio e del Mare degli anni 2009.

LIDAR (Light Detection and Ranging; o Laser Imaging Detection and Ranging) è una tecnica di telerilevamento che permette di determinare la distanza di un oggetto o di una superficie utilizzando un impulso laser e rappresenta un laser scanner eseguito da aeromobile il cui risultato è una serie di punti distanti circa 50 – 70 – 100 cm gli uni dagli altri che oltre ad essere georeferenziate mostrano anche la quota altimetrica.



Esistono diversi formati con il quale il dato può essere trattato e filtrato ed il cui risultato è essenzialmente di due tipologie: DTM che permette di ricostruire le superficie e morfologia del terreno estraendo dal dato tutti gli elementi di “disturbo”, strade, ponti, edifici e copertura boschiva; DSM dove vengono mantenuti o gli edifici, ed estratta la copertura boschiva o viceversa. Le elaborazioni seguenti sono state eseguite utilizzando il dato DTM e ricostruendo la morfologia e topografia del terreno.

Il dato è fornito in coordinate WGS 84 ed è stato trasformato in coordinate GB.

Di seguito le principali procedura di lavoro:

1. trasformazione DTM ascii WGS 84 in DTM ascii GB
2. trasformazione DTM ascii GB in DTM raster GB utilizzabile su programmi GIS
3. trasformazione del raster in feature (shape puntuali)
4. gli shape puntuali dopo essere stati trasformati in 3d sono stati esportati in DWG nella cui tabella è associata la quota.
5. creazione del TIN dell'area interessata

La ricostruzione pertanto risulta un fedele modello morfologico in falso colore dell'intera area di deflusso pianura interessata dalle piene del Fosso Corniaccia.

Nella elaborazione allegata si rappresenta chiaramente il territorio, evidenziando l'estremo livello di dettaglio che rende riconoscibile perfettamente la morfologia di tutta l'area studiata.

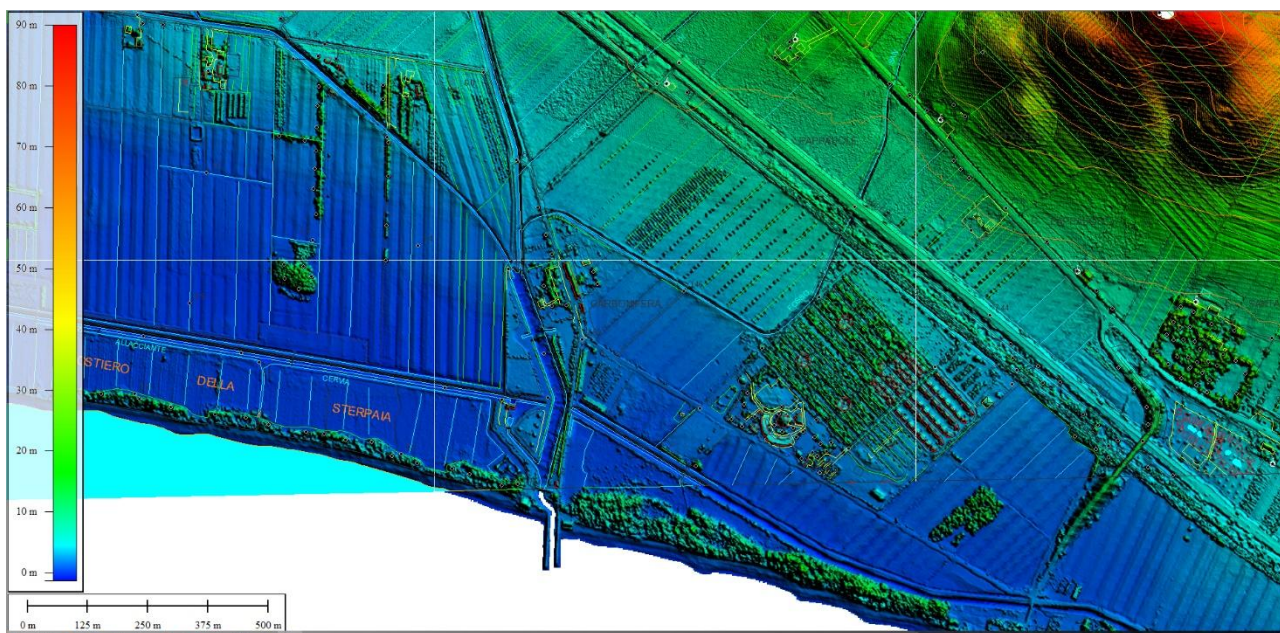


Figura 16 - Il modello digitale lidar

La disponibilità dei DTM (Digital Terrain Model) non è risultata completa avendo a disposizione per il sedime dell'area Lidar del tipo DSM (Digital Surface Model) che come noto non riporta le quote a terra ma quelle delle superfici inviluppate (Fabbricati, alberi ecc). Queste quote altimetriche risultano pertanto incoerenti con una modellazione digitale del terreno per la valutazione dei tiranti idraulici.

Per questo motivo, limitatamente all'area del campeggio, si è preferito sostituire una porzione di territorio con un estratto dal DTM a maglia 10x10 disponibile per l'intera regione. La regolarità della superficie pianeggiante ha consentito tale sostituzione senza significativa perdita di informazioni, restituendo un modello completo comunque aderente alla realtà, in raccordo al rilievo di maggior dettaglio circostante.

3.3 Aggiornamento idrologico/idraulico-Parametrizzazione LSPP (2014)

Nel marzo del 2014 la regione Toscana ha introdotto una parametrizzazione dei coefficienti a e n da utilizzare nella determinazione delle curve LSPP

Tali valori sono desumibili nello studio " ANALISI DI FREQUENZA REGIONALE DELLE PRECIPITAZIONI ESTREME Enrica CAPORALI, Valentina CHIARELLO,

Giuseppe ROSSI - Revisione Marzo 2014, desumibili da sistemi cartografici disponibili in rete o al sito <http://www.sir.toscana.it/lsp-2012>

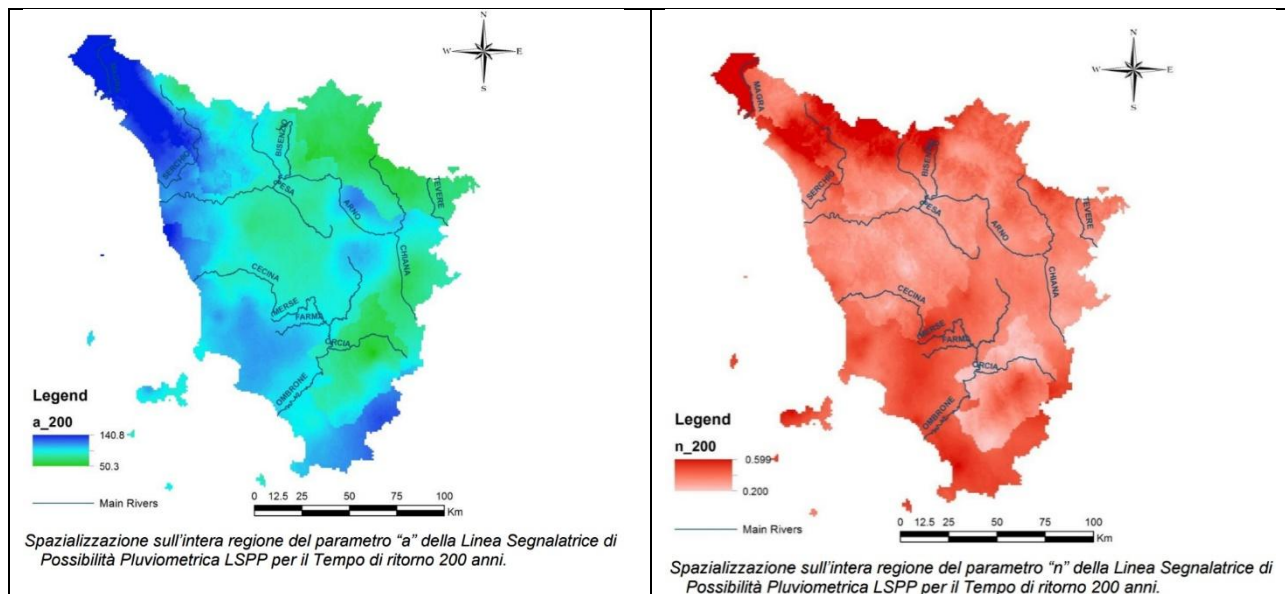


Figura 17 - Parametri a e n per la Regione Toscana (2014)

Si è analizzato l'andamento dei coefficienti **a** e **n** lungo l'asse del bacino imbrifero valutando cautelativamente il valore massimo

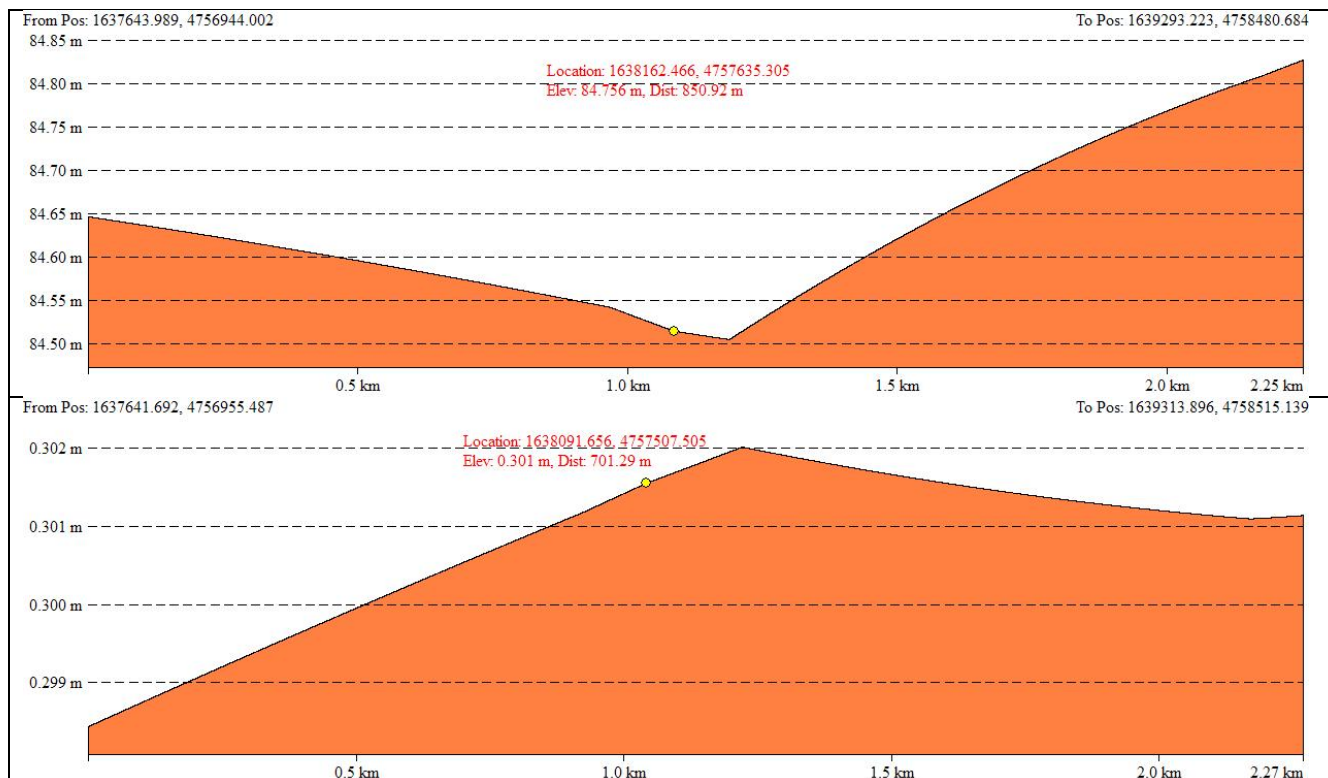


Figura 18 - Andamento parametri a e n lungo asse bacino

In definitiva l'adeguamento dei valori dei parametri a e n alle nuove curve regionali conduce alla nuova

LSPP - $h=84.85t^{0.302}$

	t	Ante 2014	Post 2014	Scarto
min	ore	mm	mm	%
5	0.083	41.96	40.063	-4.51%
10	0.167	50.52	49.391	-2.23%
15	0.250	56.32	55.825	-0.88%
20	0.333	60.83	60.892	0.10%
25	0.417	64.58	65.137	0.86%
30	0.500	67.82	68.824	1.49%
35	0.583	70.68	72.104	2.02%
40	0.667	73.25	75.071	2.48%
45	0.750	75.60	77.789	2.90%
50	0.833	77.77	80.304	3.26%
55	0.917	79.78	82.649	3.60%
60	1.000	81.66	84.850	3.91%
65	1.083	83.43	86.926	4.19%
73.8	1.230	86.32	90.324	4.64%
75	1.250	86.69	90.765	4.70%
80	1.333	88.20	92.551	4.93%
85	1.417	89.65	94.262	5.14%
90	1.500	91.03	95.903	5.35%
95	1.583	92.36	97.482	5.54%
100	1.667	93.64	99.003	5.73%
105	1.750	94.87	100.473	5.90%
110	1.833	96.06	101.895	6.07%
115	1.917	97.21	103.272	6.23%
120	2.000	98.33	104.608	6.38%
125	2.083	99.41	105.905	6.53%
130	2.167	100.46	107.167	6.67%
135	2.250	101.48	108.395	6.81%
140	2.333	102.48	109.593	6.94%
145	2.417	103.45	110.760	7.07%
150	2.500	104.39	111.900	7.19%
155	2.583	105.31	113.014	7.31%
160	2.667	106.21	114.102	7.43%
165	2.750	107.09	115.168	7.54%
170	2.833	107.95	116.211	7.65%
175	2.917	108.79	117.232	7.76%
180	3.000	109.62	118.234	7.86%
185	3.083	110.42	119.216	7.96%
190	3.167	111.22	120.180	8.06%
195	3.250	111.99	121.127	8.15%
200	3.333	112.76	122.057	8.25%
205	3.417	113.50	122.970	8.34%
210	3.500	114.24	123.868	8.43%
215	3.583	114.96	124.752	8.51%
220	3.667	115.67	125.621	8.60%
225	3.750	116.37	126.476	8.68%
230	3.833	117.06	127.319	8.76%
235	3.917	117.74	128.148	8.84%
240	4.000	118.40	128.966	8.92%
245	4.083	119.06	129.771	9.00%
250	4.167	119.71	130.565	9.07%

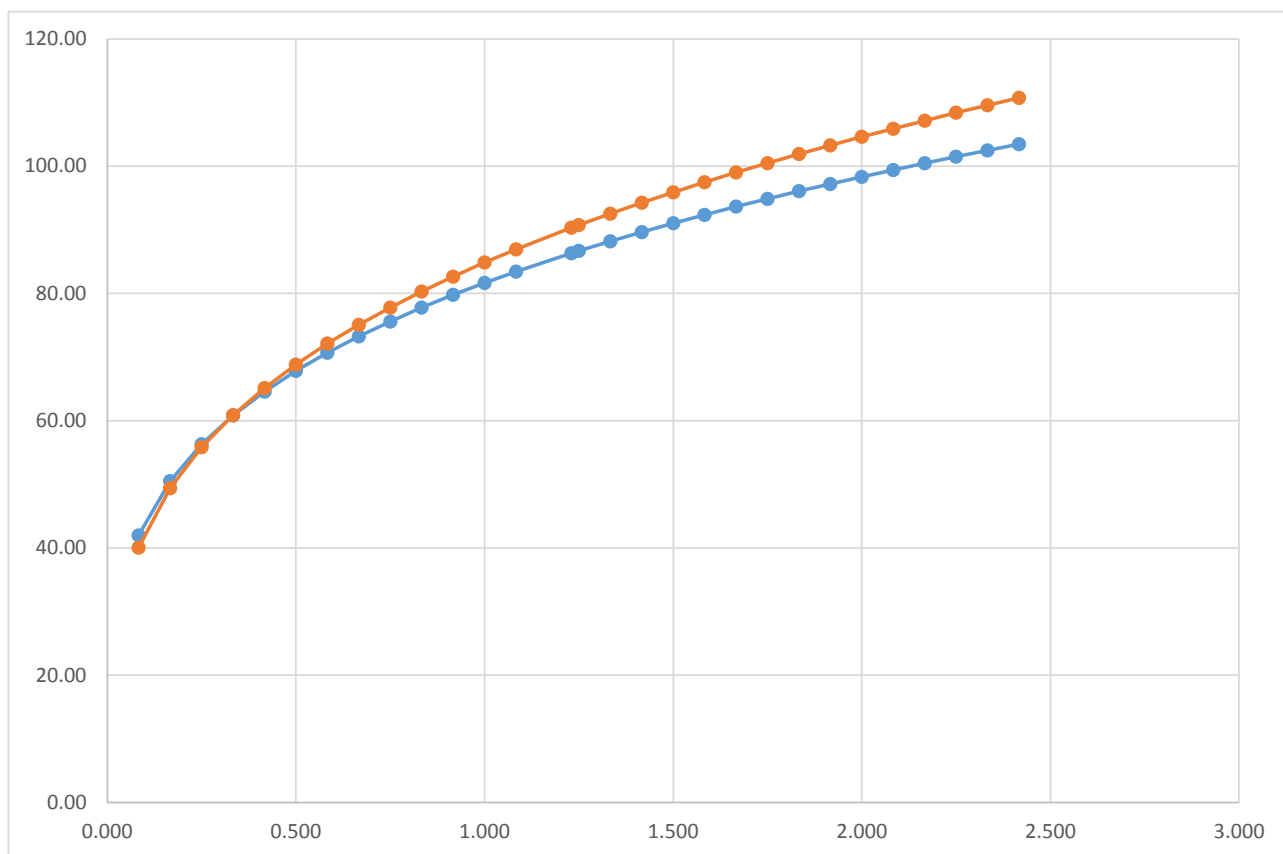


Figura 19 – Confronto valori di pioggia Parametrizzazione RT e Studio 2007

Poiché la nuova LSPP determina valori di pioggia leggermente superiori (4.64% rispetto al tempo di corrivazione assunto), si sono rieseguite le calcolazioni idrauliche con tali valori.

La Valutazione della superficie di bacino, eseguita stavolta mediante l'utilizzo del modello digitale DTM della regione toscana su maglia 10x10 ha sostanzialmente confermato il valore espresso nello studio 2007

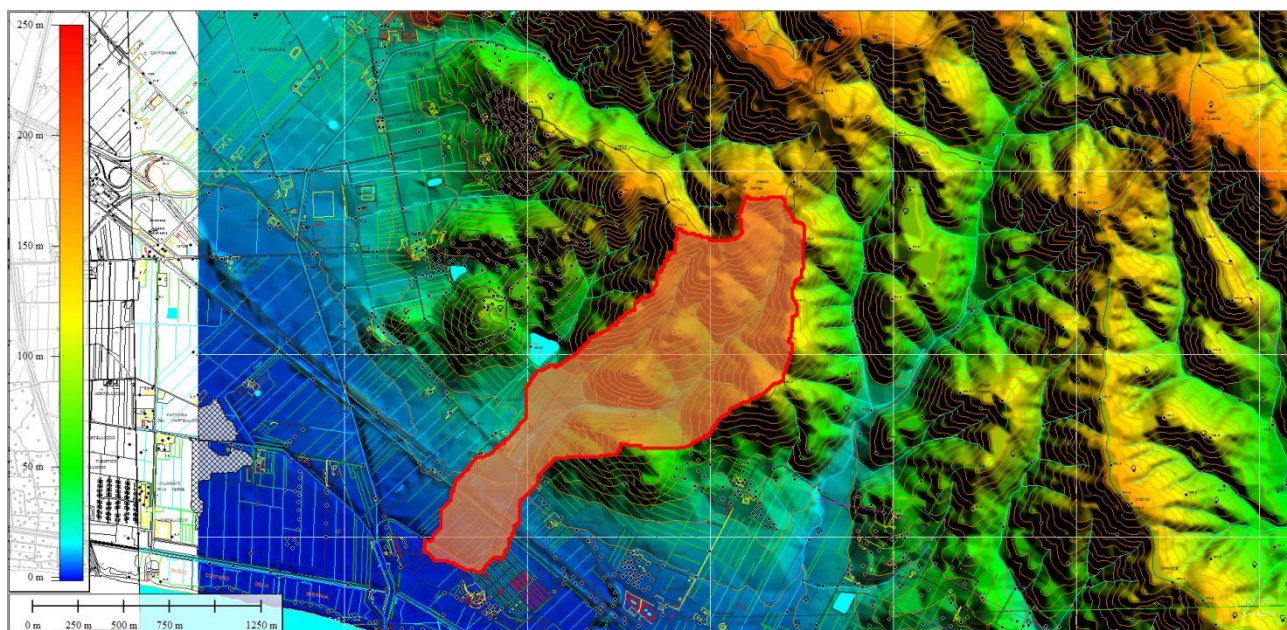


Figura 20 - Bacino Fosso San Pietro

Per la valutazione dell'idrogramma è stato utilizzato ancora il Software Urbis, prima confermando il precedente andamento dell'idrogramma, con i nuovi dati pluviometrici e di bacino, e successivamente variando la curva di piovosità, secondo i nuovi valori individuati.

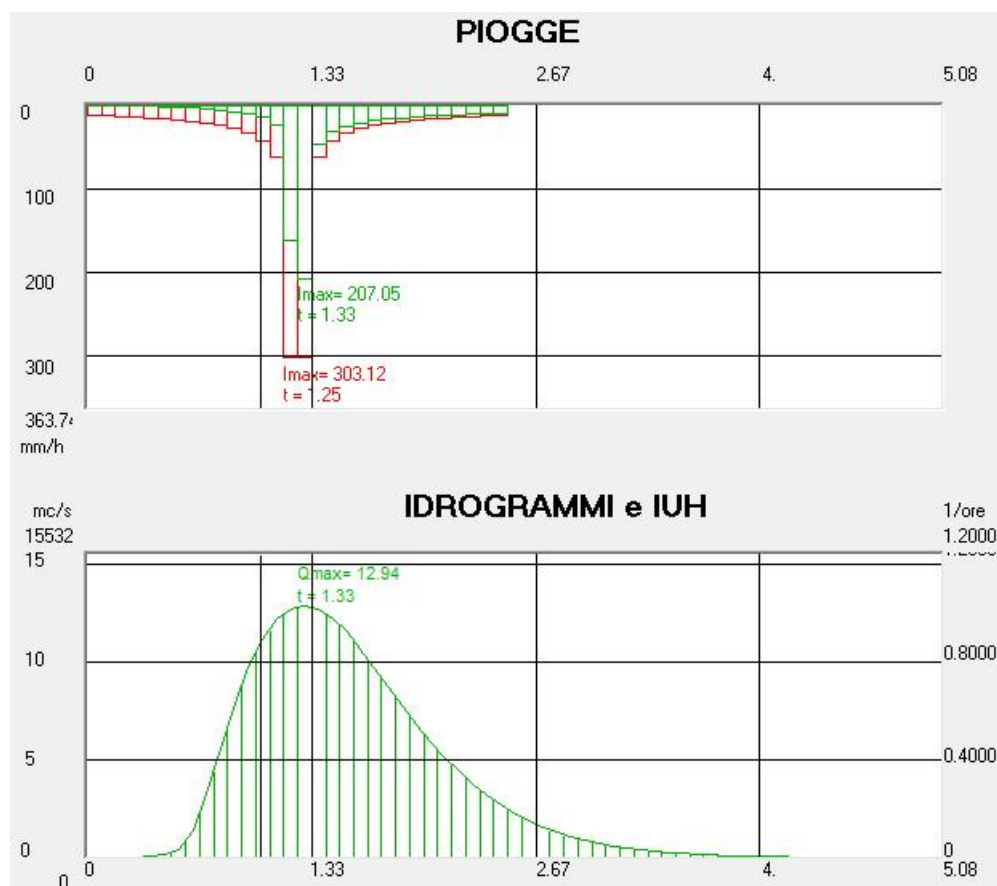


Figura 21 - Verifica Idrogramma Studio 2007

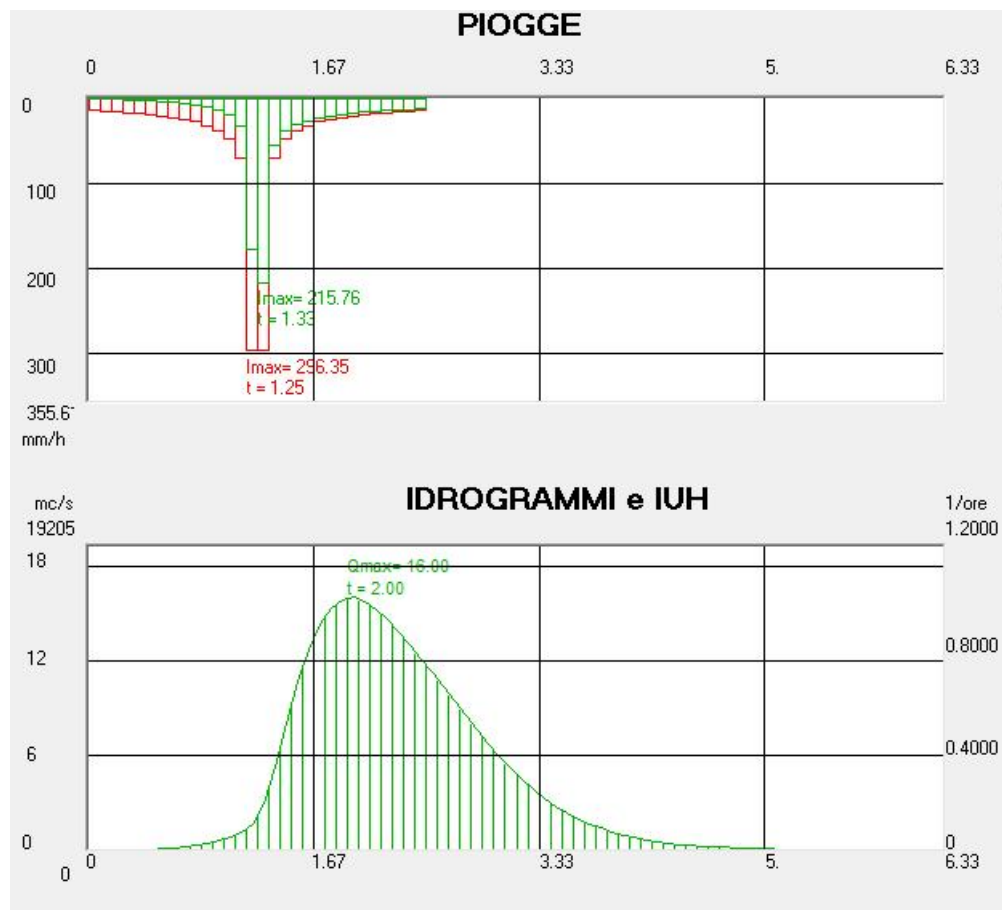


Figura 22 - Idrogramma con Parametri a e n post 2014

Per quanto attiene al Fosso Cervia, si è valutata l'area scolante, la lunghezza d'asta e l'altezza media di bacino, valutando come tratto efficace quello che parte dalla sconnessione idraulica presente in Loc. Torre Mozza fino al sifone sul Corso Valnera



Figura 23 - Sconnessione idraulica nel Fosso Cervia in loc. Torre Mozza

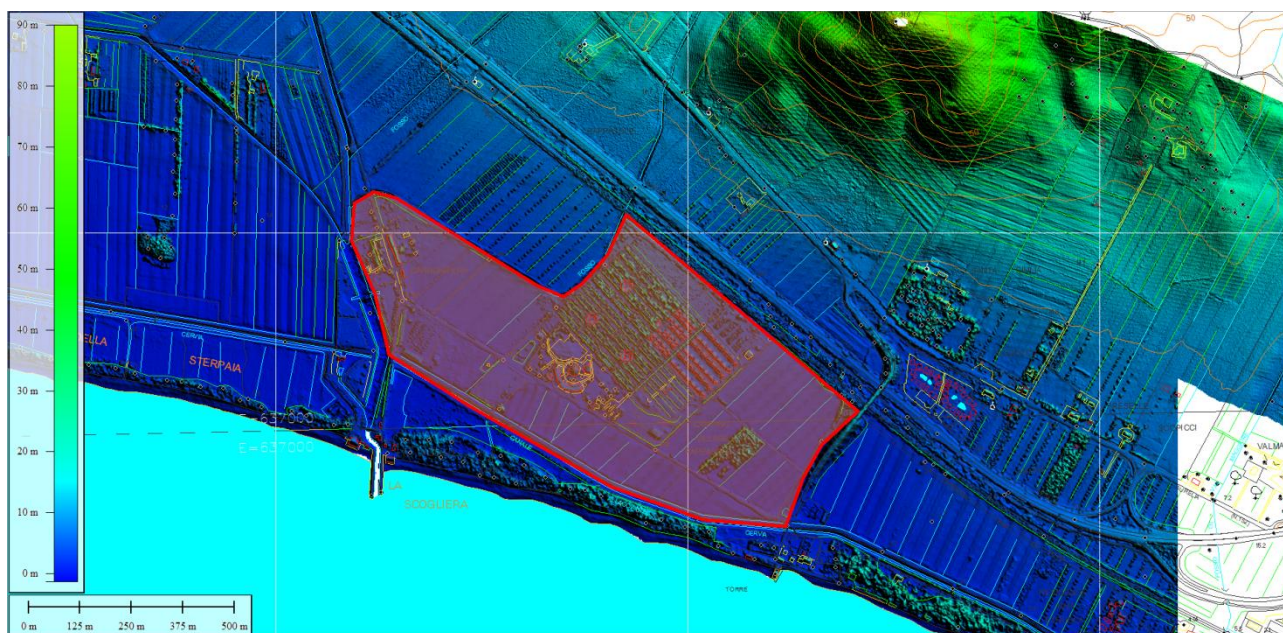


Figura 24 - Perimetrazione Bacino Cervia di Competenza per il sito

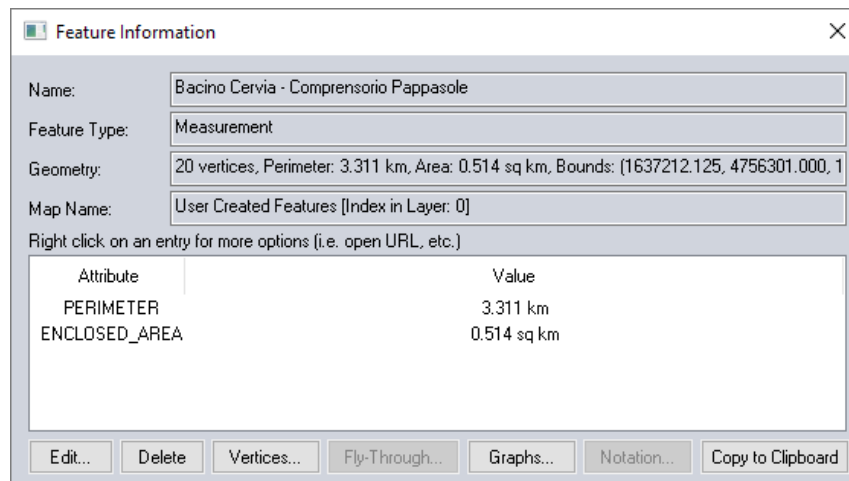


Figura 25 - Bacino Cervia

Considerando che si tratta di un corso la cui idraulica è riconducibile ad acque basse trattandosi sostanzialmente di un canale di bonifica si è utilizzato per la valutazione del tempo di corrivazione la Formula di Ongaro per bacini avente estensione inferiore ad 1 kmq.

$$T_c = 0.18(At \cdot L)^{1/3}$$

Ancora mediante Urbis si è tracciato l'idrogramma relativo al fosso Cervia

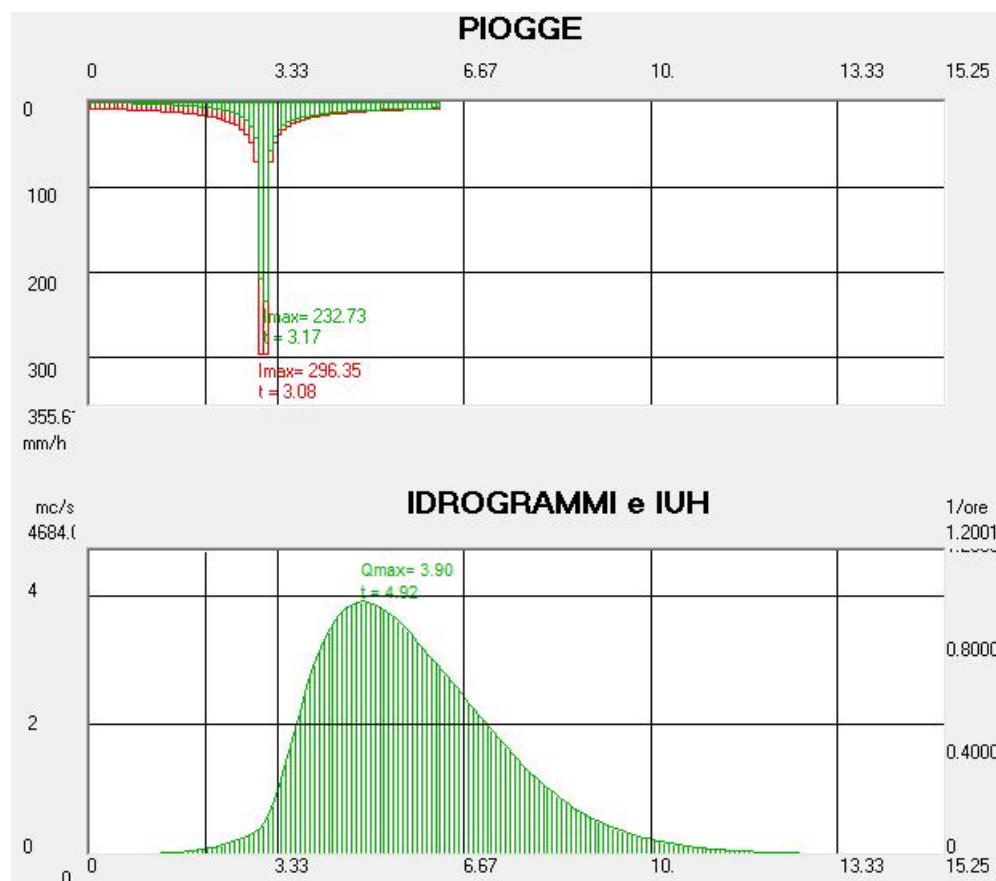


Figura 26 - Idrogramma Fosso Cervia

Con il software si ricavano i relativi file Ascii degli idrogrammi che saranno successivamente implementati nel software di valutazione del rischio idraulico Flo2D

Riportando nella mesedima scala temporale e di portate, offrono un confronto tra i due diversi comportamenti dei corsi d'acqua, il Fosso di acque alte S. Pietro, caratterizzato da piene improvvise e elevati valori di portata, ed io fosso Cervia di acque basse, caratterizzato da piene più durature e meno ripide.

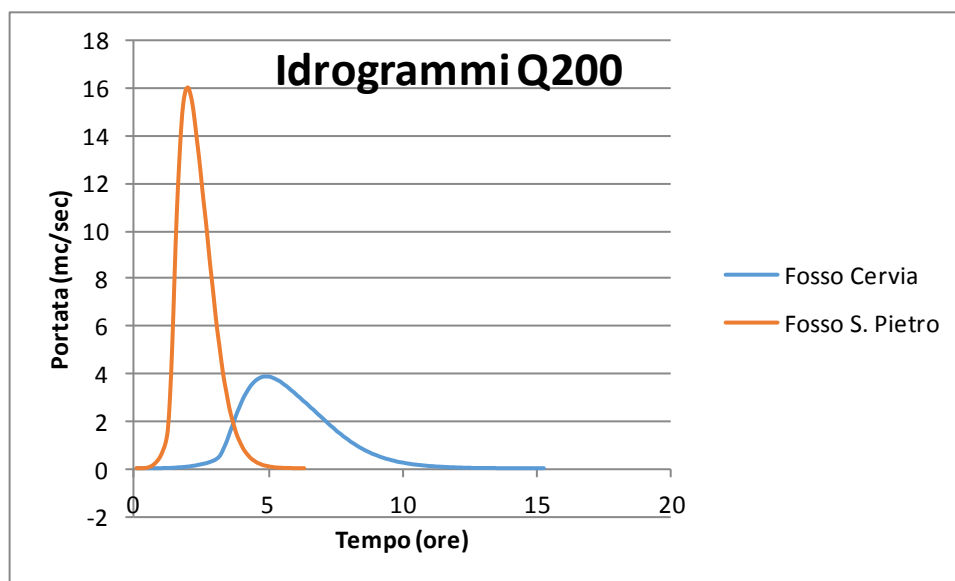


Figura 27 - Nuovi idrogrammi a confronto

4 Valutazione degli scenari di inondazione potenziale

La valutazione degli eventi alluvionali, caratterizzati da tempo di ritorno T_r 200 anni, è stato condotto su base cartografica LIDAR avente risoluzione 1x1 e 2x2, con l'inserimento descritto di una porzione di DTM 10x10, limitatamente all'area del campeggio.

Avendo a disposizione la conformazione digitale del terreno e valutati gli idrogrammi di piena dei corsi idraulici di interesse per il nostro comprensorio è stato possibile effettuare le simulazioni di inondazione mediante il codice di Calcolo FLO 2D

Il modello idraulico, FLO-2D consiste in una serie di componenti atti a processare il fenomeno dell'inondazione attraverso la discretizzazione del territorio in un certo numero di piccole unità. Il Grid Developer System (GDS) genera un sistema a rete che rappresenta la topografia con una serie di piccole celle. Il modello FLO-2D ha una serie di

componenti per la rappresentazione della pioggia, dei flussi canalizzati, il flusso overland, l'infiltrazione nel suolo, gli argini e altre caratteristiche fisiche. Il GDS e il processore FLOENVIR sono usati per modificare gli attributi del sistema a griglia. PROFILI è un programma per modificare pendenza e sezione forma dei canali.

I risultati delle simulazioni possono essere visualizzati graficamente in MAXPLOT, MAPPER e HYDROG.

FLO-2D è uno strumento efficace per delineare i rischi di alluvione o la progettazione di opere di mitigazione delle inondazioni. Il modello può essere applicato per la risoluzione di diversi problemi secondo quanto illustrato in Figura seguente.

L'accuratezza delle previsioni risulta essere coerente con la risoluzione della mappatura. La dimensione dell'unità elementare della griglia generalmente varia da 25 piedi (8 m) a 500 ft (150 m), per la maggior parte dei progetti di inondazione.

Nel caso in esame si è utilizzata una maglia di 10 m desunta da una griglia a passo 1x1.

Il flusso nei canali è modellato secondo una filosofia monodimensionale con il canale rappresentato da sezioni derivanti dalla naturale geometria del terreno di forma rettangolare o trapezoidale. Il deflusso overland è invece modellato bidimensionalmente sia come piano di flusso sia come flusso in più canali (rills e gullies). Il deflusso overbank avviene invece quando si raggiunge il superamento della massima capacità del canale. Un'opportuna routine di calcolo permette di determinare lo scambio di flusso con il terreno circostante compreso il flusso di ritorno al canale. Analogamente, l'interfaccia di routine permette anche di calcolare il flusso di scambio tra le strade e le aree overland all'interno di una griglia.

Una volta che il flusso sovrasta il canale, esso si disperderà ad altri elementi della rete a seconda delle caratteristiche di topografia, rugosità e ostruzioni. Per i progetti di inondazione con esigenze specifiche, ci sono diverse componenti atte a modellare svariati fenomeni, quali il flusso di fango e di detriti, il trasporto di sedimenti, l'evaporazione delle acque di superficie e altri.

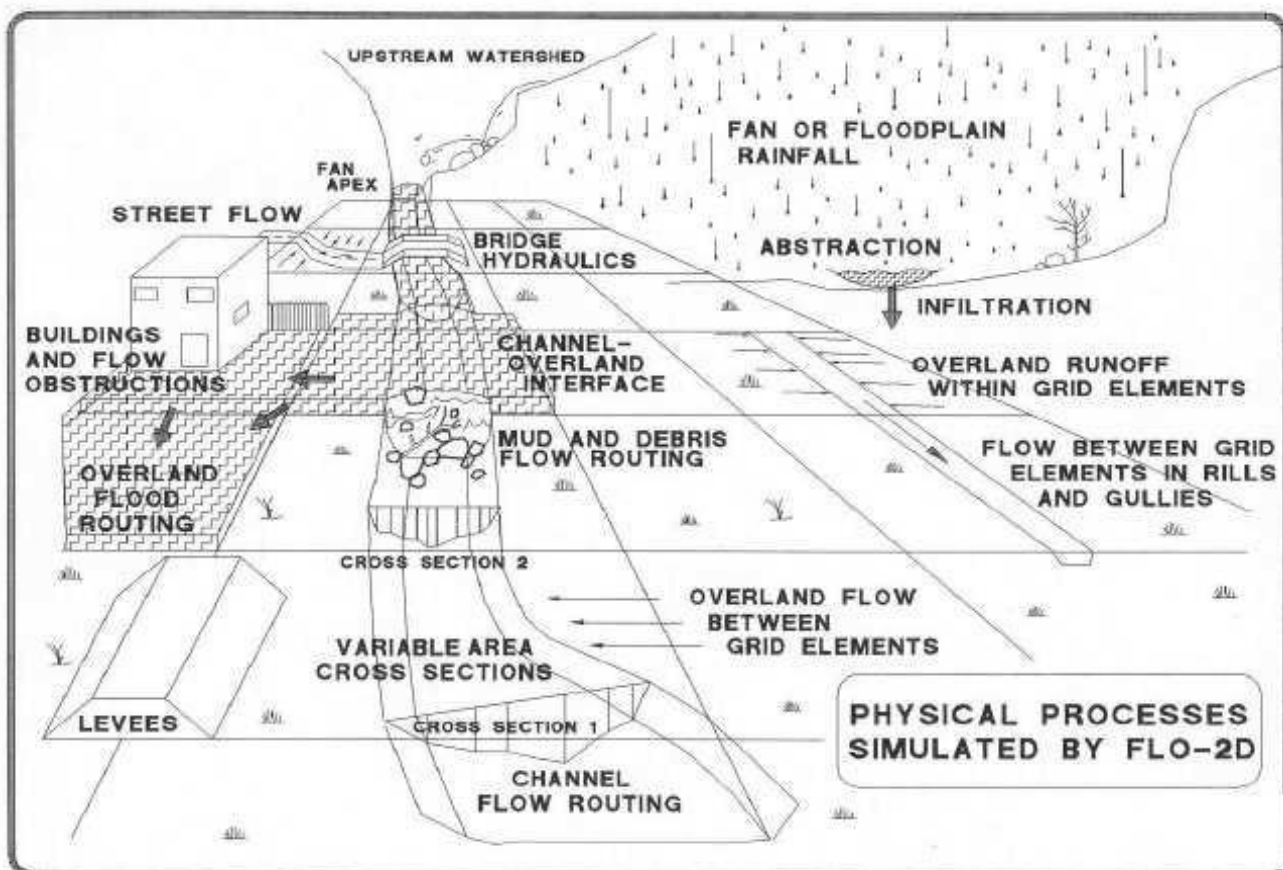


Figura 28 - Processi Modellati da Flo 2D

4.1 La teoria del modello Flo-2D

FLO-2D è un semplice modello di conservazione del volume. La simulazione bidimensionale si realizza attraverso una integrazione numerica delle equazioni del moto e della conservazione del volume di liquido sia per inondazioni di acqua sia per quelle riguardanti il flusso di sedimenti. Le equazioni che regolano i fenomeni fisici sono le seguenti:

$$1) \quad \frac{\partial h}{\partial t} + \frac{\partial h V_x}{\partial x} = i$$

$$2) \quad S_{fx} = S_{0x} - \frac{\partial h}{\partial x} - \frac{V_x}{g} \cdot \frac{\partial V_x}{\partial x} - \frac{V_x}{g} \cdot \frac{\partial V_x}{\partial x} - \frac{1}{g} \cdot \frac{\partial V_x}{\partial t}$$

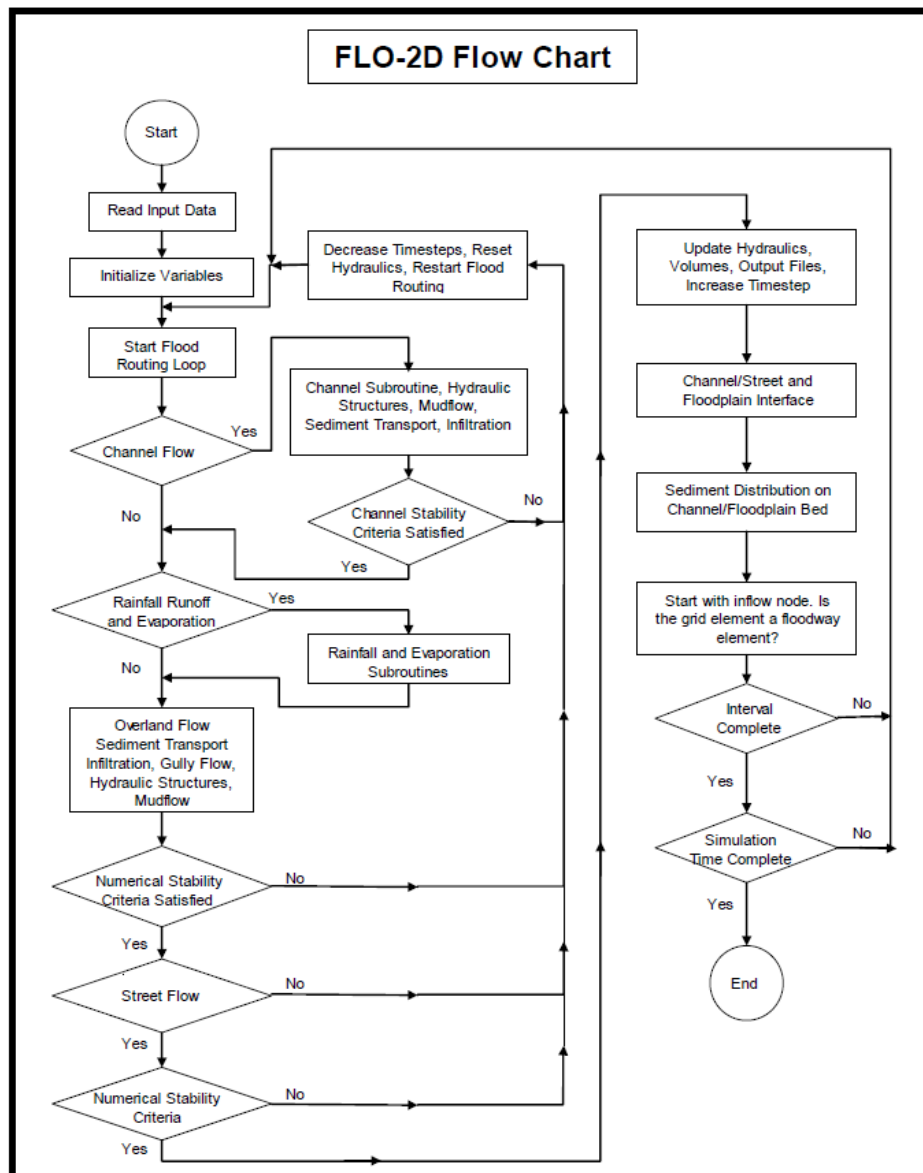


Figura 29 - Flow sheet FLO 2D

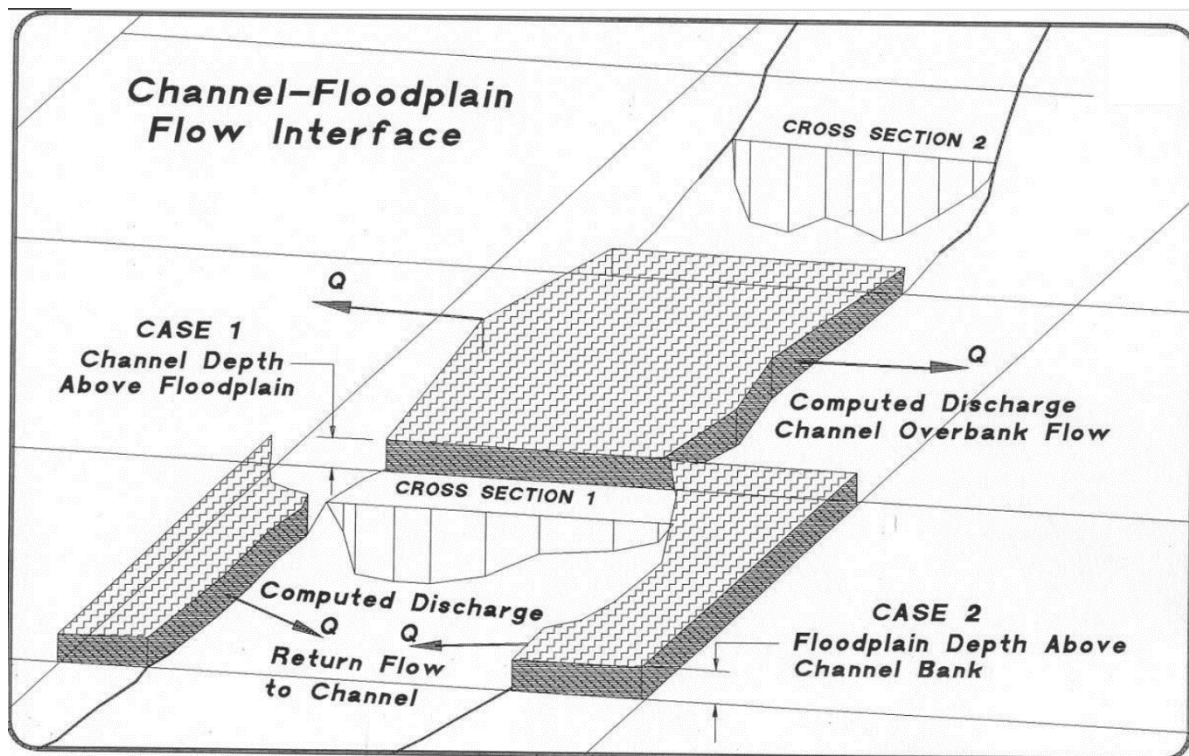


Figura 30 - Interfaccia Channell - Floodpain

Dove h è il battente idrico e V_x è la componente della velocità mediata lungo la verticale; i è l'intensità della precipitazione (che può essere nulla), S_{fx} è la pendenza della linea dell'energia (friction slope component) determinata sulla base dell'equazione di Manning, mentre S_{fo} è la pendenza di fondo (del terreno).

Il sistema di equazioni differenziali è risolto con il metodo delle differenze finite attraverso un algoritmo esplicito; questi schemi numerici sono semplici da formulare, ma di solito sono limitati a piccoli timesteps da severi criteri di stabilità numerica; lo schema delle differenze finite può comportare alti tempi computazionali in particolare quando vi sono canali con sezioni molto variabile, bruschi cambiamenti di pendenza, ecc.

La soluzione nel modello FLO-2D è discretizzata all'interno della griglia uniforme di elementi, costituenti il campo di esistenza. La procedura di calcolo del deflusso overland comporta la determinazione del flusso uscente in ciascuno dei confini, nelle otto direzioni del flusso (potenziale), e inizia con una stima lineare del flusso lungo la verticale negli elementi di confine della griglia.

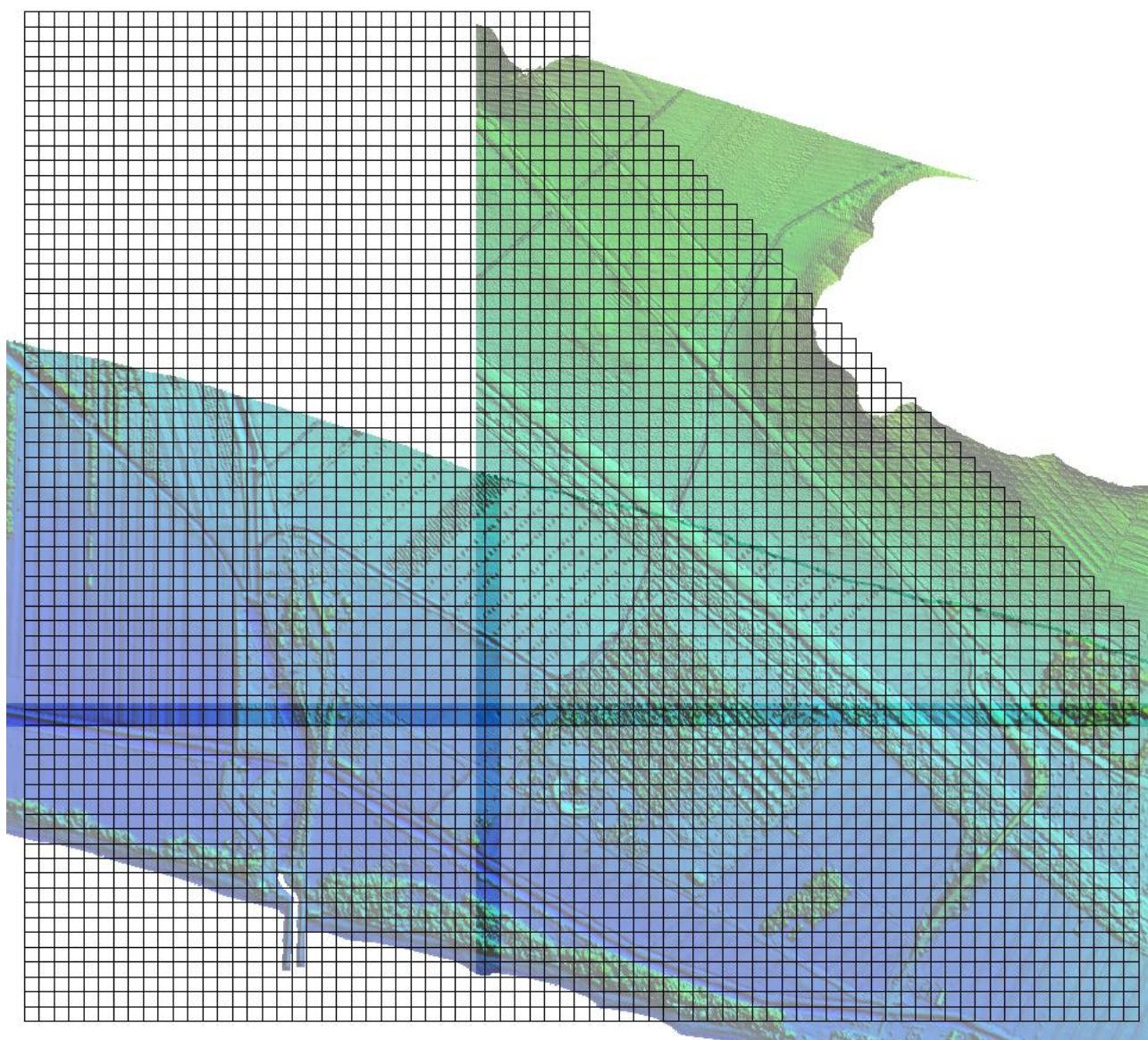


Figura 31 - Il GRID utilizzato nel codice di calcolo

In condizioni dinamiche, il termine di accelerazione locale è dato dalla differenza tra la velocità per una data direzione di flusso, rispetto al suo valore al passo precedente; per esempio, relativamente al termine di accelerazione locale $(1/g \cdot \partial V / \partial t)$, per il generico elemento di griglia 251 si ha:

$$\Delta(V_t - V_{t-1})_{251} / (g \cdot \Delta t)$$

Analoghe considerazioni si possono fare per la determinazione del termine convettivo dell'accelerazione $(V_x / g \cdot \partial V / \partial x)$, ammettendo che V2 è la velocità in direzione est e V4 è la velocità nella direzione ovest per il generico elemento di griglia 251:

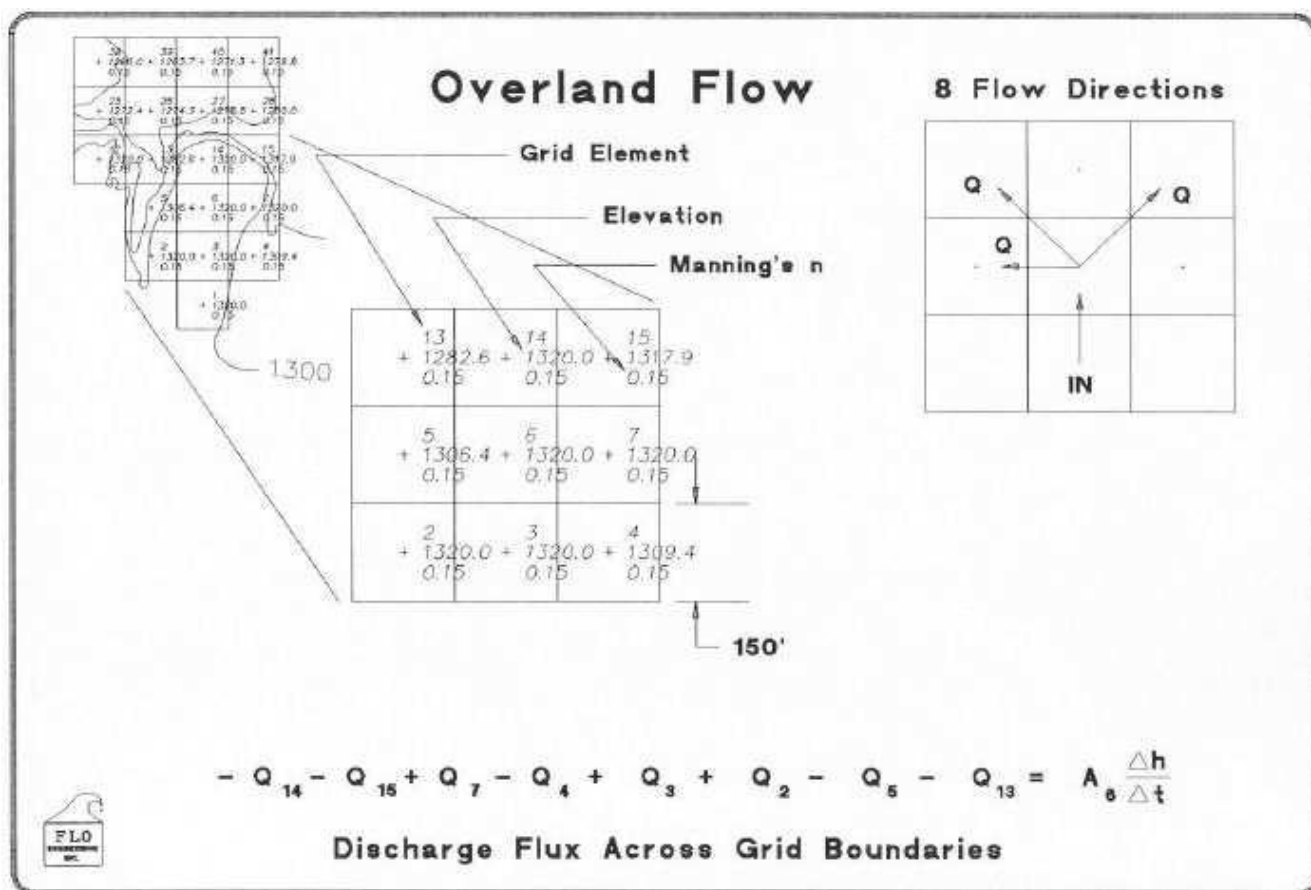


Figura 32 - Flusso attraverso gli elementi di confine della griglia

$$V_2 * \Delta(V_2 - V_4)_{251} / (g * \Delta x)$$

In sostanza, l'algoritmo solutore procede secondo i seguenti passi:

Vengono determinati i valori medi geometrici, tra due elementi della griglia, di rugosità, pendenza e portata.

Il battente d, utilizzato per il calcolo della velocità attraverso un elemento di confine della griglia, per il passo temporale successivo (i+1) è stimato dal passo precedente sulla base di una stima lineare (il battente medio tra due elementi).

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

La prima stima della velocità è determinata utilizzando l'equazione dell'onda diffusiva; l'unica variabile ignota dell'equazione dell'onda diffusiva è la velocità.

La portata Q che fluisce lungo la zona di confine è calcolata moltiplicando la velocità per il valore della sezione di flusso. Il deflusso overland viene corretto mediante un fattore riduzione della larghezza (WRFs).

Vengono sommati i valori di portata relativi agli otto elementi di bordo per il passo temporale (a monte e a valle degli elementi channel):

$$\Delta Q_x^{i+1} = Q_n + Q_s + Q_w + Q_e + Q_{ne} + Q_{nw} + Q_{se} + Q_{sw}$$

Dove ΔQ_x è dato dalla somma algebrica delle portate nelle 8 direzioni spaziali per il passo temporale Δt fra l'istante i e $i + 1$.

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

Viene effettuato il controllo della stabilità numerica. Se uno dei criteri di stabilità è superato, il tempo di simulazione viene reimpostato al valore precedente, viene ridotto l'incremento del tempo di calcolo, tutti i precedenti tempi computazionali vengono scartati e la velocità di calcolo inizia nuovamente.

La simulazione progredisce fino a che le condizioni di stabilità non sono rispettate.

La stabilità di questo schema numerico esplicito si basa su criteri specifici per controllare le dimensioni del passo temporale variabile computazionale.

Il modello di simulazione interpreta tale ricostruzione adottando una griglia di calcolo a maglia quadrata 25 x 25 mt. Nella figura soprariportata si evidenzia chiaramente la maglia della griglia assunta per la simulazione.

La porzione di superficie considerata è stata suddivisa pertanto in una griglia composta da una serie di unità fondamentali (celle) di lato pari a 25 mt. Sulla base delle coordinate (x,y,z) dei punti inseriti il programma calcola automaticamente l'elevazione di ogni cella.

Data la densità dei punti rilevati ed il dettaglio del rilievo non è stato necessario alcun aggiustamento manuale per tener conto delle altre informazioni qualitative (presenza di rilevati stradali, edifici, dune ecc.) .

In via cautelativa sono stati assegnati a tutte le celle del DTM valori dei coefficienti di scabrezza piuttosto elevati per tenere conto delle asperità del terreno naturale, della vegetazione ecc., il valore assegnato è pari a $n = 0.04$, oltre che trascurare il contributo al deflusso dato dall'alveo inciso.

I punti d'ingresso degli idrogrammi nel modello sono stati introdotti, nei vari punti critici individuati e descritti.

4.2 Descrizione degli scenari di esondazione

Nella modellazione attuata si sono individuate 3 celle di immissione delle portate, vedi figura, discretizzate temporalmente secondo gli idrogrammi di piena.

Il punto 1 presuppone la crisi del corso San Pietro in corrispondenza dell'attraversamento ex SS 1 e FFSS, il punto 2 presuppone la crisi del Fosso San Pietro in corrispondenza del termine del tratto recentemente risagomato e caratterizzato da un brusco cambio di direzione, oltre che di sezione e pendenza, risultato lievemente insufficiente alla verifica monodimensionale, con le portate aggiornate (vedi profilo HEC-RAS allegato in appendice) , ed infine il punto 3 presuppone la crisi del fosso Cervia in corrispondenza del sifone sul Corso Valnera, in caso di totale otturazione dello stesso o di malfunzionamento e/o insufficienza delle idrovore.

Ottenendo le seguenti combinazioni:

Scenario 1 – Esondazione completa e simultanea nei punti 1-3

Scenario 2 – Esondazione completa e simultanea dei punti 2-3

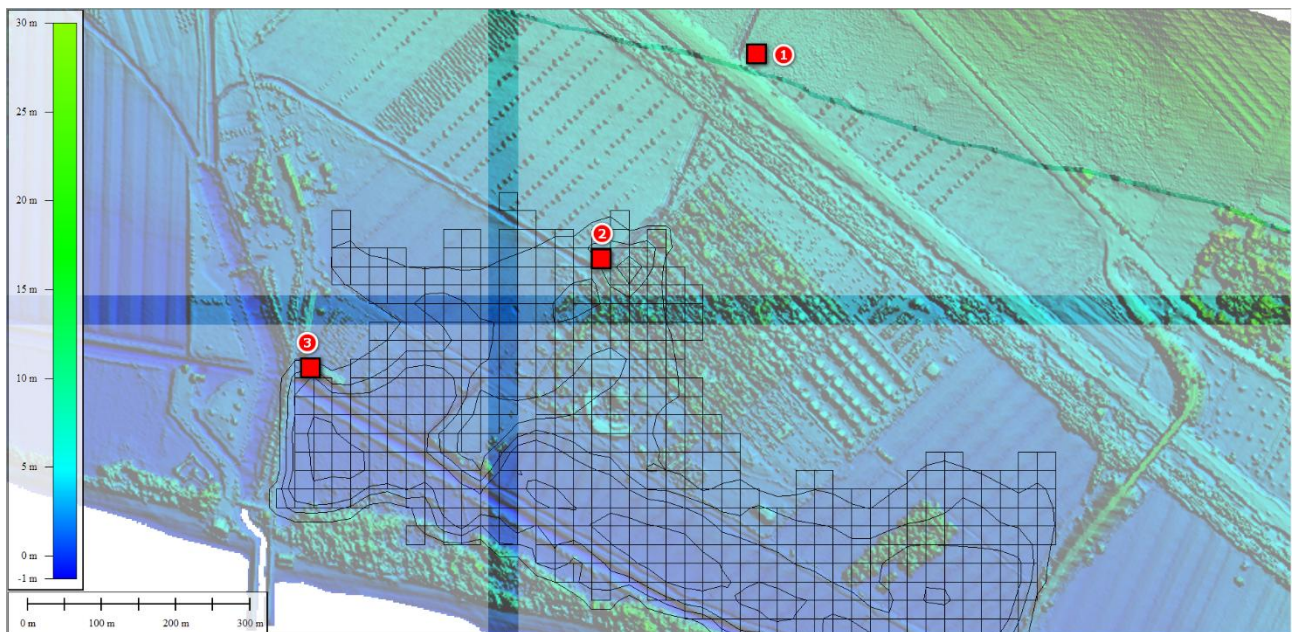


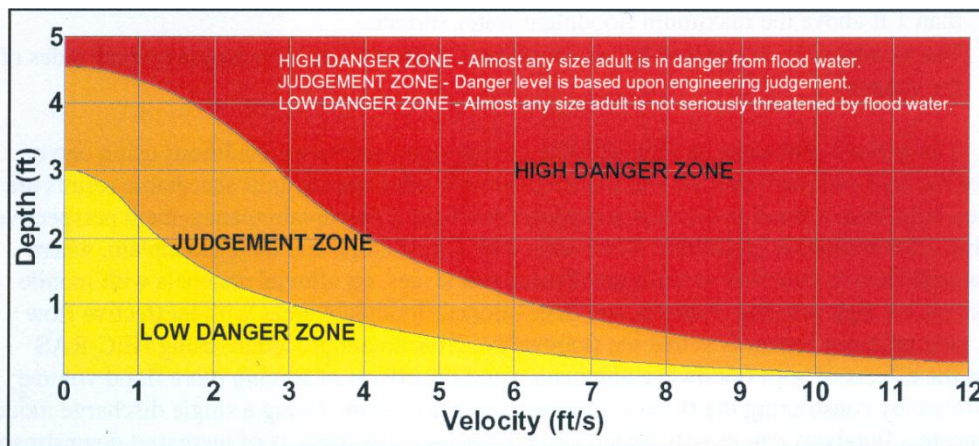
Figura 33 – Ingresso delle portate

Si precisa che tali valutazioni hanno il valore di simulazioni estreme, considerando in ogni caso la fuoriuscita TOTALE della portata in transito dai due corsi d'acqua, senza far affidamento ad alcuna capacità residua del canale (assunzione valida al limite per le sole complete otturazioni degli attraversamenti nei punti 1 e 3 considerati ma non certo nel caso del punto 2 sul Fosso S. Pietro dove è notevole la capacità residua, considerando il minimo livello di sormonto delle sponde). Con tale premessa si deve affermare che le esondazioni considerate descrivono contorni idonei ad escludere sicuramente le aree oggetto di studio ma non sarebbe corretto interpretare gli stessi risultati per estensione di pericolosità ad altre aree, date le ipotesi estremamente conservative e poco realmente plausibili fin qui descritte.

4.3 Analisi dei risultati

Elaborando i dati impostati come sopra descritto si sono ottenuti i risultati relativi a:

- distribuzione dei deflussi superficiali con la corrispondente altezza idrica in ogni cella;
- distribuzione del rischio idraulico stimato per ogni cella considerando il rischio come funzione direttamente proporzionale dell'altezza idrica e della velocità dei deflussi. La quantificazione del rischio è effettuata sulla base dello schema riportato nel grafico seguente:



le distribuzioni di cui ai punti a) e b) sono riportate nelle figure allegate di seguito, per ogni scenario ipotizzato.

In particolare, relativamente alla mappa del rischio si evidenziano tre aree (rosso, arancio e giallo) con in rosso le aree di alto pericolo (alte velocità ed alti tiranti di acqua in grado di mettere in pericolo un adulto), con l'arancio le aree di rischio medio (o comunque da sottoporre a giudizio di merito) con il giallo infine le aree a basso rischio (basse velocità e basse altezze d'acqua in cui certamente nessun individuo adulto è seriamente messo in condizione in pericolo). Tale perimetrazione consente quindi di separare le aree realmente soggette a rischio (alto, medio, basso), dalle aree interessate da fenomeni di semplice ristagno.

Come è facile rilevare dalle figure allegate, in entrambi gli scenari ipotizzati le aree in progetto (individuate con rettangoli dal perimetro rosso) sono escluse dall'interessamento delle esondazioni ipotizzate con buon margine di ulteriore sicurezza. Tale condizione rende conto evidentemente di rialzamenti delle aree attrezzate e delle aree limitrofe, eseguite negli anni con la costruzione e vari ampliamenti del campeggio.



Figura 34 - Inondazione per Scenario 1



Figura 35 - Inondazione per Scenario 2

5 Compensazione degli eventuali effetti di urbanizzazione

Sempre tenendo presente l'obbligo per i nuovi interventi di non incrementare in nessun modo il rischio idraulico né sulla rete di drenaggio esistente né per le aree circostanti, in questo paragrafo si vogliono analizzare gli effetti delle nuove opere previste e dimensionare le eventuale compensazioni degli effetti delle stesse.

Si fa presente però che in questo caso trattandosi di sistemazioni superficiali a verde e/o a ghiaia, con pergolati ombreggianti in teli permeabili, non si ritiene verificarsi alcuna variazione dei coefficienti di deflusso delle superfici finali, rispetto allo stato iniziale senza opere, non risultando in questo caso necessaria alcuna compensazione degli effetti.

6 Conclusioni

La Committenza intende realizzare delle nuove aree di sosta (piazzole) all'interno del sedime del Campeggio.

Dal punto di vista degli attuali livelli di pericolosità si evidenzia come le aree da utilizzare siano gravate dalle condizione di Rischio P1 (Ex PIM) e per quelle da realizzare nella zona Nord e P2 (Ex PIE) per quelle a Sud Est, sia pure non supportate da studi a corredo del quadro conoscitivo ufficiale.

In accordo alla vigente normativa l'intervento previsto è attuabile all sola condizione che per Tempi di Ritorno almeno bisecolari il sedime degli interventi non venga interessate da inondazione.

Lo studio si articola in varie fasi. Nella prima si prende conoscenza degli studi effettuati , nell'ambito di altri progetti, e disponibili nell'area, adeguandoli alle mutate variazioni delle Curve di Pioggia come indicate dalla Regione Toscana nel Marzo del 2014.

Con tali valori si sono ricalcolati gli idrogrammi per i corsi d'acqua interessanti il comprensorio.

Dopo una ripetizione della simulazione monodimensionale con le nuove portate, mediante codice di calcolo HEC-RAS, limitatamente al Fosso S.Pietro, e sulla base delle

sezioni attuali del canale risagomato, si individuano i punti di possibile crisi (tratto a valle dell'intervento, con brusco cambio di direzione e pendenza, nonché di sezione).

Con la modellazione digitale del terreno, mediante opportuno codice di calcolo, si è quindi provveduto ad analizzare gli effetti di eventuali inondazioni secondo diversi scenari estremamente cautelative di rottura o tracimazione dei corsi, evidenziando l'assenza di lama d'acqua nelle aree di intervento in ogni scenario.

Le opere da realizzare quindi, a fronte di ipotesi estremamente cautelative di esondazione dagli alvei, non necessitano di alcun intervento di messa in sicurezza.

Per lo stesso motivo non risultano necessari neanche interventi di compensazione, non realizzando alcuna modifica morfologica.

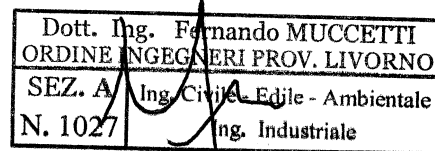
Infine la tipologia di intervento è stata analizzata sotto il profilo della eventuale compensazione degli effetti di urbanizzazione, escludendo qualsiasi forma di aggravio delle condizioni idrauliche al contorno, trattandosi di sistemazioni che per la loro natura (superfici e coperture permeabili) non alterano le condizioni preesistenti.

Pertanto , qualora vengano rispettate le proposte progettuali e le indicazioni contenute nel presente studio, limitatamente all'area d'intervento si ritiene che l'intervento sia compatibile con l'assetto idraulico dell'area nel suo complesso con la sicurezza sufficiente per le nuove opere da realizzarsi e senza aggravio delle condizioni di rischio a monte e a valle ai sensi del combinato disposto del D.P.G.R. 53/R/2011, della Legge Regionale 21/2012, e del Vigente P.G.R.A.

Piombino 30.11.2016

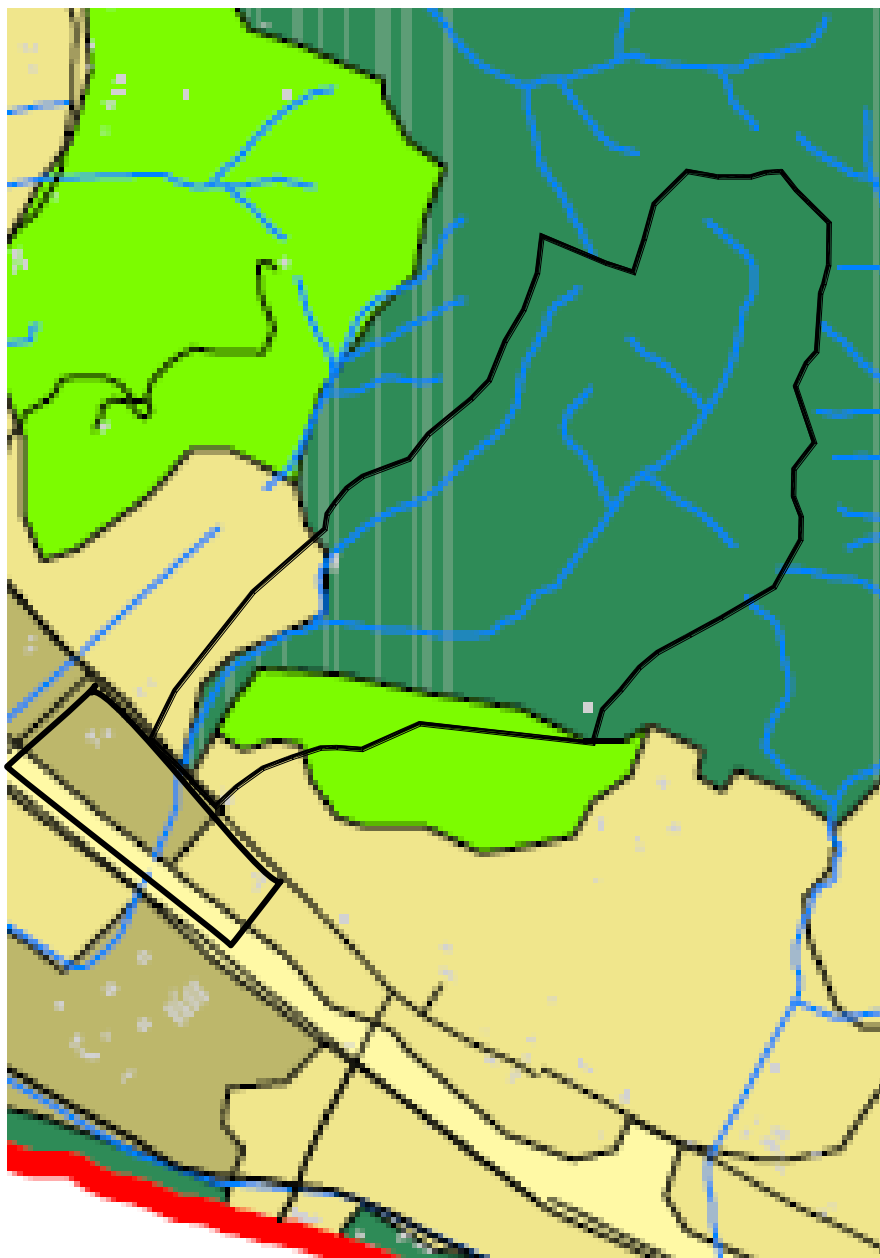
Documento firmato con firma digitale
Ai sensi dell'Art. 21 comma 2 D.L.vo
82/2005

Il Tecnico



Allegati

Uso del suolo e geologia del Bacino Fosso S. Pietro
Profilo di Simulazioni HEC-RAS con vecchie e nuove portate
Ingrandimenti Simulazioni Flo-2d



1. TERRITORI MODELLATI ARIFICIALMENTE

- 1a - Zone urbanizzate - Zone industriali, commerciali e reti di comunicazione - Zone verdi artificiali non agricole.
- 1b - Zone estrattive, discariche e cantieri.

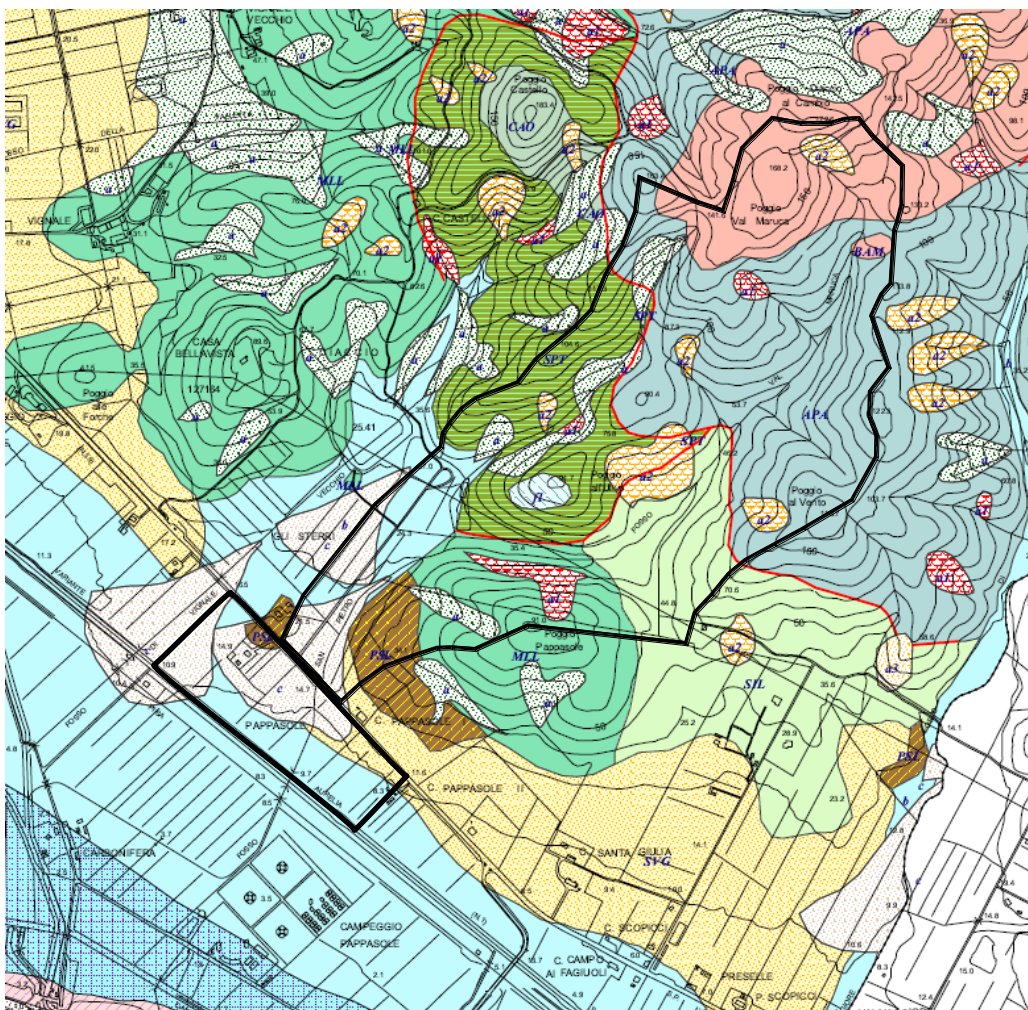
2. TERRITORI AGRICOLI

- 2a - Seminativi in aree non irrigue - Altri seminativi in aree non irrigue.
- 2b - Vivai e colture protette.
- 2c - Risaie.
- 2d - Vigneti - Frutteti e frutti minori - Oliveti.
- 2e - Prati stabili.
- 2f - Colture annuali associate a colture permanenti - Sistemi culturali e particellari complessi - Aree prevalentemente occupate da colture agrarie con spazi naturali.

3. TERRITORI BOSCATI ED AMBIENTI SEMINATURALI

- 3a - Boschi di latifoglie - Boschi di conifere - Boschi misti.
- 3b - Aree a pascolo naturale e praterie d'alta quota.
- 3c - Brughiere e cespuglieti - Aree a vegetazione sclerofilla - Aree a vegetazione boschiva ed arbustiva in evoluzione.
- 3d - Spiagge, dune, sabbie e ciottolami dei grei - Rocce nude, falesie, rupi, affioramenti - Aree con vegetazione rada.
- 3e - Aree percorse da incendio.

USO DEL SUOLO BACINO FOSSO S. PIETRO



Unità Liguri

-  **APA - Argille a Palombini**
-  **APA2**
Argilliti e siltiti grigio, spesso, a cui si intercalano, subordinatamente, calcari silicei grigio piombo.
- APA2 - Membro pelitico-arenaceo del Torrente Carsia; argilliti e siltiti grigio-verdi a cui si intercalano subordinatamente arenarie da medie a fini.
CRETACEO INF. (APTIANO P.P. - CENOMANIANO P.P.)
-  **CCL - Calcari a Calpionelle**
Calcari a grana finissima di colore grigio e nocciola, in strati da medi a molto spessi.
CRETACEO INF. (BERRIASIANO - VALANGINIANO)
-  **CFR - Calcari di Fanale di Rocchetta (Calcari a Calpionelle?)**
Calcari e calcari mamosi grigio-chiaro con rare selci nere; localmente sottili interstrati pelitici.
-  **CAO - Flysch di Monteverdi (cfr. Flysch di M. Caio)**
Sequenze torbiditiche costituite da strati e banchi di calcari mamosi e mame a base calcarenitica di colore grigio scuro, grigio chiaro per alterazione, con interstrati pelitici scuri.
CAMPANIANO SUP. - MAASTRICHTIANO
-  **SPT - Argilliti a Pythonella**
Argilliti e siltiti fissili grigio-verdastre con rare intercalazioni di strati di calcilutiti e calcari mamosi.
CENOMANIANO - TURONIANO INF.
-  **MLL - Flysch di M. Morello (cfr. Flysch di Poggio San Quirico)**
Calcari mamosi e mame in strati da medi a spessi e in banchi, a base calcarenitica, di colore da grigio-chiaro a biancastro con interstrati di peliti mamosi e argillose di colore nocciola, grigio scuro e verdastro.
PALEOCENE SUP. - EOCENE MEDIO
-  **SIL - Formazione di Sillano (cfr. Formazione di Antignano)**
Argilliti e argillosisti di colore variabile dal nero al grigio scuro, rosso vinaccia e verdastro; subordinatamente calcari e calcari mamosi in strati lenticolari per cause tettoniche (boudinage) di colore grigio chiaro e nocciola.
CRETACEO SUP.

Successione Neogenica Toscana

-  **BAM - Conglomerati di Montebamboli**
Conglomerati non dissati di colore rosso-arancio, con diottili di calcari silicei, arenarie, diaspri, arenarie quarzoso-feldspatiche (Macigno) immersi in matrice sabbioso-calcareo prevalente.
-  **BAMa**
- BAMa: Lenti di argille
- BAMc: Conglomerati grigi
MESSINIANO SUP. (TUROLIANO)

GEOLOGIA BACINO FOSSO S. PIETRO

PROFILO HEC-RAS FOSSO S.PIETRO

