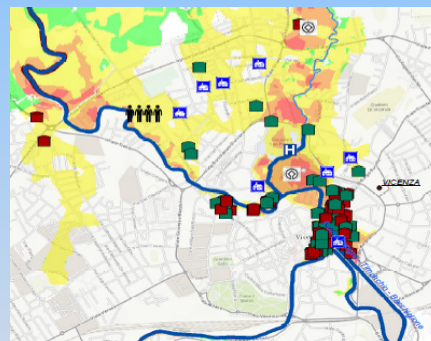
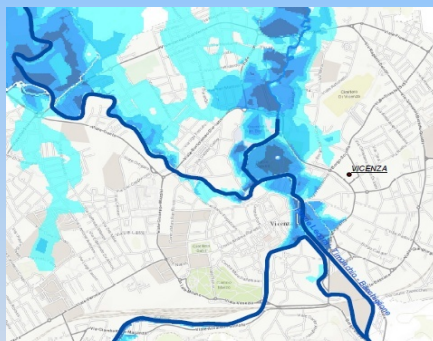


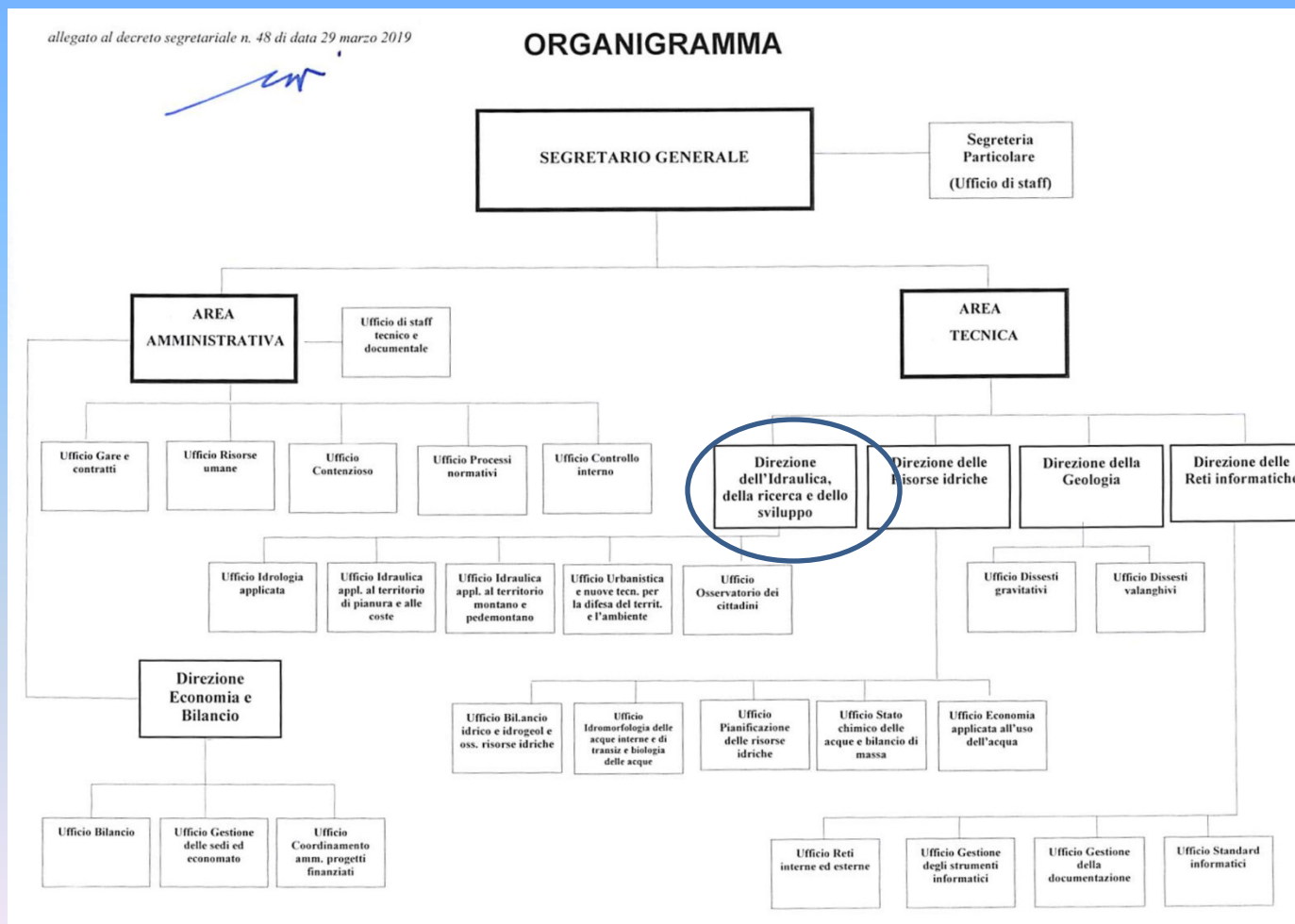
# L'idrologia nel Distretto delle Alpi Orientali

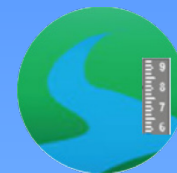
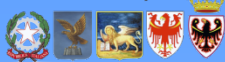


**M.Ferri,**

Autorità di bacino distrettuale delle Alpi Orientali, [michele.ferri@distrettoalpiorientali.it](mailto:michele.ferri@distrettoalpiorientali.it)

## D.S. 48 del 29/3/2019





Direzione dell'Idraulica, della ricerca e dello sviluppo

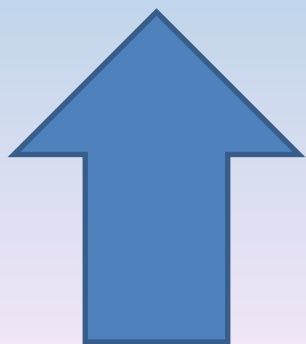
Ufficio Idrologia  
applicata

Ufficio Idraulica  
appl. al territorio  
di pianura e alle  
coste

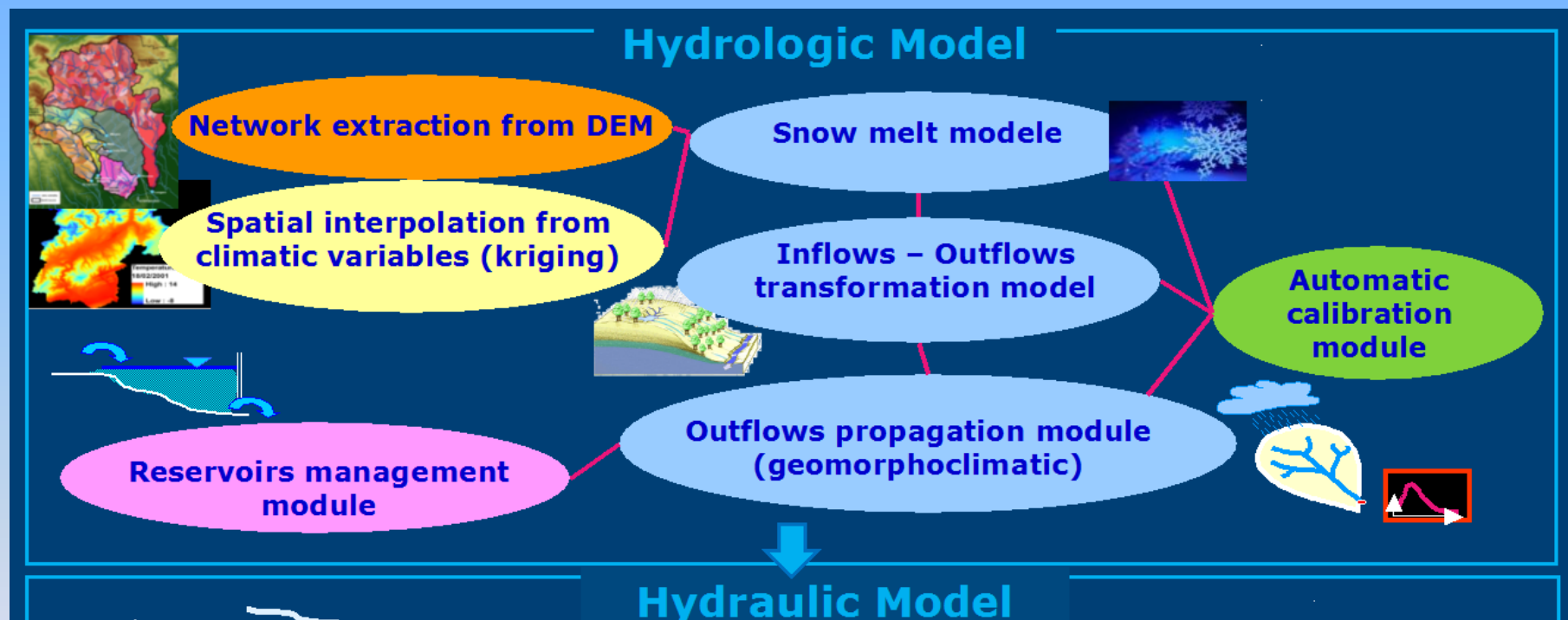
Ufficio Idraulica  
appl. al territorio  
montano e  
pedemontano

Ufficio Urbanistica  
e nuove tecn. per  
la difesa del territ.  
e l'ambiente

Ufficio  
Osservatorio dei  
cittadini



## La catena modellistica





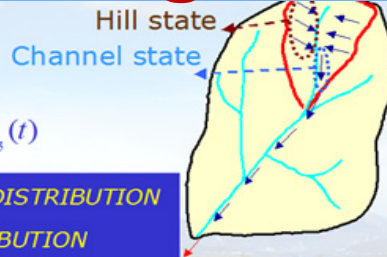
# Il geomorfoclimatico

Residence time distribution along a single path:

$$f_{\gamma_1}(t) = f_{v_1}(t) * f_{c_1}(t) * f_{c_3}(t) * f_{c_5}(t)$$

$f_c(t)$  INVERSE GAUSSIAN DISTRIBUTION

$f_v(t)$  EXPONENTIAL DISTRIBUTION



RIVER BASIN RESPONSE (GIUH):  $Q(t) = \int_0^t dt_0 \sum_{\gamma_i \in \Gamma} j_{A_i}(t_0) f_{\gamma_i}(t - t_0)$

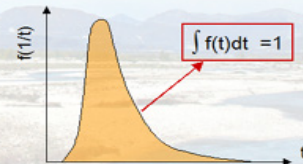
[Rinaldo et al., 2006]

Residence time probability density - CHANNEL STATE

$$f_{\gamma}(t) = \frac{L_{\gamma}}{(4\pi D_h t^3)^{1/2}} e^{-\left(\frac{(L_{\gamma} - at)^2}{4D_h t}\right)}$$

Advective-diffusive formulation of transport

Rinormalization of the  $f_{\gamma}(t)$  in order to conserve mass in the basin

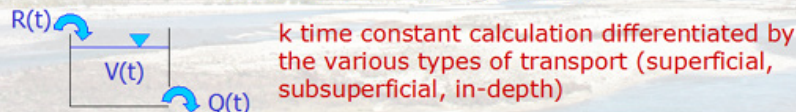


Residence time probability density - HILL STATE

$$f_v(t) = k_v e^{-k_v t}$$

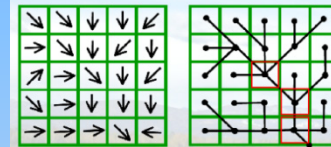
Exponential distribution  
 $k_v$  [1/t] time constant

The use of the exponential distribution for residence times is the same as the application of linear reservoir equations



## Geomorphoclimatic formulation

Residence time in the hill state

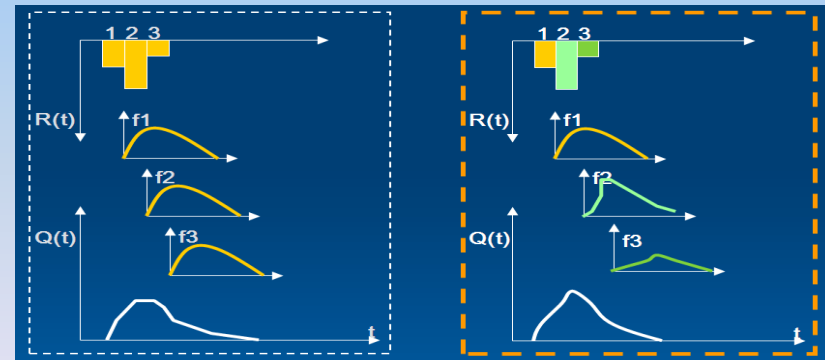


Drainage directions □ channelled cells

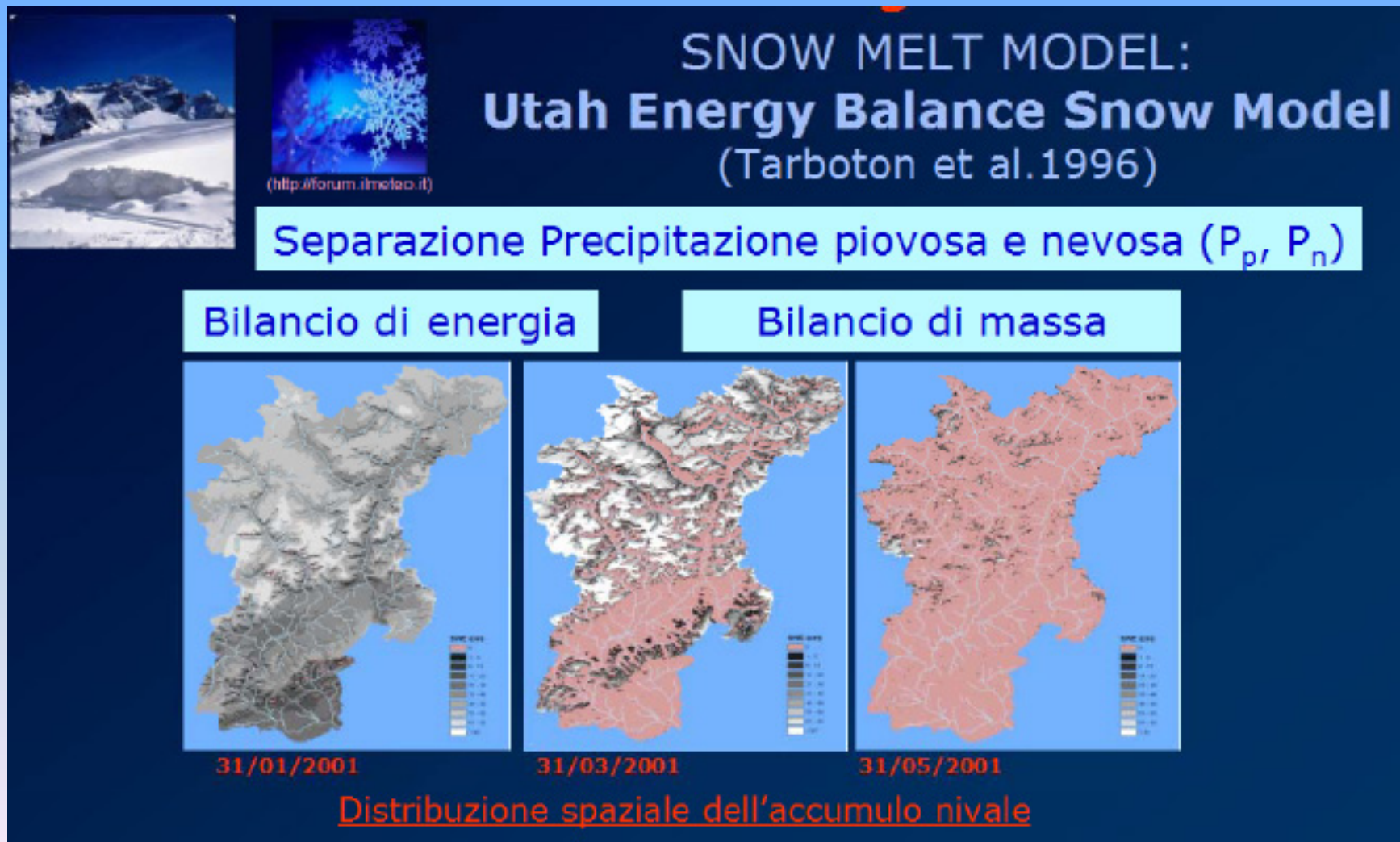
Path length calculation from every hill cell to the first channelled cell ( $L_{\gamma}$ )

Time varied velocity in relation to precipitation intensity

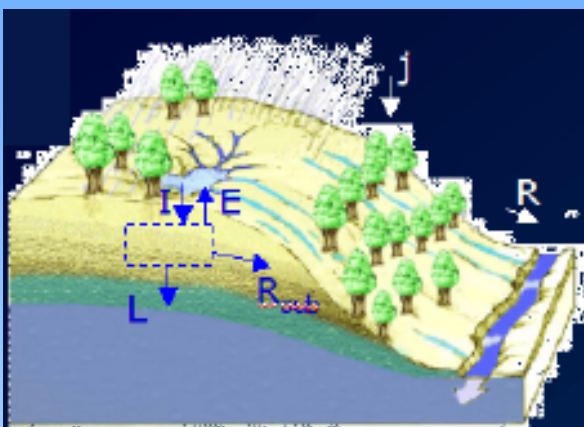
$$u_v(t) = k_s \sqrt{S} \cdot y(t)^{2/3}$$



# Modulo di accumulo e scioglimento nivale



# Modulo di trasformazione afflussi-deflussi



## EQUAZIONE DI BILANCIO:

$$S(t+\Delta t) = S(t) + I(t) - R_{sub}(t) - L(t) - ET(t)$$

$$I(t) = j(t) - R(t)$$

$S_{max}$  volume massimo d'acqua immagazzinabile nel terreno -> parametro ricavabile dall'informazione relativa all'uso e al tipo di suolo (metodo CN)

$$R(t) = \begin{cases} C(S(t)/S_{max}) \cdot j(t) & \text{se } j(t) \leq f = S_{max}(S_{max} - S(t))/(S_{max} - CS(t)) \\ j(t) - (S_{max} - S(t)) & \text{se } j(t) > f \end{cases}$$

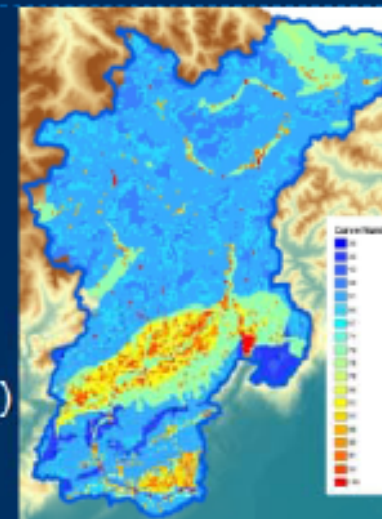
(De Smedt et al., 2000)  
(Liu et al., 2004)

$$R_{sub}(t) = c(S(t) - S_c)$$

$$L(t) = K_s [(e^{\beta (S(t) - S_c)/S_{max}} - 1) / [(e^{\beta (1 - S_c/S_{max})} - 1)] \quad (\text{Laio et al., 2001})$$

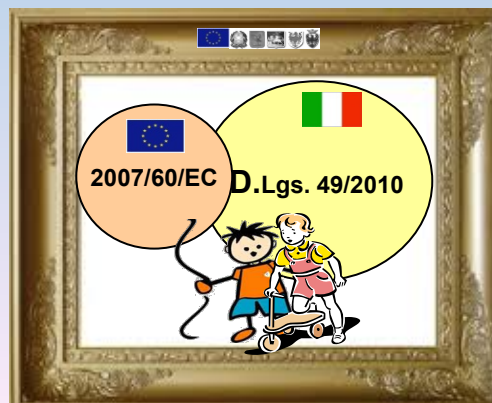
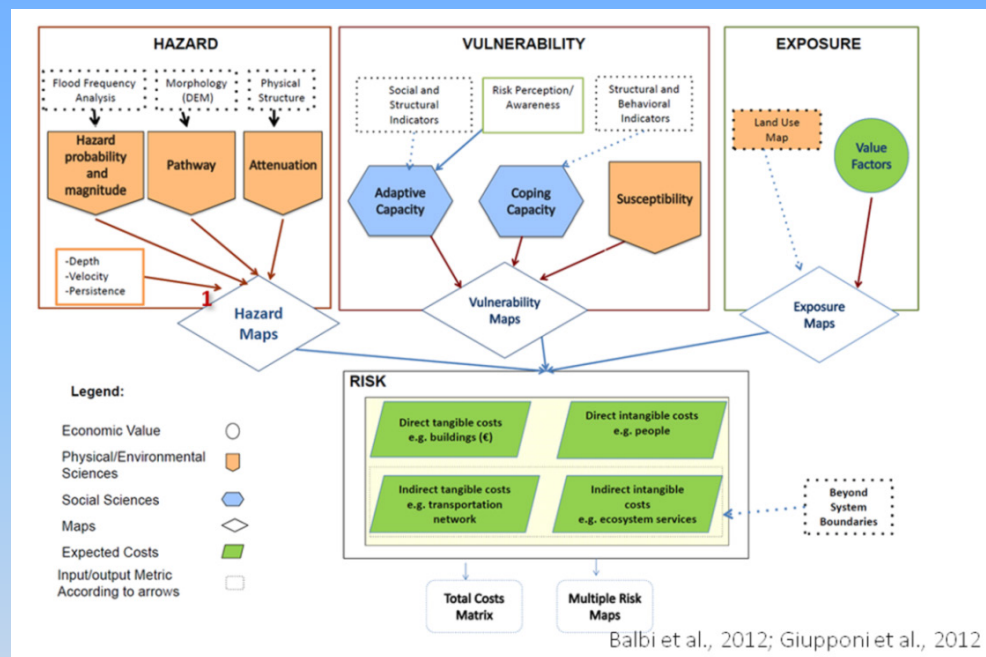
$$ET(t) = ETP(t) \quad \text{w se } S(t) > S_{pwp} \quad \text{w} = S(t)/S_{max}$$

$$ETP \quad (\text{Hargreaves \& Samami})$$





# Il Piano di Gestione del Rischio Alluvioni



$$R = H \times V \times E$$

## **Scenari di eventi alluvionali (art.6 2007/60)**

“Gli Stati membri devono...preparare mappe di pericolo ...che coprano le aree geografiche che possono essere soggette a inondazione, secondo i seguenti scenari:

- 1.Eventi alluvionali con bassa probabilità di accadimento
- 2.Eventi alluvionali a media probabilità
- 3.Eventi alluvionali ad alta probabilità, dove appropriato

Per ogni scenario devono essere rappresentati i seguenti elementi:

- 1.Le portate
- 2.le altezze d'acqua
- 3.le velocità di flusso

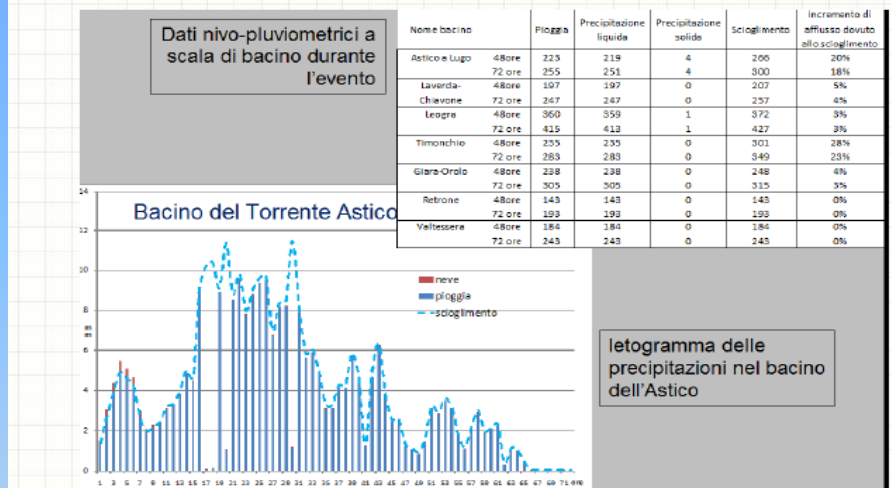
## **Scenari di eventi alluvionali (art.6 2007/60)**

1. Come definire la probabilità di un evento di piena?
2. Come considerare i fenomeni di scioglimento nivale nel calcolo di 1)?
3. Come considerare la condizione iniziale di imbibizione del terreno nel calcolo di 1)?
4. Come considerare la variabilità temporale e spaziale della precipitazione?
5. Che tipo di modello utilizzare? Come valutare le portate di piena in bacini non strumentati?
6. Quali idrogrammi hanno da essere utilizzati per la valutazione del pericolo? (durata, valore al colmo, volume)

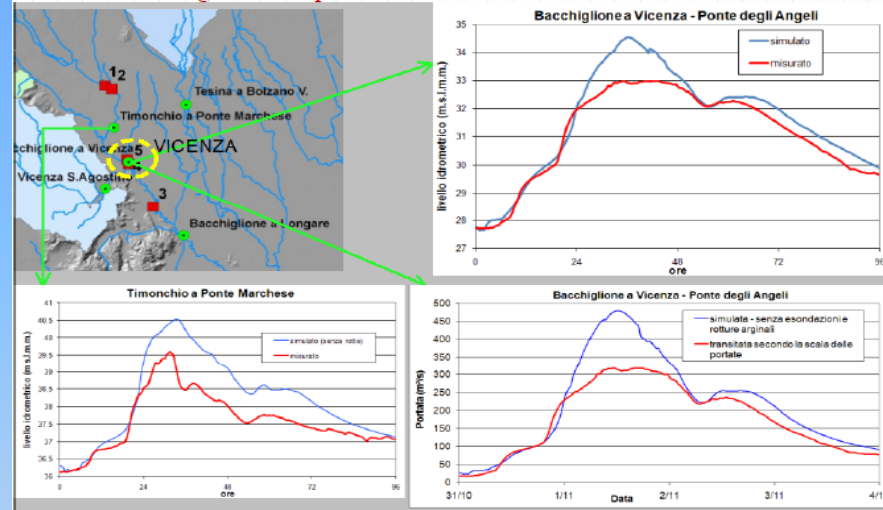


# Scenari di eventi alluvionali (art.6 2007/60)

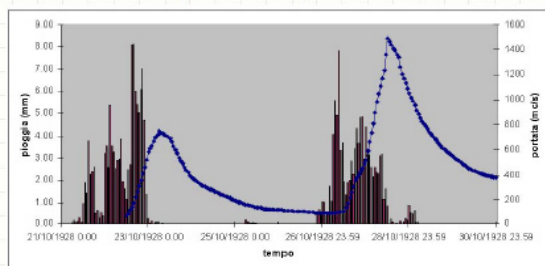
## L'incertezza legata al tempo di ritorno



## L'incertezza legata al tempo di ritorno



## L'incertezza legata al tempo di ritorno



Brenta chiuso a Bassano

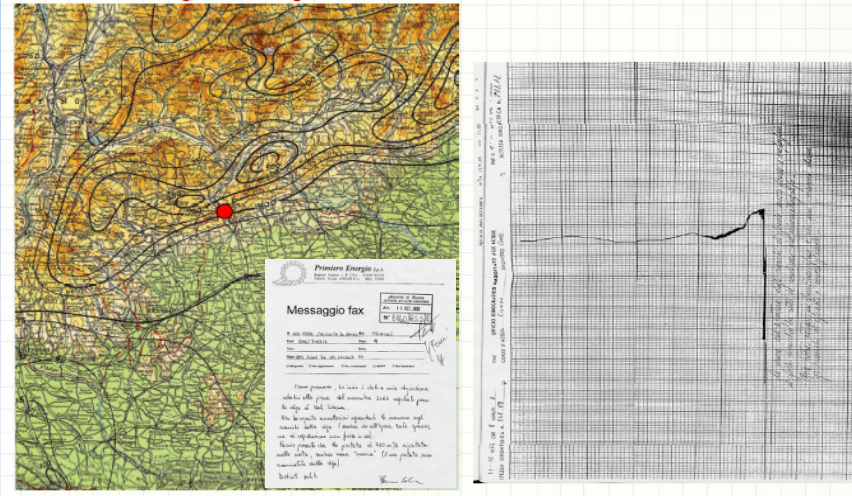
Le condizioni iniziali di imbibizione del suolo

Settembre 1965  
Novembre 1966

**COEFFICIENTE DI DEFLUSSO  
EVENTI DI PIENA REALI  
(calcolato da dati misurati)**

EVENTO	$\Phi_p$	$\Phi_{p-1}$	$\Phi_{p-2}$
1993	0.51	0.26	0.77
1998	0.48	0.17	0.65
1999	0.36	0.32	0.68
2000	0.58	0.20	0.78
2002	0.59	0.21	0.80
1928	0.60	0.31	0.91
1928 pre-evento	0.38	0.31	0.49

## L'incertezza legata al tempo di ritorno



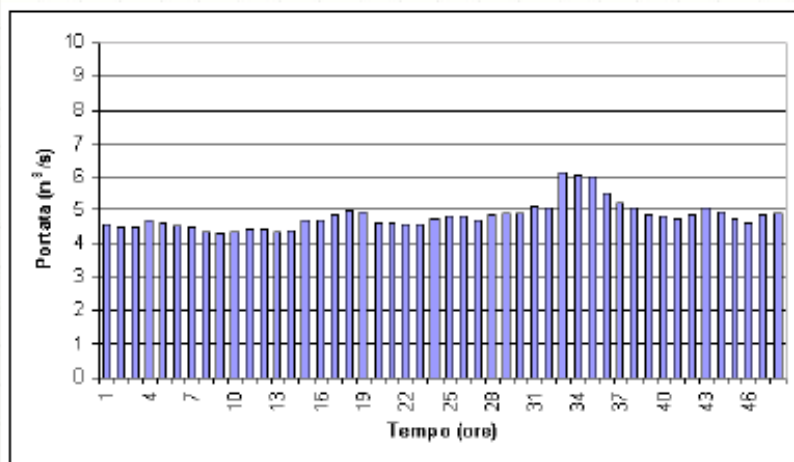
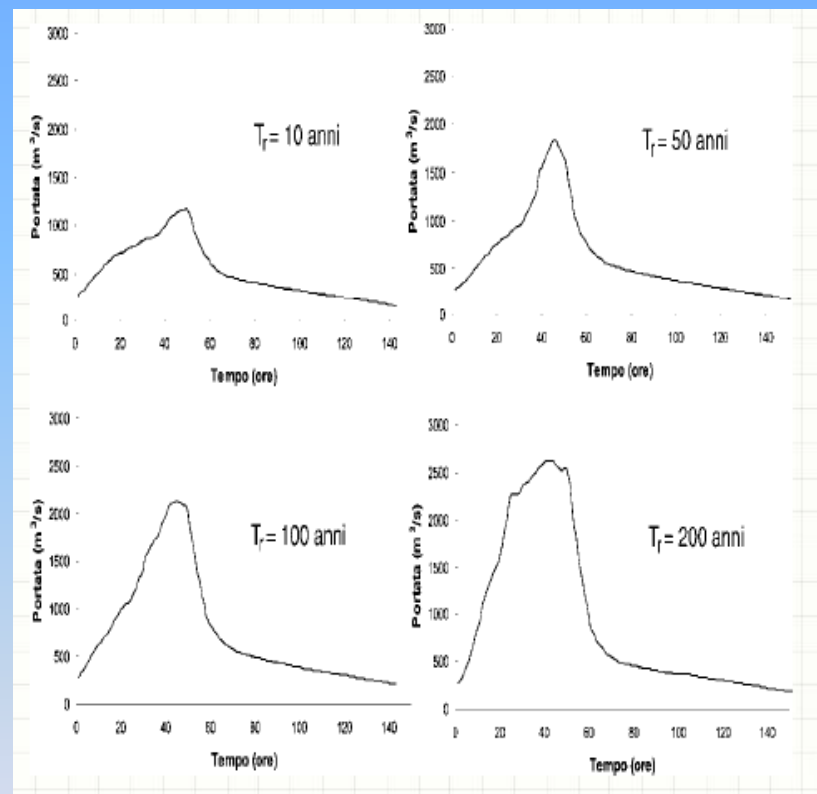
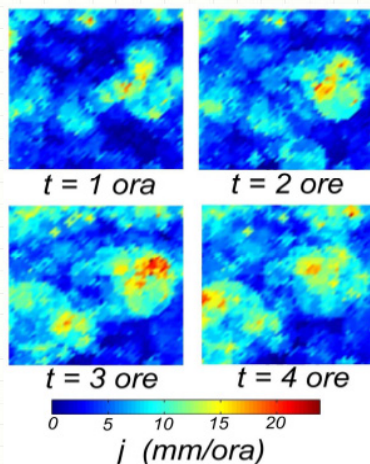
# Scenari di eventi alluvionali (art.6 2007/60)

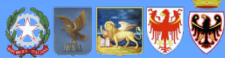
Variabilità spaziale e temporale della precipitazione

- Poisson (x,y) e in t
- Durata, dimensione, intensita' celle exp.

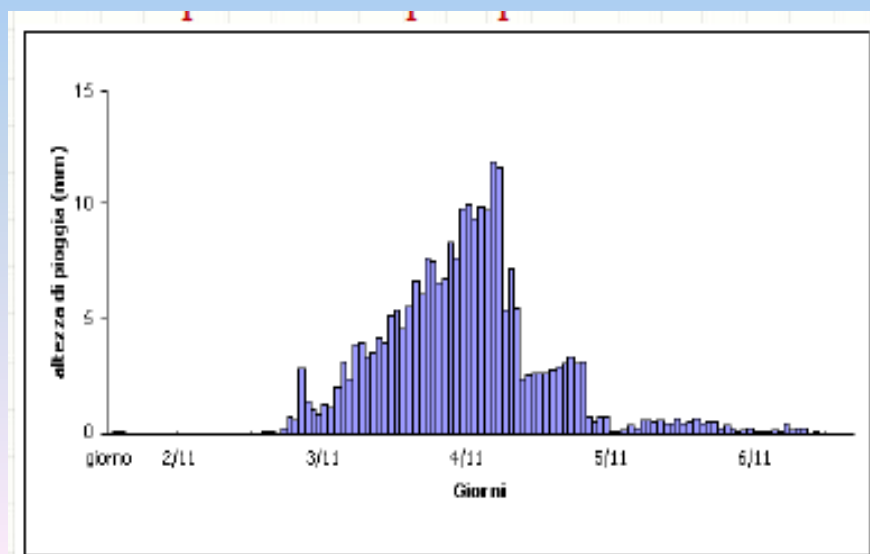
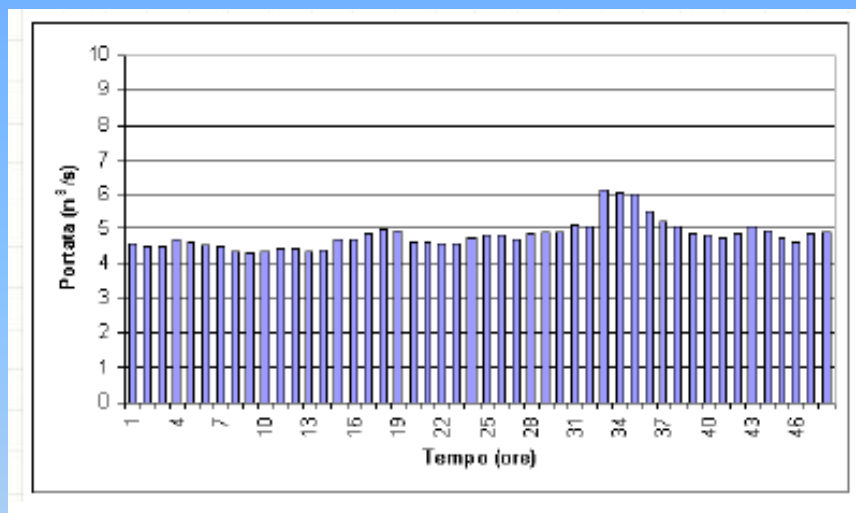


- Equivalente di 200 anni di piogge orarie





# Scenari di eventi alluvionali (art.6 2007/60)



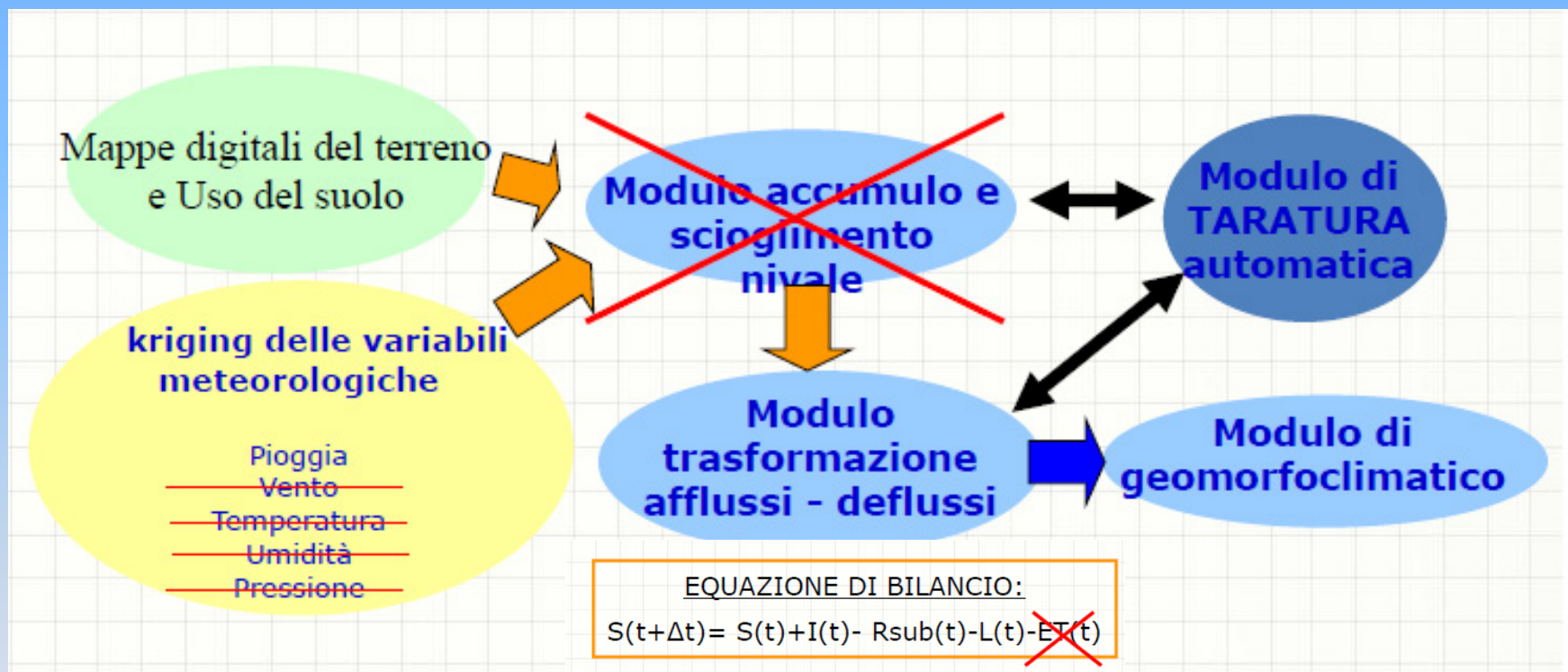
## Scenari di eventi alluvionali (art.6 2007/60)

**IPOTESI DI PROGETTO** per la determinazione degli idrogrammi con assegnata frequenza di accadimento:

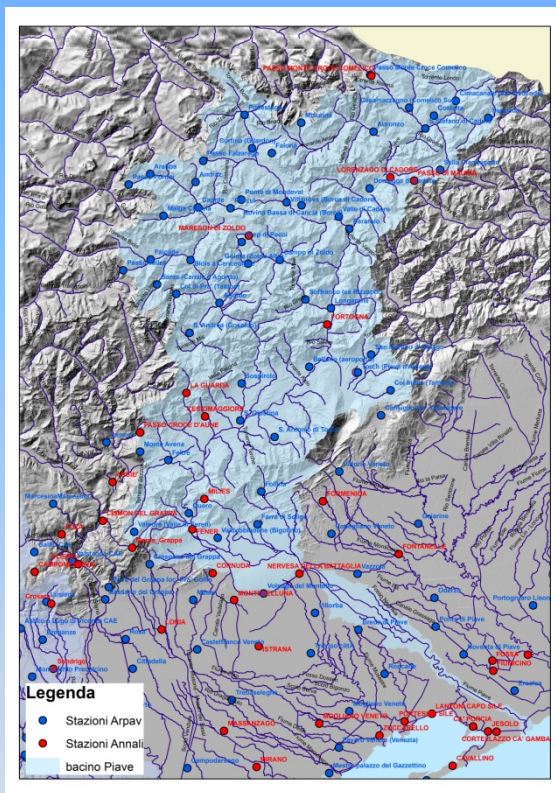
1. il tempo di ritorno è riferito all'evento meteorico;
2. il modello idrologico viene utilizzato ad evento;
3. non vengono simulati i processi di accumulo-scioglimento nivale e di evapotraspirazione;
4. le condizioni iniziali delle variabili che entrano in gioco nella determinazione della precipitazione efficace sono determinati mediante taratura con riferimento all'evento storico di riferimento (più gravoso) registrato per il bacino idrografico in esame.



# Scenari di eventi alluvionali (art.6 2007/60)

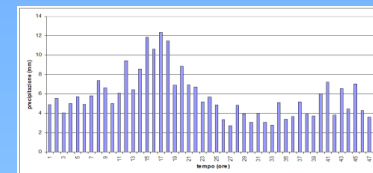


# Scenari di eventi alluvionali (art.6 2007/60)



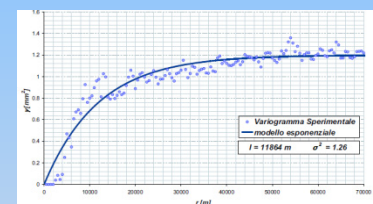
Distribuzione temporale precipitazioni (usando forme geometriche e random cascade)

(Gupta et al, 1993)

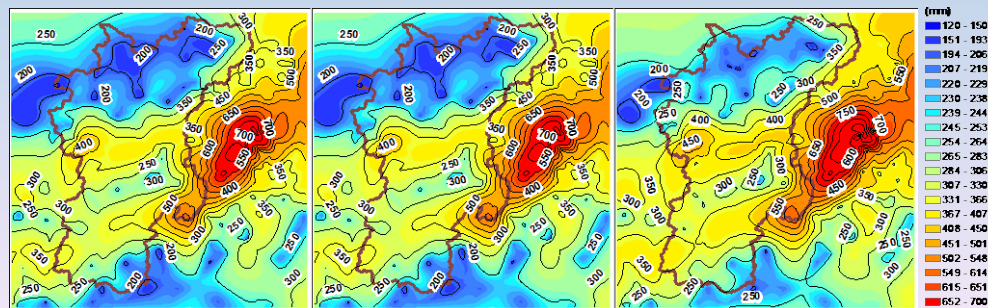


Distribuzione spaziali precipitazioni (usando interpolazione geostatistica - kriging)

(Boni et al., 2008; Zanetti et al., 2008)



## RISULTATI:



tempo

$$h_T^i(d) = a_1 \cdot \left\{ 1 - \frac{V \cdot \sqrt{6}}{\pi} \cdot [\varepsilon + y_T] \right\} \cdot d^n$$



# Scenari di eventi alluvionali (art.6 2007/60)

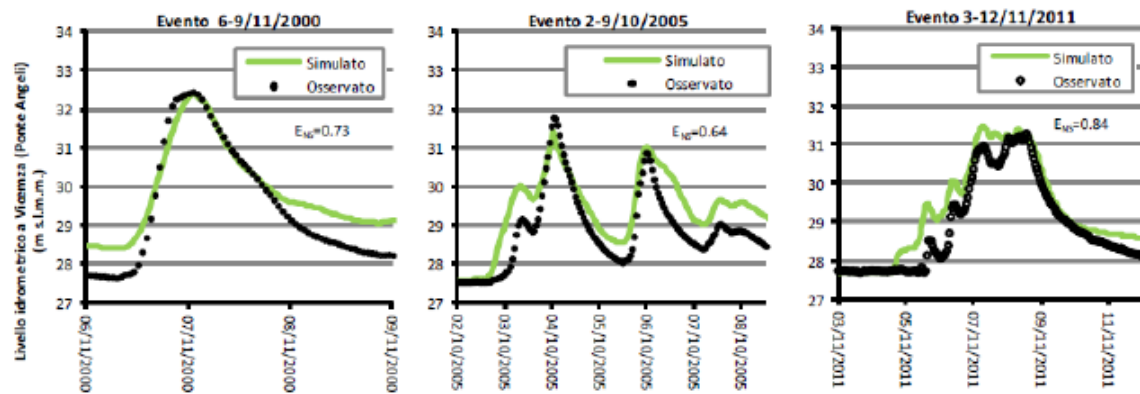


Figura 10 Confronto tra i livelli idrometrici simulati e osservati (stazione idrometrica ARPAV) in corrispondenza del Bacchiglione a Vicenza (Ponte degli Angeli), relativamente agli eventi del 6-9/11/2000, del 2-9/10/2005 e del 3-12/11/2011, e relativi indici di efficienza.

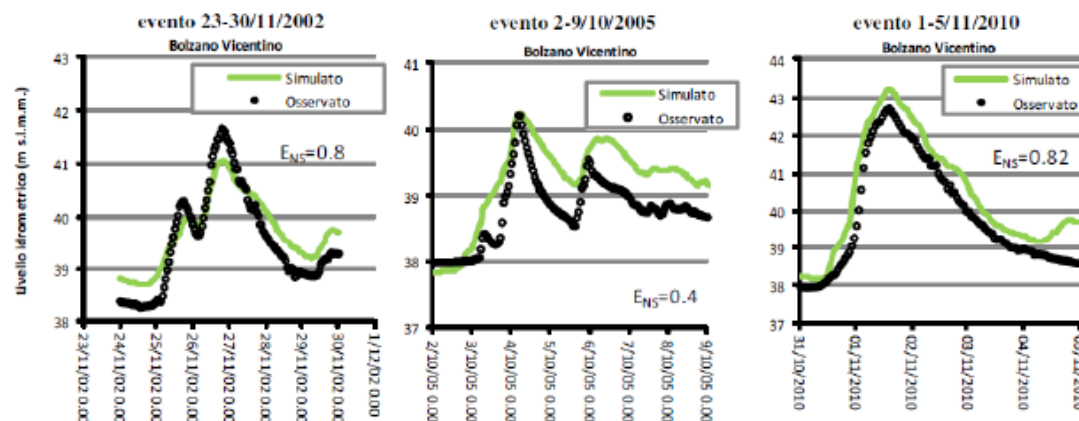
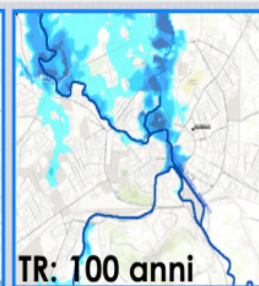
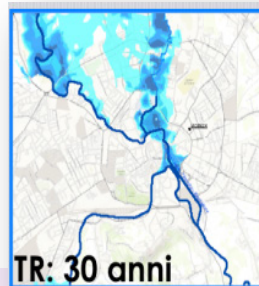


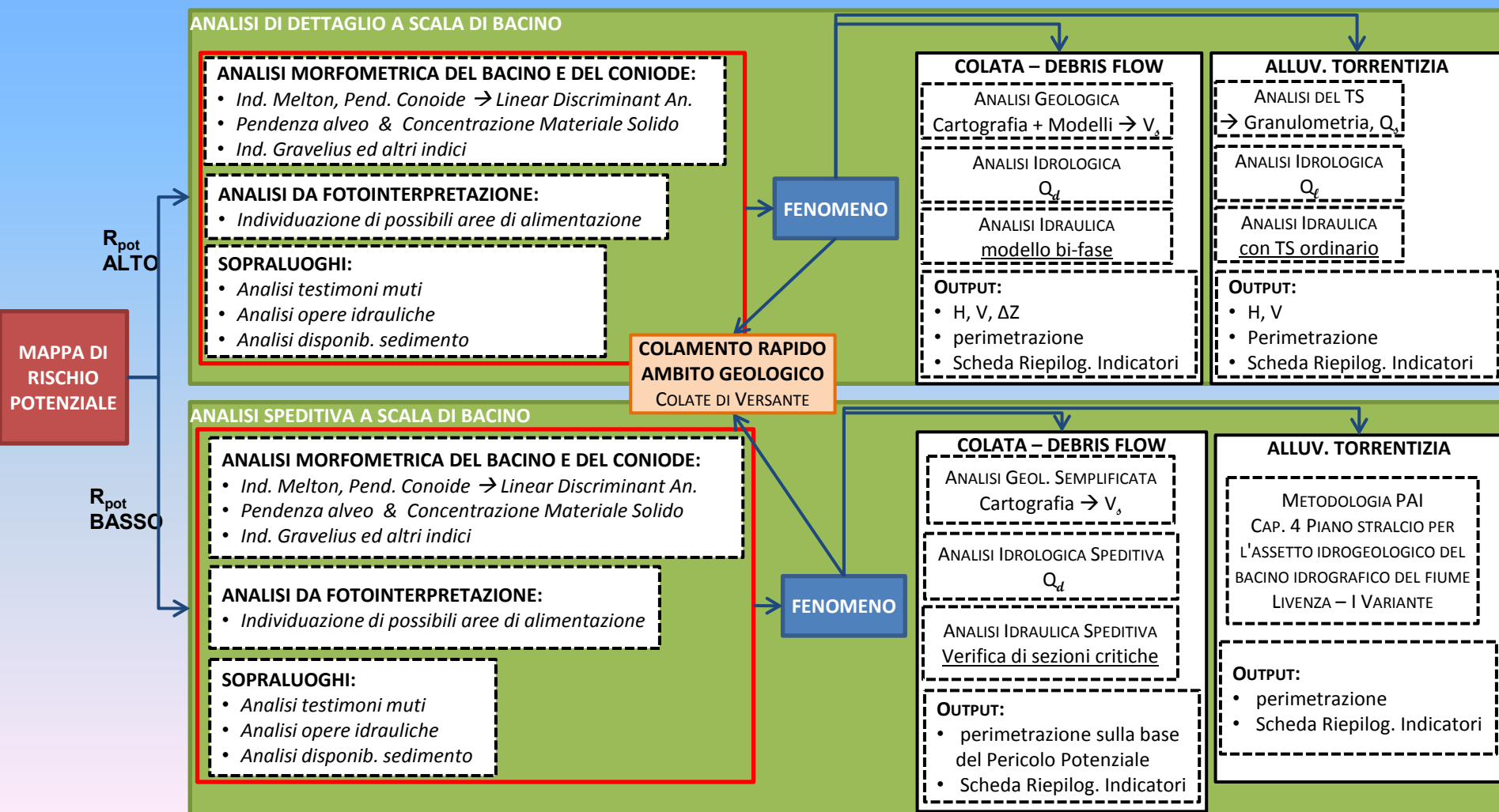
Figura 11 Confronto tra i livelli idrometrici simulati e osservati (stazione idrometrica ARPAV) in corrispondenza del Bacchiglione a Bolzano Vicentino, relativamente agli eventi del 23-30/11/2002, del 2-9/10/2005 e del 1-5/11/2010, e relativi indici di efficienza

# Scenari di eventi alluvionali (art.6 2007/60)



# Scenari di eventi alluvionali (art.6 2007/60)

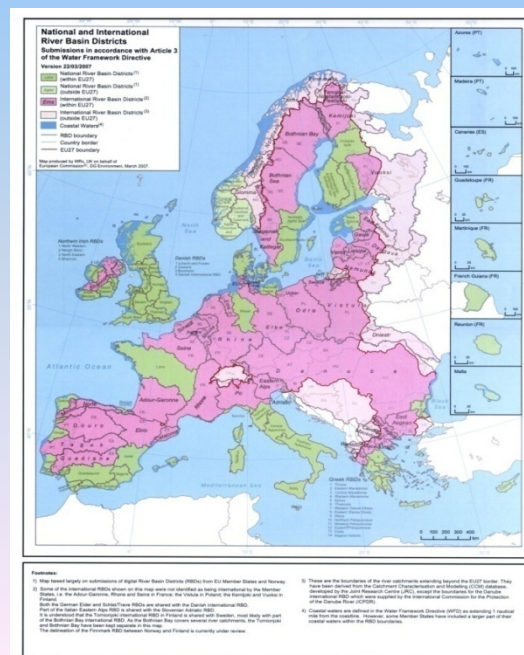
## 2° ciclo - Bacini montani e pedemontani



# Scenari di eventi alluvionali (art.6 2007/60)

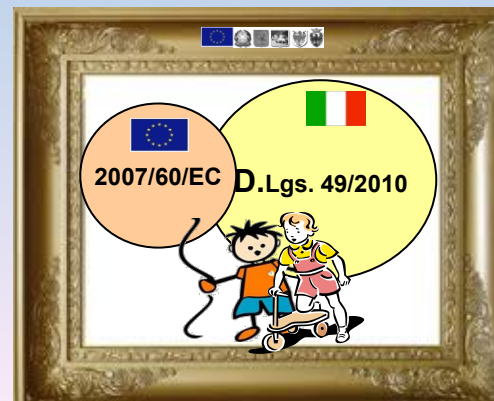
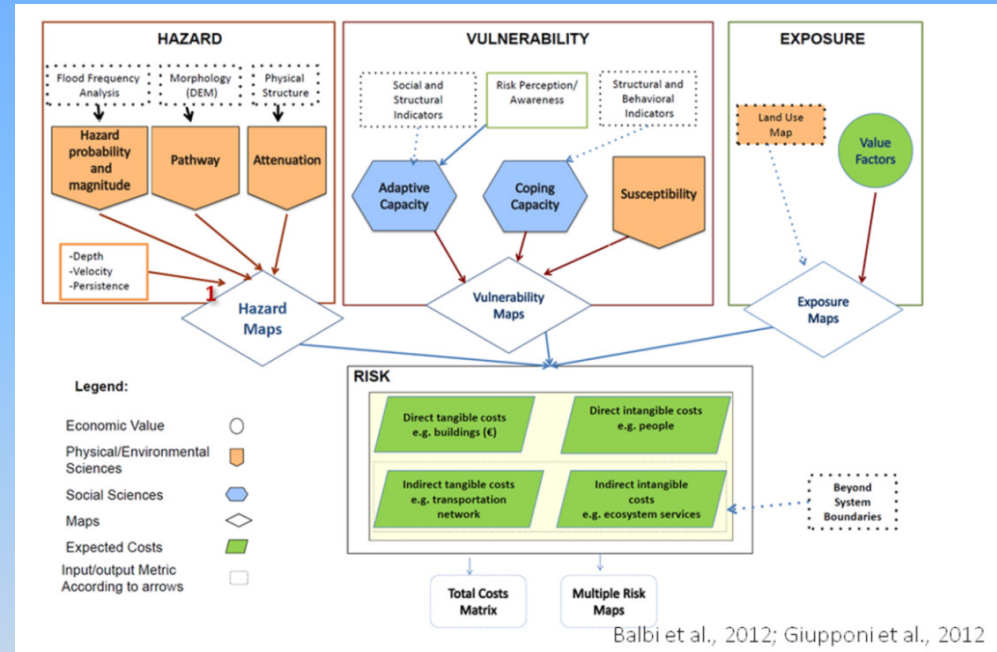
VISFRIM (**Gestione del Rischio Idraulico per il bacino del fiume Vipacco ed ulteriori bacini transfrontalieri**) è un progetto strategico finanziato all'interno del programma Interreg V-A Italia-Slovenia 2014-2020 (*Asse prioritario 3: promozione e protezione delle risorse naturali e culturali; Obiettivo tematico 6: preservare e tutelare l'ambiente e promuovere l'uso efficiente delle risorse; Priorità d'investimento 6f: promuovere tecnologie innovative per migliorare la tutela dell'ambiente e l'uso efficiente delle risorse nel settore dei rifiuti, dell'acqua e con riguardo al suolo o per ridurre l'inquinamento atmosferico; Obiettivo specifico 3.3: sviluppo e sperimentazione di tecnologie verdi innovative per migliorare la gestione dei rifiuti e delle risorse idriche; Oggetto tematico: Direttiva Alluvioni*).

L'UE raccomanda fortemente di considerare la stesura di un PGRA per l'UOM/RBD internazionale per il secondo ciclo della Direttiva Alluvioni. Questo servirà come strumento di guida alla cooperazione per tutti gli aspetti: protezione, prevenzione e preparazione.



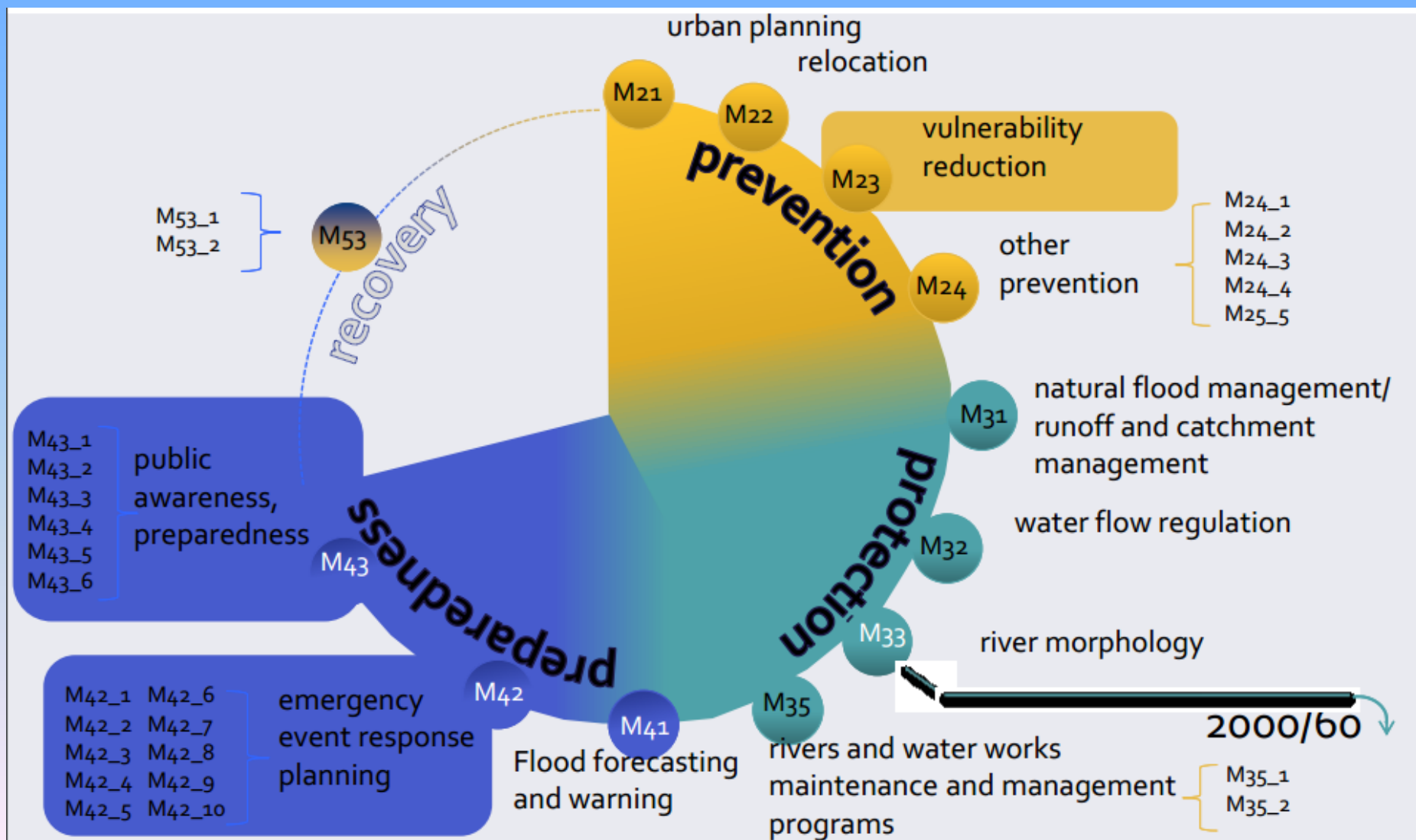


# Il Piano di Gestione del Rischio Alluvioni



$$R = H \times V \times E$$

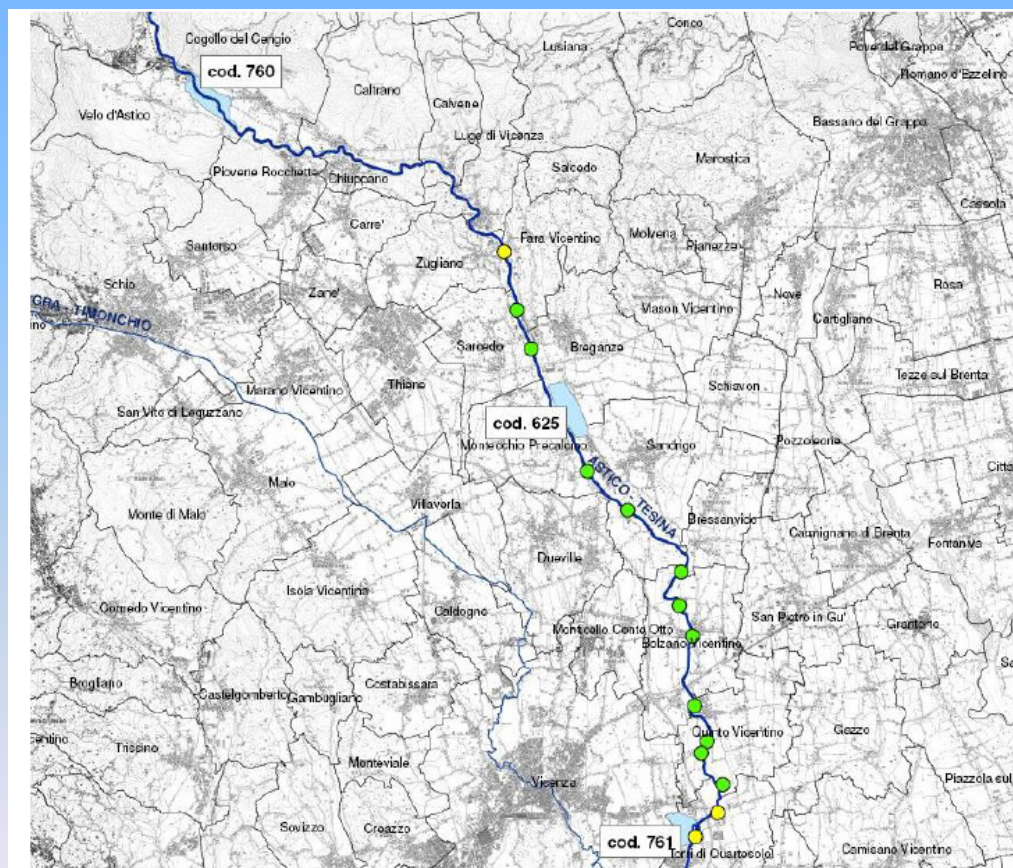
# Il Piano di Gestione del Rischio Alluvioni



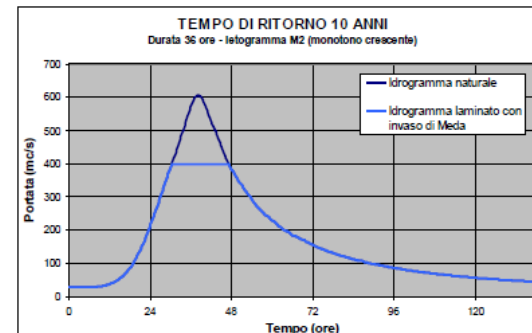
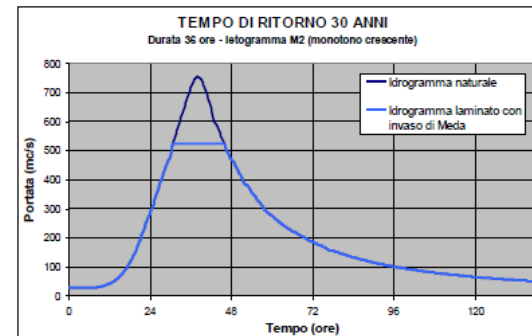
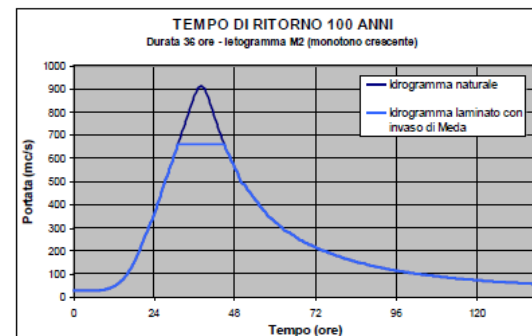


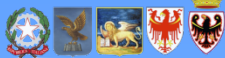
# Il Piano di Gestione del Rischio Alluvioni

## MISURE DI PROTEZIONE- Interventi Strutturali



Invaso sul torrente Astico nei comuni di Sandrigo e Breganze (VI)





# **Il Piano di Gestione del Rischio Alluvioni**

## **MISURE DI PREPARAZIONE- Interventi Non Strutturali**



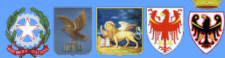
Autorità di Bacino dei fiumi Isonzo, Tagliamento, Livenza Piave, Brenta-Bacchiglione



# **Amico**

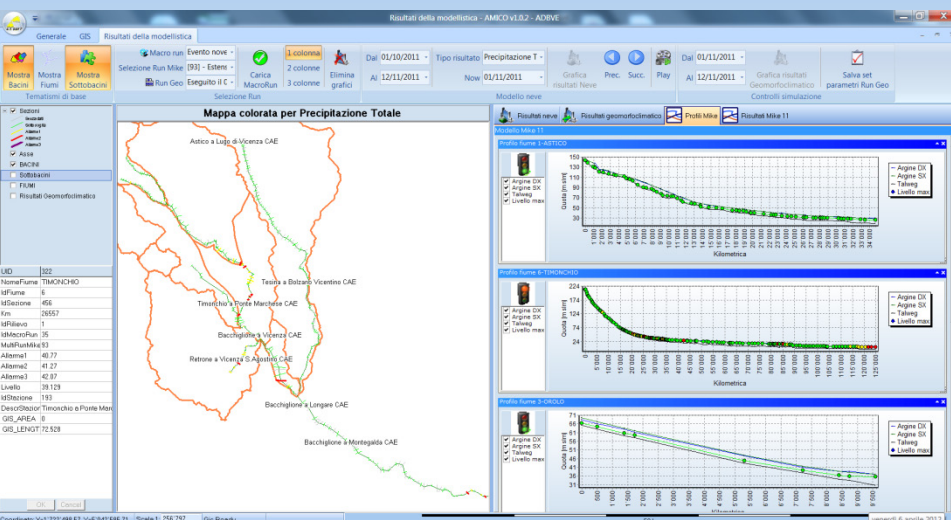
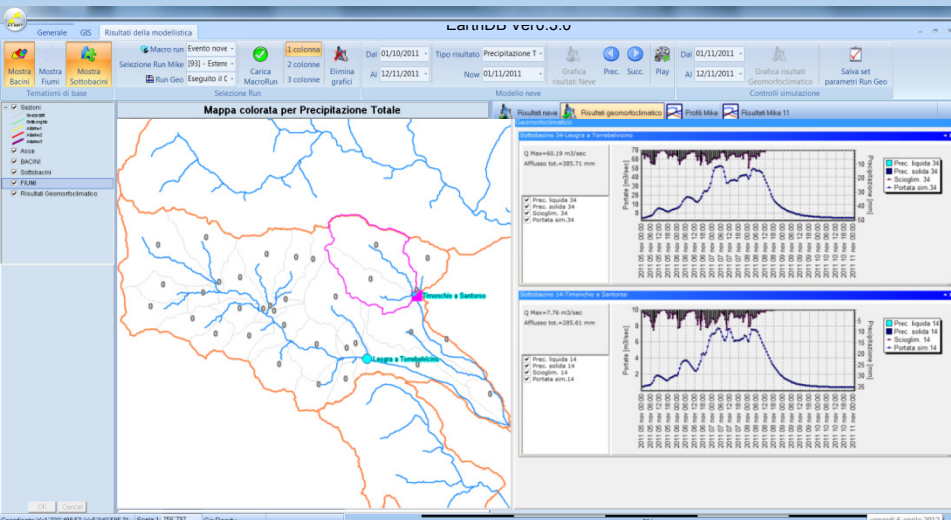
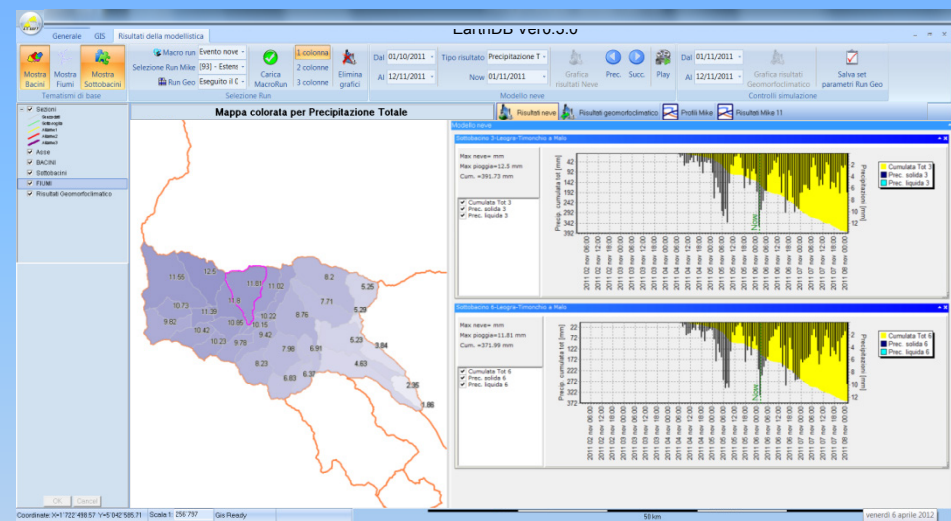
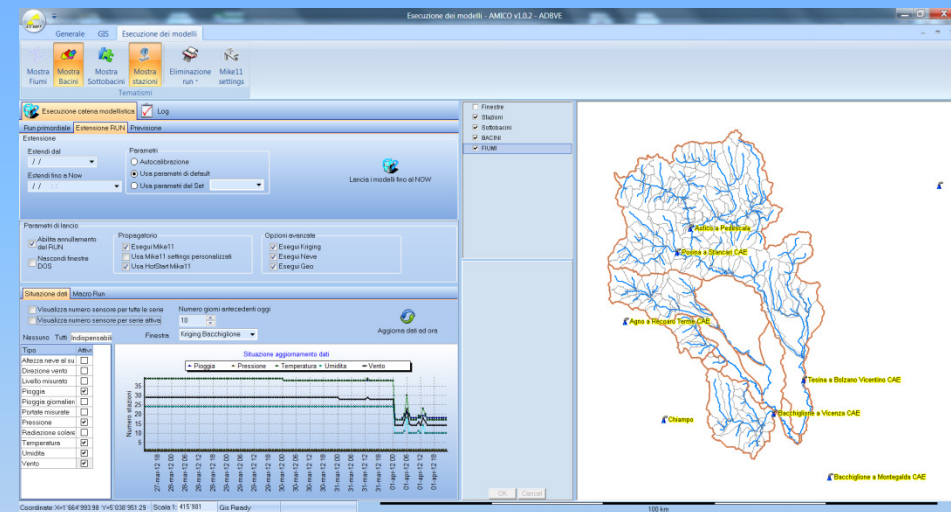
**SISTEMA PREVISIONALE MODELLISTICO IDROLOGICO E IDRAULICO**





## Il Piano di Gestione del Rischio Alluvioni

### MISURE DI PREPARAZIONE- Interventi Non Strutturali



# Il Piano di Gestione del Rischio Alluvioni

## MISURE DI PREPARAZIONE- Interventi Non Strutturali

### L'Osservatorio dei cittadini

Rete di monitoraggio WeSenseIt

**CITTADINI**



Sensori  
Sociali

Segnalazione  
di :

- Livelli
- Allagamenti
- Criticità



Sensori  
Fisici  
economici



filtro

Modellistica  
numerica per  
la gestione  
delle piene

**AUTORITA'**



Rete di monitoraggio esistente  
(Sensori Fisici)



# **Il Piano di Gestione del Rischio Alluvioni**

## **MISURE DI PREPARAZIONE- Interventi Non Strutturali**

### **L'Osservatorio dei cittadini**



**QR code**

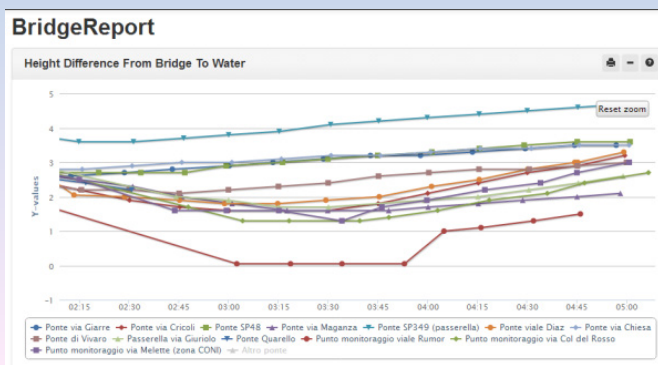


# Il Piano di Gestione del Rischio Alluvioni

## MISURE DI PREPARAZIONE- Interventi Non Strutturali

### L'Osservatorio dei cittadini

Integrazione di reti di sensori eterogenee nel modello previsionale



Miglioramento dell'affidabilità del modello predittivo tramite assimilazione di dati disomogenei nello spazio e nel tempo



# Il Piano di Gestione del Rischio Alluvioni

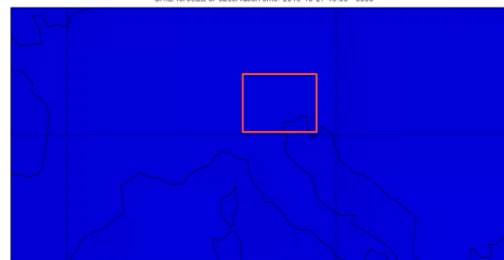
## Coltre nivale al 13-10-2018



Sensore:  
Copernicus Sentinel 3  
OLCI L1 13-10-2018

## Previsioni meteorologiche disponibili 27 ottobre 2018

Unknown Parameter 192-201-113 @ Ground or water surface layer  
GRID forecast or observation time: 2018-10-27 18:00 +0500



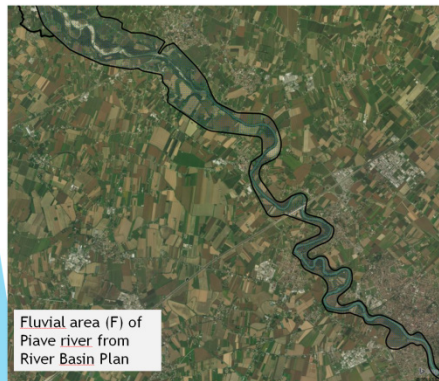
Hirlam Forecast  
Precipitation Amount  
2018-10-27-T1800  
54h animation

**beAWARE**



COSMO 5 2018102700\_72  
Cumulata 72 h da 27-10 h00

Distretto delle Alpi Orientali



Fluvial area (F) of  
Piave river from  
River Basin Plan

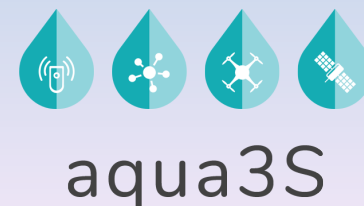


Flooded areas from  
Sentinel 2

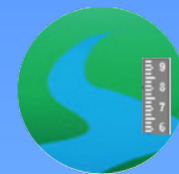
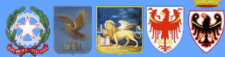


# Il Piano di Gestione del Rischio Alluvioni

- beAWARE: Enhancing decision support and management services in extreme weather climate events
- EOPEN: opEn interOperable Platform for unified access and analysis of Earth observation data
- MICS: developing metrics and instruments to evaluate citizenscience impact on the environment and society
- WeObserve: an Ecosystem of Citizen Observatories for Environmental Monitoring
- Aqua3S Enhancing Standardisation strategies to integrate innovative technologies for Safety and Security in existing water networks







Grazie per l'attenzione

**M.Ferri,**

**michele.ferri@distrettoalpiorientali.it**