



UNIVERSITÀ  
DEGLI STUDI  
FIRENZE

**DICEA**  
DIPARTIMENTO DI INGEGNERIA  
CIVILE E AMBIENTALE



Regione Toscana

## ATTIVITÀ DI RICERCA PER LA MITIGAZIONE DEL RISCHIO IDRAULICO NELLA REGIONE TOSCANA

Macroattività B - Modellazione idrologica

Attività B2:

q Modellazione idrologica caso pilota

q Implementazione modello distribuito per la Toscana MOBIDIC

Fabio Castelli (UNIFI)

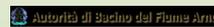


Lorenzo Gardin (Soildata)

Francesca Caparrini, Giulia Ercolani (Eumechanos)



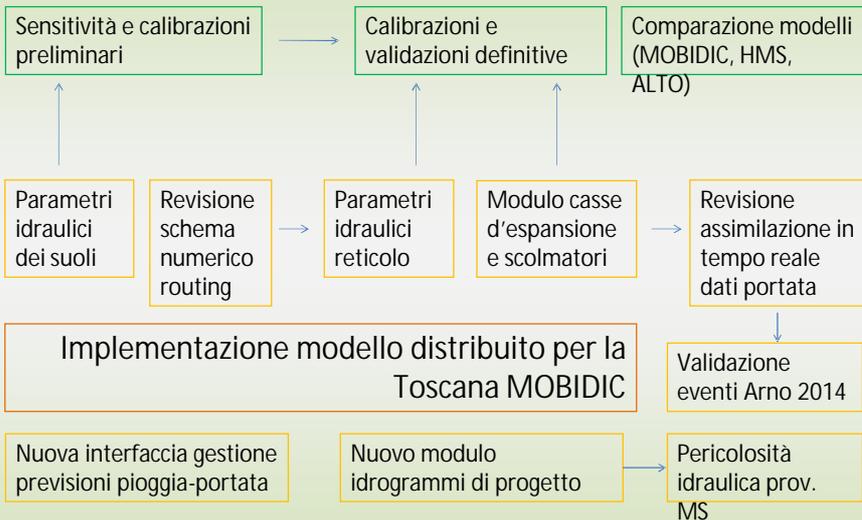
Bernardo Mazzanti (Autorità di Bacino del Fiume Arno)



Enzo Di Carlo, Alessio Turi, Francesco Piani (Servizio Idrologico Regionale)



### Modellazione idrologica caso pilota (Ombrone PT)



UNIVERSITÀ  
DEGLI STUDI  
FIRENZE

**DICEA**  
DIPARTIMENTO DI INGEGNERIA  
CIVILE E AMBIENTALE

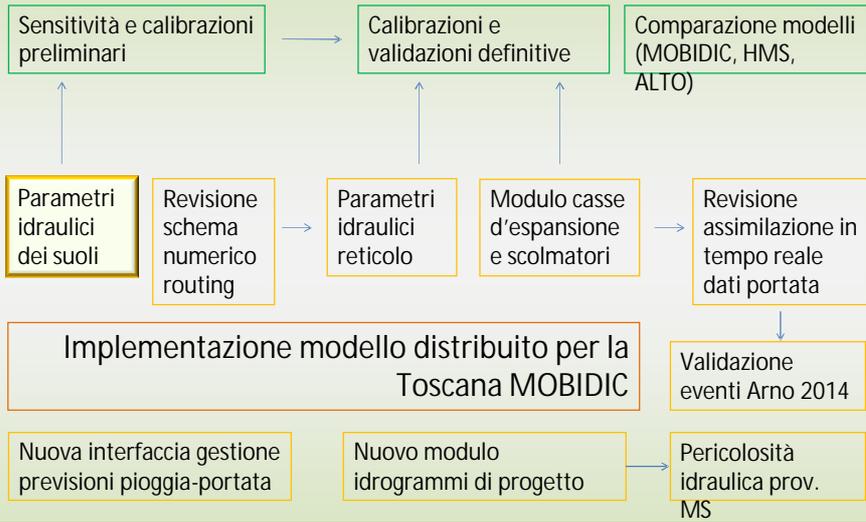
ATTIVITÀ DI RICERCA PER LA MITIGAZIONE DEL  
RISCHIO IDRAULICO NELLA REGIONE TOSCANA

- Modellazione idrologica caso pilota
- Implementazione modello distribuito per la Toscana MOBIDIC



Regione Toscana

## Modellazione idrologica caso pilota (Ombrone PT)



UNIVERSITÀ  
DEGLI STUDI  
FIRENZE

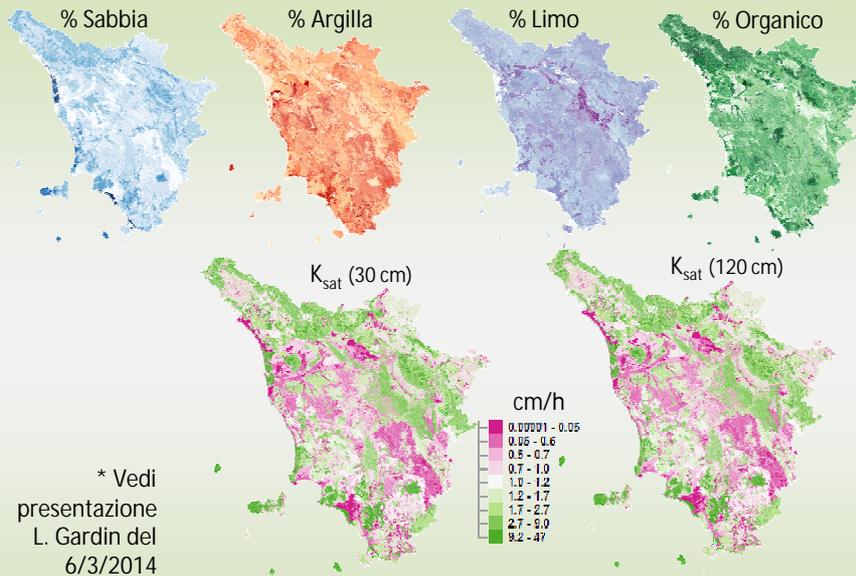
**DICEA**  
DIPARTIMENTO DI INGEGNERIA  
CIVILE E AMBIENTALE

ATTIVITÀ DI RICERCA PER LA MITIGAZIONE DEL  
RISCHIO IDRAULICO NELLA REGIONE TOSCANA

- Modellazione idrologica caso pilota
- Implementazione modello distribuito per la Toscana MOBIDIC



Regione Toscana



UNIVERSITÀ  
DEGLI STUDI  
FIRENZE

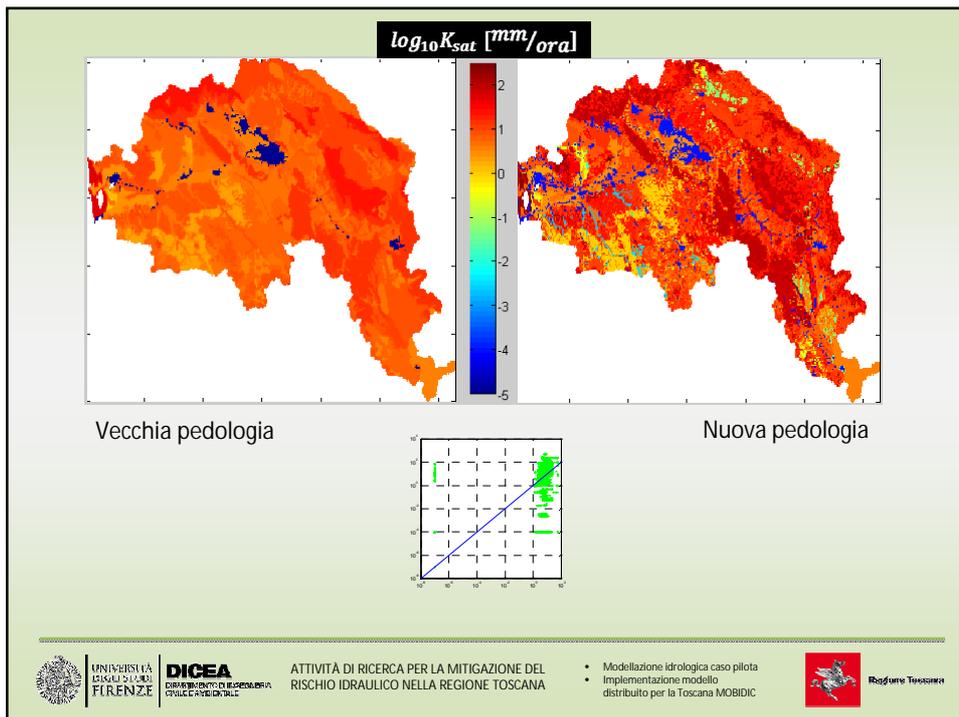
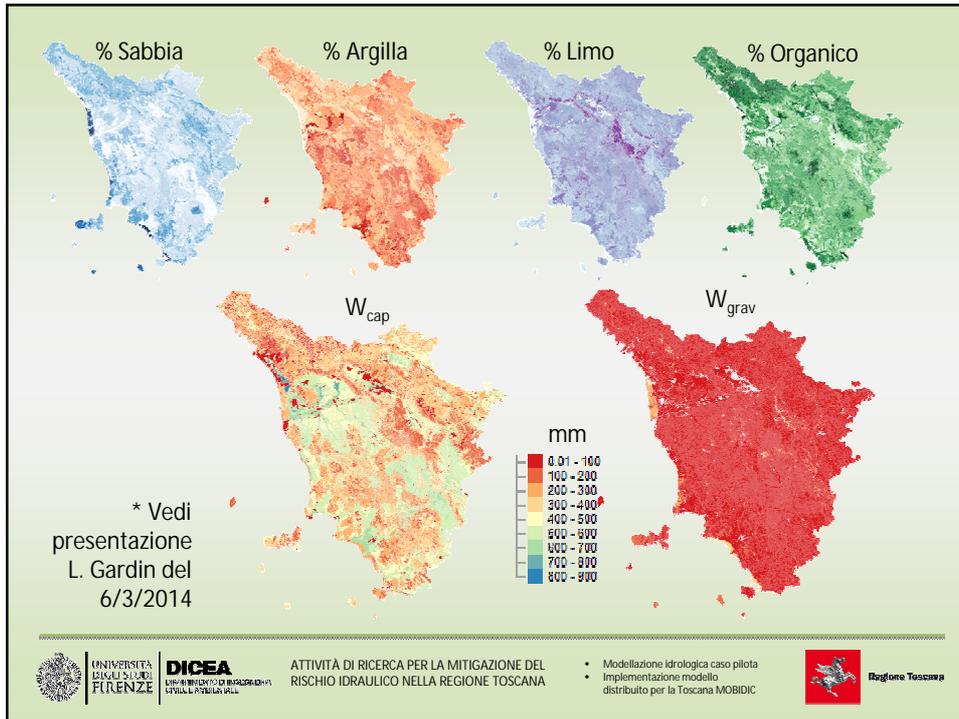
**DICEA**  
DIPARTIMENTO DI INGEGNERIA  
CIVILE E AMBIENTALE

ATTIVITÀ DI RICERCA PER LA MITIGAZIONE DEL  
RISCHIO IDRAULICO NELLA REGIONE TOSCANA

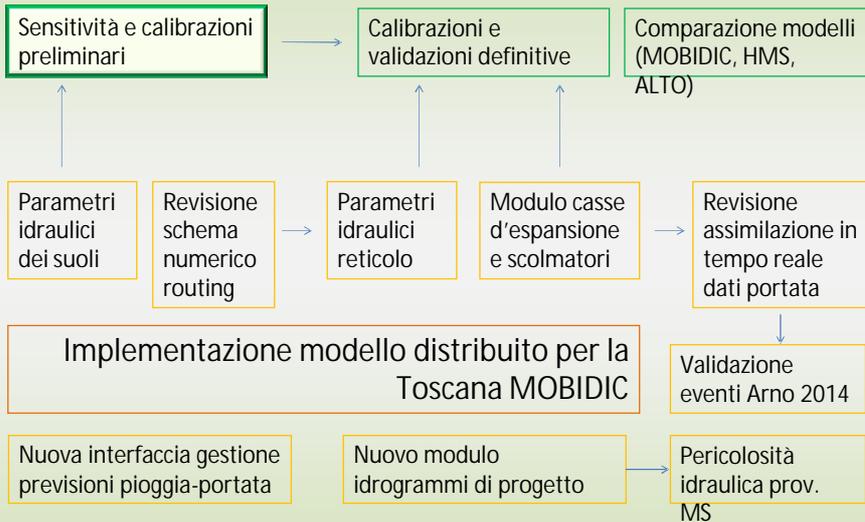
- Modellazione idrologica caso pilota
- Implementazione modello distribuito per la Toscana MOBIDIC



Regione Toscana



## Modellazione idrologica caso pilota (Ombrone PT)



UNIVERSITÀ  
DEI STUDI  
FIRENZE

**DICEA**  
DIPARTIMENTO DI INGEGNERIA  
CIVILE E AMBIENTALE

ATTIVITÀ DI RICERCA PER LA MITIGAZIONE DEL  
RISCHIO IDRAULICO NELLA REGIONE TOSCANA

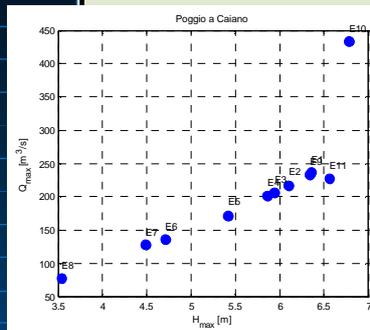
- Modellazione idrologica caso pilota
- Implementazione modello distribuito per la Toscana MOBIDIC



Regione Toscana

## Ombrone PT – Eventi calibrazione (SIR)

Data	Evento	Tipo	Poggio a Caiano H max (m szi)
18/03/2013	E1	CAL	6.36
22/12/2010	E2	VAL	6.1
15/12/2012	E3	CAL	5.94
09/12/2006	E4	VAL	5.86
01/12/2008	E5	CAL	5.42
28/11/2012	E6	VAL	4.71
16/03/2011	E7	CAL	4.49
08/08/2007	E8	VAL	3.54
25/12/2009	E9	CAL	6.34
19/11/1999	E10	scartato	6.78
21/11/2000	E11	VAL	6.56



Note: Variabilità temporale scala di deflusso Poggio a Caiano  
Scarsa affidabilità scala di deflusso Pontelungo



UNIVERSITÀ  
DEI STUDI  
FIRENZE

**DICEA**  
DIPARTIMENTO DI INGEGNERIA  
CIVILE E AMBIENTALE

ATTIVITÀ DI RICERCA PER LA MITIGAZIONE DEL  
RISCHIO IDRAULICO NELLA REGIONE TOSCANA

- Modellazione idrologica caso pilota
- Implementazione modello distribuito per la Toscana MOBIDIC



Regione Toscana

# Calibrazione $\alpha, K_{s\_mult}$

	SV	SN
$\alpha$ ( $s^{-1}$ )	2.79E-06	2.62E-06
$K_{s\_mult}$	1.28E-01	1.23E-01

Errori relativi sui termini della funzione obiettivo

		Normalized discharge RMSE in log-scale (1 - Nash-Sutcliffe in log scale)	Normalized RMSE in cumulative discharge volumes	Mean absolute error on duration curve	Absolute error on peak discharge	Weighted sum of the above
Vecchia carta dei suoli	EV1 - SV	1.296	0.430	0.237	0.0017	0.198
	EV1 - SN	1.129	0.296	0.189	2.49E-08	0.161
Nuova carta dei suoli	EV3 - SV	1.686	0.552	0.621	0.222	0.441
	EV3 - SN	1.624	0.411	0.373	0.145	0.342
	EV5 - SV	0.536	0.495	0.612	0.049	0.198
	EV5 - SN	0.628	0.739	0.701	0.064	0.251
	EV7 - SV	0.670	0.229	0.327	0.143	0.223
	EV7 - SN	0.698	0.482	0.434	0.054	0.200
	EV9 - SV	0.426	0.297	0.404	0.053	0.150
	EV9 - SN	0.505	0.435	0.551	0.054	0.187



UNIVERSITÀ  
DEGLI STUDI  
FIRENZE

**DICEA**  
DIPARTIMENTO DI INGEGNERIA  
CIVILE E AMBIENTALE

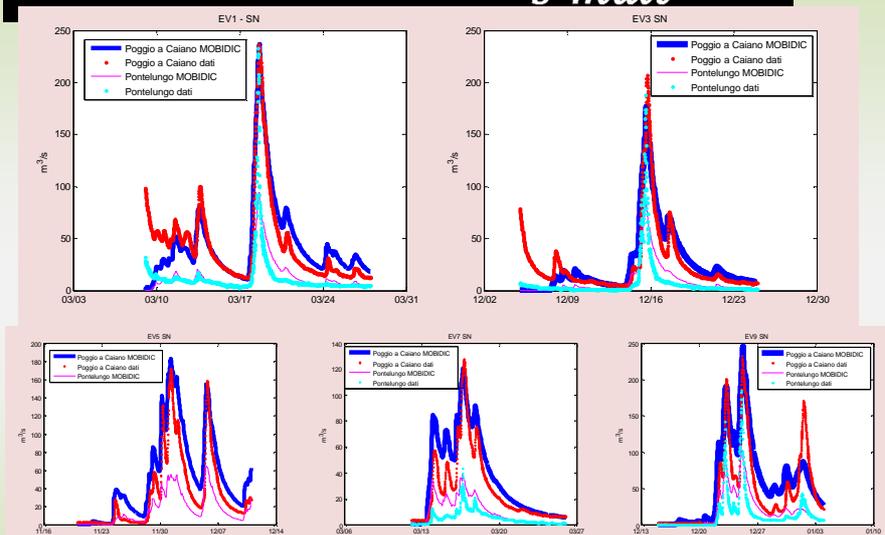
ATTIVITÀ DI RICERCA PER LA MITIGAZIONE DEL  
RISCHIO IDRAULICO NELLA REGIONE TOSCANA

- Modellazione idrologica caso pilota
- Implementazione modello distribuito per la Toscana MOBIDIC



Regione Toscana

# Calibrazione $\alpha, K_{s\_mult}$



UNIVERSITÀ  
DEGLI STUDI  
FIRENZE

**DICEA**  
DIPARTIMENTO DI INGEGNERIA  
CIVILE E AMBIENTALE

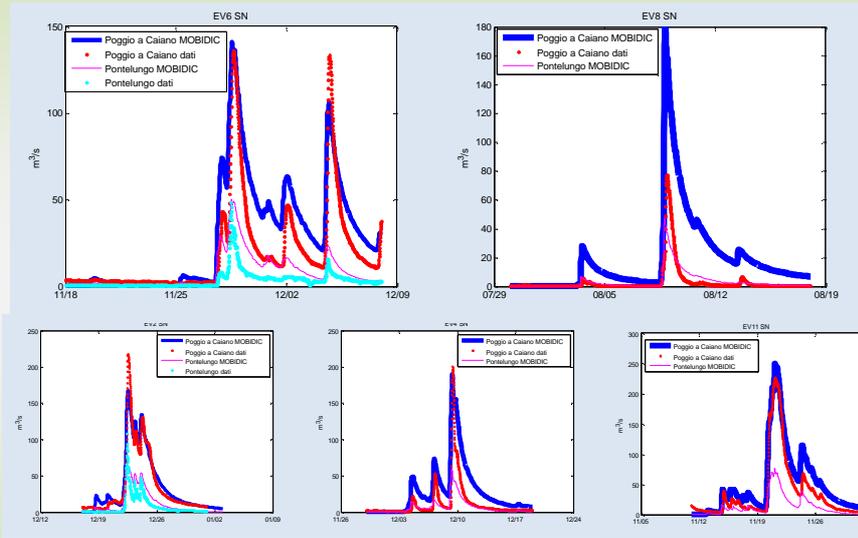
ATTIVITÀ DI RICERCA PER LA MITIGAZIONE DEL  
RISCHIO IDRAULICO NELLA REGIONE TOSCANA

- Modellazione idrologica caso pilota
- Implementazione modello distribuito per la Toscana MOBIDIC



Regione Toscana

# Validazione su EV 2, 4, 6, 8, 11



UNIVERSITÀ  
DEGLI STUDI  
FIRENZE

**DICEA**  
DIPARTIMENTO DI INGEGNERIA  
CIVILE E AMBIENTALE

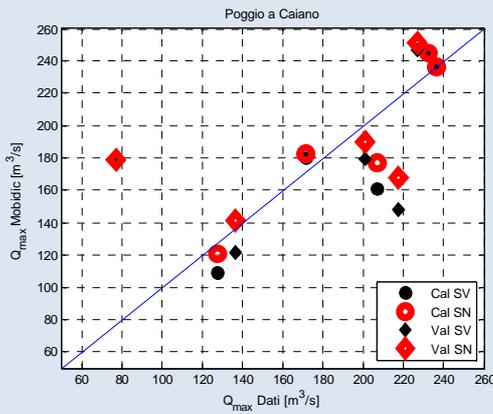
ATTIVITÀ DI RICERCA PER LA MITIGAZIONE DEL  
RISCHIO IDRAULICO NELLA REGIONE TOSкана

- Modellazione idrologica caso pilota
- Implementazione modello distribuito per la Toscana MOBIDIC



Regione Toscana

## Calibrazione vs. Validazione



		RMSE (m³/s)	BIAS (m³/s)	R²
SV	Cal	23.85	-8.75	0.827
	Val	63.96	3.22	0.129
	Val*	36.73	-21.59	0.538
SN	Cal	17.19	-2.69	0.886
	Val	55.92	13.87	0.245
	Val*	31.21	-8.03	0.569

\* Escluso  
evento  
estivo



UNIVERSITÀ  
DEGLI STUDI  
FIRENZE

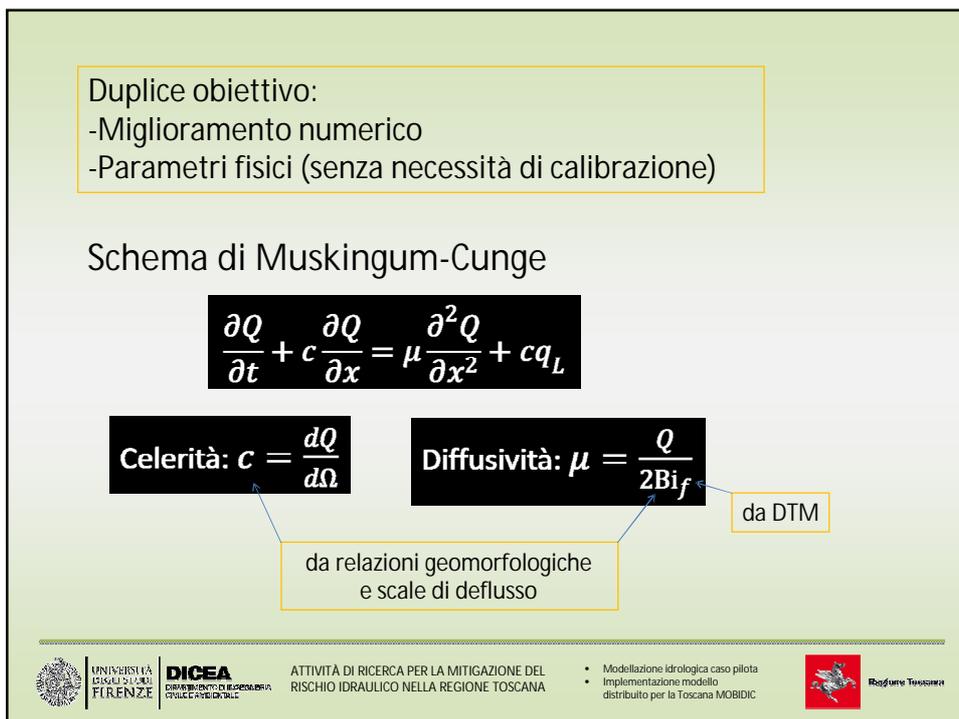
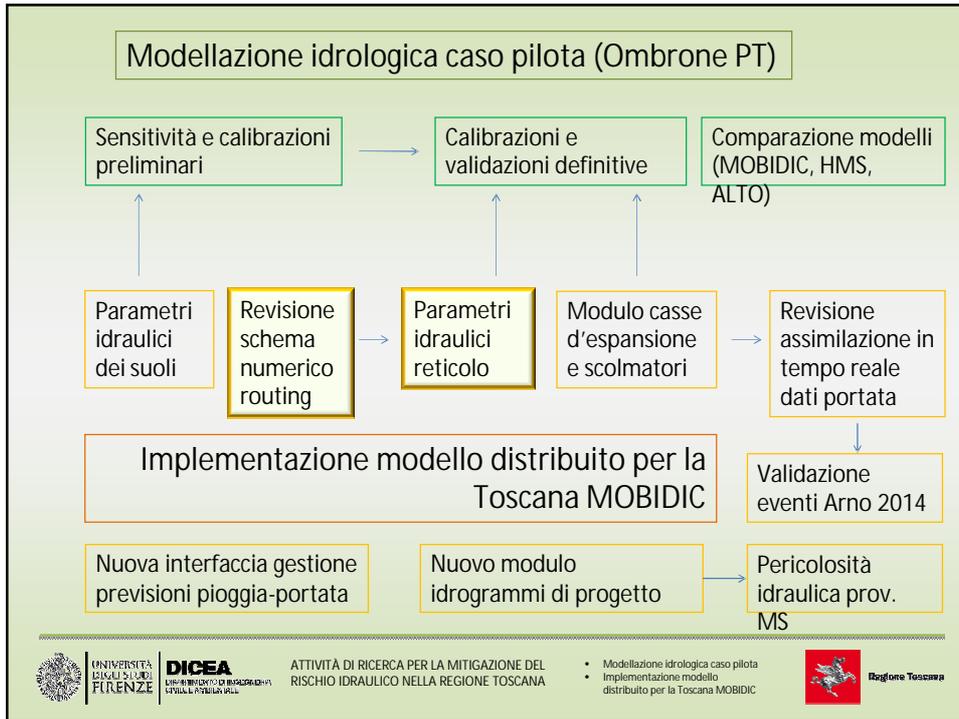
**DICEA**  
DIPARTIMENTO DI INGEGNERIA  
CIVILE E AMBIENTALE

ATTIVITÀ DI RICERCA PER LA MITIGAZIONE DEL  
RISCHIO IDRAULICO NELLA REGIONE TOSкана

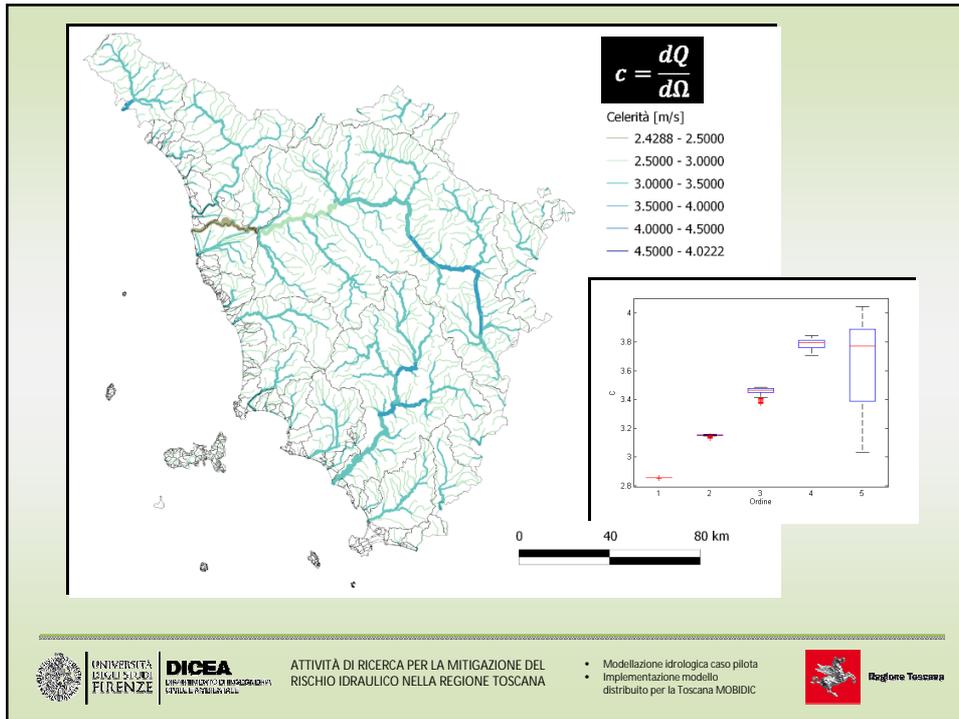
- Modellazione idrologica caso pilota
- Implementazione modello distribuito per la Toscana MOBIDIC



Regione Toscana







UNIVERSITÀ  
DEGLI STUDI  
FIRENZE

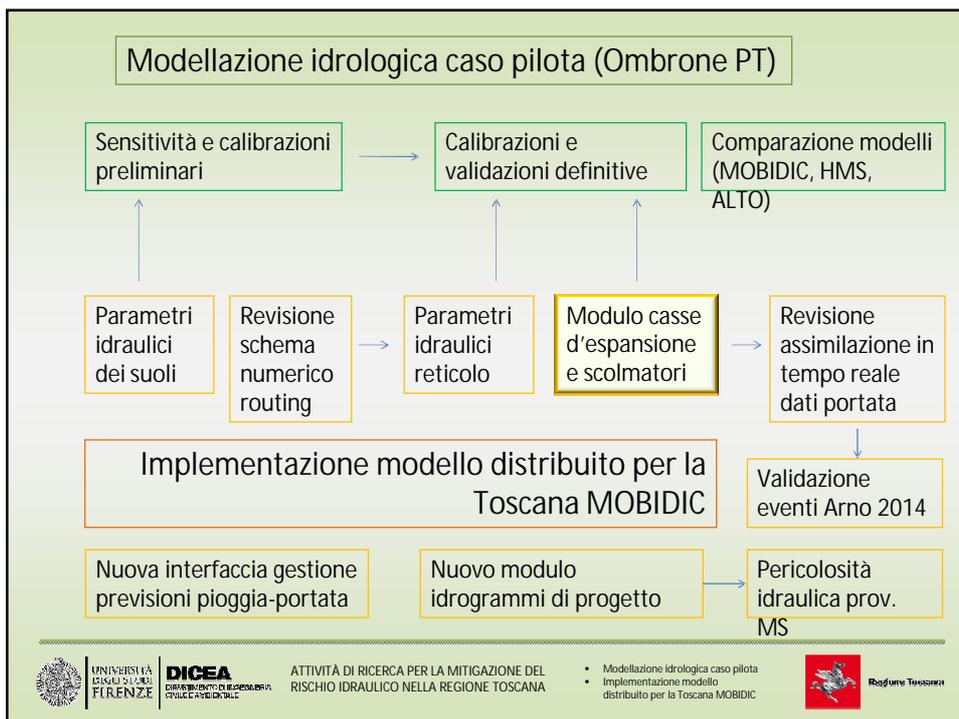
**DICEA**  
DIPARTIMENTO DI INGEGNERIA  
CIVILE E AMBIENTALE

ATTIVITÀ DI RICERCA PER LA MITIGAZIONE DEL  
RISCHIO IDRAULICO NELLA REGIONE TOSCANA

- Modellazione idrologica caso pilota
- Implementazione modello distribuito per la Toscana MOBIDIC



Regione Toscana



UNIVERSITÀ  
DEGLI STUDI  
FIRENZE

**DICEA**  
DIPARTIMENTO DI INGEGNERIA  
CIVILE E AMBIENTALE

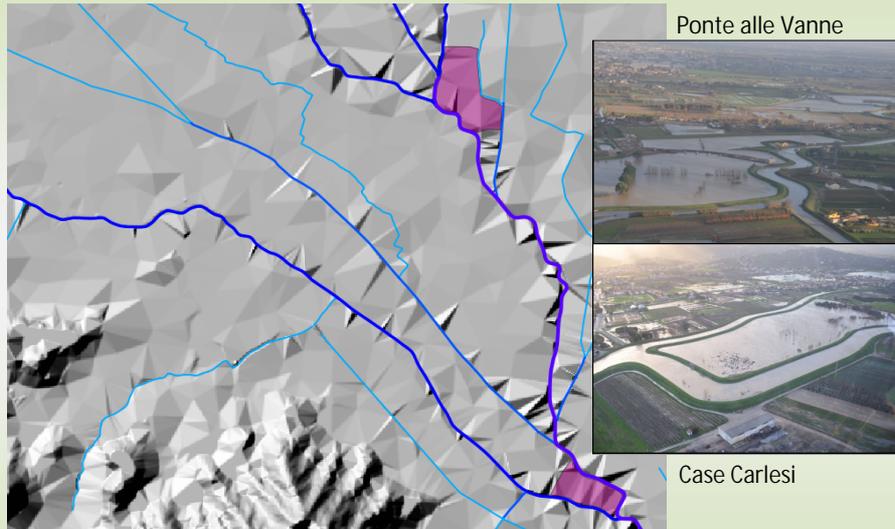
ATTIVITÀ DI RICERCA PER LA MITIGAZIONE DEL  
RISCHIO IDRAULICO NELLA REGIONE TOSCANA

- Modellazione idrologica caso pilota
- Implementazione modello distribuito per la Toscana MOBIDIC



Regione Toscana

## Casse d'espansione e scolmatori



UNIVERSITÀ  
DEGLI STUDI  
FIRENZE

**DICEA**  
DIPARTIMENTO DI INGEGNERIA  
CIVILE E AMBIENTALE

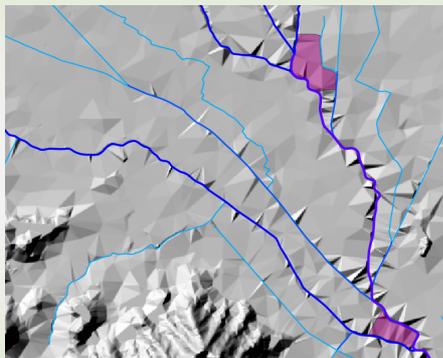
ATTIVITÀ DI RICERCA PER LA MITIGAZIONE DEL  
RISCHIO IDRAULICO NELLA REGIONE TOSCANA

- Modellazione idrologica caso pilota
- Implementazione modello distribuito per la Toscana MOBIDIC



Regione Toscana

## Casse d'espansione e scolmatori



### Dati richiesti

- Poligono cassa
- Posizione sfioratore
- Legge di sfioro  
 $Q_{in} = f(Q_{monte}, h_{cassa})$
- Posizione scarico
- Legge di restituzione  
 $Q_{out} = f(Q_{valle}, h_{cassa})$
- Livello di massimo invaso
- Legge d'invaso  $V(h_{cassa})$ 
  - in forma parametrica, o ..
  - Calcolata automaticamente da DTM



UNIVERSITÀ  
DEGLI STUDI  
FIRENZE

**DICEA**  
DIPARTIMENTO DI INGEGNERIA  
CIVILE E AMBIENTALE

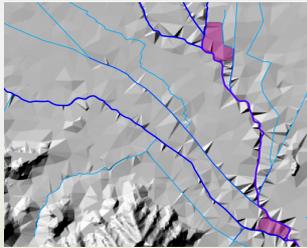
ATTIVITÀ DI RICERCA PER LA MITIGAZIONE DEL  
RISCHIO IDRAULICO NELLA REGIONE TOSCANA

- Modellazione idrologica caso pilota
- Implementazione modello distribuito per la Toscana MOBIDIC



Regione Toscana

# Casse d'espansione e scolmatori



```

OmbronePT_Casse.cfm - Blocco note
File Modifica Formato Visualizza ?
param_shapefile.casse /mobidic2/work/Ombrone_PT/geodati/OmbronePT_casse.shp
param_tablefile.casse /mobidic2/work/Ombrone_PT/geodati/OmbronePT_casse.dbf
tablefile_key1.casse ID_CASSA
param_value.ncassetot 2

# Case Carlesi
cassa.id 01
cassa.coordx 1663023
cassa.coordy 4856352
cassa.zmax 40.9
INCLUDE /mobidic2/work/Ombrone_PT/geodati/Case_Carlesi_in.cfm
cassa.coordxout 1663281
cassa.coordyout 4856095
INCLUDE /mobidic2/work/Ombrone_PT/geodati/Case_Carlesi_out.cfm

# Ponte alle Vanne
cassa.id 02
cassa.coordx 1661850
cassa.coordy 4859310
cassa.zmax 43.9
INCLUDE /mobidic2/work/Ombrone_PT/geodati/Ponte_alle_Vanne_in.cfm
cassa.coordxout 1662088
cassa.coordyout 4859147
INCLUDE /mobidic2/work/Ombrone_PT/geodati/Ponte_alle_Vanne_out.cfm
    
```

```

Ponte_alle_Vanne_in.cfm - ...
File Modifica Formato Visualizza ?
cassa.regdata 01/01/2006
cassa.regqa 0.0
cassa.regqa 100.0
cassa.regqa 101.0
cassa.regqa 300.0

cassa.regqs 0.0
cassa.regqs 0.0
cassa.regqs 0.5
cassa.regqs 100.0
    
```

```

Ponte_alle_Vanne_out.cfm - Bl...
File Modifica Formato Visualizza ?
cassa.regdataout 01/01/2006
cassa.regkout 35.4
cassa.regkout 0.0
cassa.regkout 43.9
cassa.regkout 10.0
    
```



UNIVERSITÀ  
DELLA  
FIRENZE

**DICEA**  
DIPARTIMENTO DI INGEGNERIA  
CIVILE E AMBIENTALE

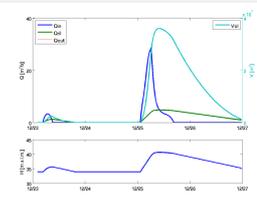
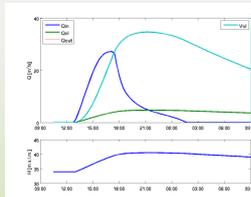
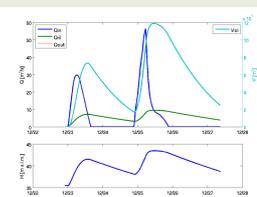
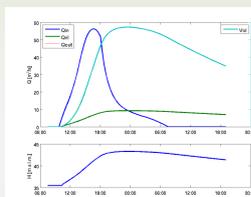
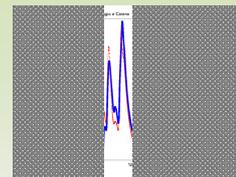
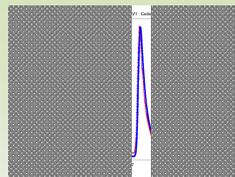
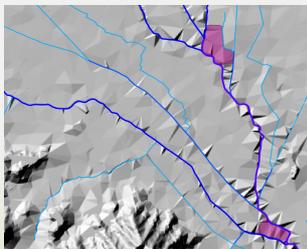
ATTIVITÀ DI RICERCA PER LA MITIGAZIONE DEL  
RISCHIO IDRAULICO NELLA REGIONE TOSкана

- Modellazione idrologica caso pilota
- Implementazione modello distribuito per la Toscana MOBIDIC



Regione Toscana

# Esempi di funzionamento su due eventi di calibrazione



UNIVERSITÀ  
DELLA  
FIRENZE

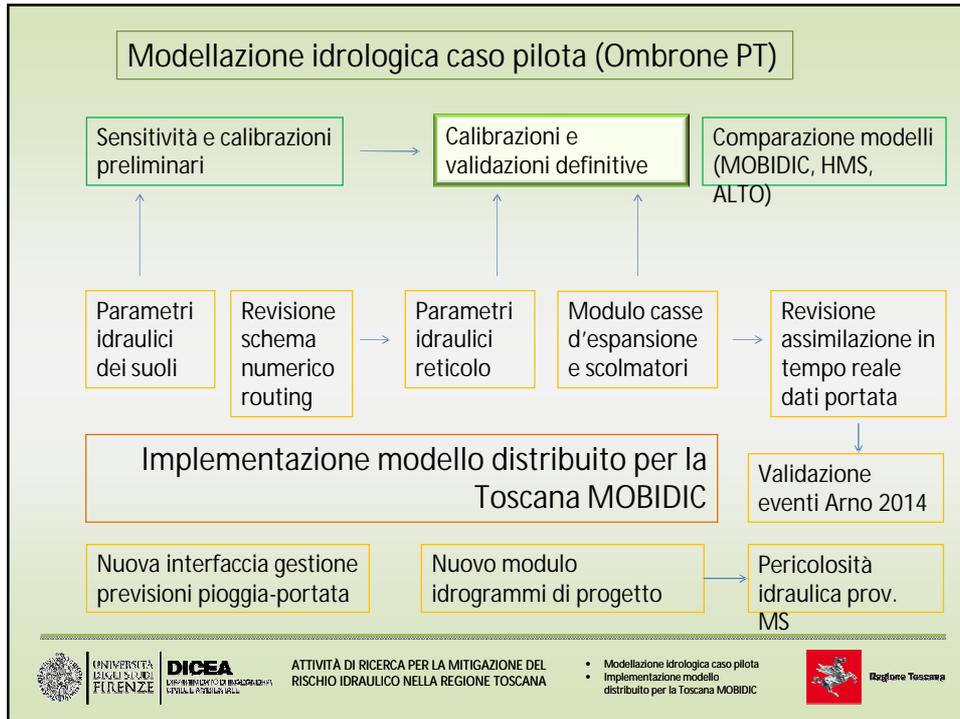
**DICEA**  
DIPARTIMENTO DI INGEGNERIA  
CIVILE E AMBIENTALE

ATTIVITÀ DI RICERCA PER LA MITIGAZIONE DEL  
RISCHIO IDRAULICO NELLA REGIONE TOSкана

- Modellazione idrologica caso pilota
- Implementazione modello distribuito per la Toscana MOBIDIC



Regione Toscana



Stima su base fisica, non più calibrati!

	#	Parameter	Range	
Condizioni Iniziali {	1	initinfo.wcsat	0.05	0.95
	2	initinfo.wgsat	0.05	0.95
Reticolo {	3	param_value.celerfac	1	
	4	param_value.chafac__	1	
Vegetazione {	5	param_value.CHfac__	1	
	6	param_value.wg_molti	1	
Suolo {	7	param_value.wc_molti	1	
	8	param_value.ks_molti	1	
Celerità versanti	9	param_value.alpha__	1.0e-6	1.0e-4
Deflusso ipodermico	10	param_value.beta__	1.0e-7	1.0e-5
Assorbimento	11	param_value.kappa__	1.0e-7	1.0e-5
Percolazione verso le falde	12	param_value.gamma__	1.0e-8	1.0e-6

### Obiettivi

1	Normalized discharge RMSE in log-scale (1-Nash-Sutcliffe in log scale)
2	Normalized RMSE in cumulative discharge volumes
3	Mean absolute error on duration curve
4	Absolute error on peak discharge
5	Weighted sum of the above

UNIVERSITÀ DEGLI STUDI FIRENZE     
 **DICEA** DIVISIONE DI INGEGNERIA CIVILE E AMBIENTALE     
 ATTIVITÀ DI RICERCA PER LA MITIGAZIONE DEL RISCHIO IDRAULICO NELLA REGIONE TOSCANA     
 • Modellazione idrologica caso pilota • Implementazione modello distribuito per la Toscana MOBIDIC     
 Regione Toscana

Calibrazione/Validazione in due passi:

1. Calibrazione complessiva parametri globali con condizioni iniziali uguali per tutti gli eventi (solo eventi di calibrazione).
2. Ottimizzazione condizioni iniziali per verifica (tutti gli eventi).



UNIVERSITÀ  
DEGLI STUDI  
FIRENZE

**DICEA**  
DIPARTIMENTO DI INGEGNERIA  
CIVILE E AMBIENTALE

ATTIVITÀ DI RICERCA PER LA MITIGAZIONE DEL  
RISCHIO IDRAULICO NELLA REGIONE TOSCANA

- Modellazione idrologica caso pilota
- Implementazione modello distribuito per la Toscana MOBIDIC



Regione Toscana

Calibrazione/Validazione in due passi:

1. Calibrazione complessiva parametri globali con condizioni iniziali uguali per tutti gli eventi (solo eventi di calibrazione).
2. Ottimizzazione condizioni iniziali per verifica (tutti gli eventi).

	$\alpha^{-1}$ [ore]	$\beta^{-1}$ [ore]	$\kappa^{-1}$ [giorni]	$\gamma^{-1}$ [giorni]
EV1	24.14	37.74	152.23	38.16
EV3	17.3	35.30	127.99	26.26
EV5	23.48	39.31	76.07	27.44
EV7	23.48	39.31	76.07	27.44
EV9	23.48	39.31	76.07	27.44
<b>Complessivo</b>	<b>23.48</b>	<b>39.31</b>	<b>76.07</b>	<b>27.44</b>

$$W_{c0}/W_{cmax} = W_{g0}/W_{gmax} = 0.2$$



UNIVERSITÀ  
DEGLI STUDI  
FIRENZE

**DICEA**  
DIPARTIMENTO DI INGEGNERIA  
CIVILE E AMBIENTALE

ATTIVITÀ DI RICERCA PER LA MITIGAZIONE DEL  
RISCHIO IDRAULICO NELLA REGIONE TOSCANA

- Modellazione idrologica caso pilota
- Implementazione modello distribuito per la Toscana MOBIDIC



Regione Toscana

Calibrazione/Validazione in due passi:

1. Calibrazione complessiva parametri globali con condizioni iniziali uguali per tutti gli eventi (solo eventi di calibrazione).
2. Ottimizzazione condizioni iniziali per verifica (tutti gli eventi).

	$W_{cd}/W_{cmax}$ ottimali	$W_{gd}/W_{gmax}$ ottimali	$Q_{max}$ MOBIDIC [m <sup>3</sup> /s] (cond. Iniz. medie)	$\Delta\%$	$Q_{max}$ MOBIDIC [m <sup>3</sup> /s] (cond. Iniz. ottimali)	$\Delta\%$	$Q_{max}$ Dati [m <sup>3</sup> /s]
EV1	0.555	0.058	219.00	-7.4%	235.52	-0.4%	236.47
EV2	0.950	0.950	217.16	67.7%	199.18	53.8%	129.50
EV3	0.753	0.753	163.28	-21.0%	191.71	-7.2%	206.63
EV4	0.826	0.774	146.33	-27.2%	200.97	0.0%	200.97
EV5	0.159	0.059	173.98	1.4%	171.27	-0.2%	171.60
EV6	0.843	0.620	99.83	-26.8%	135.76	-0.4%	136.37
EV7	0.747	0.137	96.20	-24.5%	127.24	-0.1%	127.38
EV8	0.069	0.059	119.01	53.9%	118.27	52.9%	77.34
EV9	0.069	0.059	257.20	10.6%	245.42	5.6%	232.50
EV11*	0.050	0.050	269.75	18.9%	262.2	15.6%	226.78

\*Senza funzionamento casse



UNIVERSITÀ  
DEGLI STUDI  
FIRENZE

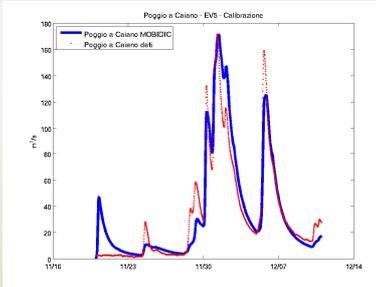
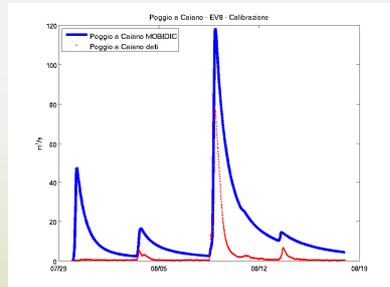
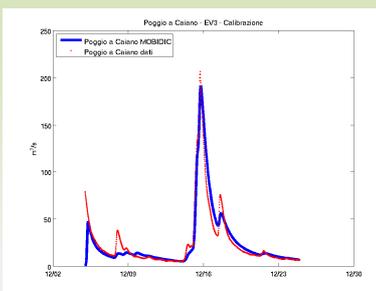
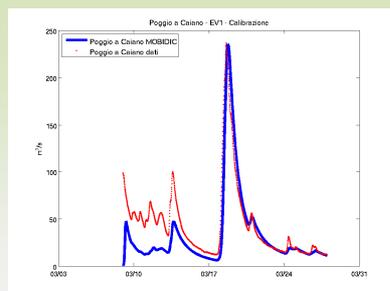
**DICEA**  
DIPARTIMENTO DI INGEGNERIA  
CIVILE E AMBIENTALE

ATTIVITÀ DI RICERCA PER LA MITIGAZIONE DEL  
RISCHIO IDRAULICO NELLA REGIONE TOSCANA

- Modellazione idrologica caso pilota
- Implementazione modello distribuito per la Toscana MOBIDIC



Regione Toscana



UNIVERSITÀ  
DEGLI STUDI  
FIRENZE

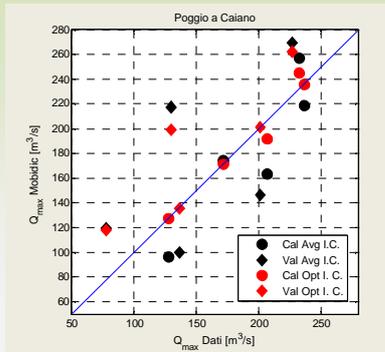
**DICEA**  
DIPARTIMENTO DI INGEGNERIA  
CIVILE E AMBIENTALE

ATTIVITÀ DI RICERCA PER LA MITIGAZIONE DEL  
RISCHIO IDRAULICO NELLA REGIONE TOSCANA

- Modellazione idrologica caso pilota
- Implementazione modello distribuito per la Toscana MOBIDIC



Regione Toscana



		RMSE (m <sup>3</sup> /s)	BIAS (m <sup>3</sup> /s)	R <sup>2</sup>
Condizioni iniziali medie	Cal	27.06	-12.98	0.651
	Val	59.73	16.22	0.001
	Cal&Val	46.35	1.62	<b>0.279</b>
Condizioni iniziali ottimali	Cal	9.85	-0.68	0.954
	Val	29.82	29.08	<b>0.751</b>
	Cal&Val	26.16	1.62	<b>0.770</b>
Preliminare	Val	55.92	13.87	0.245



UNIVERSITÀ  
DEGLI STUDI  
FIRENZE

**DICEA**  
DIPARTIMENTO DI INGEGNERIA  
CIVILE E AMBIENTALE

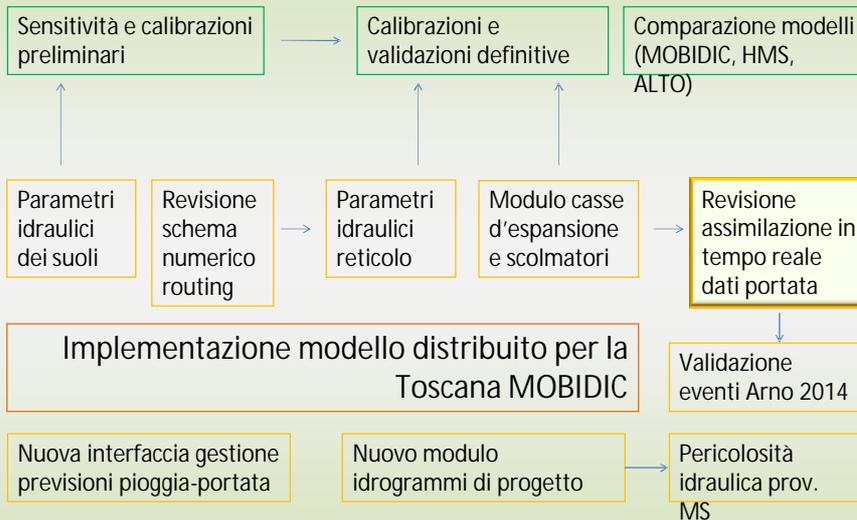
ATTIVITÀ DI RICERCA PER LA MITIGAZIONE DEL  
RISCHIO IDRAULICO NELLA REGIONE TOSCANA

- Modellazione idrologica caso pilota
- Implementazione modello distribuito per la Toscana MOBIDIC



Regione Toscana

### Modellazione idrologica caso pilota (Ombrone PT)



UNIVERSITÀ  
DEGLI STUDI  
FIRENZE

**DICEA**  
DIPARTIMENTO DI INGEGNERIA  
CIVILE E AMBIENTALE

ATTIVITÀ DI RICERCA PER LA MITIGAZIONE DEL  
RISCHIO IDRAULICO NELLA REGIONE TOSCANA

- Modellazione idrologica caso pilota
- Implementazione modello distribuito per la Toscana MOBIDIC



Regione Toscana

### Filtri Bayesiani Sequenziali

Obiettivo di un Filtro Sequenziale Ottimale è la stima della distribuzione di probabilità degli stati condizionata alle osservazioni:

$$p(x_{1:n}|y_{1:n}) = \frac{p(x_{1:n}, y_{1:n})}{p(y_{1:n})}$$

La stima viene di solito scomposta nei due passi fondamentali:

PREVISIONE  

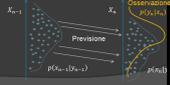
$$p(x_n|y_{1:n-1}) = \int p(x) p(x_{n-1}|y_{1:n-1}) p(x_n|x_{n-1}) dx$$

AGGIORNAMENTO  

$$p(x_n|y_{1:n}) = \frac{p(x_n|y_{1:n-1}) p(y_n|x_n)}{p(y_n)}$$

### Metodi Montecarlo

Le formule esatte del Filtro Bayesiano Sequenziale sono utilizzabili direttamente solo in casi molto semplici (modelli e misure lineari, distribuzioni Gaussiane...). In alternativa si utilizzano i metodi Montecarlo (distribuzioni approssimate tramite frequenze campionarie di un elevato numero di simulazioni stocastiche).

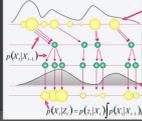


### Problemi del metodo Montecarlo standard

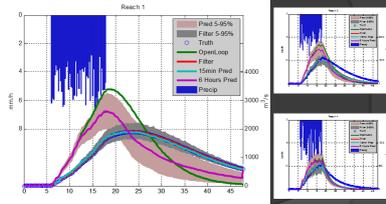
- Numero di simulazioni proibito
- Numero di punti tende a zero

### Particle Filter

Meno simulazioni (particles)



### Esperimento 1: Celerità di routing del modello errato di +50%



UNIVERSITÀ  
 FISICA  
 FIRENZE

DICEA  
 DIPARTIMENTO DI INGEGNERIA  
 CIVILE E AMBIENTALE

ATTIVITÀ DI RICERCA PER LA MITIGAZIONE DEL  
 RISCHIO IDRAULICO NELLA REGIONE TOSкана

- Modellazione idrologica caso pilota
- Implementazione modello distribuito per la Toscana MOBIDIC

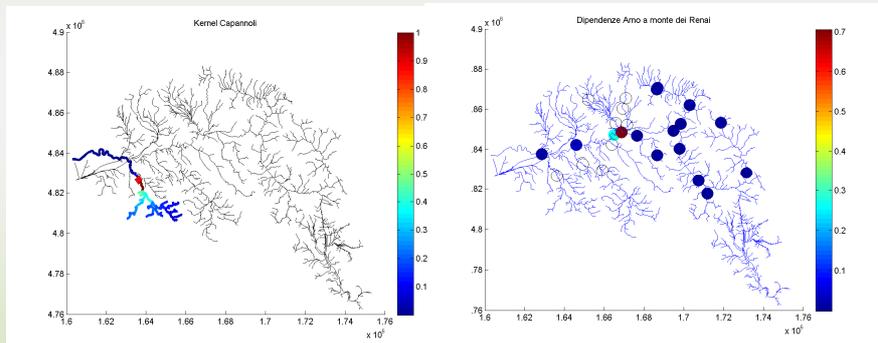


Regione Toscana

Propagazione verso monte delle correzioni sulle sezioni con scala di deflusso: Kernel spaziale asimmetrico 'lungo rete' (e riflesso sui versanti)

$$\Delta Q(\hat{x}) = \sum_i K(\hat{x}, \hat{x}_i) \Delta Q(\hat{x}_i)$$

$$K(\hat{x}, \hat{x}_i) = \exp\left(-\frac{\alpha_{up,down}}{\Delta t} \int_{\hat{x}_i}^{\hat{x}} \frac{ds}{C(s)}\right)$$



UNIVERSITÀ  
 FISICA  
 FIRENZE

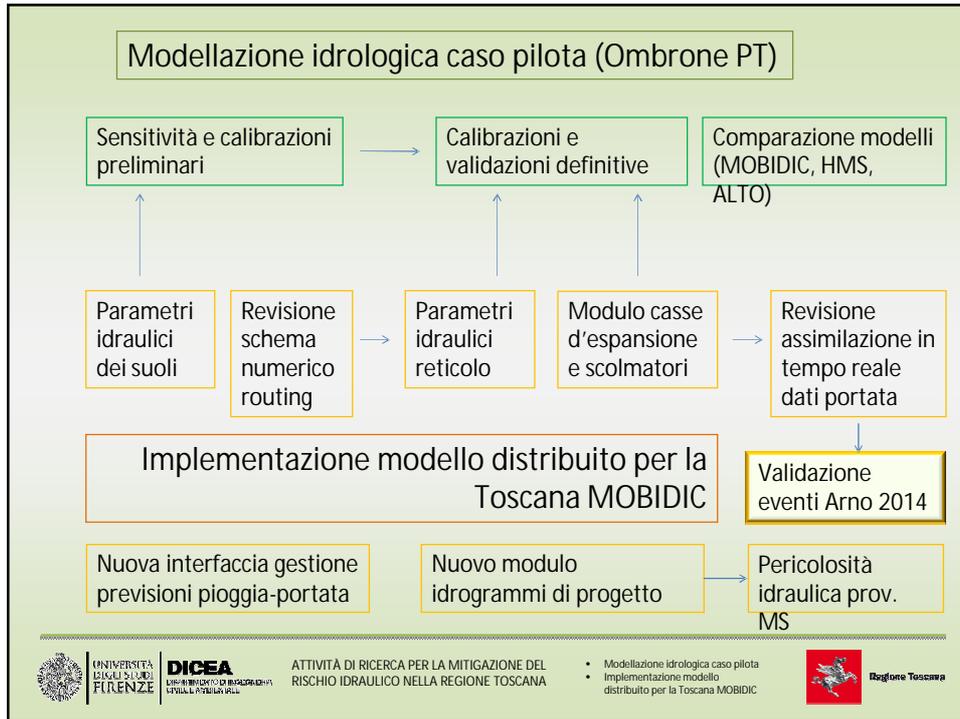
DICEA  
 DIPARTIMENTO DI INGEGNERIA  
 CIVILE E AMBIENTALE

ATTIVITÀ DI RICERCA PER LA MITIGAZIONE DEL  
 RISCHIO IDRAULICO NELLA REGIONE TOSкана

- Modellazione idrologica caso pilota
- Implementazione modello distribuito per la Toscana MOBIDIC



Regione Toscana

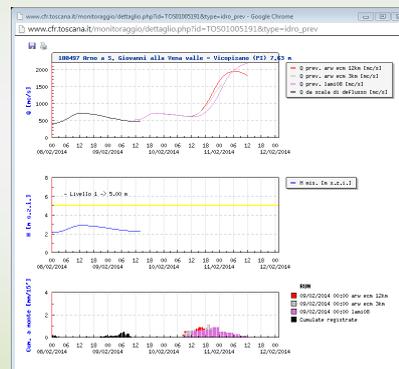


## Verifica dei nuovi schemi e parametri – evento del 10/11-02-2013 nel bacino dell'Arno

q Simulazione previsioni meteo 'perfette'.

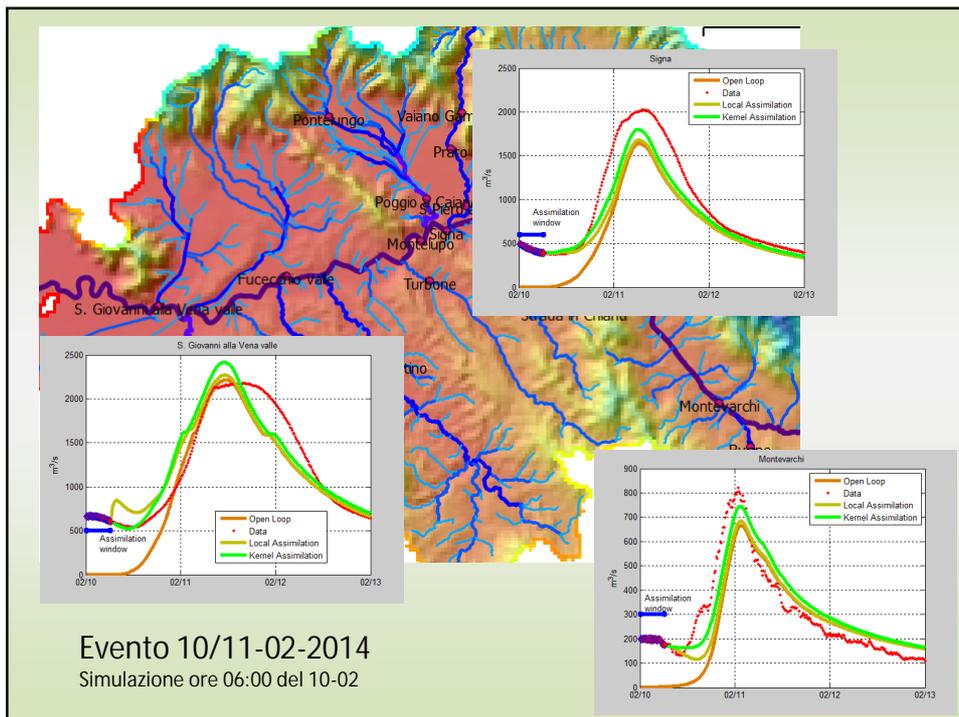
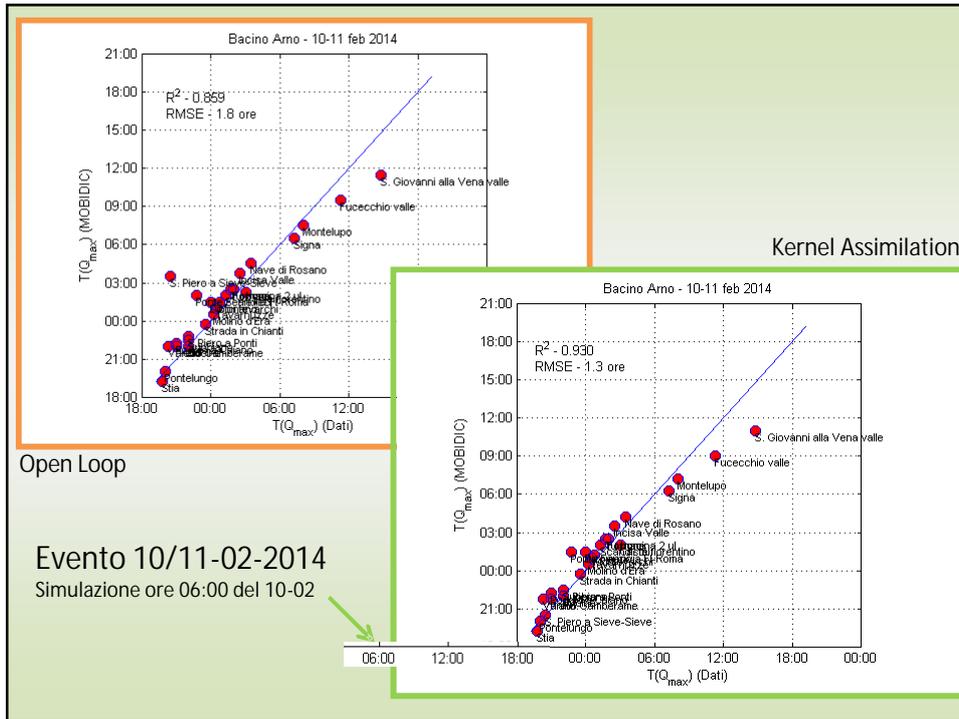
q Parametri da calibrazione Ombrone PT.

q Condizioni iniziali incognite (partenza a freddo).



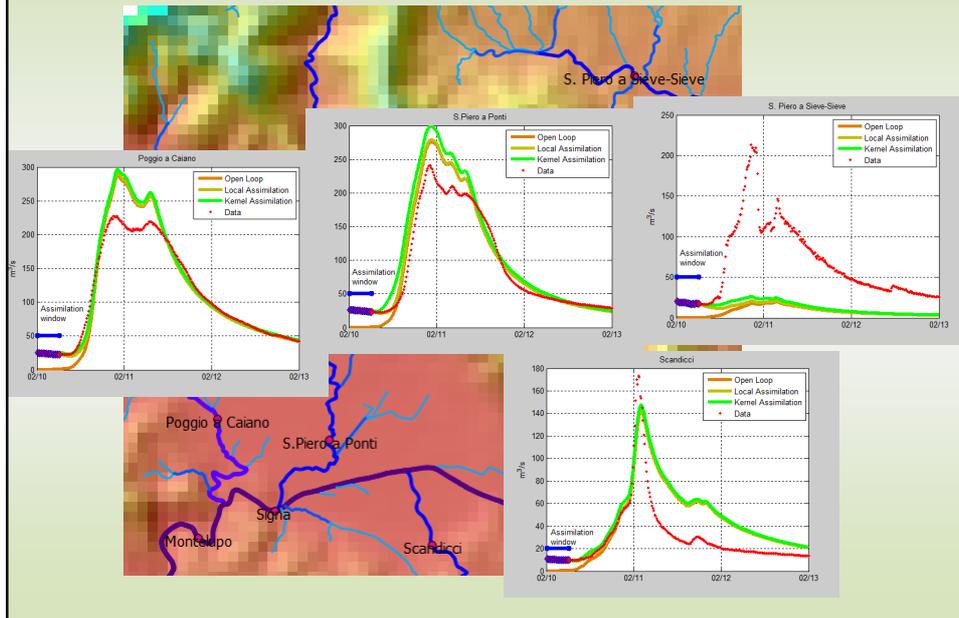
Snapshot dal sito CFRT alle 15:00 del 9/2





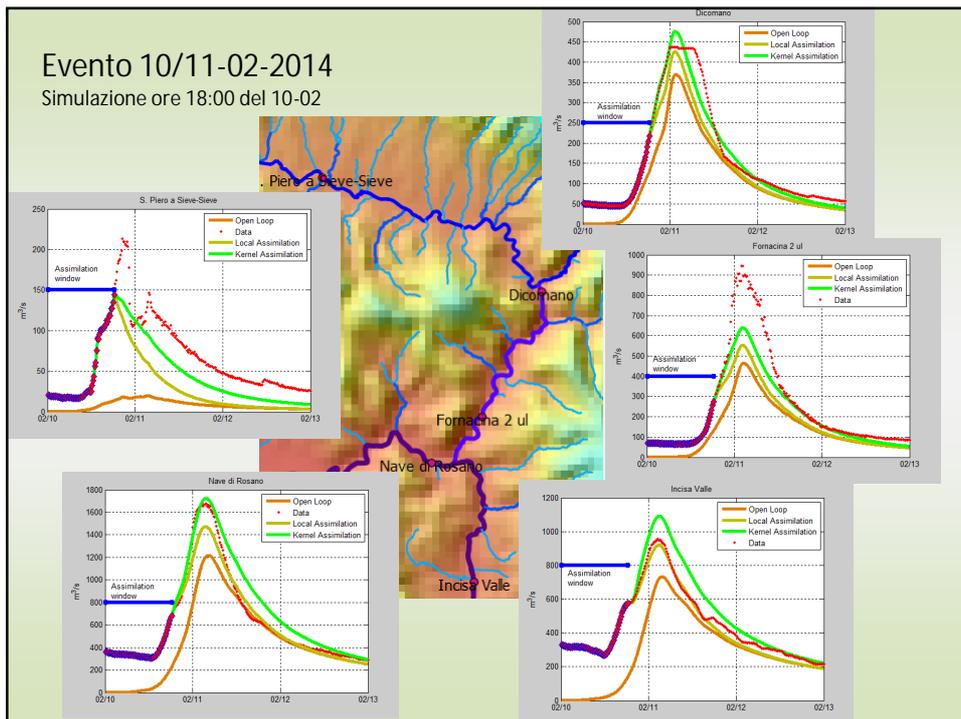
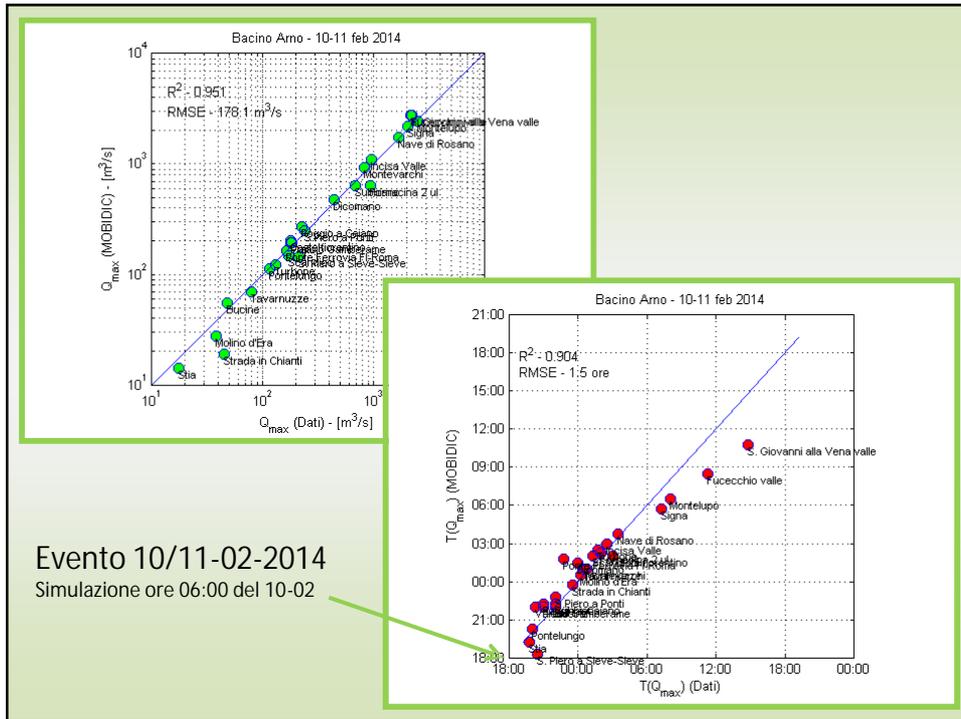
## Evento 10/11-02-2014

Simulazione ore 06:00 del 10-02

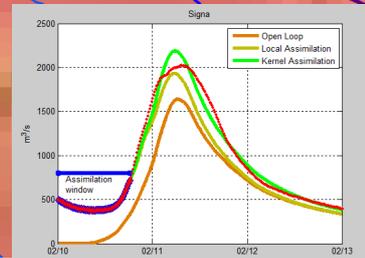
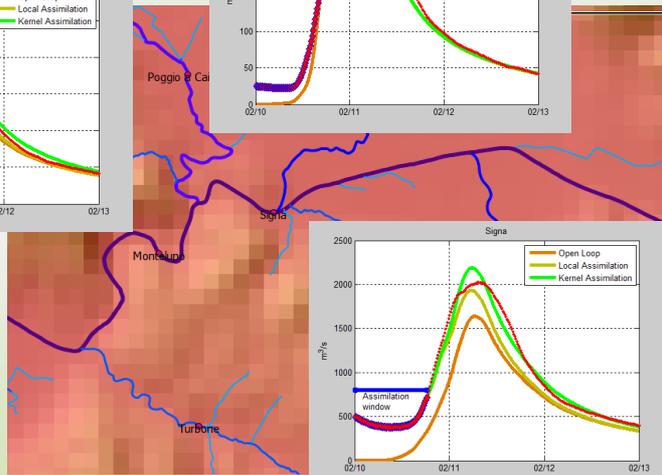
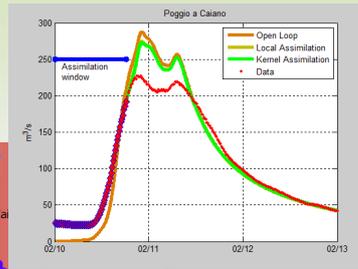
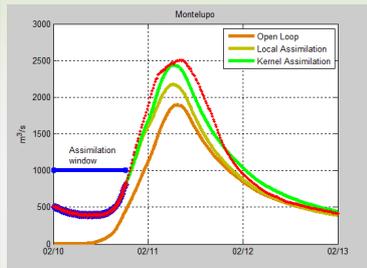


## Evento 10/11-02-2014

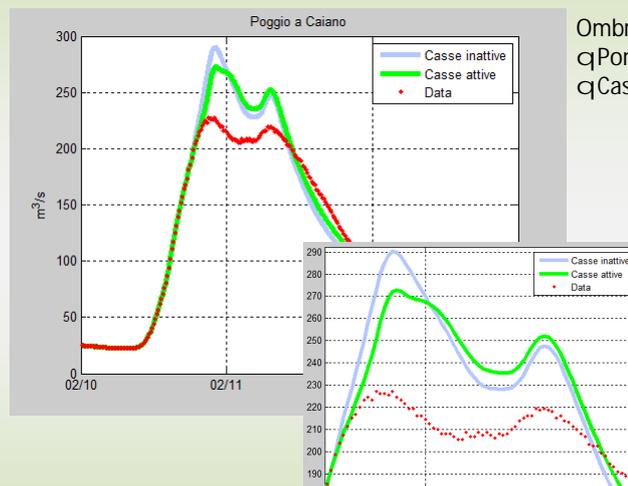
Simulazione ore 18:00 del 10-02



Evento 10/11-02-2014  
 Simulazione ore 18:00 del 10-02



Evento 10/11-02-2014  
 Simulazione ore 18:00 del 10-02



Ombrone Pistoiese  
 q Ponte alle Vanne  
 q Case Carlesi



UNIVERSITÀ  
 LORENZO GUARDI  
 FIRENZE

DICEA  
 DIVISIONE DI INGEGNERIA  
 CIVILE E IDRAULICA

ATTIVITÀ DI RICERCA PER LA MITIGAZIONE DEL  
 RISCHIO IDRAULICO NELLA REGIONE TOSCANA

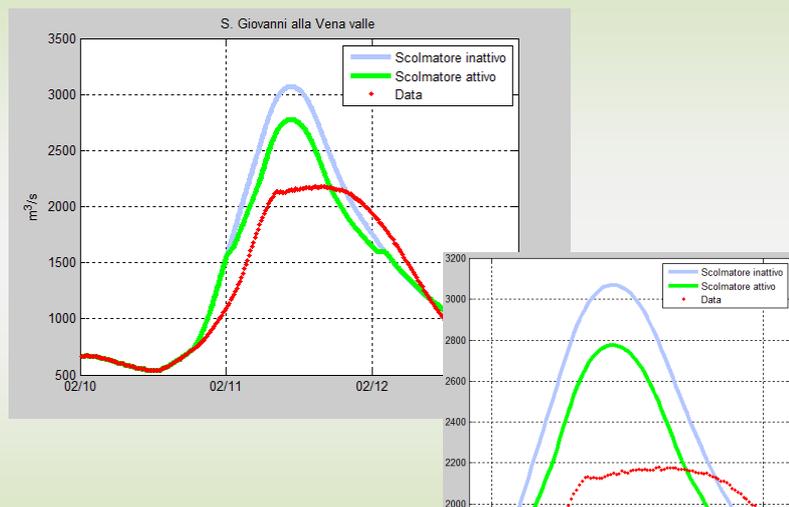
- Modellazione idrologica caso pilota
- Implementazione modello distribuito per la Toscana MOBIDIC



Regione Toscana

## Evento 10/11-02-2014

Simulazione ore 18:00 del 10-02



UNIVERSITÀ  
DEGLI STUDI  
FIRENZE

**DICEA**  
DIPARTIMENTO DI INGEGNERIA  
CIVILE E AMBIENTALE

ATTIVITÀ DI RICERCA PER LA MITIGAZIONE DEL  
RISCHIO IDRAULICO NELLA REGIONE TOSCANA

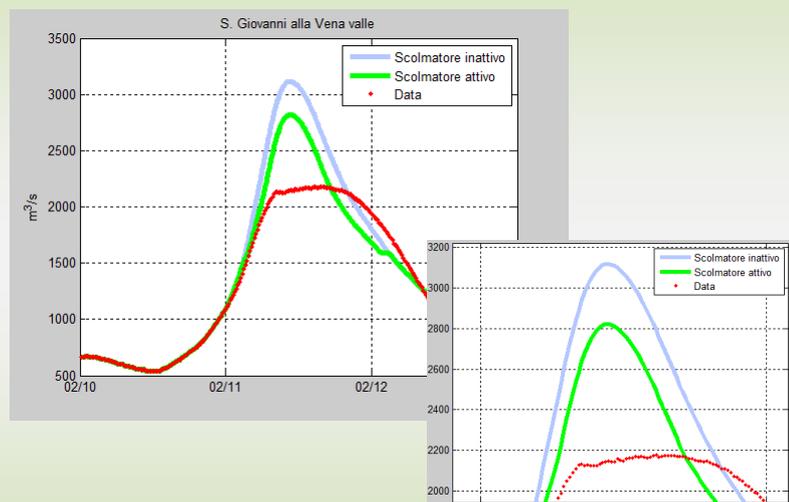
- Modellazione idrologica caso pilota
- Implementazione modello distribuito per la Toscana MOBIDIC



Regione Toscana

## Evento 10/11-02-2014

Simulazione ore 24:00 del 10-02



UNIVERSITÀ  
DEGLI STUDI  
FIRENZE

**DICEA**  
DIPARTIMENTO DI INGEGNERIA  
CIVILE E AMBIENTALE

ATTIVITÀ DI RICERCA PER LA MITIGAZIONE DEL  
RISCHIO IDRAULICO NELLA REGIONE TOSCANA

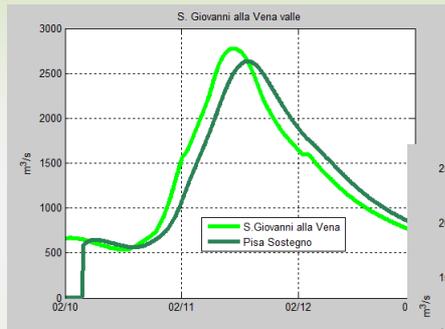
- Modellazione idrologica caso pilota
- Implementazione modello distribuito per la Toscana MOBIDIC



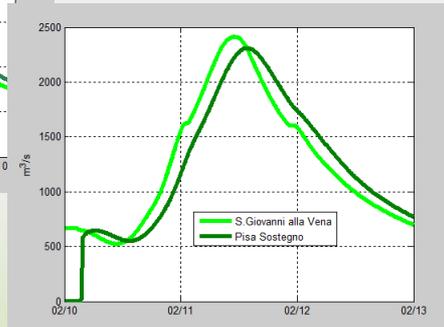
Regione Toscana

## Propagazione da S. Giovanni alla Vena a Pisa Sostegno

Simulazione ore 06:00 del 10-02



Simulazione ore 18:00 del 10-02



UNIVERSITÀ  
degli Studi  
FIRENZE

**DICEA**  
DIPARTIMENTO DI INGEGNERIA  
CIVILE E AMBIENTALE

ATTIVITÀ DI RICERCA PER LA MITIGAZIONE DEL  
RISCHIO IDRAULICO NELLA REGIONE TOSCANA

- Modellazione idrologica caso pilota
- Implementazione modello distribuito per la Toscana MOBIDIC



Regione Toscana

## Evento 30/31-01-2014

### Simulazione ore 12:00 del 30-01



UNIVERSITÀ  
degli Studi  
FIRENZE

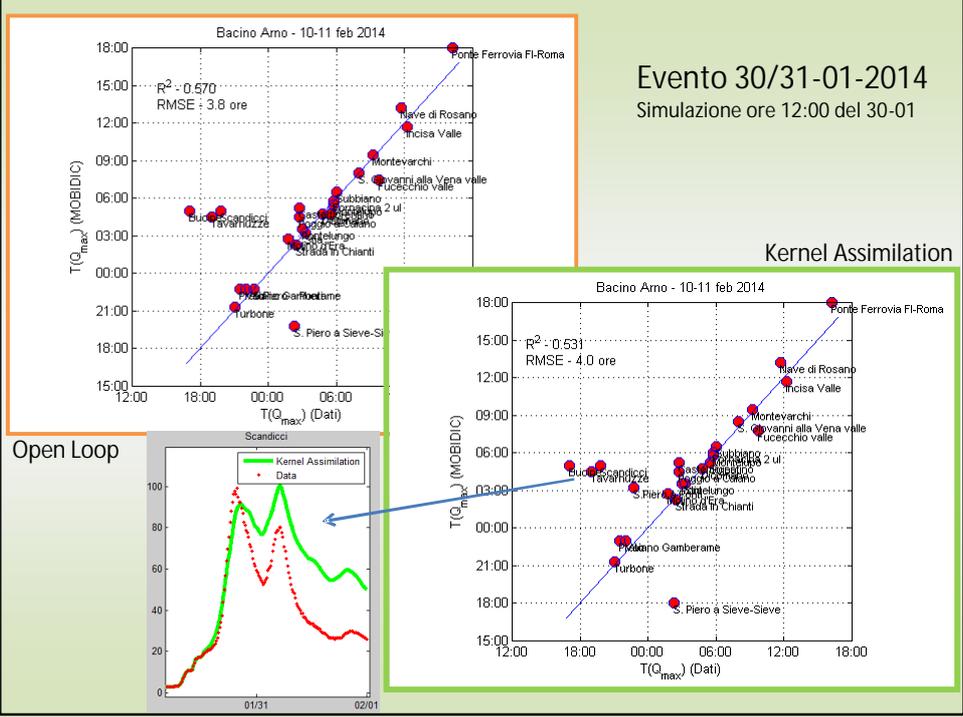
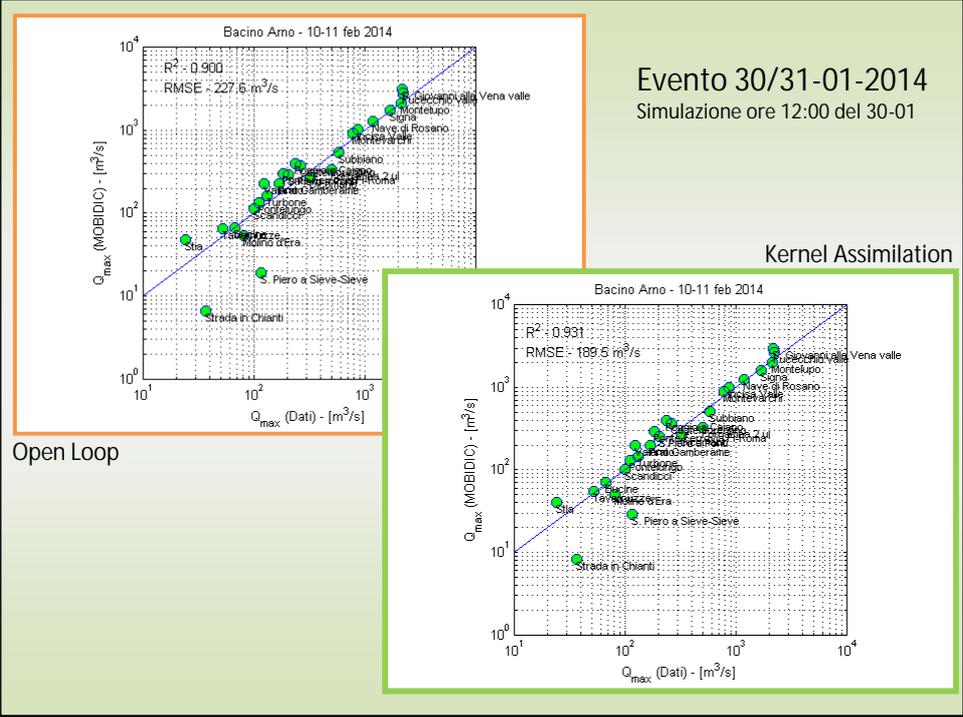
**DICEA**  
DIPARTIMENTO DI INGEGNERIA  
CIVILE E AMBIENTALE

ATTIVITÀ DI RICERCA PER LA MITIGAZIONE DEL  
RISCHIO IDRAULICO NELLA REGIONE TOSCANA

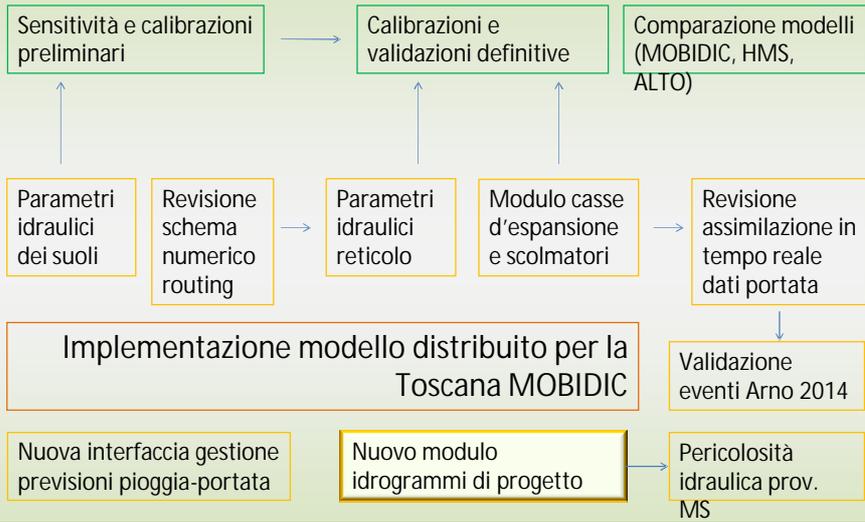
- Modellazione idrologica caso pilota
- Implementazione modello distribuito per la Toscana MOBIDIC



Regione Toscana



## Modellazione idrologica caso pilota (Ombrone PT)



UNIVERSITÀ  
DEGLI STUDI  
FIRENZE

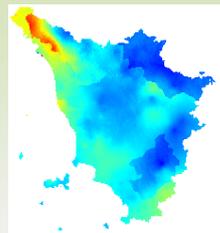
**DICEA**  
DIPARTIMENTO DI INGEGNERIA  
CIVILE E AMBIENTALE

ATTIVITÀ DI RICERCA PER LA MITIGAZIONE DEL  
RISCHIO IDRAULICO NELLA REGIONE TOSCANA

- Modellazione idrologica caso pilota
- Implementazione modello distribuito per la Toscana MOBIDIC



Regione Toscana



Mappe  
parametri LSPP  
per assegnati  $Tr$

- Passo  $\Delta t$
- Durata massima  
pioggia  $d_{max}$

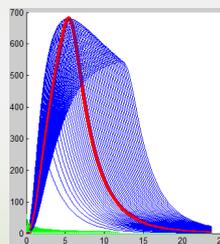
Generazione ietogrammi sintetici di  
durata  $d = \Delta t, 2\Delta t, \dots, i\Delta t, \dots, d_{max}$

Calcolo idrogrammi per tutte le  
durate di pioggia e tempi di ritorno.

Selezione delle durate critiche per  
portate e volumi\* per ciascun ramo  
del reticolo

Per ciascun ramo e tempo di ritorno:  
 $Q_{max}, d(Q_{max}), V(Q_{max})$   
 $V_{max}, d(V_{max}), Q(V_{max})$

\* Volume al  
di sopra di  
 $Q_{max}(Tr_{min})$



UNIVERSITÀ  
DEGLI STUDI  
FIRENZE

**DICEA**  
DIPARTIMENTO DI INGEGNERIA  
CIVILE E AMBIENTALE

ATTIVITÀ DI RICERCA PER LA MITIGAZIONE DEL  
RISCHIO IDRAULICO NELLA REGIONE TOSCANA

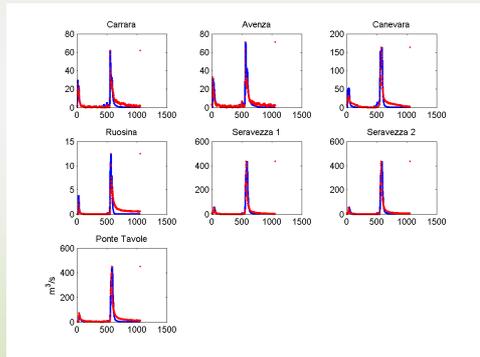
- Modellazione idrologica caso pilota
- Implementazione modello distribuito per la Toscana MOBIDIC



Regione Toscana

## Prima applicazione: bacini costieri provincia di Massa e Versilia

- q Parametri OmbronePT/Arno.
- q Ricalibrazione delle sole celerità di versante su base tempi di picco per recenti eventi di piena.



UNIVERSITÀ  
DEGLI STUDI  
FIRENZE

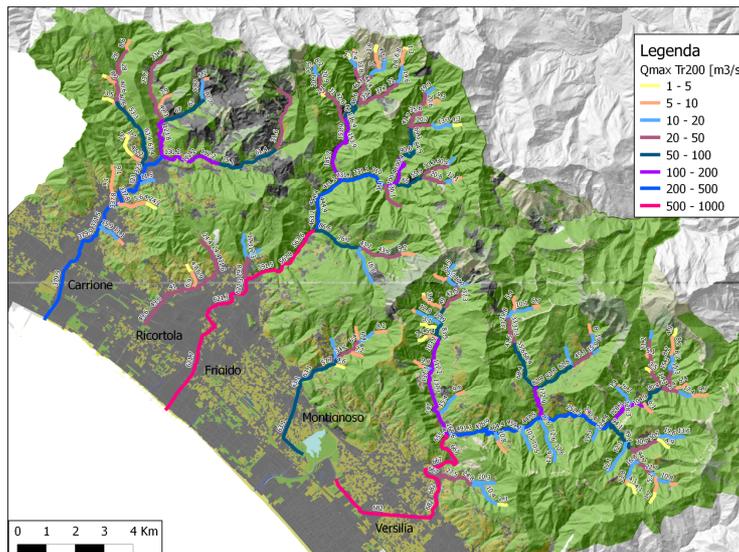
**DICEA**  
DIPARTIMENTO DI INGEGNERIA  
CIVILE E AMBIENTALE

ATTIVITÀ DI RICERCA PER LA MITIGAZIONE DEL  
RISCHIO IDRAULICO NELLA REGIONE TOSкана

- Modellazione idrologica caso pilota
- Implementazione modello distribuito per la Toscana MOBIDIC



Regione Toscana



UNIVERSITÀ  
DEGLI STUDI  
FIRENZE

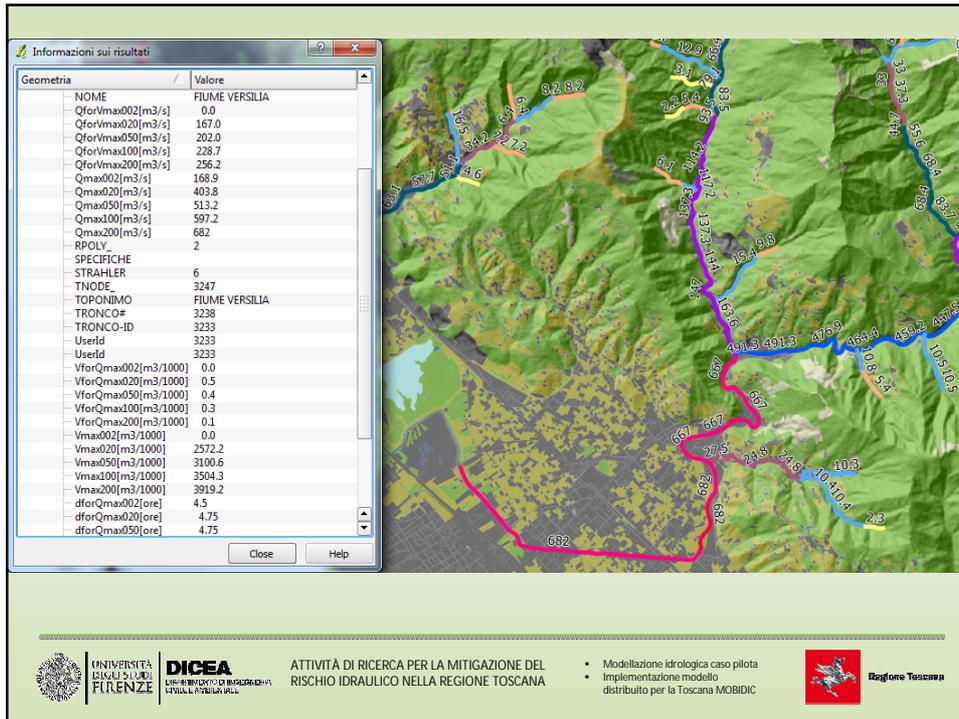
**DICEA**  
DIPARTIMENTO DI INGEGNERIA  
CIVILE E AMBIENTALE

ATTIVITÀ DI RICERCA PER LA MITIGAZIONE DEL  
RISCHIO IDRAULICO NELLA REGIONE TOSкана

- Modellazione idrologica caso pilota
- Implementazione modello distribuito per la Toscana MOBIDIC



Regione Toscana



UNIVERSITÀ  
DEI  
FIRENZE

**DICEA**  
LEI È IL CENTRO DI RICERCA E DI  
SERVIZIO PER LA REGIONE TOSCANA

ATTIVITÀ DI RICERCA PER LA MITIGAZIONE DEL  
RISCHIO IDRAULICO NELLA REGIONE TOSCANA

- Modellazione idrologica caso pilota
- Implementazione modello distribuito per la Toscana MOBIDIC



Regione Toscana

