



Autorità di Bacino del fiume Tevere  
Distretto Idrografico dell'Appennino Centrale



FREIE UNIVERSITÄT BOZEN

LIBERA UNIVERSITÀ DI BOLZANO

FREE UNIVERSITY OF BOZEN · BOLZANO



Ripartizione Opere Idrauliche  
Provincia Autonoma di Bolzano

# Workshop

## "VALUTAZIONE DEL RISCHIO IDRAULICO IN AMBITO MONTANO ED APPLICAZIONE DELLA DIRETTIVA "ALLUVIONI"



**ISPRA**

Istituto Superiore per la Protezione  
e la Ricerca Ambientale

**Ing. Giorgio Cesari**  
**Autorità di bacino del Fiume Tevere**  
**Distretto Idrografico dell'Appennino Centrale**  
**"Esperienze e stato attuale della mappatura del rischio idraulico"**



## Sommario

- **1) L'evento di Roma del 20 ottobre 2011: caratterizzazione idrologica di eccezionalità dell'evento**
- **2) Analisi cause ed effetti**
  - il caso di studio di una zona urbana del reticolo secondario (il fosso dell'Osa)
- **3) Strumenti per la protezione e pianificazione del territorio del Distretto idrografico dell'Appennino Centrale: Verso un approccio tecnico-amministrativo integrato per l'ottimizzazione dei piani di assetto idrogeologico**
  - Il caso del progetto di aggiornamento del Piano di Assetto Idrogeologico del reticolo principale in ambito urbano mediante integrazione di modellistica GIS ed idraulica bidimensionale



# 1) L'evento di Roma del 20 ottobre 2011: caratterizzazione idrologica di eccezionalità dell'evento

*Tabella II - Precipitazioni di massima intensità 1-3-6-12-24 ore Anno 2011*

BACINO E STAZIONE:	INTERVALLO DI ORE													
	1		3		6		12		24		1		3	
	mm	Inizio	mm	Inizio	mm	Inizio	mm	Inizio	mm	Inizio	mm	Inizio	mm	Inizio
TEVERE Roma Macao	83.4	20 Ott 06:27	122.0	20 Ott 05:59	123.2	20 Ott 04:57	123.6	20 Ott 00:06	123.8	19 Ott 12:06				

**Registrazioni pluviometriche della stazione Roma Macao a cura del Centro Funzionale Decentrato della Protezione Civile della Regione Lazio**  
(crediti: Ing. Francesco Mele)

*Tabella III - Precipitazioni di massima intensità 1-3-6-12-24 ore*

Anno 2011

BACINO E STAZIONE	INTERVALLO DI ORE														
	1			3			6			12			24		
	mm	Inizio		mm	Inizio		mm	Inizio		mm	Inizio		mm	Inizio	
		giorno	ora		giorno	ora		giorno	ora		giorno	ora		giorno	ora
TEVERE Roma Macao	83.4	20 Ott	06:27	122.0	20 Ott	05:59	123.2	20 Ott	04:57	123.6	20 Ott	00:06	123.8	19 Ott	12:06

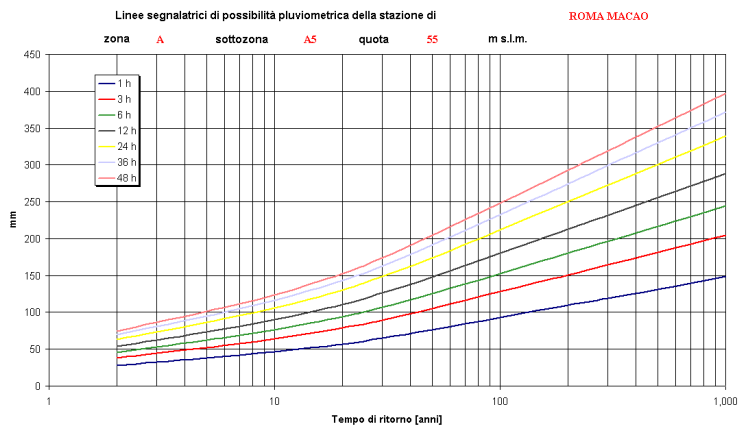


## 1) L'evento di Roma del 20 ottobre 2011: caratterizzazione idrologica di eccezionalità dell'evento

Tabella III - Precipitazioni di massima intensità 1-3-6-12-24 ore

Anno 2011

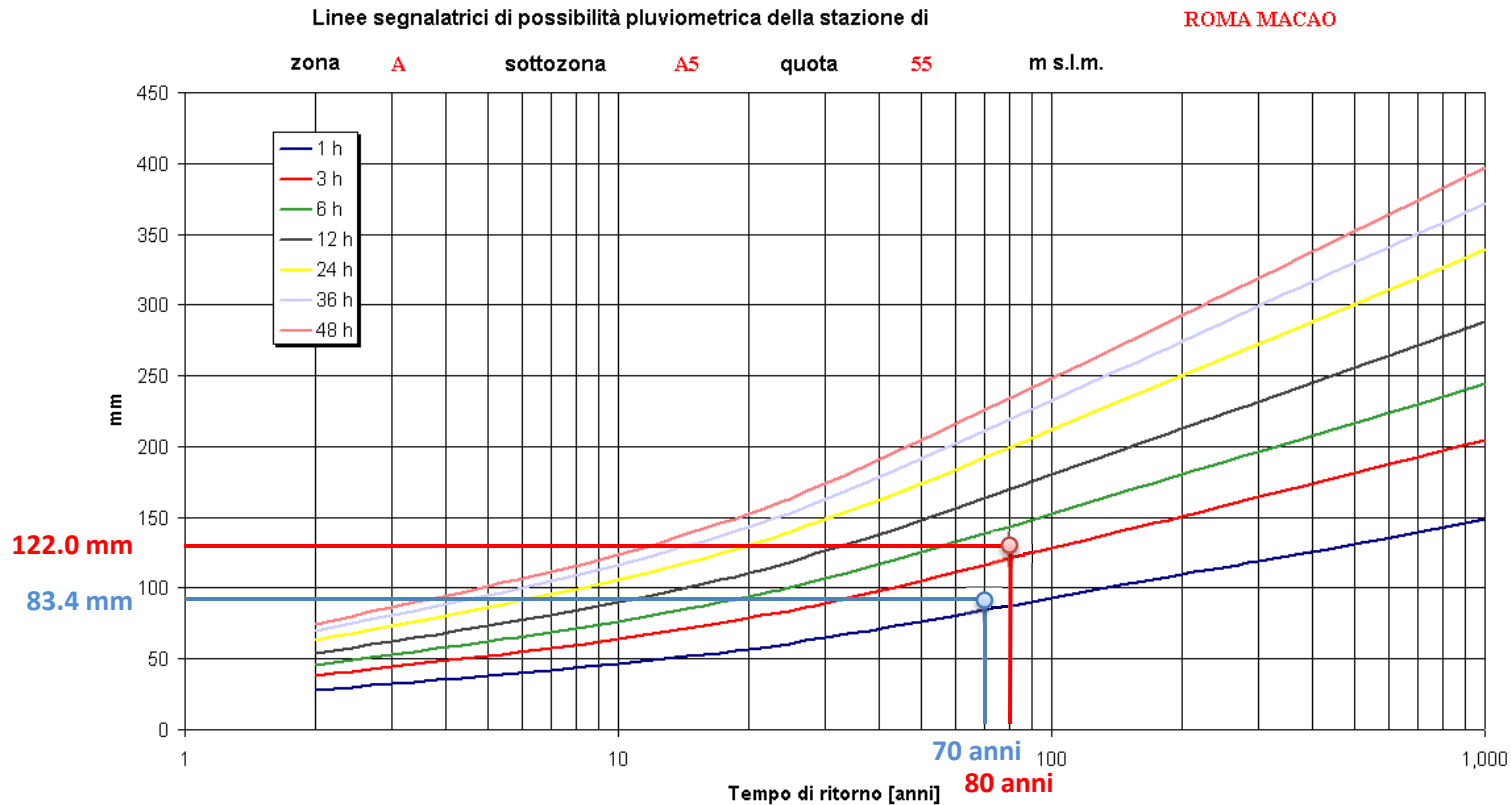
BACINO E STAZIONE	INTERVALLO DI ORE														
	1			3			6			12			24		
	mm	Inizio		mm	Inizio		mm	Inizio		mm	Inizio		mm	Inizio	
		giorno	ora		giorno	ora		giorno	ora		giorno	ora			
TEVERE Roma Macao	83.4	20 Ott	06:27	122.0	20 Ott	05:59	123.2	20 Ott	04:57	123.6	20 Ott	00:06	123.8	19 Ott	12:06



Registrazioni pluviometriche della stazione Roma Macao a cura del Centro Funzionale Decentrato della Protezione Civile della Regione Lazio  
(crediti: Ing. Francesco Mele)



# 1) L'evento di Roma del 20 ottobre 2011: caratterizzazione idrologica di eccezionalità dell'evento



Tempo di ritorno dell'evento



# Autorità di Bacino del fiume Tevere Distretto Idrografico dell'Appennino Centrale

## 1) L'evento di Roma del 20 ottobre 2011: caratterizzazione idrologica di eccezionalità dell'evento

Anno	Durata (h)					Anno	Casi	Durata (h)					Casi	Durata (h)					
	1	3	6	12	24			1	3	6	12	24		1	3	6	12	24	
1928	40,5	69,3	69,3	69,3	69,3	1973	34,6	<b>Critici</b> <b>1</b> <b>2</b> <b>3</b> <b>4</b> <b>5</b> <b>6</b> <b>7</b> <b>8</b> <b>9</b> <b>10</b> <b>11</b> <b>12</b> <b>13</b> <b>14</b> <b>15</b> <b>16</b> <b>17</b> <b>18</b> <b>19</b> <b>20</b> <b>21</b> <b>22</b>	1	3	6	12	24	23	1	3	6	12	24
1929	14,4	14,4	57,5	57,5	57,5	1977	40,2		102,0	127,2	156,9	172,0	180,1	30,0	36,0	44,6	54,0	67,8	
1930	27,0	36,5	36,5	68,8	68,8	1978	40,8		79,0	101,2	129,2	129,2	135,8	24	29,6	35,0	44,0	52,2	67,4
1931	15,1	22,2	30,0	40,2	42,5	1979	2,1		59,0	99,0	101,2	104,8	135,2	25	29,6	34,6	43,8	50,6	66,4
1932	30,0	38,6	55,8	82,3	82,5	1980	1,1		58,2	89,8	94,0	101,2	129,2	26	27,0	33,6	43,0	50,0	64,6
1933	29,6	31,0	54,8	63,0	91,8	1981	30,2		55,8	70,9	84,8	97,8	117,4	27	26,4	32,4	41,6	49,0	64,2
1943	22,0	33,6	45,2	49,0	67,4	1982	44,0		45,0	70,2	81,2	96,6	98,6	28	26,0	31,6	40,0	48,2	62,4
1944	30,0	30,0	33,0	52,2	61,0	1983	29,6		44,0	70,2	75,4	95,6	96,6	29	25,2	31,4	40,0	47,6	61,0
1946	41,4	99,0	156,9	172,0	180,1	1984	11,8		43,6	69,3	73,6	90,6	95,6	30	24,0	31,0	36,8	45,8	57,5
1950	19,4	25,2	25,2	34,0	47,0	1985	24,0		41,4	67,8	70,9	89,0	92,0	31	24,0	31,0	36,5	45,6	57,2
1951	31,0	59,4	60,4	79,6	79,6	1987	23,8		40,8	67,0	70,8	82,3	91,8	32	23,8	30,2	36,5	45,2	55,8
1953	102,0	127,2	129,2	129,2	129,2	1988	32,4		40,5	67,0	70,2	79,6	91,0	33	23,0	30,0	34,6	44,6	51,4
1956	23,0	24,5	30,8	33,8	57,2	1989	40,0		40,2	59,4	69,3	77,6	87,8	34	23,0	30,0	33,8	44,4	48,5
1958	55,8	70,9	70,9	70,9	70,9	1990	26,0		40,0	52,2	63,8	77,4	82,8	35	22,0	27,6	22,5	44,2	48,4
1959	30,2	30,2	33,0	42,2	48,5	1991	24,0		38,8	40,0	43,8	47,4	51,0	36	22,0	27,6	22,5	44,2	48,4
1960	14,7	22,4	33,5	50,6	51,4	1992	32,2		34,6	43,0	55,8	73,8	79,6	38	20,4	24,5	33,0	40,2	47,8
1963	38,8	43,0	44,0	44,2	47,0	1993	43,6		32,2	40,6	54,8	70,9	77,4	39	19,4	24,4	32,8	37,5	47,0
1965	45,0	67,0	70,2	104,8	135,8	1994	30,2		31,0	40,2	53,2	69,3	75,6	40	15,2	23,2	30,8	37,2	45,2
1967	20,4	27,6	44,6	54,0	55,8	1995	20,8		30,2	39,0	52,2	68,8	72,8	41	15,1	22,4	30,0	36,8	45,2
1968	23,0	36,0	36,5	37,5	47,8	1998	23,0		30,2	36,8	45,0	61,8	69,3	43	14,4	19,4	27,0	33,8	42,5
1970	59,0	89,8	94,0	96,6	96,6	1999	26,4		30,2	38,6	45,2	63,0	70,9	42	14,7	22,2	28,0	34,0	44,0
1972	79,0	101,2	101,2	101,2	135,2	2000	15,2		30,2	36,8	45,0	61,8	69,3	43	14,4	19,4	27,0	33,8	42,5
								30,0	36,5	45,0	57,5	68,8	44	11,8	14,4	25,2	33,8	41,8	

**2° caso critico a Roma Macao**



## 2) Analisi cause ed effetti

### Analisi tecnica

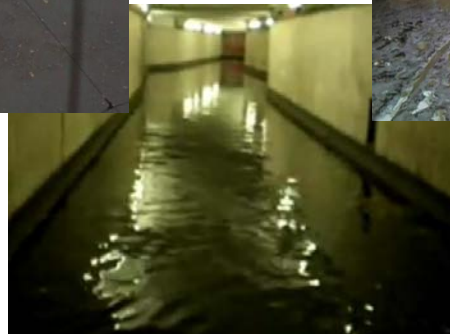
- Insufficienza al convogliamento delle acque meteoriche durante eventi intensi
- Analisi delle diverse scale temporali e spaziali in gioco:
  - durata evento e dinamica della risposta idrologico-idraulica dei bacini urbani vs bacini (pseudo-naturali)
  - Drenaggio idrico superficiale infrastrutture e strutture
  - Urbanizzazioni ed elementi morfologici antropici e strutture geomorfologiche

### Analisi «amministrativa»

- Le diverse dinamiche ed eterogeneità dei fattori trovano ulteriori elementi di disomogeneità tra gli attori ed enti competenti
  - Manutenzione infrastrutture e strutture antropiche
  - Manutenzione reticolo principale, secondario
  - Manutenzione e realizzazione sistemi di drenaggio urbano
  - Gestione degli scarichi
  - Opere di gestione/difesa idraulica del territorio in genere



## 2) Analisi cause ed effetti

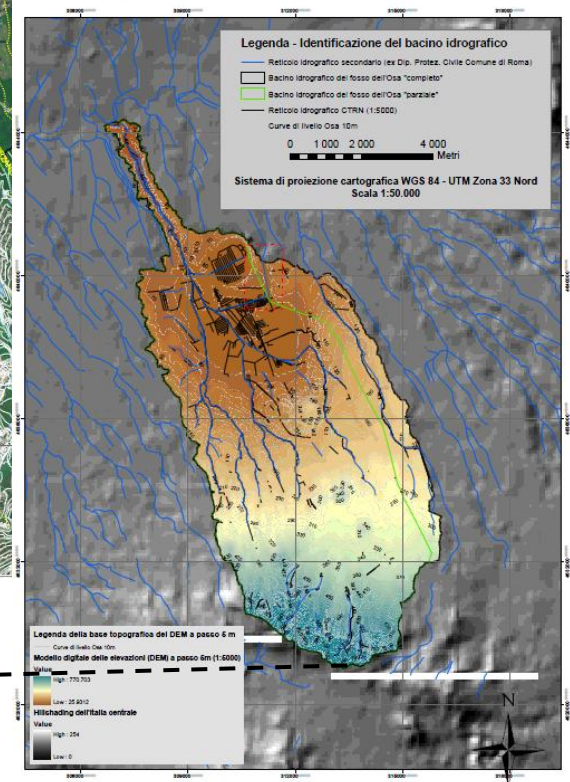
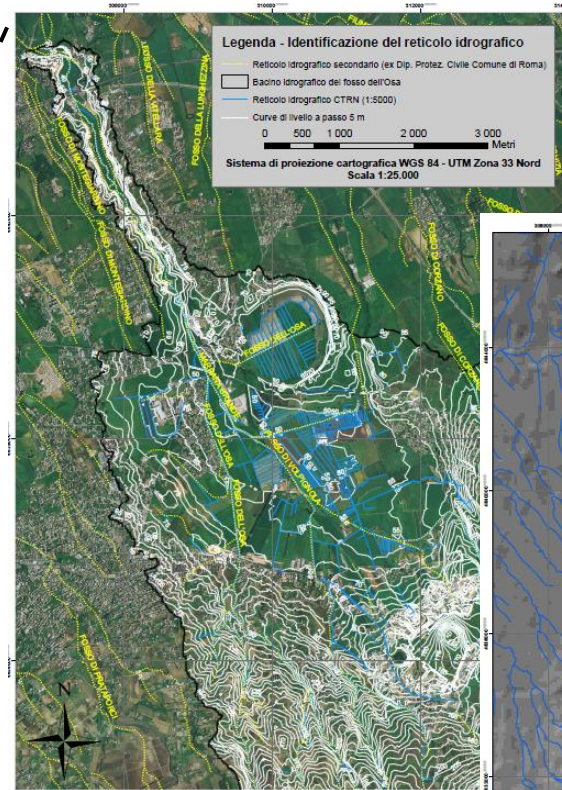
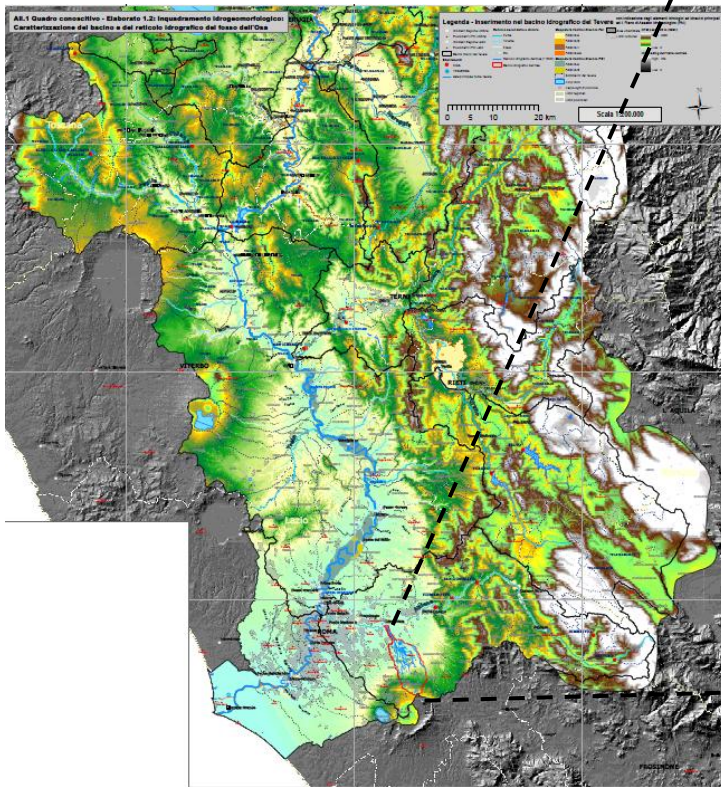


Documentazione fotografica





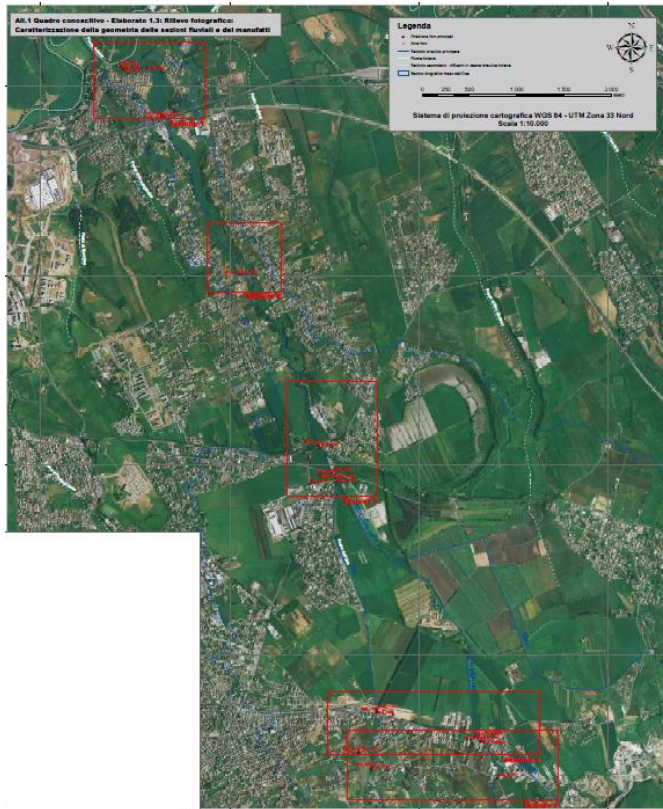
## Un caso di studio del reticolo secondario: fosso dell'Osa



Inquadramento territoriale



## Un caso di studio del reticolo secondario: fosso dell'Osa

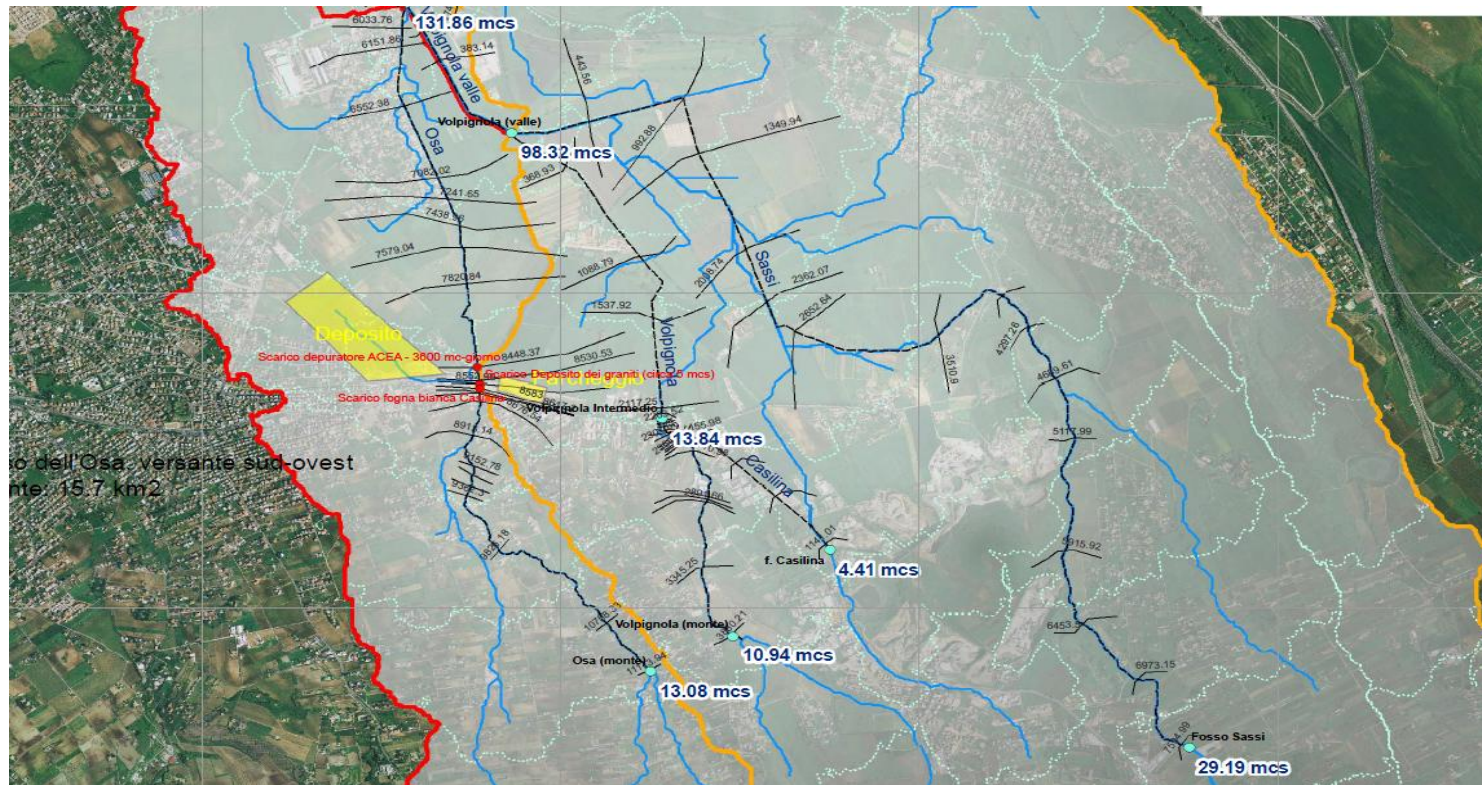


Zona deposito graniti  
Monte: sez. scatolare  
4x2m lunga 12 m  
Valle: ponte ad arco  
largo 4m, freccia 1.7m  
lunco 5.2m

## Documentazione fotografica



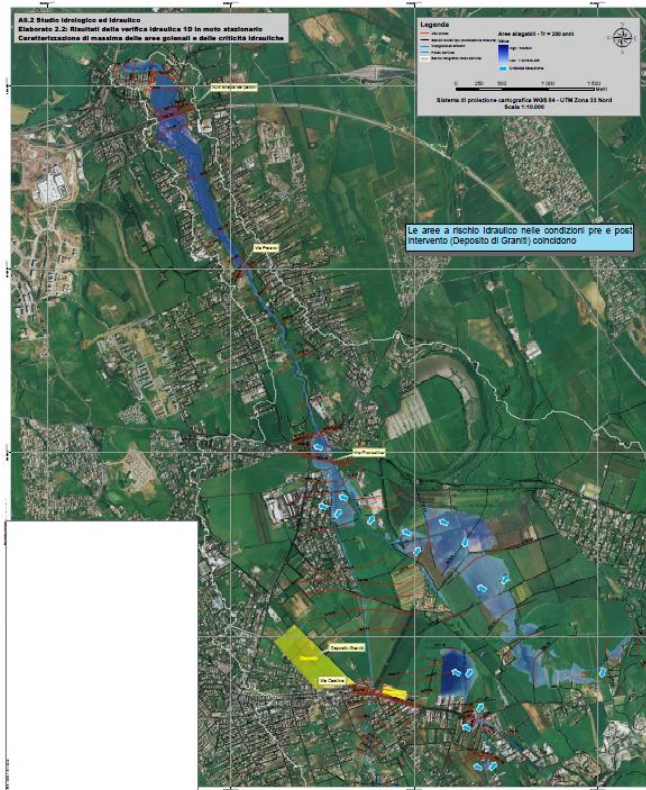
## Un caso di studio del reticolo secondario: fosso dell'Osa



Caratterizzazione rete di drenaggio naturale vs antropizzata



## Un caso di studio del reticolo secondario: fosso dell'Osa

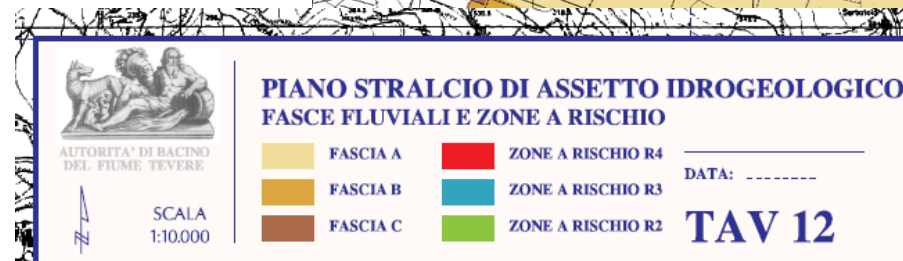
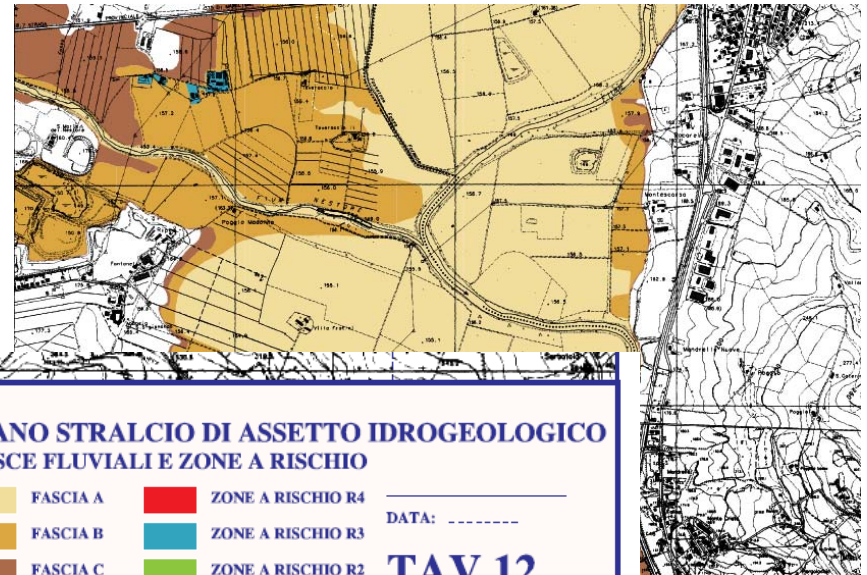


## Caratterizzazione del rischio idraulico



### 3) Nuovi strumenti e tecnologie avanzate per la protezione e pianificazione del territorio del Distretto idrografico dell'Appennino Centrale: Verso un approccio tecnico-amministrativo integrato per l'ottimizzazione dei piani di assetto idrogeologico

Dall'attuale Piano di Assetto Idrogeologico (PAI) caratterizzata dalla mappatura delle fasce fluviali e del rischio idraulico associato (funzione risp. del tempo di ritorno e della pericolosità/vulnerabilità del territorio).....



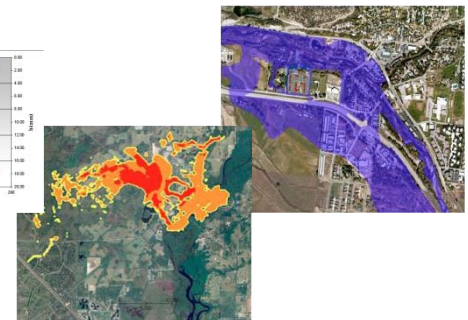
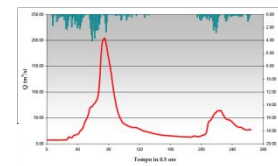
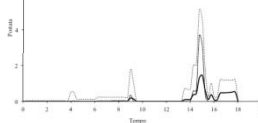
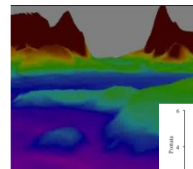
Il PAI dell'Autorità di Bacino del Tevere



### 3) Nuovi strumenti e tecnologie avanzate per la protezione e pianificazione del territorio del Distretto idrografico dell'Appennino Centrale: Verso un approccio tecnico-amministrativo integrato per l'ottimizzazione dei piani di assetto idrogeologico

...verso la direttiva alluvioni (Attuazione della direttiva 2007/60/CE - DECRETO LEGISLATIVO 23 febbraio 2010 , n. 49)

- Per la caratterizzazione del rischio idraulico e del suo impatto socio-economico sul territorio
- Tessuto urbano e matrice idrogeomorfologica integrati in modelli fisicamente basati per una rappresentazione robusta e multi-processo del fenomeno di alluvionamento

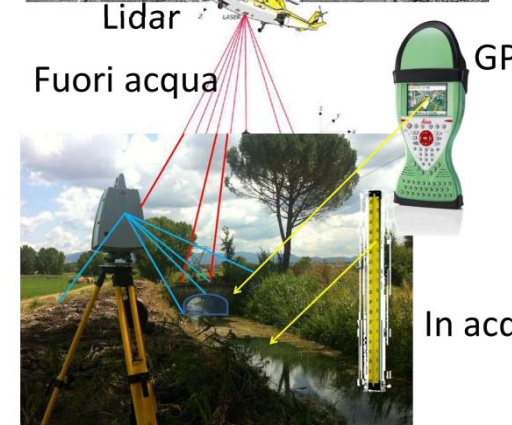
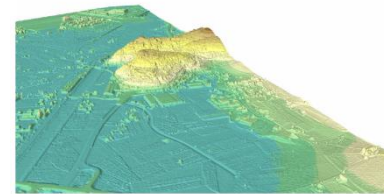
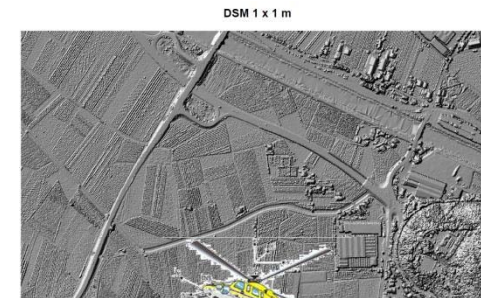
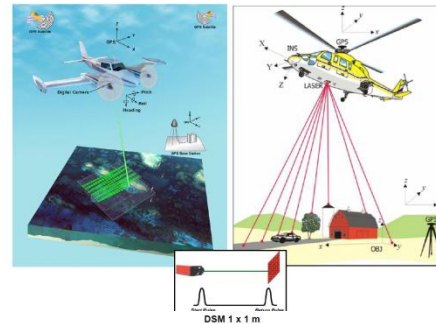




### 3) Nuovi strumenti e tecnologie avanzate per la protezione e pianificazione del territorio del Distretto idrografico dell'Appennino Centrale: Verso un approccio tecnico-amministrativo integrato per l'ottimizzazione dei piani di assetto idrogeologico

Applicazione di nuove tecnologie per l'aggiornamento, omogeneizzazione ed integrazione del quadro conoscitivo con particolare riguardo a:

- **Topografia**
- **Strutture, infrastrutture e criticità**
- Modellazione idraulica fisicamente basata in moto vario bidimensionale (2D) per una stima completa alla scala spazio-temporale di dettaglio della dinamica (tiranti, velocità, volumi, portate) di propagazione dell'onda di piena



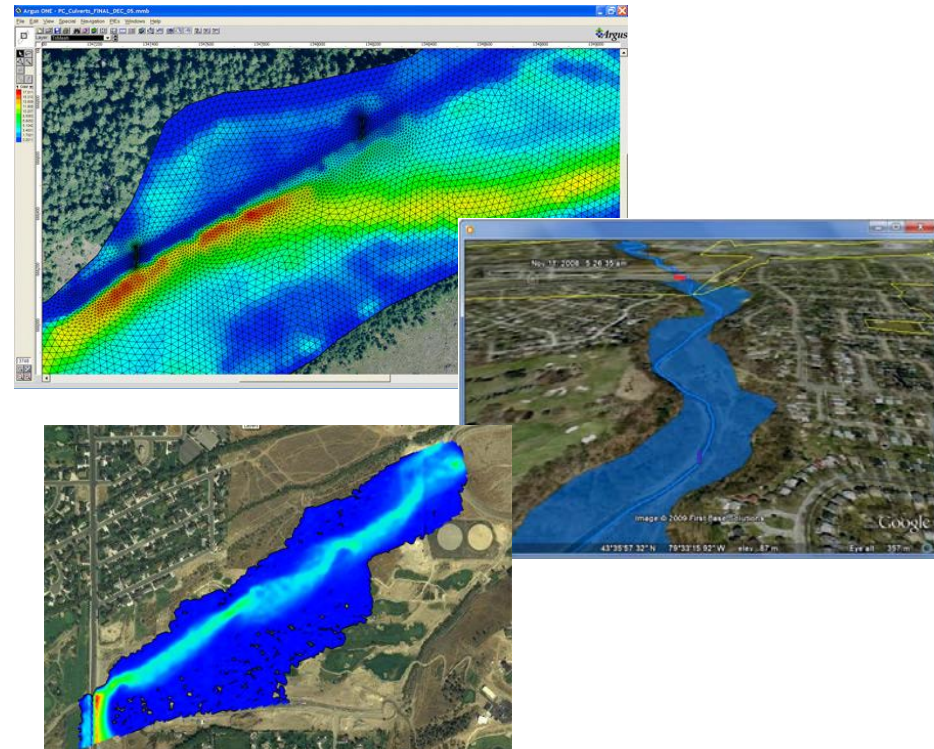
Topografia, Strutture, infrastrutture e criticità



### 3) Nuovi strumenti e tecnologie avanzate per la protezione e pianificazione del territorio del Distretto idrografico dell'Appennino Centrale: Verso un approccio tecnico-amministrativo integrato per l'ottimizzazione dei piani di assetto idrogeologico

Applicazione di nuove tecnologie per l'aggiornamento, omogeneizzazione ed integrazione del quadro conoscitivo con particolare riguardo a:

- Topografia
- Strutture, infrastrutture e criticità
- **Modellazione idraulica fisicamente basata in moto vario bidimensionale (2D) per una stima completa alla scala spazio-temporale di dettaglio della dinamica (tiranti, velocità, volumi, portate) di propagazione dell'onda di piena**



Modellazione idrologico-idraulica avanzata





## **Il caso del progetto di aggiornamento del Piano di Assetto Idrogeologico del reticolo principale in ambito urbano mediante integrazione di modellistica GIS ed idraulica bidimensionale**

**Aggiornamento del PAI nei confini comunali mediante:**

**1) Aggiornamento morfologia fluviale e perifluviale**

**TOPOGRAFIA**

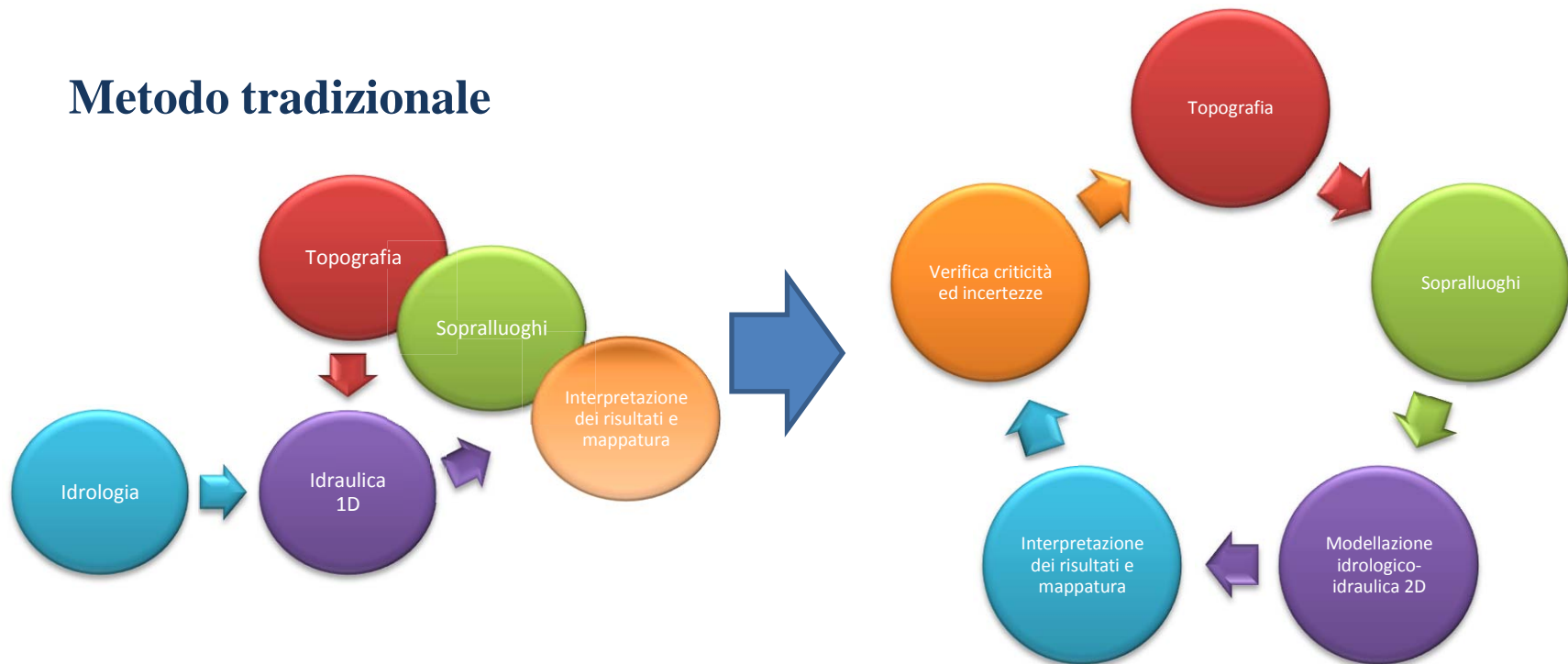
**2) Implementazione di un modelli idraulico bidimensionale 2D IDRAULICA**

**3) Sviluppo di un sistema informativo territoriale sviluppato ad-hoc  
GIS**



# TOPOGRAFIA: Una nuova metodologia di coordinamento ed acquisizione dati morfologici .....

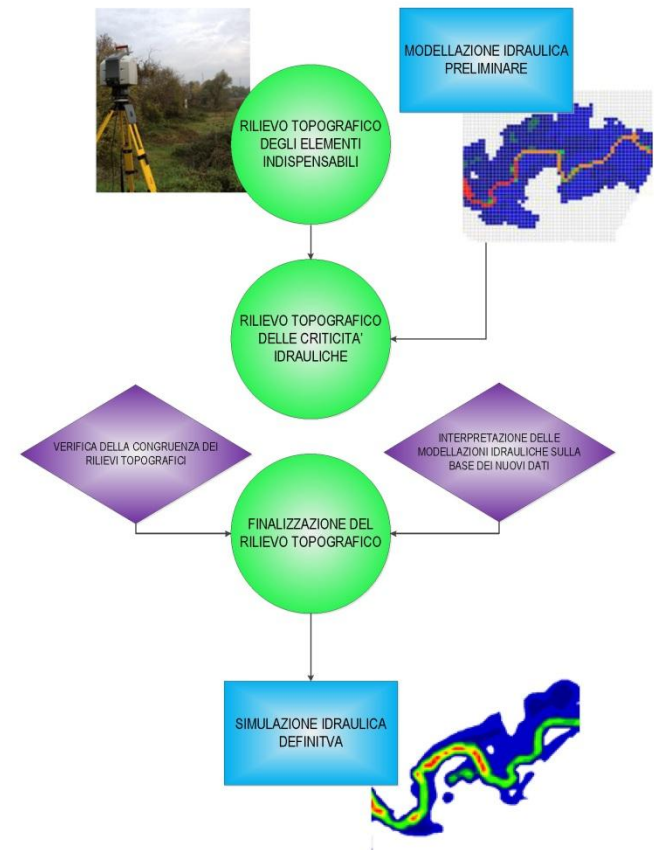
## Metodo tradizionale



Nuovo metodo

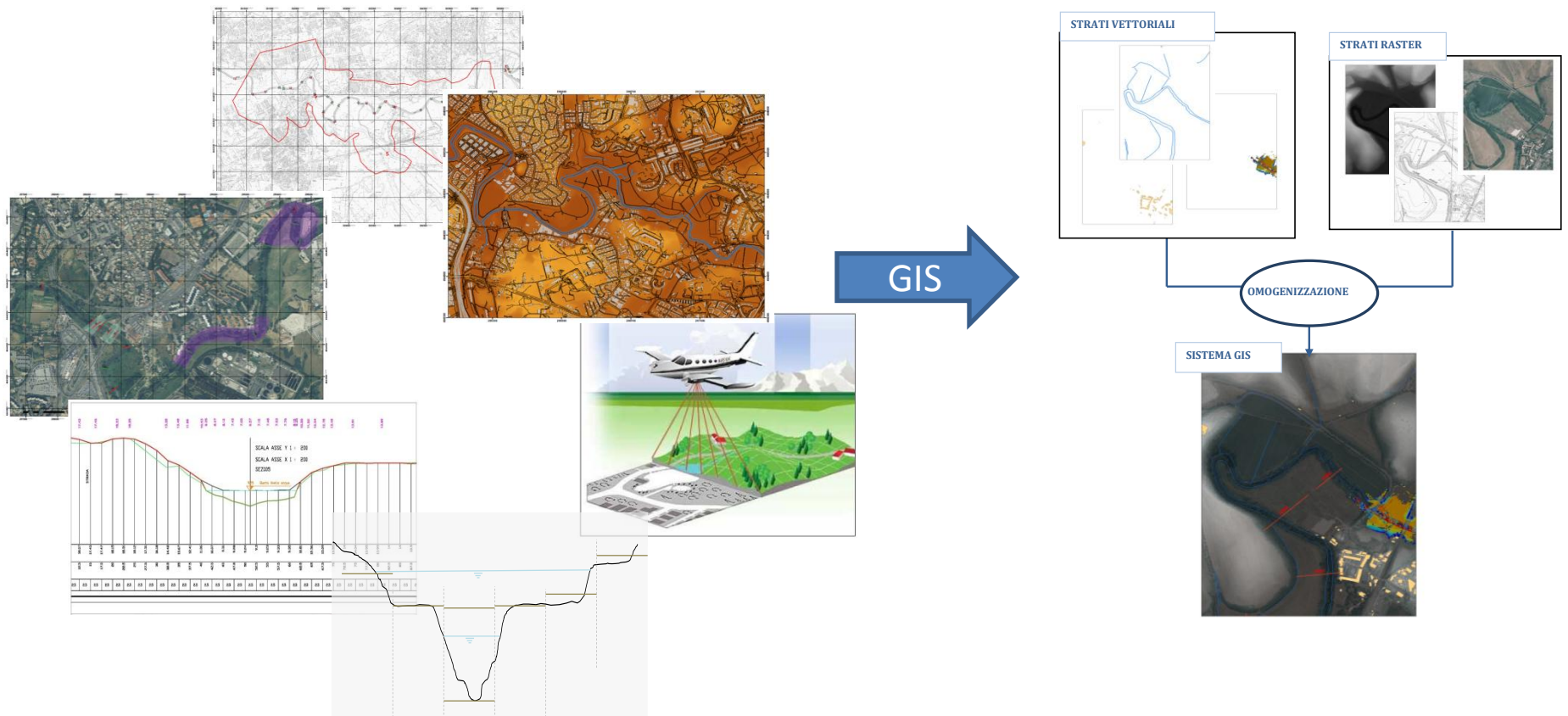


..... che itera con la modellazione idraulica 2D per ottimizzare la quantità e qualità dei rilievi.





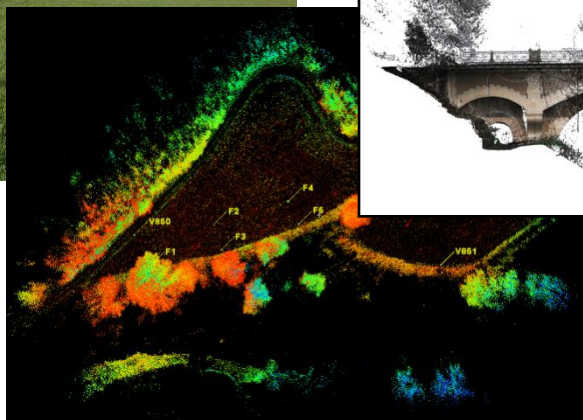
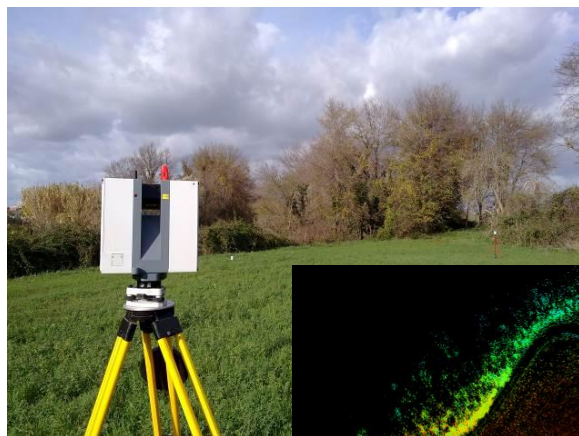
# Utilizzo ottimale dei dati cartografici e topografici di ultima generazione (CTRN e LIDAR) grazie ad innovative tecniche GIS





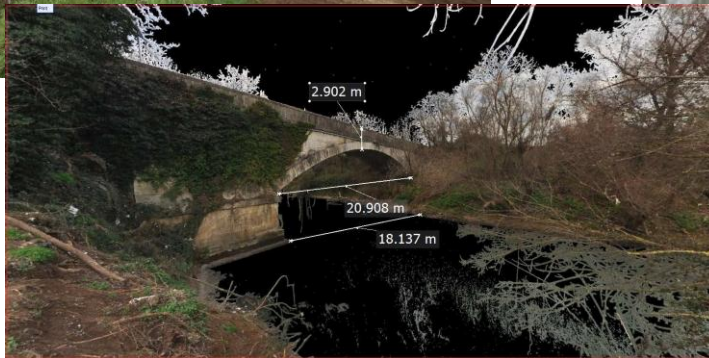
## Integrazione di strumenti topografici all'avanguardia per rilievi mirati sugli elementi a maggior criticità .....

### GPS integrato con acquisizione da LASER SCANNER TERRESTRE





.... verificati da estesi sopralluoghi combinati modellisti/topografi sul campo per analisi qualitativa dell'idrogeomorfologia del territorio



DATA ACQUISIZIONE	05122011
NUMERO FOTO	106, 107
NOTE	La sponda in sinistra idraulica è a quote più elevate della destra fino ad arrivare ad un piccolo poggio proseguendo che degrada dolcemente verso monte



## IDROLOGIA: Scenari della forzante idrologica

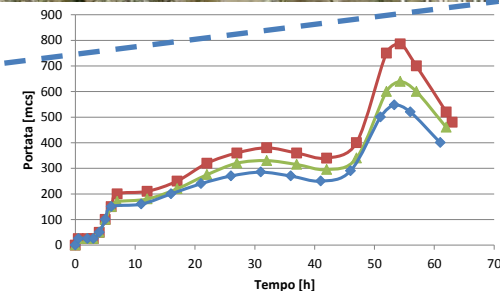
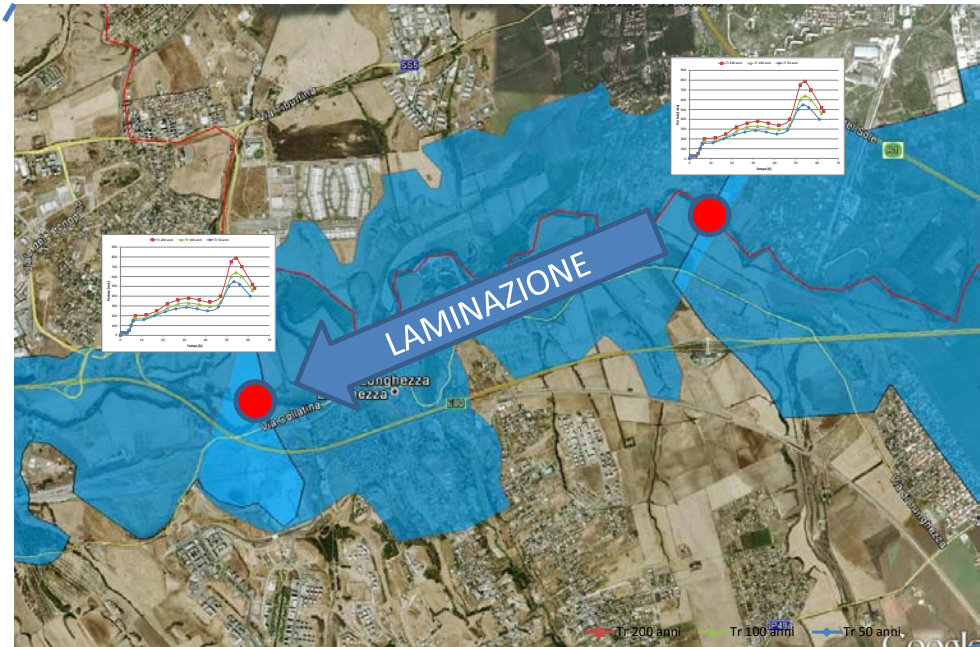
### Idrologia ottimizzata ed aggiornata per la modellazione 2D

n.2 scenari

- Idrogramma unico per tutti i domini (senza laminazione)
- Idrogramma di progetto al primo dominio di monte (con effetto di laminazione)



La caratterizzazione di 6 domini di calcolo





## IDRAULICA: Modello bidimensionale

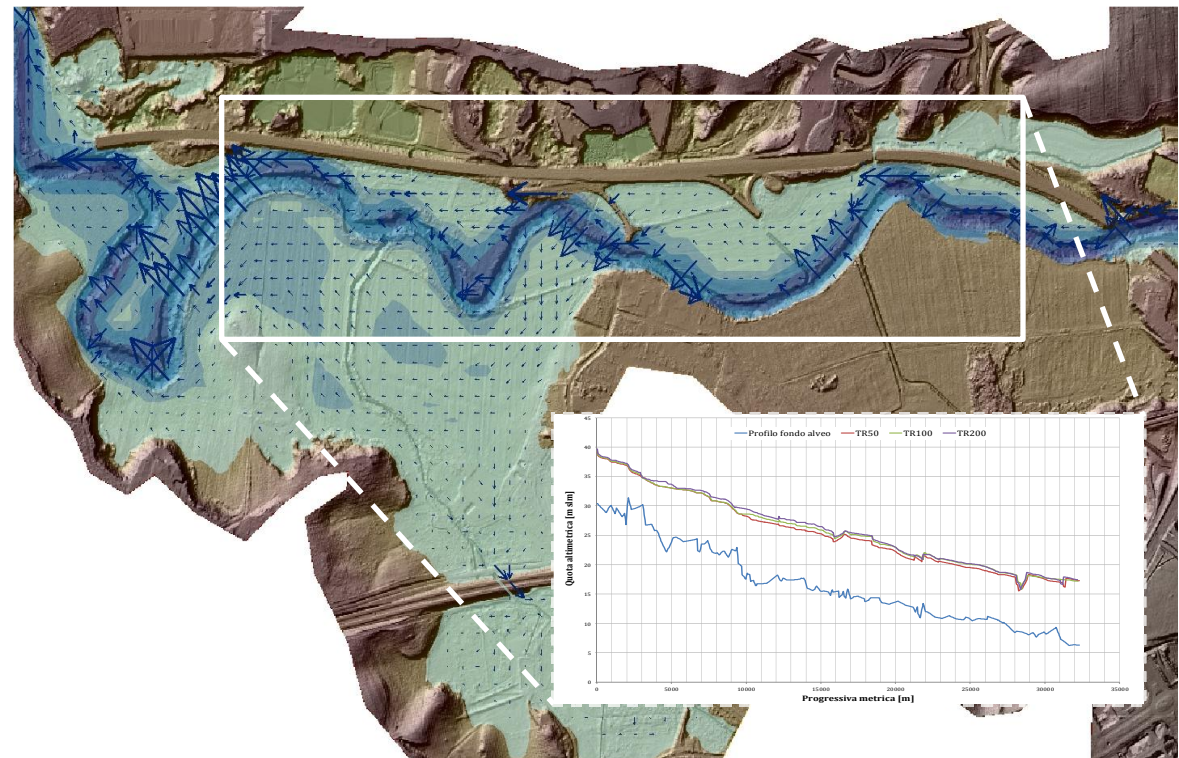
Analisi della dinamica di dettaglio del passaggio della piena in zona urbana

**RISULTATI: Analisi nel tempo e nello spazio (dinamica completa)**

Profili di rigurgito per il canale

Tiranti idrici per tutte le celle del dominio e per ogni istante temporali

Velocità di deflusso per tutte le celle del dominio, per ogni istante temporale e per ogni direzione ammissibile







## IDRAULICA: Modello bidimensionale

Simulazione dell'effetto dinamico del passaggio dell'idrogramma di progetto -  
> ANIMAZIONI VIDEO





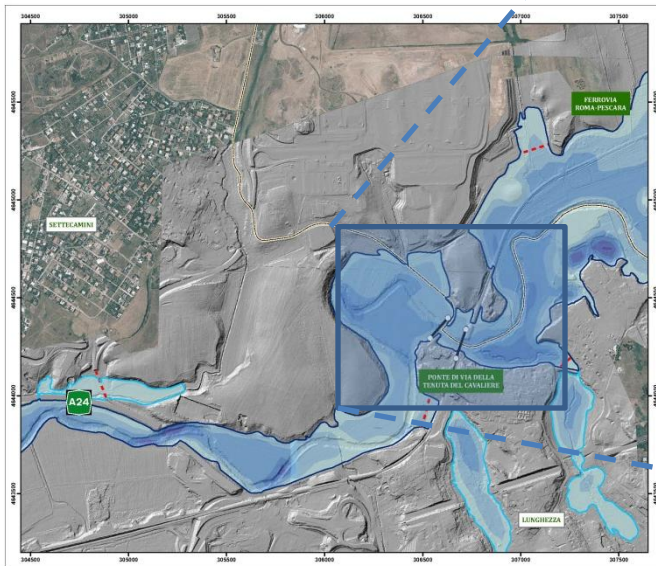
## **Integrazione dei risultati nel sistema informativo territoriale (GIS) e mappatura delle aree allagabili**

- **Elaborazioni dei risultati**
  - Distribuzione spaziale dei massimi valori di tirante e velocità in modalità sia asincrona che sincrona (al tempo di picco)
  - Interpolazione dei risultati per la definizione delle linee/fasce di ugual tirante
  - Interpretazione automatica dei risultati per la perimetrazione delle aree allagabili
- **Mappatura**
  - Rappresentazione cartografica delle aree inondabili e della distribuzione dei tiranti in relazione agli elementi idrogeomorfologici ed amministrativi di interesse



## MAPPATURA: Aree inondabili per diverse frequenze di accadimento

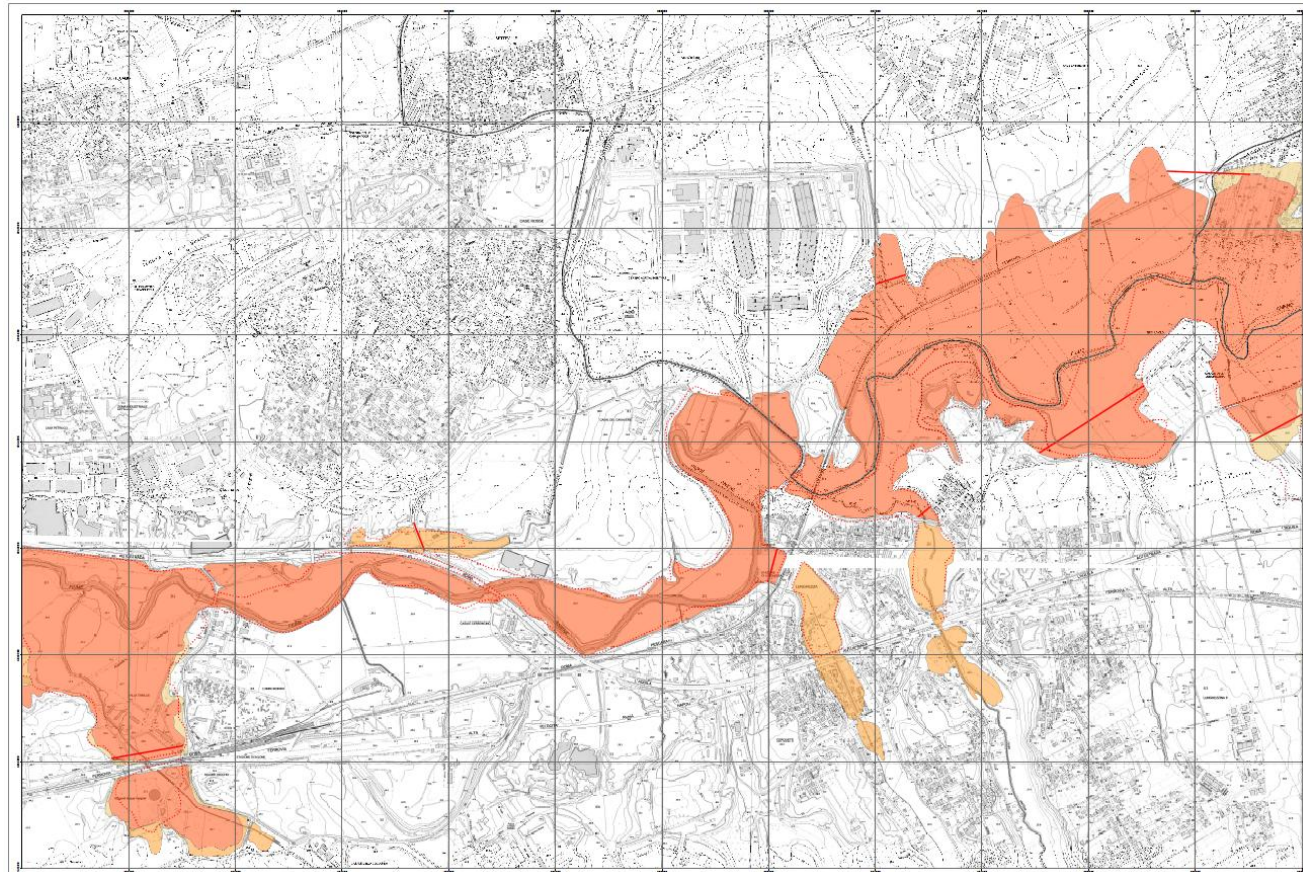
Base cartografica  
Ortofoto + DTM LIDAR





## MAPPATURA: Aree inondabili per diverse frequenze di accadimento

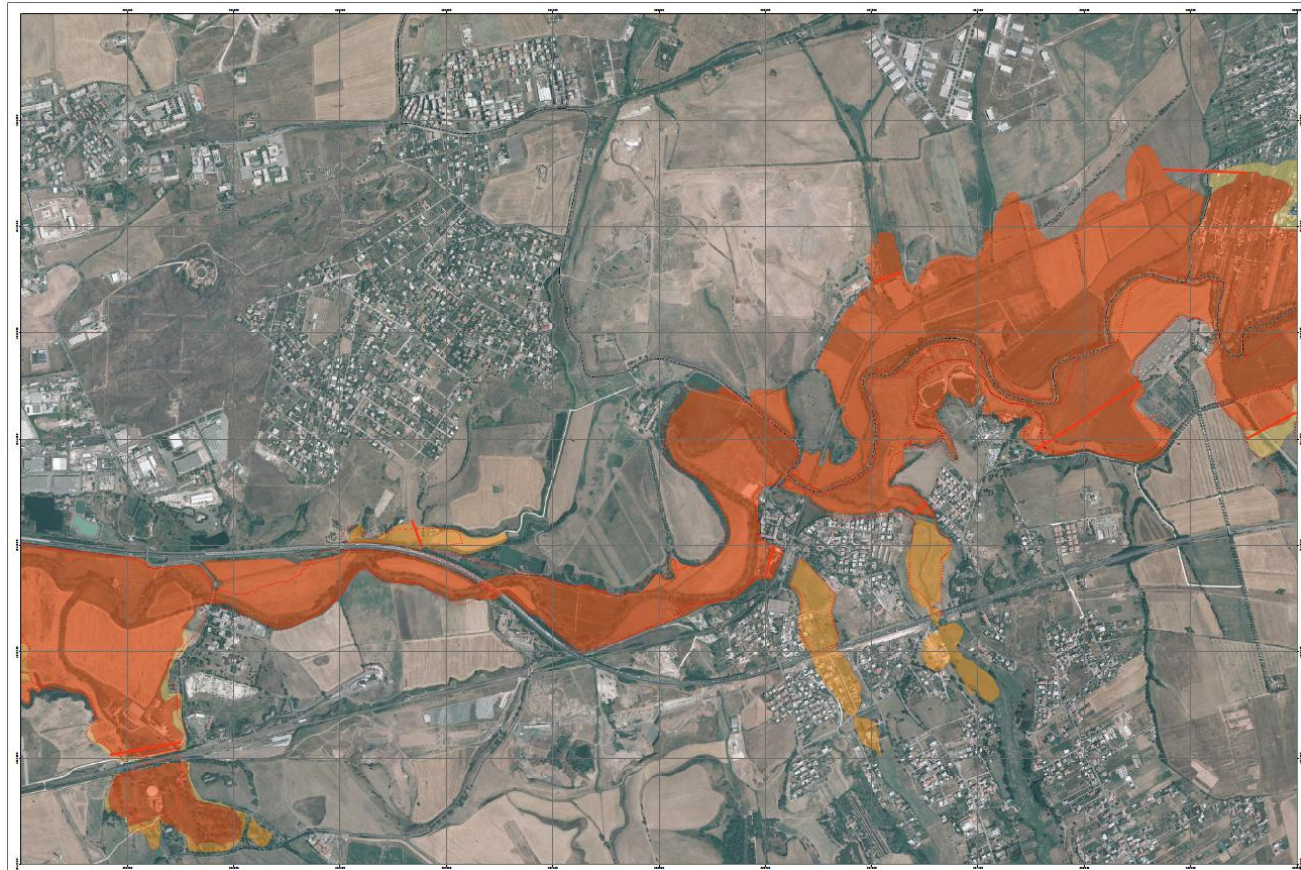
Base cartografica  
CTR Scala 1:5000





## MAPPATURA: Aree inondabili per diverse frequenze di accadimento

Base cartografica  
Ortofoto Scala 1:5000





## Considerazioni conclusive

- **Utilizzo efficiente delle risorse economiche disponibili grazie ad una metodologia e strumentazione innovativa per il coordinamento ed esecuzione dei rilievi topografici**
- **Modellazione idraulica bidimensionale (2D) per la caratterizzazione di dettaglio nel tempo e nello spazio degli effetti dinamici indotti dalla piena di progetto: modello 2D ottimizzato per l'identificazione degli scenari di rischio**
- **Sviluppo di un'avanzata piattaforma GIS, sviluppata ad hoc per il progetto, per l'elaborazione dei dati disponibili e dei risultati della modellistica idraulica 2D: il sistema informativo per l'implementazione della direttiva alluvioni con particolare merito alla caratterizzazione del rischio socio-economico**