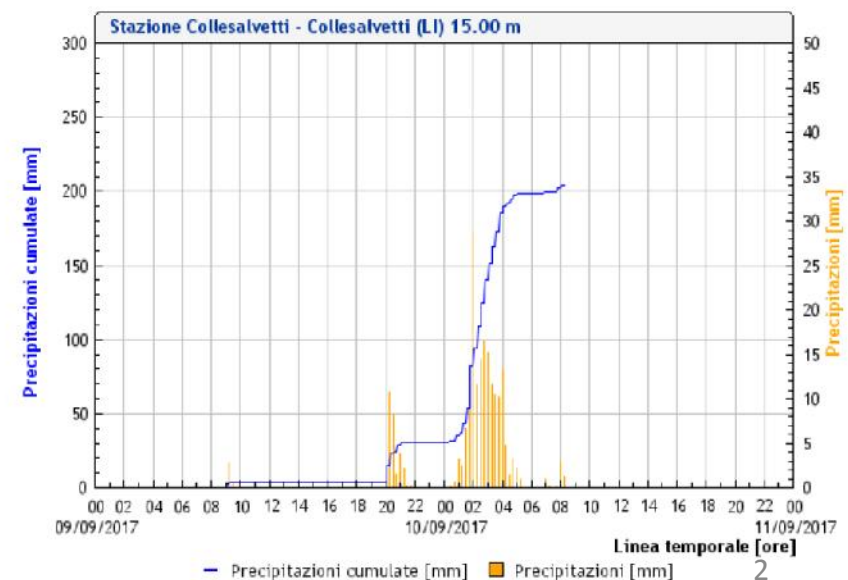
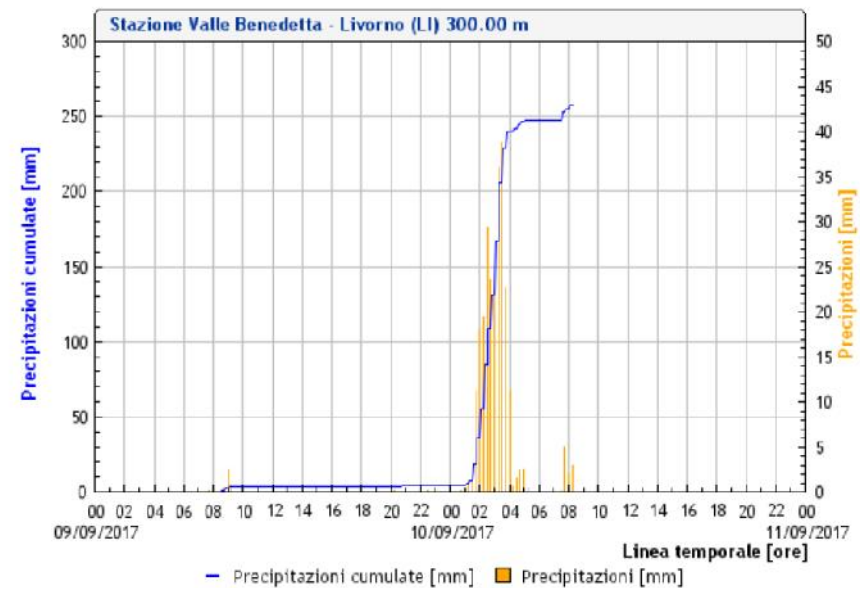
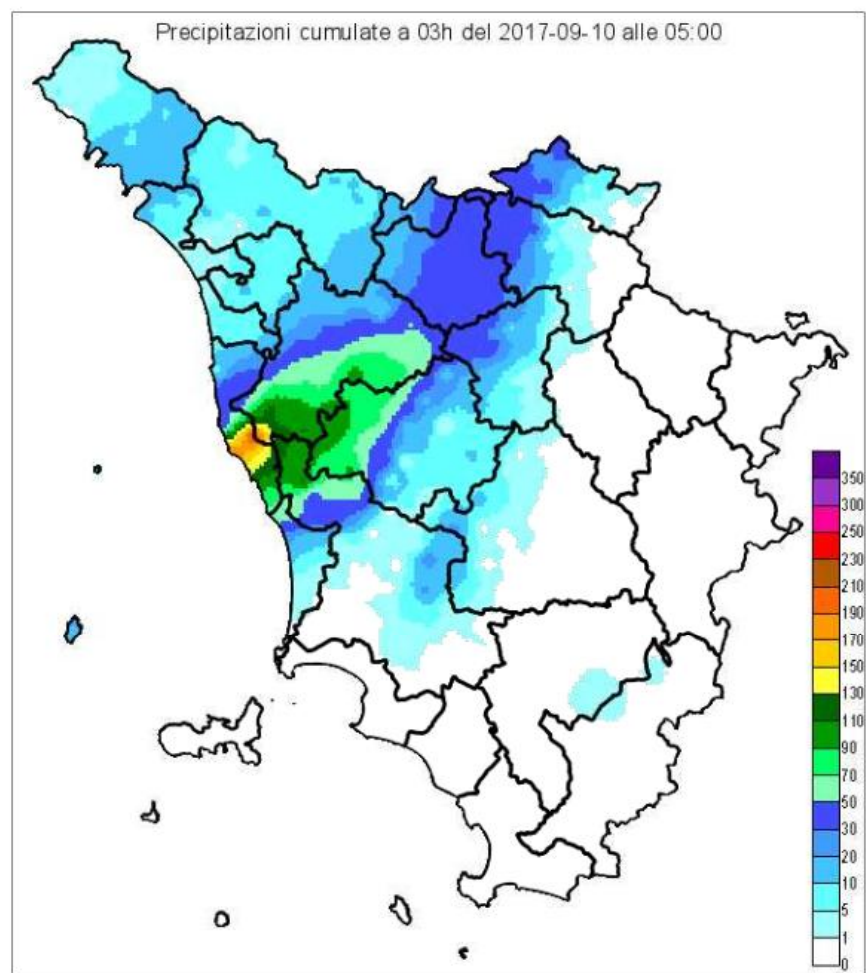


Alluvione di Livorno 10 Settembre 2017

Report e Modello matematico
di descrizione dell'evento


Livorno



Evento pluviometrico con tempo di ritorno tra i 200 e i 500 anni



Evento eccezionale per intensità e violenza:
Tr: valori numerici stimati di 500-1.000 anni

Conseguenze:

9 vittime e la prima stima dei danni materiali
è di circa 3,78 milioni di euro.

Particolarmente colpite sono state: l'area
industriale e quartieri limitrofi, Stagno, il
quartiere Ardenza e la zona sud.

Principali Corsi d'acqua esondati:

- Torrente Ugione
- Fosso della Cigna
- Rio Maggiore



Foto stato dei luoghi:



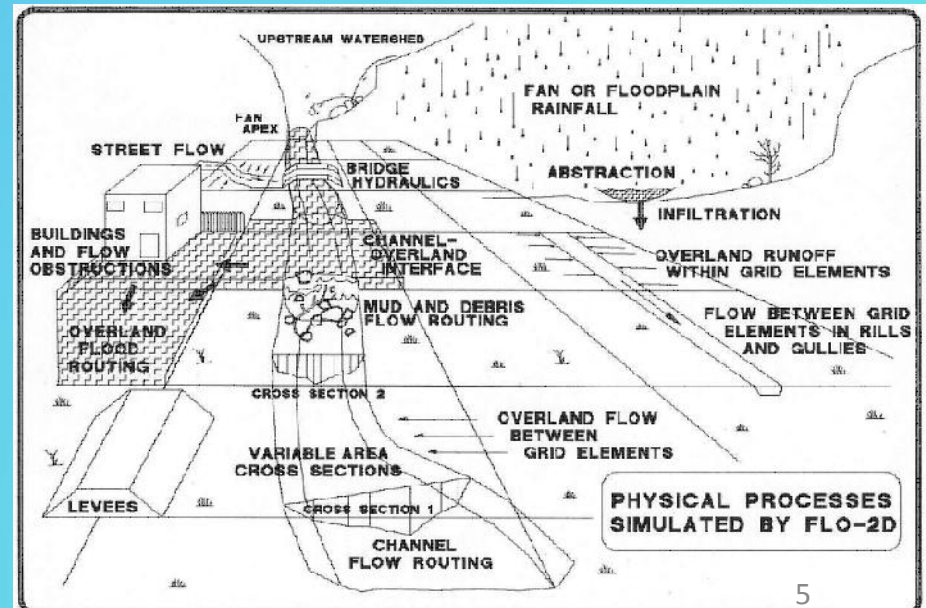
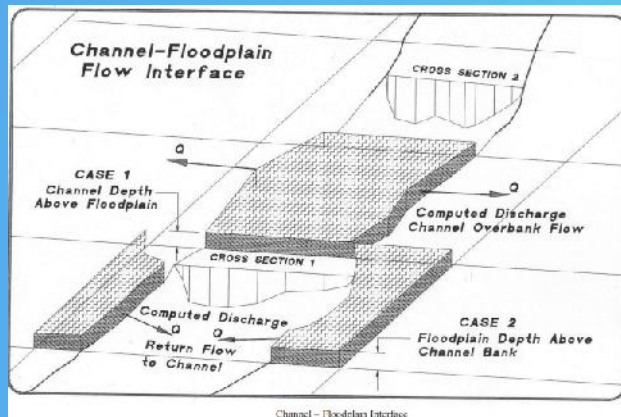
Tramite modello numerico si è cercato di riprodurre il fenomeno
Modello Flo-2D pro – specifico per le simulazioni di eventi estremi in aree urbane e rurali:

Urban Flooding

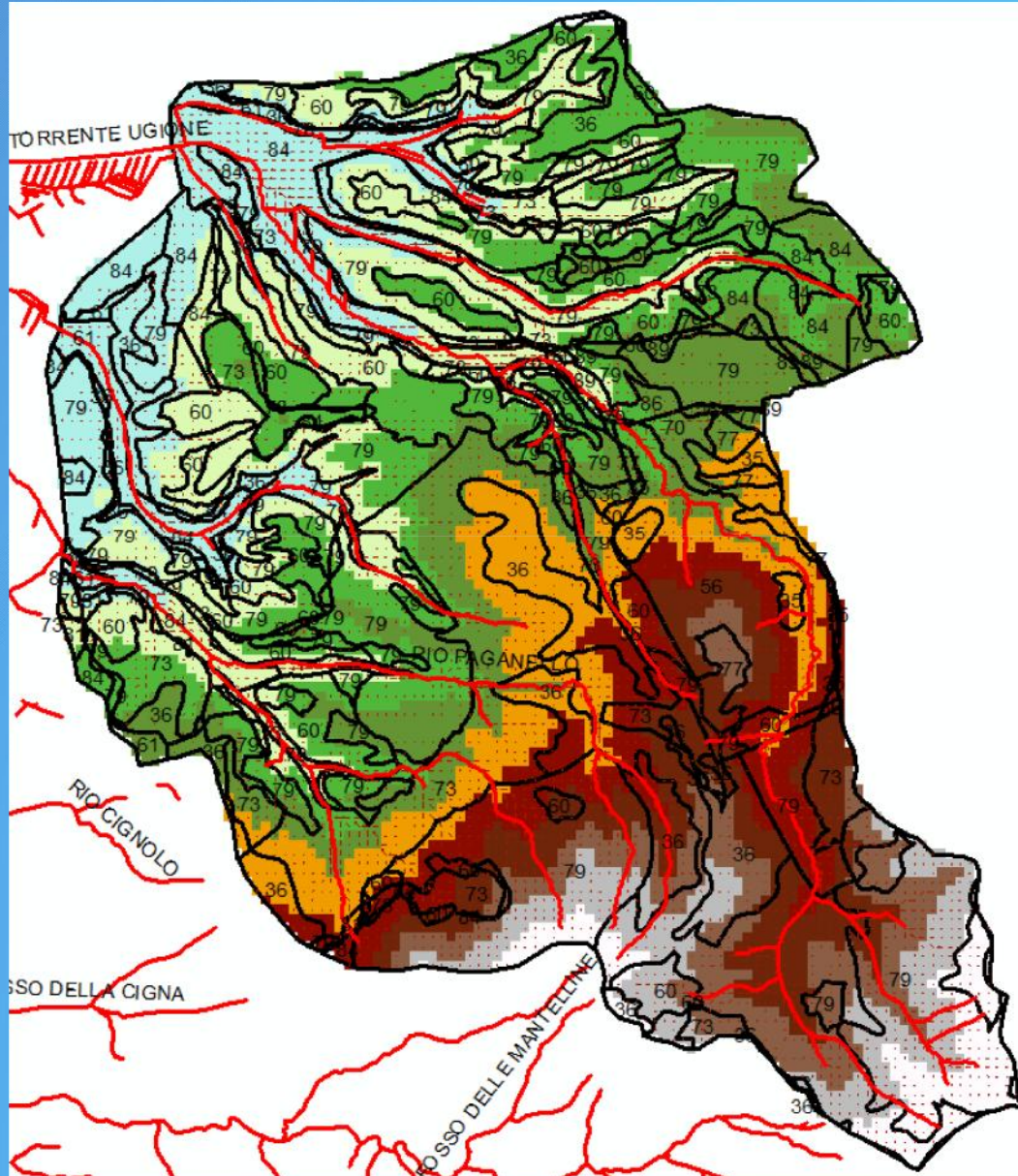


$$\frac{\partial h}{\partial t} + \frac{\partial h V}{\partial x} = i$$

$$S_f = S_o - \frac{\partial h}{\partial x} - \frac{V}{g} \frac{\partial V}{\partial x} - \frac{1}{g} \frac{\partial V}{\partial t}$$



Modello di Trasformazione Afflussi-Deflussi a parametri distribuiti:

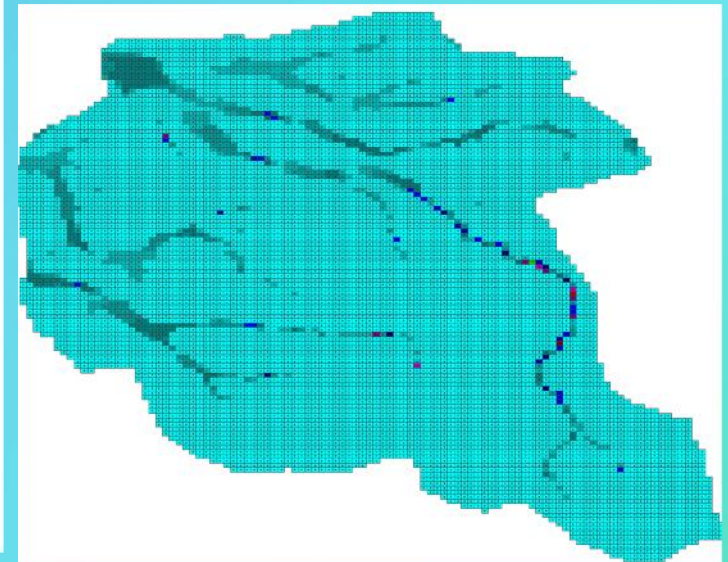


Modello idrologico del Torrente Ugione ed affluenti:

- Implementazione distribuita dei parametri del suolo (CN)
- DTM (Digital Terrain Model) – Lidar2008
- Flussi superficiali e calibrazione della scabrezza

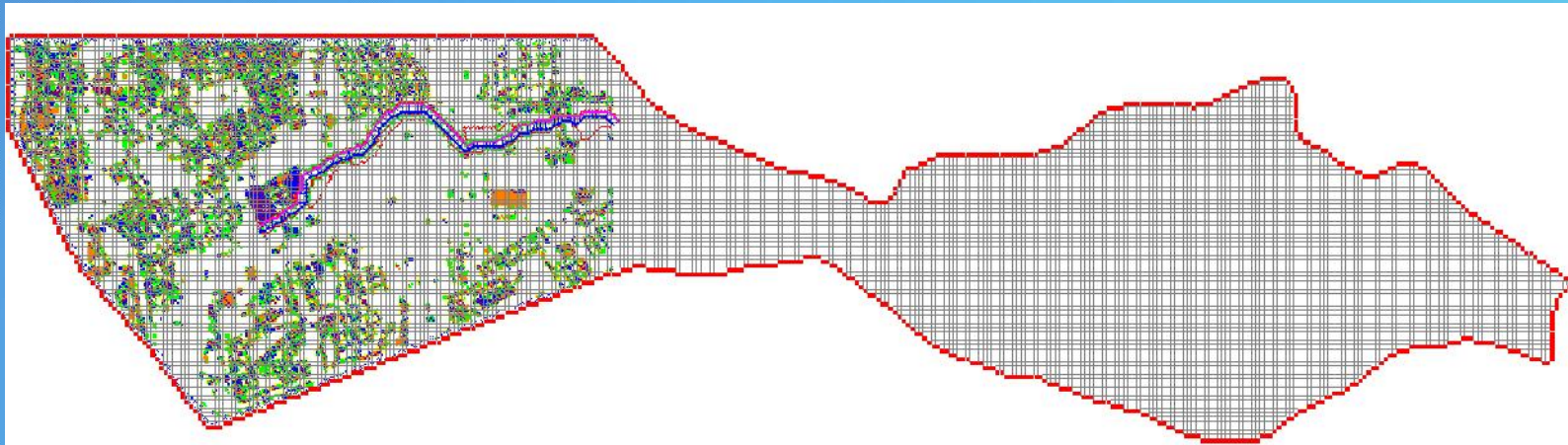
Analoga metodologia è stata adottata per il Fosso della Cigna e Rio Maggiore.

Griglia di calcolo:



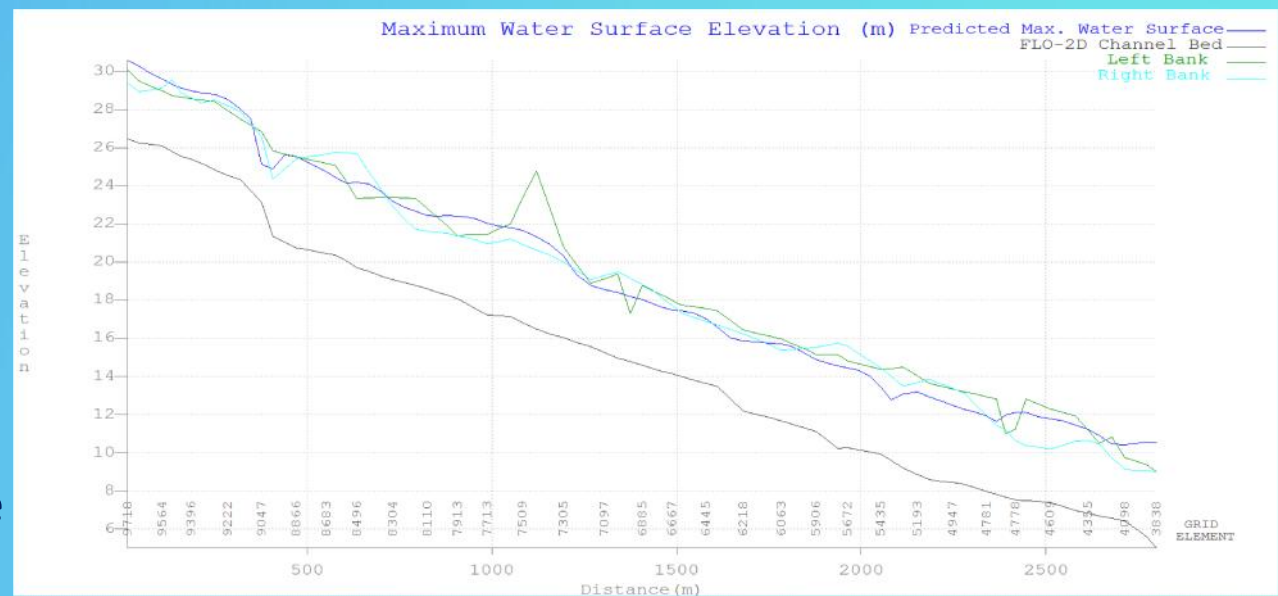


Modello di Trasformazione Afflussi-Deflussi a parametri distribuiti: Modello Idrologico – Idraulico Rio Maggiore



Implementazione degli elementi caratteristici del territorio:
Corsi d'acqua, casse di espansione, argini, Aree urbane con fabbricati e strade

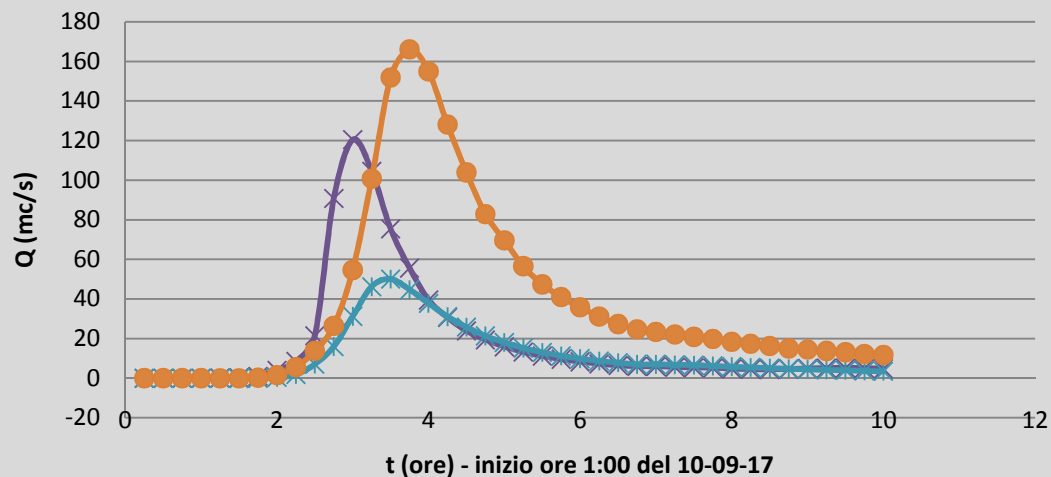
Rio Maggiore:
Profilo idraulico risultante





Modello di Trasformazione Afflussi-Deflussi a parametri distribuiti: Idrogrammi risultanti

**Idrogrammi di piena - Torrente Ugione e affluenti
(Fosso della Valle Lunga e rio Acqua Puzzolente)**



Rio Maggiore:

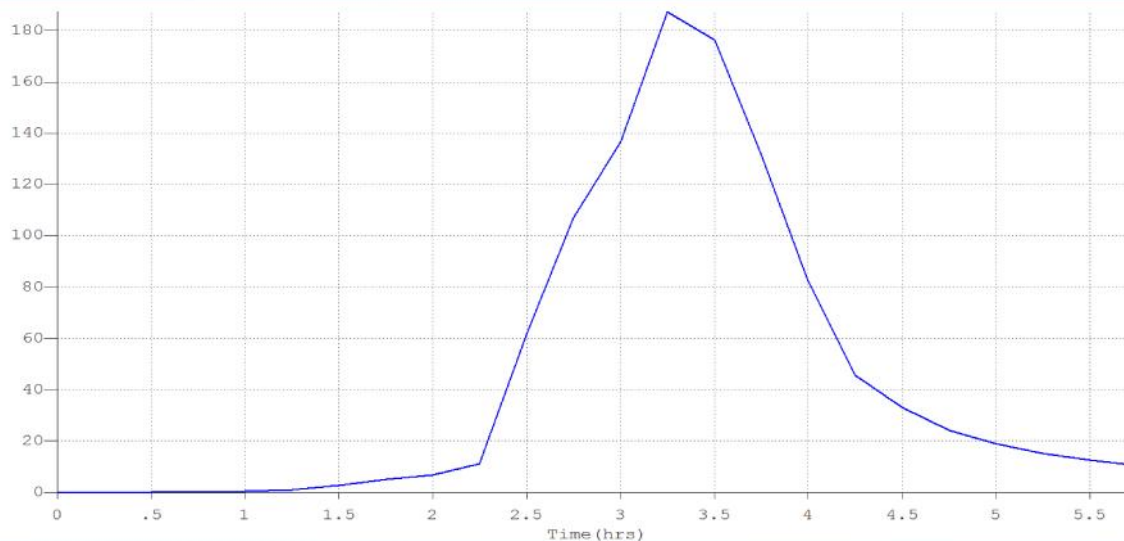




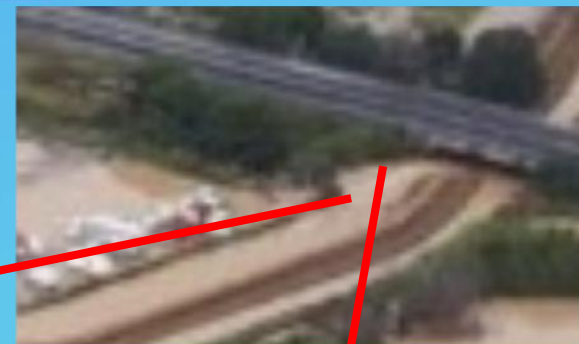
Immagine reale a distanza di almeno 6 ore dall'evento



simulazione



Immagine reale



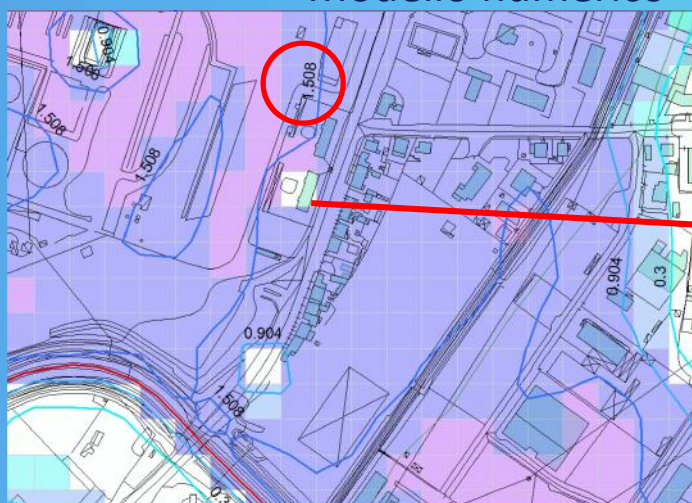
Sfioro delle acque –
Torrente Ugione



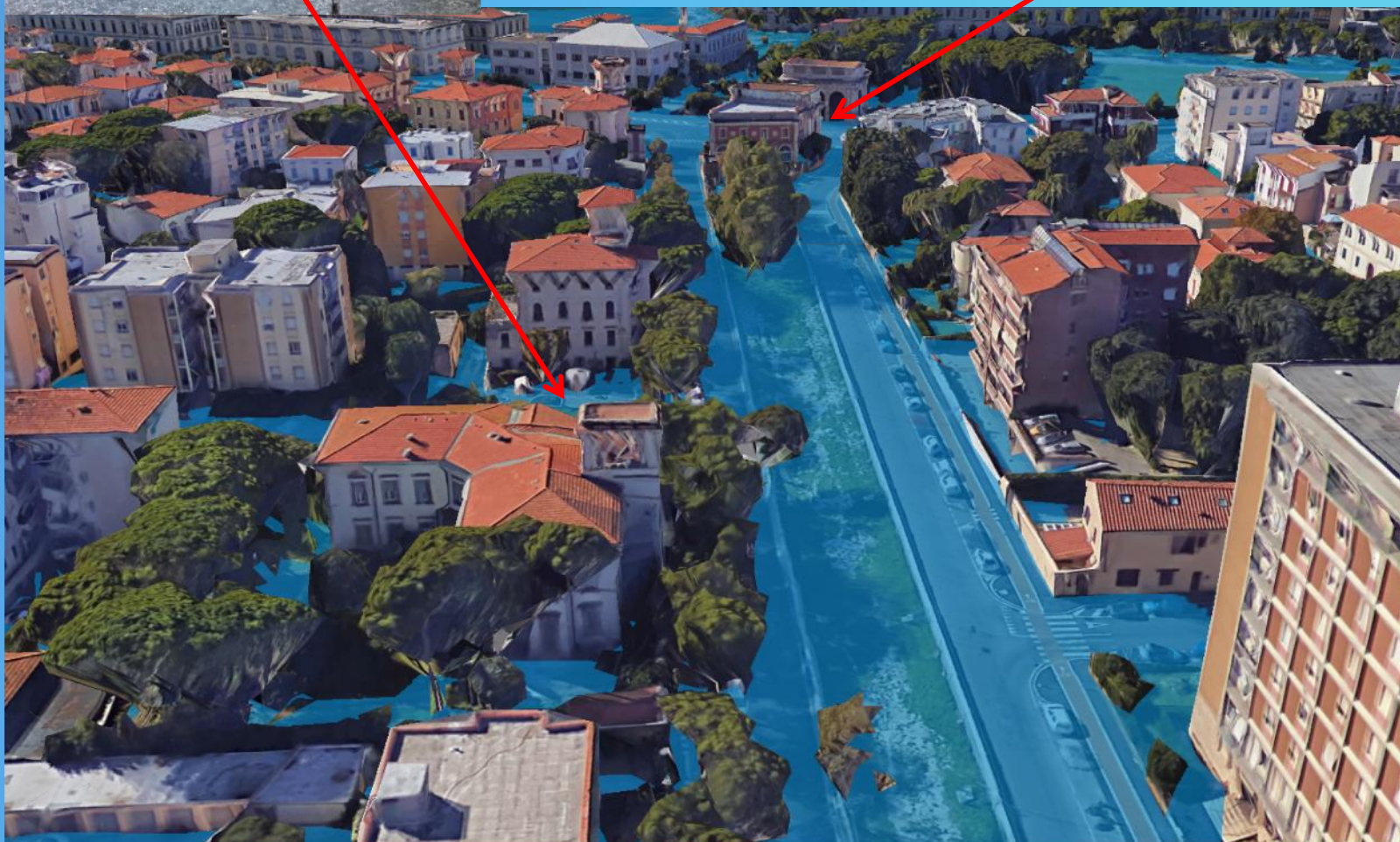
Modello numerico



Modello numerico



Esondazione rio Maggiore
– zona Stadio



Esondazione rio Maggiore:

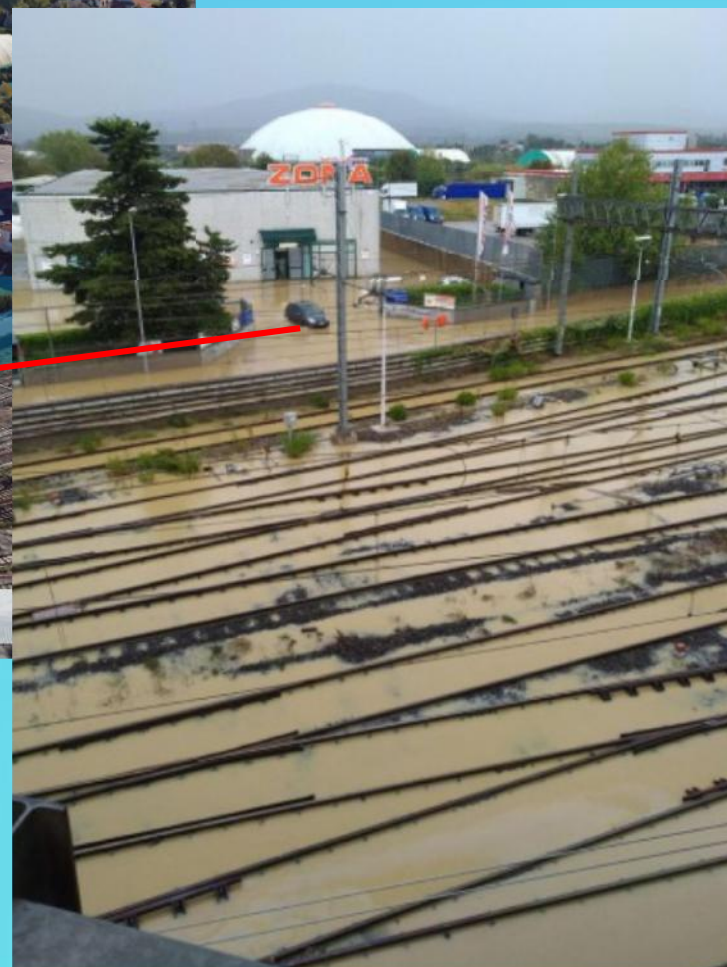
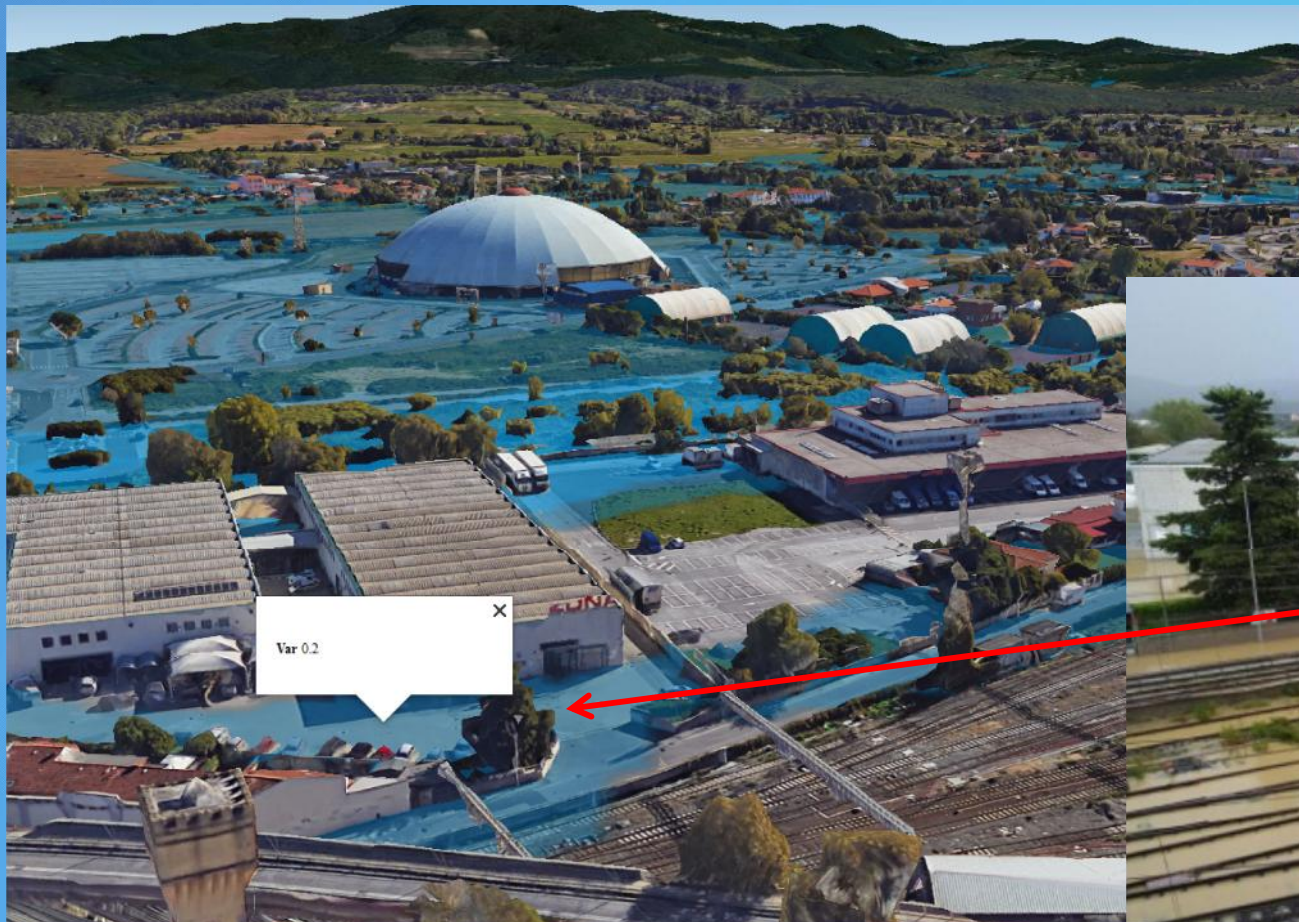
Al "Circolo Cacciatori" si stima un battente di 1 m circa e il modello idraulico fornisce 1,19 m.

In evidenza anche la cassa di espansione e lo sfioratore



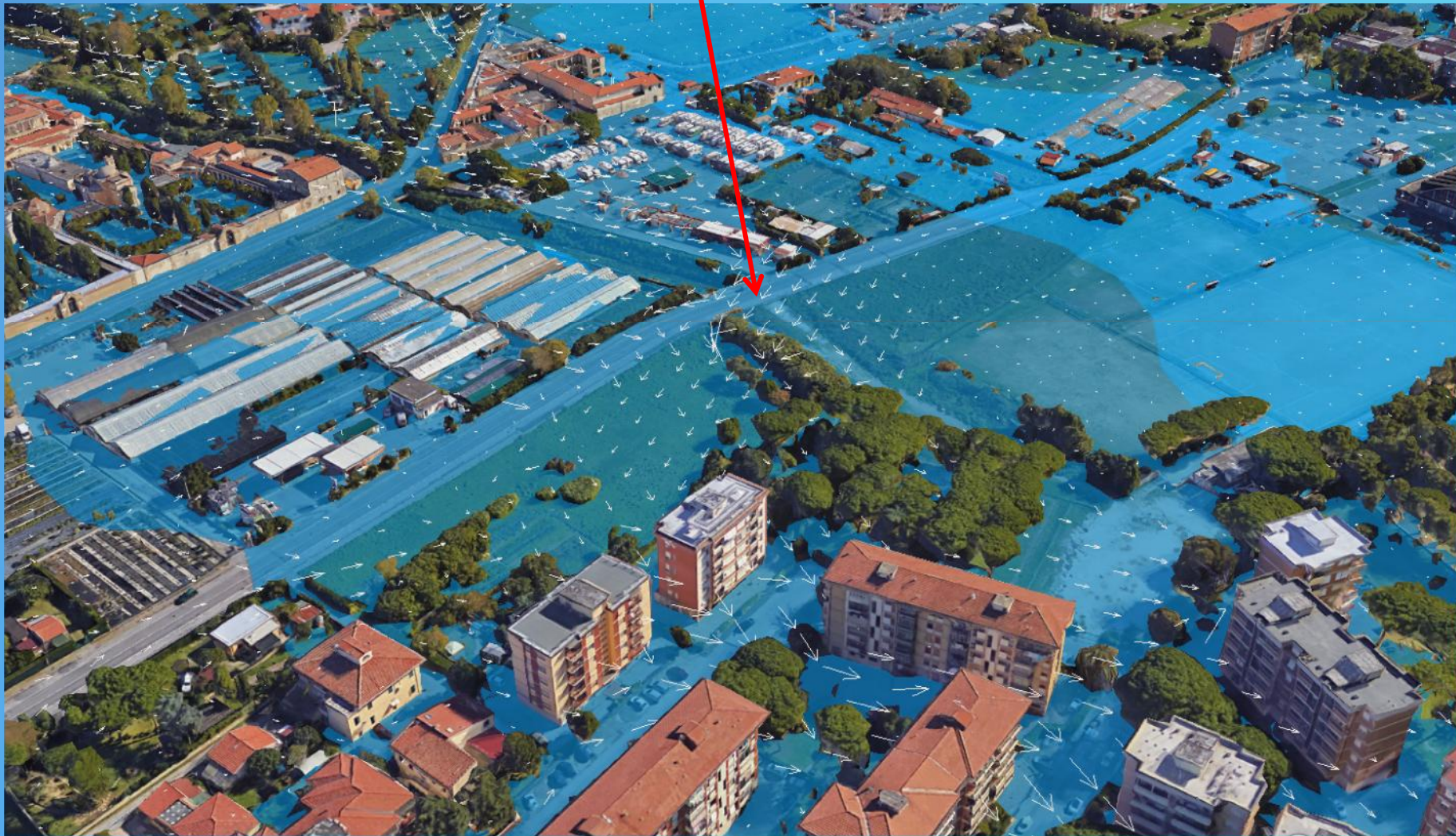
Esondazione rio Maggiore.

Altro punto della Città: auto in uscita da area commerciale



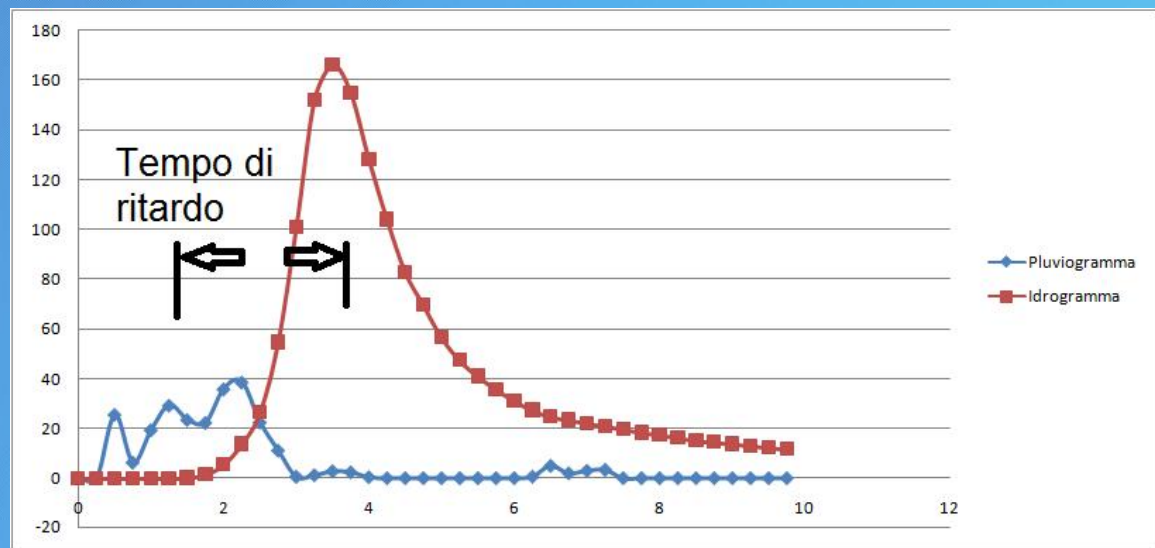
Esondazione rio Maggiore.

Principale causa : il tratto intubato con scatolare di 8 m



Buon livello di calibrazione anche con poche informazioni disponibili.

Possibilità di tarare i parametri di scabrezza qualora disponibili misure idropluviometriche.



TIME (HRS)	ELEV. (M)	THALWEG DEPTH (M)	VELOCITY (MPS)	DISCHARGE (CMS)	FROUDE NO.	FLOW AREA (MA2)	WETTED PERIMETER (M)	HYDRAULIC RADIUS (M)	TOP WIDTH (M)	WIDTH/DEPTH	ENERGY SLOPE	BED SHEAR STRESS (Pa)
0.00	1.67	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.000000	0.000000
0.25	1.67	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.000000	0.000000
0.50	1.67	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.000000	0.000000
0.75	1.93	0.26	0.02	0.01	0.01	0.26	3.41	0.08	3.32	12.55	0.000069	0.05042
1.00	2.07	0.40	0.00	0.00	0.00	1.18	4.22	0.28	4.08	10.26	0.000074	0.18932
1.25	2.17	0.50	0.02	0.03	0.01	1.60	4.84	0.33	4.66	9.30	0.000000	0.000000
1.50	2.30	0.63	0.02	0.03	0.01	1.88	5.57	0.34	5.34	8.54	0.000000	0.000000
1.75	2.38	0.71	0.06	0.15	0.02	2.76	6.08	0.45	5.82	8.14	0.000000	0.000000
2.00	2.61	0.94	0.05	0.22	0.02	4.19	7.93	0.53	7.58	8.05	0.000000	0.000000
2.25	2.78	1.11	0.08	0.48	0.02	6.10	11.21	0.54	10.91	9.82	0.000037	0.19385
2.50	2.98	1.31	0.11	0.91	0.03	8.51	14.82	0.57	14.38	10.98	0.000174	0.96876
2.75	3.18	1.51	0.06	0.76	0.02	11.82	17.89	0.66	17.40	11.56	0.000122	0.77837
3.00	3.24	1.57	0.03	0.38	0.01	13.31	20.11	0.66	19.60	12.48	0.000089	0.56955
3.25	3.25	1.58	0.07	0.95	0.02	13.22	20.43	0.65	19.93	12.61	0.000207	1.30127
3.50	3.24	1.57	0.07	0.90	0.02	13.13	20.23	0.65	19.72	12.53	0.000000	0.000000
3.75	3.22	1.55	0.12	1.53	0.03	12.57	19.49	0.65	18.99	12.23	0.000000	0.000000
4.00	3.21	1.54	0.06	0.81	0.02	12.44	19.06	0.65	18.57	12.06	0.000000	0.000000
4.25	3.21	1.54	0.10	1.28	0.03	12.49	19.13	0.65	18.64	12.09	0.000000	0.000000
4.50	3.21	1.54	0.07	0.89	0.02	12.42	19.11	0.65	18.62	12.08	0.000000	0.000000
4.75	3.20	1.53	0.08	0.93	0.02	12.19	18.67	0.65	18.18	11.90	0.000122	0.77174
5.00	3.17	1.50	0.08	0.94	0.02	11.67	17.79	0.66	17.30	11.55	0.000686	4.36159
5.25	3.06	1.39	0.09	0.93	0.03	9.94	16.13	0.62	15.67	11.24	0.000000	0.000000
5.50	2.92	1.25	0.10	0.76	0.03	7.71	13.85	0.56	13.42	10.76	0.000000	0.000000
5.75	2.85	1.18	0.10	0.72	0.03	6.91	12.79	0.54	12.38	10.45	0.000198	1.03914
6.00	2.84	1.17	0.09	0.62	0.03	6.78	12.58	0.54	12.17	10.36	0.000137	0.71691
6.25	2.78	1.11	0.09	0.56	0.03	6.12	11.37	0.54	10.97	9.85	0.000000	0.000000
6.50	2.70	1.03	0.07	0.36	0.02	5.14	9.67	0.53	9.30	9.04	0.000358	1.84075
6.75	2.69	1.02	0.07	0.37	0.02	5.06	9.40	0.54	9.03	8.90	0.000000	0.000000
7.00	2.70	1.03	0.06	0.30	0.02	5.14	9.67	0.53	9.29	9.03	0.000000	0.000000
7.25	2.71	1.04	0.07	0.38	0.02	5.28	9.89	0.53	9.51	9.15	0.000125	0.64718
7.50	2.71	1.04	0.08	0.42	0.02	5.30	9.97	0.53	9.59	9.19	0.000000	0.000000
7.75	2.70	1.03	0.10	0.51	0.03	5.19	9.73	0.53	9.36	9.07	0.000000	0.000000
8.00	2.69	1.02	0.10	0.48	0.03	5.04	9.50	0.53	9.13	8.95	0.000000	0.000000
8.25	2.67	1.00	0.11	0.51	0.03	4.78	9.03	0.53	8.66	8.69	0.000000	0.000000
8.50	2.61	0.94	0.10	0.45	0.03	4.28	7.85	0.55	7.50	8.00	0.000278	1.47010
8.75	2.59	0.92	0.07	0.29	0.02	4.18	7.55	0.55	7.21	7.82	0.000103	0.55111
9.00	2.50	0.92	0.08	0.33	0.03	4.10	7.41	0.55	7.07	7.73	0.000000	0.000000
9.25	2.57	0.90	0.07	0.36	0.02	4.03	7.17	0.56	6.83	7.56	0.000000	0.000000
9.50	2.57	0.90	0.08	0.31	0.03	3.96	7.13	0.56	6.80	7.58	0.000194	1.04591
9.75	2.56	0.89	0.06	0.23	0.02	3.91	7.09	0.55	6.76	7.60	0.000000	0.000000
10.00	2.54	0.87	0.06	0.24	0.02	3.80	7.00	0.54	6.68	7.63	0.000000	0.000000
10.25	2.52	0.85	0.08	0.28	0.03	3.60	6.85	0.53	6.53	7.71	0.000000	0.000000
10.50	2.51	0.84	0.07	0.25	0.02	3.54	6.81	0.52	6.49	7.73	0.000000	0.000000
10.75	2.51	0.84	0.09	0.32	0.03	3.54	6.81	0.52	6.50	7.73	0.000000	0.000000
11.00	2.50	0.83	0.09	0.30	0.03	3.51	6.76	0.52	6.46	7.75	0.000032	0.15999
11.25	2.50	0.83	0.06	0.22	0.02	3.49	6.76	0.52	6.45	7.75	0.000277	1.38968
11.50	2.49	0.82	0.08	0.28	0.03	3.40	6.68	0.51	6.38	7.79	0.000000	0.000000
11.75	2.49	0.82	0.07	0.24	0.03	3.39	6.68	0.51	6.38	7.79	0.000000	0.000000
12.00	2.49	0.82	0.06	0.20	0.02	3.39	6.68	0.51	6.37	7.79	0.000095	0.46554



GESTIONE DELLE EMERGENZE.

PREMESSA

- LA GESTIONE DELLE EMERGENZE, IN CONCOMITANZA CON IL VERIFICARSI DI UN EVENTO CRITICO ASSUME CONNOTAZIONI ESTREMAMENTE DIVERSE IN FUNZIONE DELL'AMBIENTE IN CUI SI MANIFESTA.





CONSIDERAZIONI SULLE MISURE ADOTTABILI IN PRESENZA DI CRITICITA' IDROLOGICA IN FUNZIONE DEL SITO

	DESCRIZIONE DEL SITO	ALLERTA METEO	ALLERTA ONDA DI PIENA	CRITICITA'	INTERVENTI DIRETTI	MISURE	DURATA DELL'EVENTO	AREE INTERESSATE DALL'EVENTO
P1	BACINO IMBRIFERO LIMITATO TORRENTI	< 3 gg	da 1 ora a qualche ora	generalmente localizzate, restringimenti d'alveo, frane in alveo, erosioni spondali, tracimazioni	CARATTERIZZATI DA ESTREMA RAPIDITA' PRIMA DELL'ARRIVO DELL'ONDA DI PIENA	EVACUAZIONE DALLE AREE CRITICHE	BREVE <1 GIORNO	GENERALMENTE MODESTE
P2	BACINO IMBRIFERO ESTESO FIUMI	< 3 gg	da 1 giorno a qualche giorno	opere d'arte di attraversamento, erosioni spondali tracimazioni arginali. Estese dimensioni	IL TEMPO A DISPOSIZIONE PER GLI INTERVENTI E' RELATIVAMENTE LUNGO E CONSENTE IL RIALZAMENTO ARGINALE, LA PROTEZIONE SPONDALE E ALTRI TIPI DI INTERVENTO DI PRESIDIO IN PRESENZA DI UN MODELLO DI SIMULAZIONE EFFICACE	EVACUAZIONE DALLE AREE CRITICHE	>1 GIORNO	ESTESE DIMENSIONI
P3	AREA COSTIERA	< 3 gg	qualche ora	sormonto arginale erosione costiera di dimensioni estese	GENERALMENTE SONO POSSIBILI INTERVENTI DI PRESIDIO DI MANUFATTI INTERESSATI DA PROCESSI EROSIVI SE RAGGIUNGIBILI DA TERRA	EVACUAZIONE DALLE AREE CRITICHE	VARIABILE	DIMENSIONI VARIABILI A SECONDA DELL'AREA INTERESSATA (EROSIONE O ALLAGAMENTO)



P1 Friuli 2003



CINQUE
TERRE 2011





P1 Stazzema 1996 ARRIVO DELL'ONDA DI PIENA IN MENO DI 3 MINUTI



**E' EVIDENTE CHE I TEMPI DI INTERVENTO
NELLA CLASSE P1 POSSONO ESSERE
ESTREMAMENTE RIDOTTI PERTANTO
E' NECESSARIO ASSICURARE:**

- 1. ALLERTA TEMPESTIVO**
- 2. AUTOMATISMI DI INTERVENTO**
- 3. SISTEMI EFFICACI DI PROTEZIONE
ATTIVA E PASSIVA**

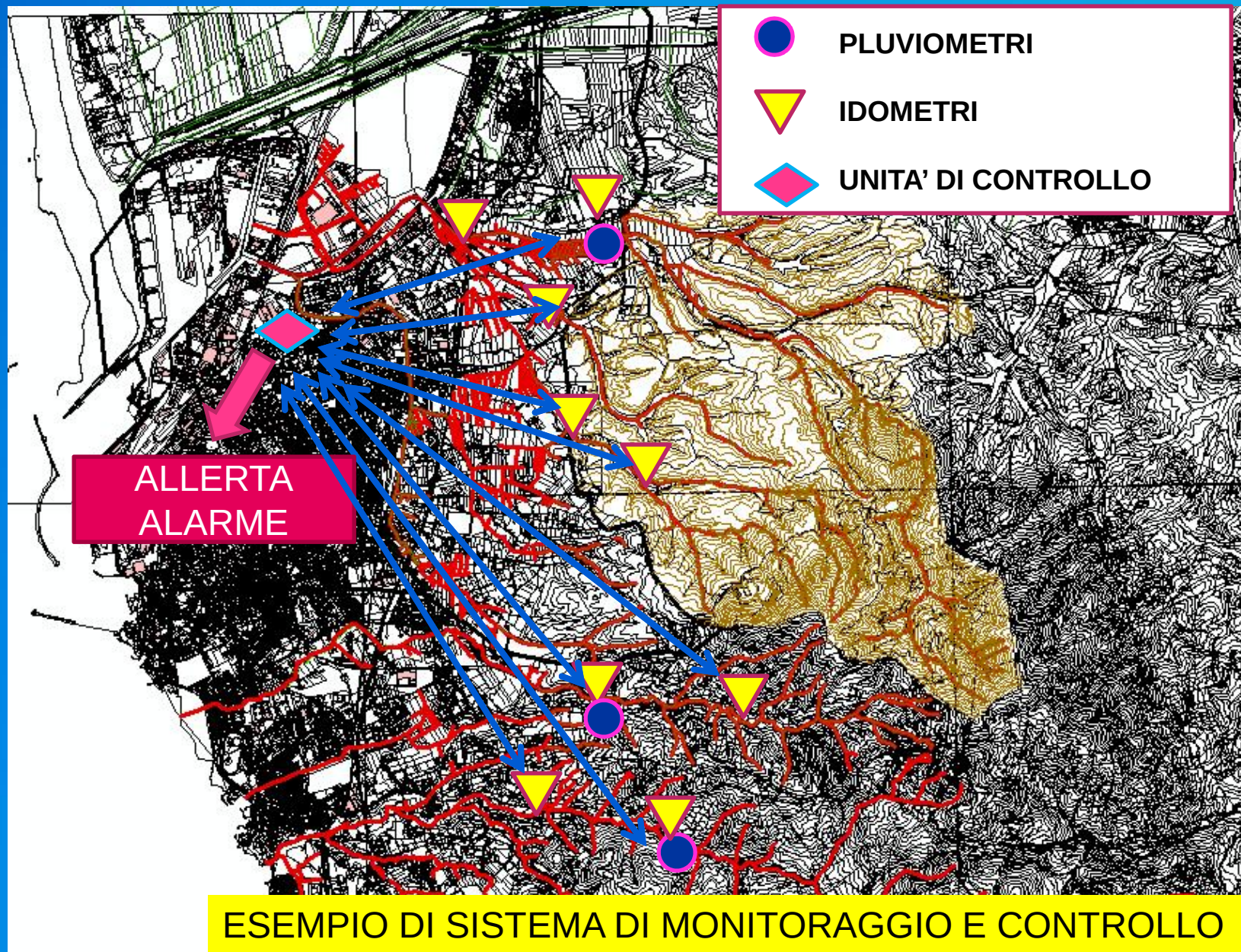


1. ALLERTA TEMPESTIVO

CREAZIONE DI UN SISTEMA DI MONITORAGGIO IN TEMPO REALE DELLE
PRINCIPALI GRANDEZZE IDROLOGICHE MEDIANTE PLUVIOMETRI E
IDROMETRI COLLEGATI ON LINE CON LA CENTRALE DI ELABORAZIONE
DATI PER LA GESTIONE DELL'ALLERTA E/O DELL'ALLARME
I SINGOLI SENSORI DOTATI DI BATTERIA TAMPONE SARANNO ALIMENTATI
MEDIANTE PANNELLI FOTOVOLTAICI
LA TRASMISSIONE AVVERRÀ MEDIANTE MODEM TRAMITE RETE GSM
O RADIOFREQUENZA DEDICATA VHF



ELABORAZIONE DI MODELLI MATEMATICI DINAMICI
PER LA PREVISIONE DELL'ONDA DI PIENA
TARATI IN CORRISPONDENZA DEGLI IDROMETRI PER PERMETTERE
LA PREVISIONE DELLE PORTATE ATTESE





2. AUTOMATISMI DI INTERVENTO

1. PIANO DI PROTEZIONE CIVILE DA DIFFONDERE NELLE SCUOLE, IN SPECIFICHE CONFERENZE E/O IN TELEVISIONI LOCALI
2. PROGRAMMAZIONE DI ESERCITAZIONI SUL CAMPO ANNUALI RIVOLTE ALLA CITTADINANZA A PARTIRE DALLE AREE A MAGGIOR RISCHIO
3. DIFFUSIONE DI NORME COMPORTAMENTALI E DI BUON SENSO PER LA POPOLAZIONE
4. ELABORAZIONE DI MISURE SPECIFICHE PER LE ZONE INDUSTRIALI AL FINE DI RIDURRE LE EMISSIONI IN CASO DI INONDAZIONE
5. DIRAMAZIONE DELL'ALLARME ANCHE TRAMITE EMISSIONI SONORE



3. SISTEMI EFFICACI DI PROTEZIONE ATTIVA E PASSIVA

**PER IL PATRIMONIO EDILIZIO ESISTENTE:
REALIZZAZIONE DI PARATIE STAGNE, POSSIBILMENTE DI TIPO PNEUMATICO
IN GRADO DI SIGILLARE LE APERTURE DEGLI EDIFICI O DEI CAPANNONI**

**TALI INTERVENTI POTREBBERO ESSERE INCENTIVATI TRAMITE
AGEVOLAZIONI FISCALI**

**PER LE NUOVE EDIFICAZIONI:
INTERVENTI LEGISLATIVI COGENTI ATTI A GARANTIRE
L'IMPERMEABILIZZAZIONE DEI FABBRICATI**

PARCHEGGI:

**PREVEDERE UN SISTEMA DI ANCORAGGIO DELLE VETTURE
MEDIANTE CAVI AVVOLGIBILI ANCORATI A TERRA E AL GANCIO DI TRAINO**

MANUTENZIONE DEI CORSI D'ACQUA