

# GIS DAY 2016

Applicazioni di dati territoriali e GIS nel settore dell'Ingegneria civile, edile e ambientale

Data: 23 novembre 2016  
Orario: 14:30 - 18:30  
Luogo: Centro Didattico Morgagni  
viale Morgagni, 40/44 Firenze  
Organizzatore: Dipartimento di Ingegneria Civile e Ambientale dell'Università degli Studi di Firenze

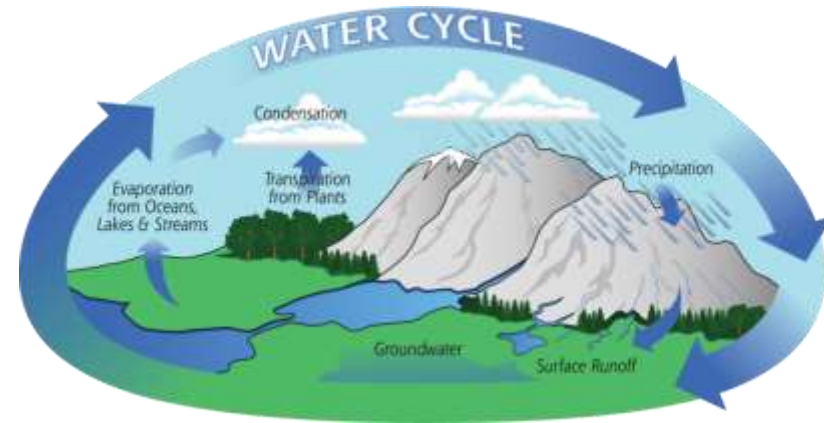
## I GIS PER I MODELLI IDROLOGICI DISTRIBUITI

**Giulia Ercolani**  
[giulia.ercolani@dicea.unifi.it](mailto:giulia.ercolani@dicea.unifi.it)

# I MODELLI IDROLOGICI DISTRIBUITI

## MODELLO IDROLOGICO

insieme di equazioni che descrivono quantitativamente le componenti del ciclo idrologico, utilizzando come ingressi le forzanti meteorologiche (precipitazione, radiazione solare ...)



Deflusso superficiale, infiltrazione, evapotraspirazione, percolazione, deflusso di falda ...

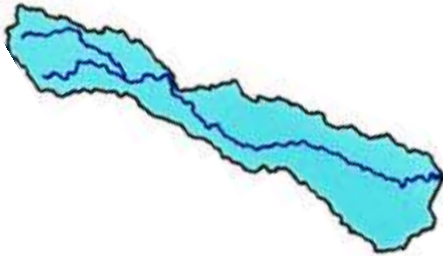
## MODELLO IDROLOGICO DISTRIBUITO

**modello idrologico che tiene conto esplicitamente e con un buon livello di dettaglio della variabilità spaziale delle grandezze coinvolte nel modello**

# I MODELLI IDROLOGICI DISTRIBUITI

## RAPPRESENTAZIONE SPAZIALE DI INPUT, PARAMETRI, OUTPUT

### CONCENTRATO

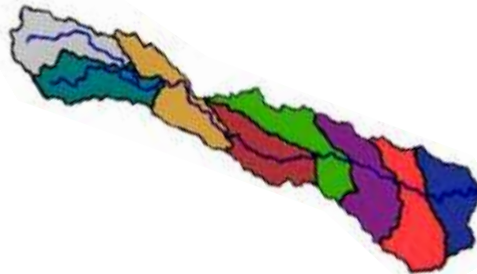


Variabilità spaziale **NON** considerata

Area rappresentata come un'entità puntuale

Valore unico per ogni grandezza (media spaziale o valore rappresentativo)

### SEMI-DISTRIBUITO

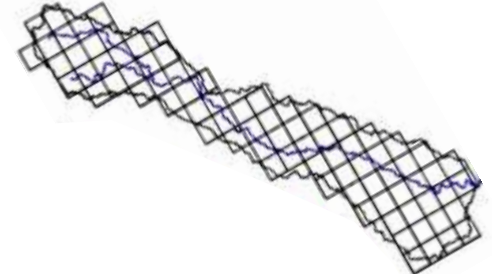


Variabilità spaziale **parzialmente** considerata

Area suddivisa in sottobacini (es. sottobacini)

Valore unico grandezza per ogni sottobacino, variabile tra le sottobacini

### DISTRIBUITO



Variabilità spaziale **considerata** con un buon livello di dettaglio

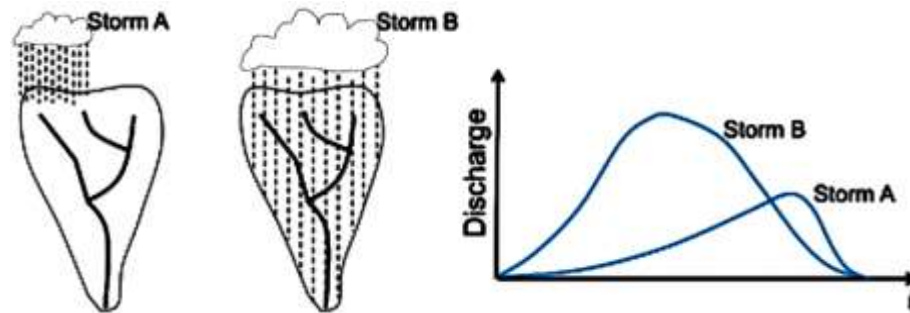
Area suddivisa in unità di piccole dimensioni (celle rettangolari regolari o triangoli irregolari)

Valori grandezze variabili sulle unità

# I MODELLI IDROLOGICI DISTRIBUITI

## VANTAGGI

- Catturano l'eterogeneità spaziale dell'area simulata (parametri) e degli input meteo
- Rappresentazione processi idrologici maggiormente aderente alla realtà
- Sfruttano a pieno dati spazialmente distribuiti sempre (dati satellitari)
- Previsioni idrologiche distribuite (es. portate anche in sezioni non strumentate)



## SVANTAGGI

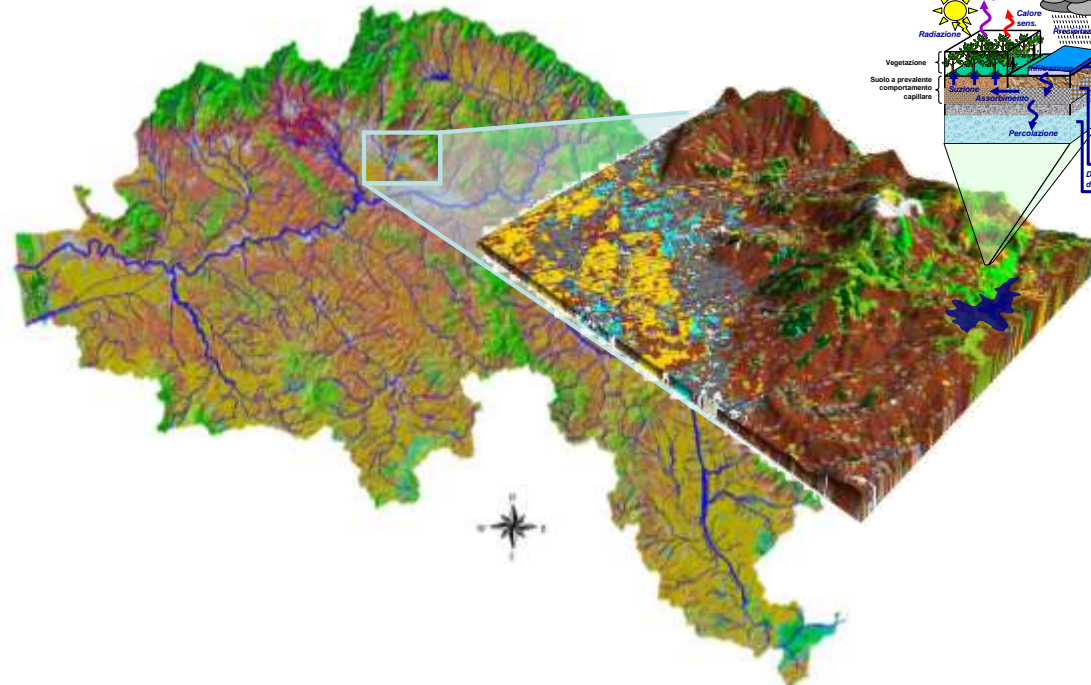
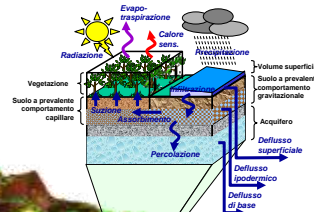
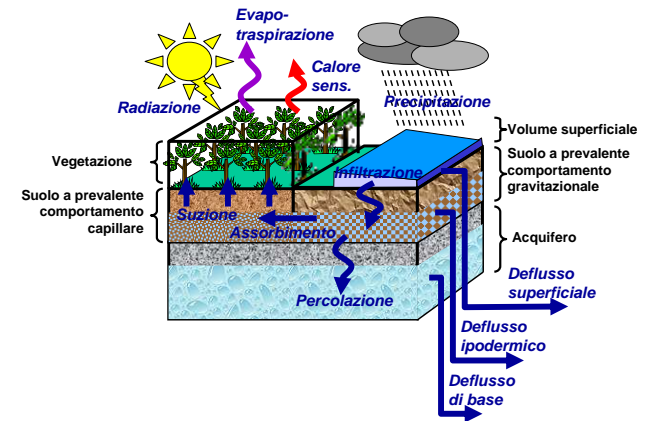
- Maggior costo computazionale
- Richiesta di più dati in ingresso
- Incertezza nella distribuzione spaziale di input e parametri

# IL MODELLO IDROLOGICO MOBIDIC



**MOBIDIC**  
**MO**dello **B**ilancio **I**drologico  
**D**istribuito e **C**ontinuo

Prof. Fabio Castelli,  
Lorenzo Campo, Francesca Caparrini, Aldrich Castillo,  
Dara Entekhabi, Giulia Ercolani, Giovanni Forzieri, Jing Yang



- **Fisicamente basato**  
(moto falda 2D, bilancio di massa ed energia alla superficie accoppiati, diffusione calore nel suolo)
- **Parsimonioso**  
(schema concettuale suolo)
- **Distribuito**  
(input, parametri, risultati)
- Discretizzazione a celle quadrate regolari (raster)
- Reticolo idrografico vettoriale
- **Continuo**

# MOBIDIC: APPLICAZIONI

## PREVISIONI IDROLOGICHE OPERATIVE – CENTRO FUNZIONALE REGIONE TOSCANA

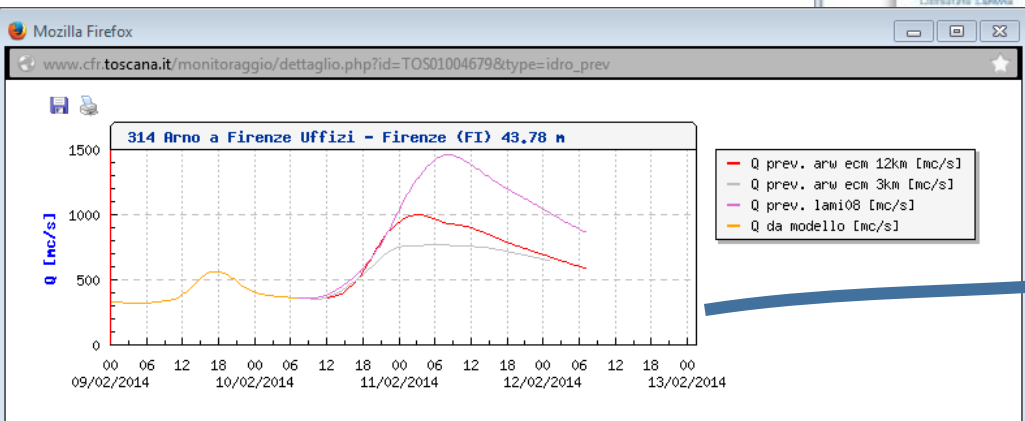
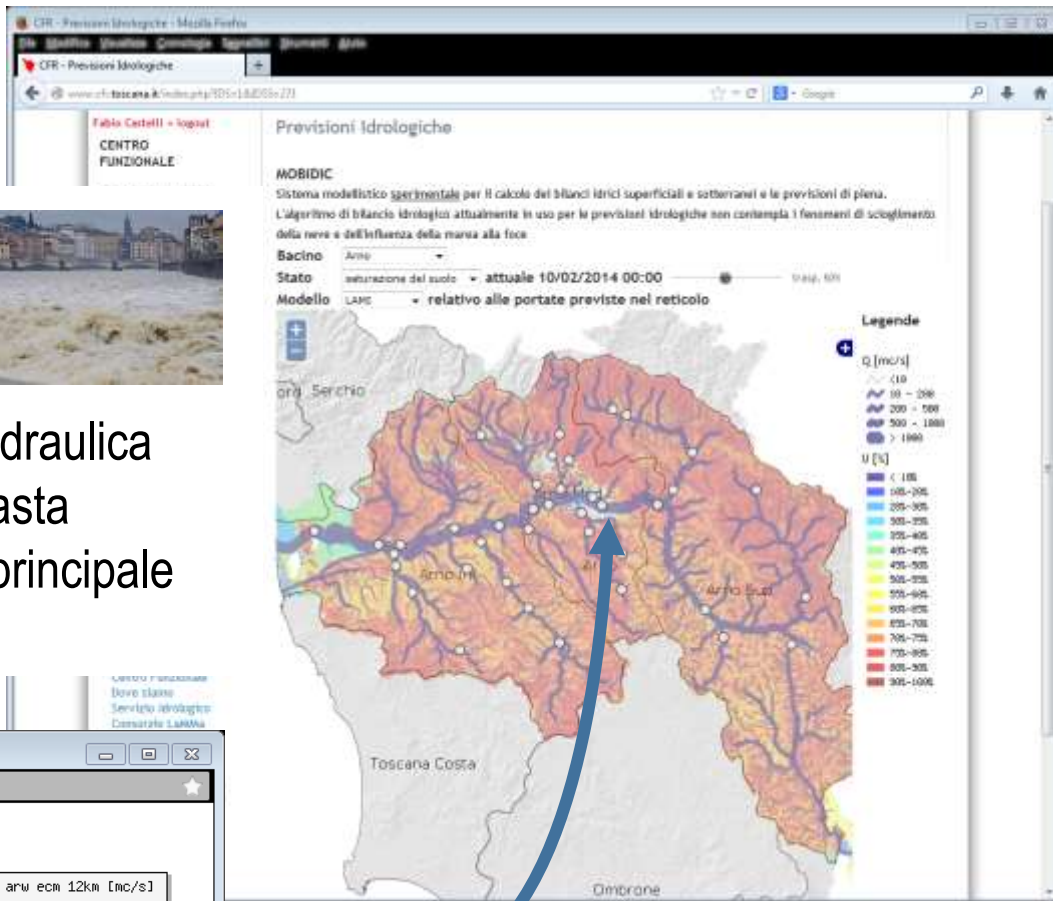
### CATENA OPERATIVA PER LA PREVISIONE DELLE PIENE



Previsioni meteo multimodello (LaMMA)

Trasformazione affussi-deflussi, idraulica reticolo minore (**MOBIDIC**)

Idraulica asta principale



Regione Toscana

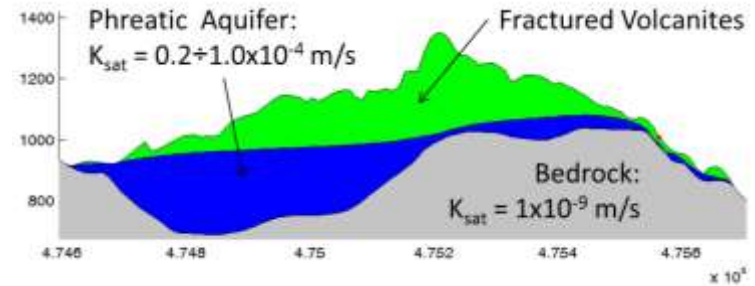
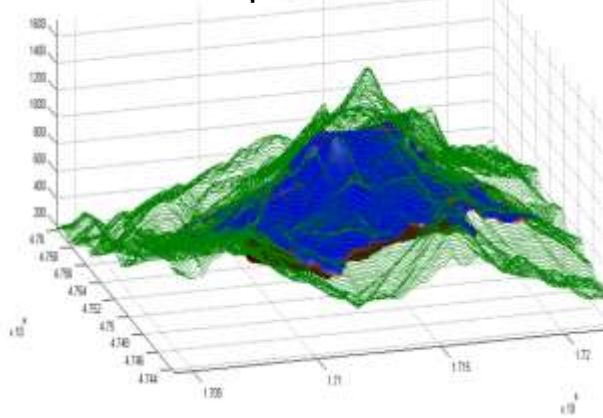
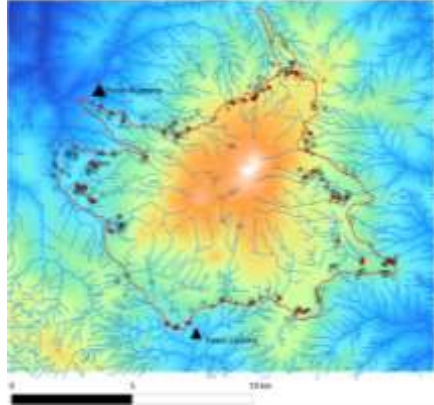
Centro Funzionale di Monitoraggio Meteo Idrologico - Idraulico  
Settore Idrologico Regionale



# MOBIDIC: APPLICAZIONI

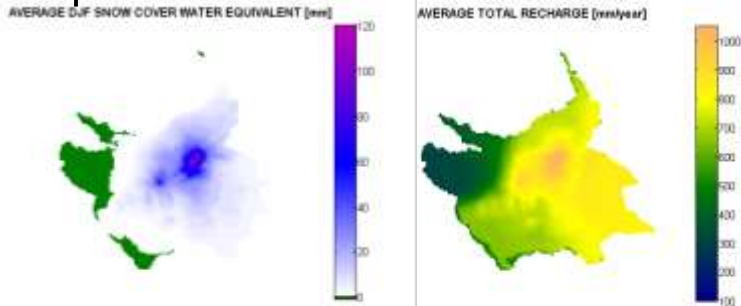
## IMPATTO DEL CAMBIAMENTO CLIMATICO SULLA RICARICA DI UN ACQUIFERO FREATICO

### Acquifero vulcanico del Monte Amiata



### STATO ATTUALE

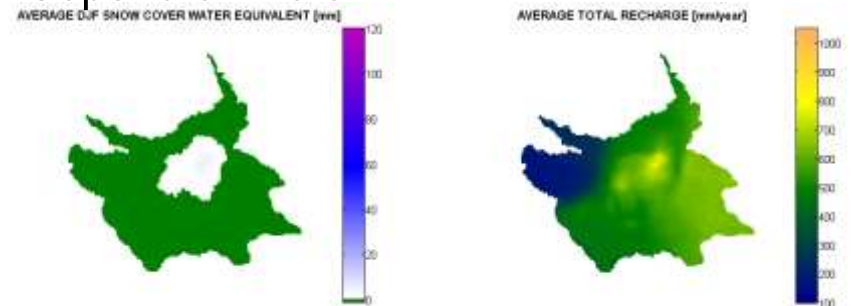
Copertura nivale    Ricarica annuale



50% ricarica da scioglimento nivale alle quote più elevate

### SCENARIO 1/3

Copertura nivale    Ricarica annuale



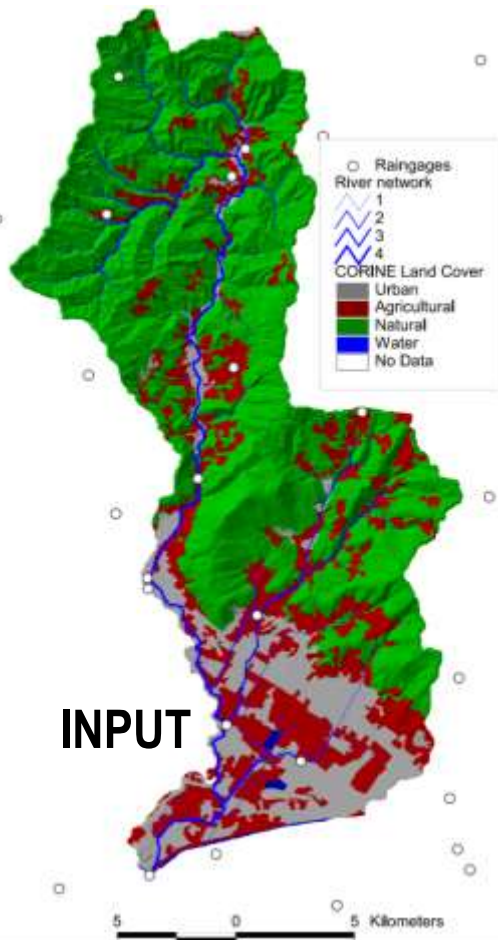
Riduzione ricarica soprattutto alle quote più elevate (diminuzione precipitazione nevosa)

**Fondamentale rappresentare distribuzione spaziale quote bacino superficiale**

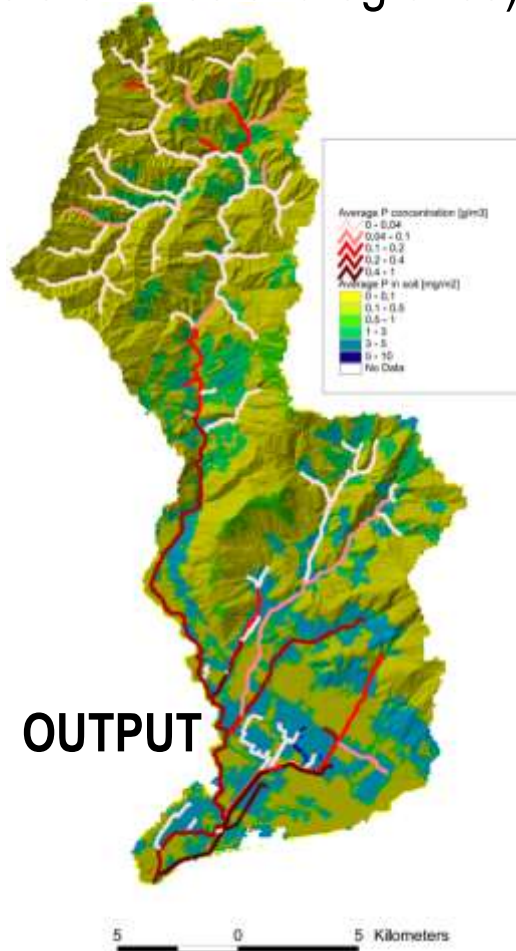
# MOBIDIC: APPLICAZIONI

## IMPATTO DELLA GESTIONE DEL TERRITORIO SULLA QUANTITA E QUALITA DELLE ACQUE: IL FOSFORO TOTALE NEL BACINO DEL BISENZIO

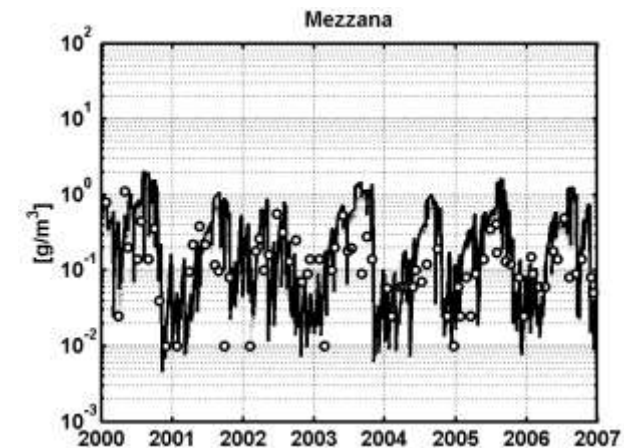
Usso suolo  
(carichi distribuiti di P)



Concentrazione media di P  
(suolo e reticolo idrografico)



### OUTPUT





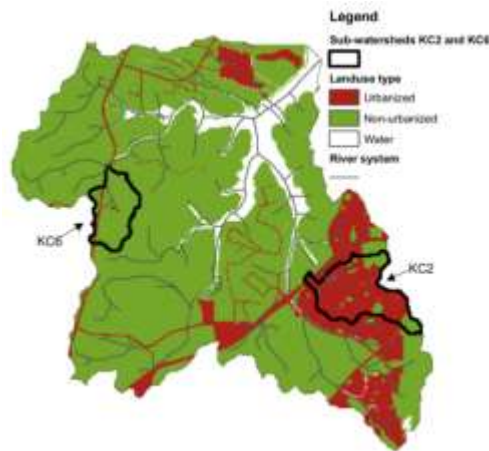
# MOBIDIC: APPLICAZIONI

## IMPATTO DELL'URBANIZZAZIONE SULLA RISPOSTA IDROLOGICA DI UN BACINO

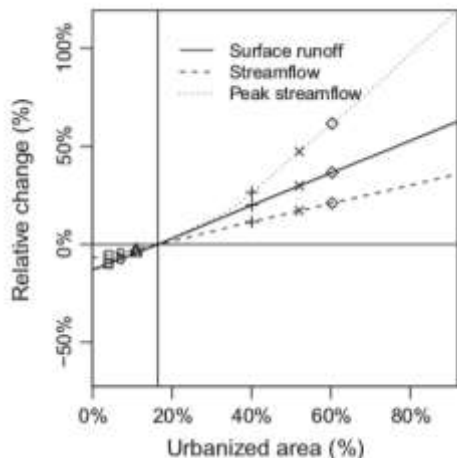
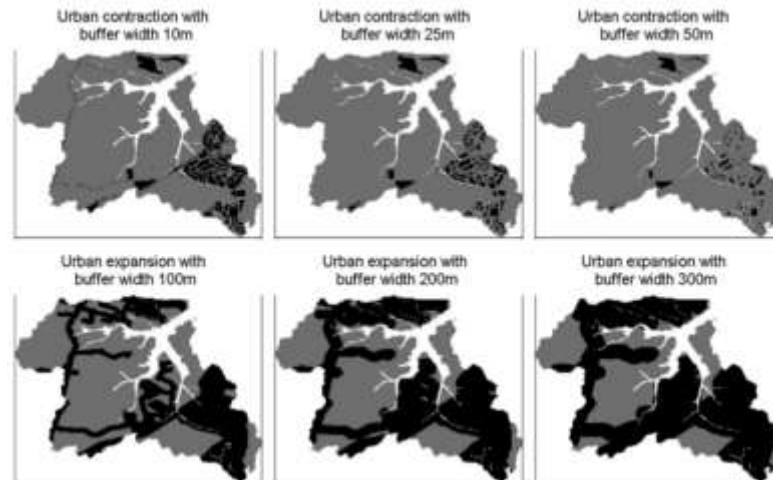
credits: Yang et al. 2014

La risposta idrologica è proporzionale alla frazione urbana?

### USO SUOLO ATTUALE



### SCENARI DI EVOLUZIONE URBANA



- Variazione del deflusso superficiale **lineare** con la variazione di frazione urbana
- Variazione della portata di picco sensibilmente **non lineare** con la variazione della frazione urbana

**Distribuzione spaziale aree urbane fondamentale**

# I MODELLI IDROLOGICI DISTRIBUITI: IL RUOLO DEI GIS



## **PREPARAZIONE INPUT:**

- Pre-processamento dati geografici
- Pre-processamento input meteorologici

## **GESTIONE OUTPUT:**

- Analisi e visualizzazione

# PRE-PROCESSAMENTO DATI GEOGRAFICI

- Descrizione topografia superficie (quote e percorsi idrologici)



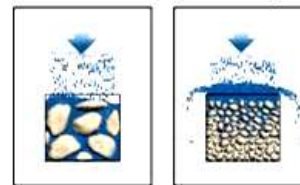
- Raster quote
- Raster direzioni di deflusso
- Raster di accumulo

- Descrizione del reticolo idrografico



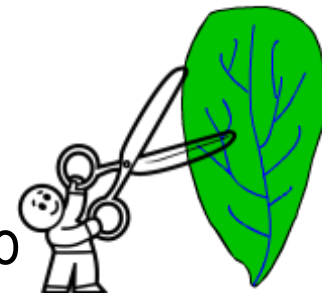
- File vettoriale (raster) del reticolo

- Descrizione del comportamento idrologico (ed energetico) del suolo



- Raster dei parametri del modello (conducibilità idraulica, porosità, albedo ...)

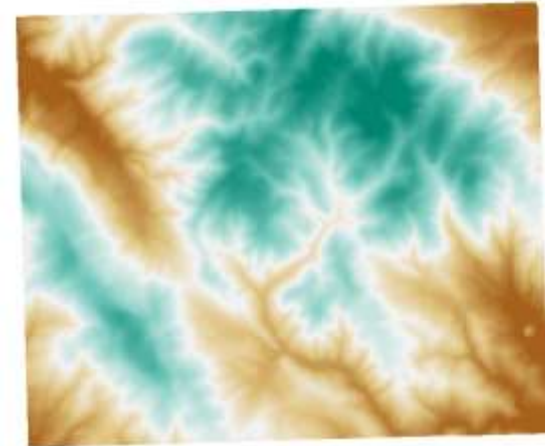
Ritaglio sulla porzione di territorio da modellare:  
il bacino idrografico



# PRE-PROCESSAMENTO DATI GEOGRAFICI

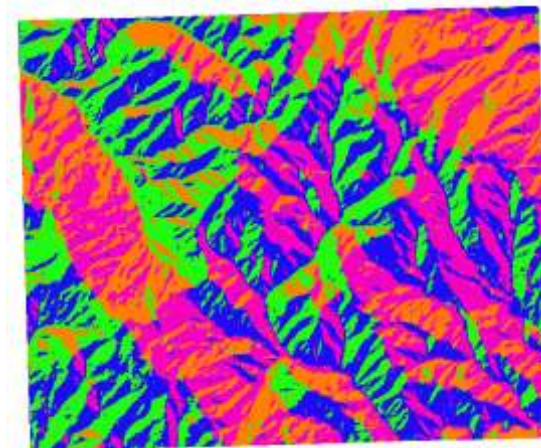
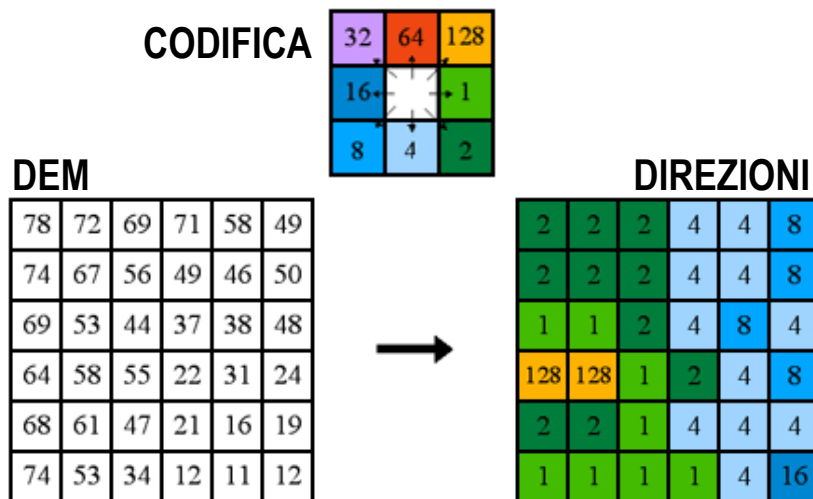
## DATI A DISPOSIZIONE - CASO 1:

- DEM dell'area di interesse



ELEVATION RASTER

## 1) Individuazione delle **direzioni di deflusso**



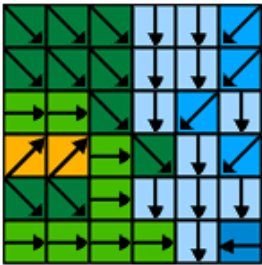
- NE
- N
- NO
- O
- SO
- S
- SE
- E

FLOW DIRECTION RASTER

# PRE-PROCESSAMENTO DATI GEOGRAFICI

2) Calcolo del numero di celle che drenano verso ogni cella (**accumulo del deflusso**)

DIREZIONI



ACCUMULO

0	0	0	0	0	0
0	1	1	2	2	0
0	3	7	5	4	0
0	0	0	20	0	1
0	0	0	1	24	0
0	2	4	7	35	1



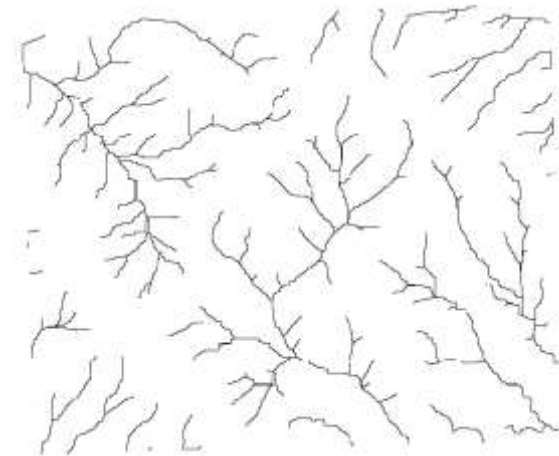
N. celle  
crescente



FLOW ACCUMULATION RASTER

3) Individuazione del **reticolo idrografico**


Selezione a soglia sul raster di  
accumulo




STREAMS RASTER

# PRE-PROCESSAMENTO DATI GEOGRAFICI

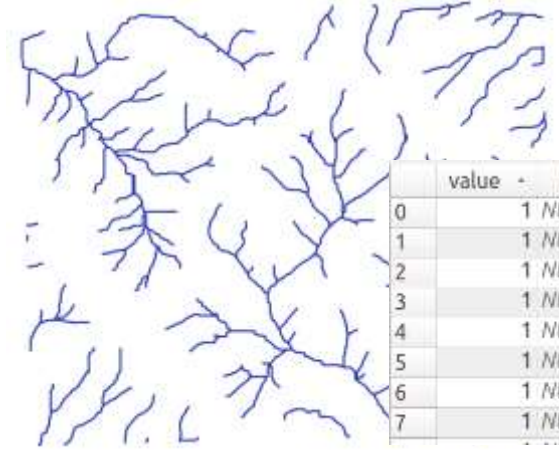
## 3) Vettorializzazione del reticolo idrografico

 **r.thin**  
**r.to.vect**

**CALCOLATORE di CAMPI**



**r.stream.order**  **GRASS 7**



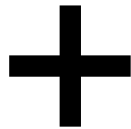
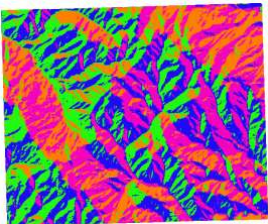
	value	label	ID
0	1	NULL	0
1	1	NULL	1
2	1	NULL	2
3	1	NULL	3
4	1	NULL	4
5	1	NULL	5
6	1	NULL	6
7	1	NULL	7

## 4) Delimitazione del bacino idrografico

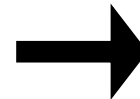
Tool di **DELIMITAZIONE AUTOMATICA DEL BACINO**

 **r.water.outlet** 

FLOW DIRECTION



COORDINATE OUTLET

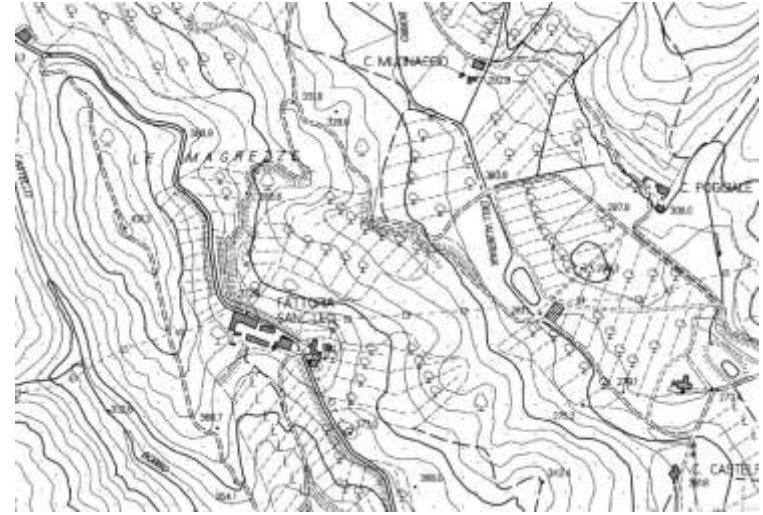


MASCHERA DEL BACINO

# PRE-PROCESSAMENTO DATI GEOGRAFICI

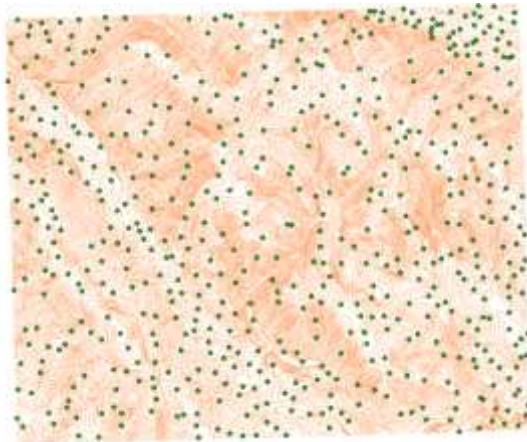
## DATI A DISPOSIZIONE - CASO 2:

- Carta tecnica vettoriale (.SHP)

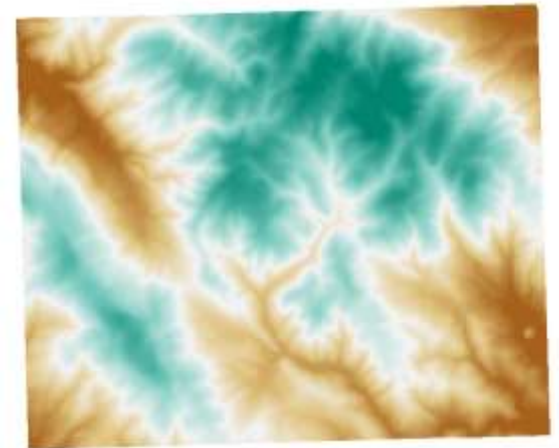


## 0) Creazione del raster delle quote

CURVE LIVELLO & PUNTI QUOTATI



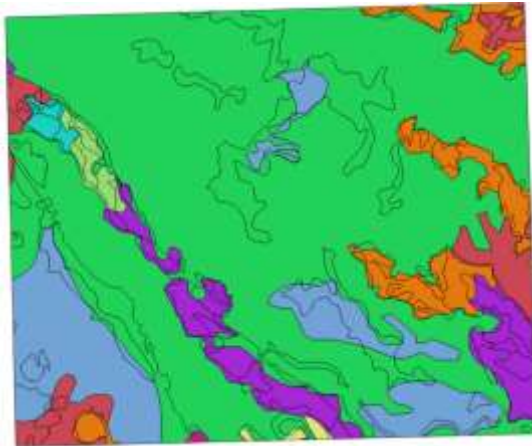
ELEVATION RASTER



# PRE-PROCESSAMENTO INPUT GEOGRAFICI

## 5) Creazione dei raster dei parametri – es. albedo da uso suolo

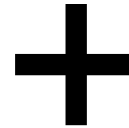
SOIL USE MAP



Classe uso suolo

211
221
223
231
242
243
311
313
324

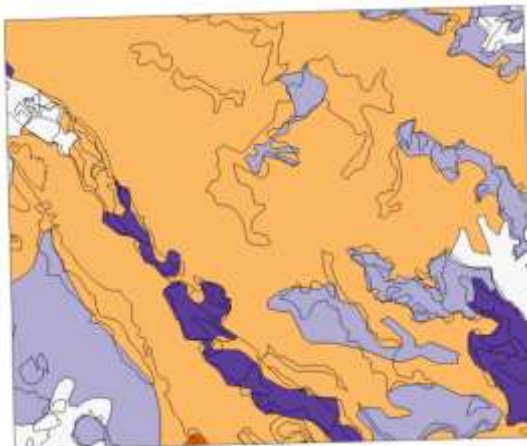
JOIN ATTRIBUTI



LOOKUP TABLE

	CORINE_LIV_3	ALBEDO
0	311	0.2
1	312	0.15
2	313	0.18
3	324	0.16
4	231	0.23
5	211	0.18
6	243	0.3
7	242	0.14
8	111	0.15
9	112	0.23
10	122	0.15
11	123	0.2
12	121	0.2
13	321	0.26

ALBEDO MAP

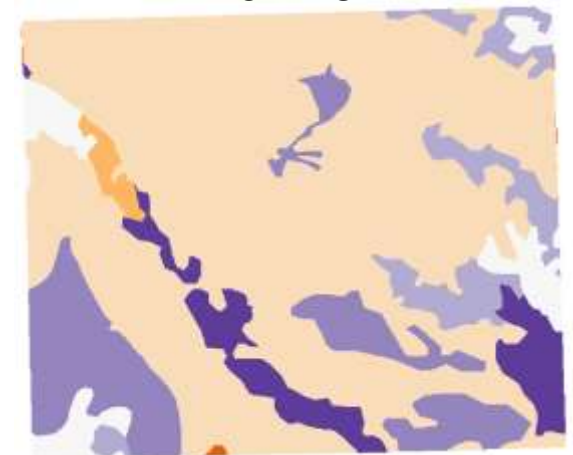


RASTERIZZAZIONE



0.070 - 0.140
0.140 - 0.170
0.170 - 0.180
0.180 - 0.230
0.230 - 0.300

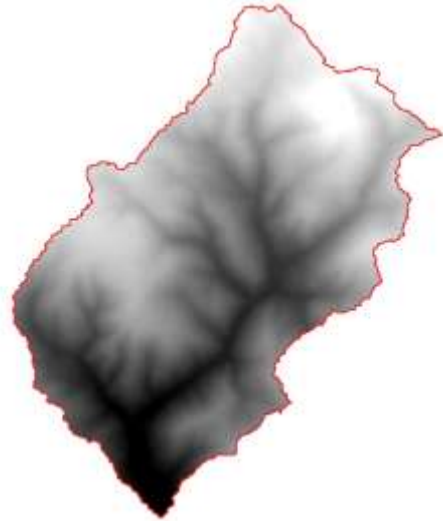
ALBEDO RASTER





# PRE-PROCESSAMENTO DATI GEOGRAFICI

## 5) Ritaglio degli strati sul bacino



ELEVATION



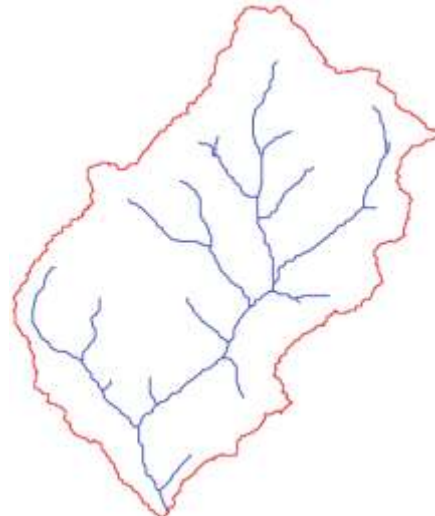
FLOW DIRECTION



FLOW ACCUMULATION



PARAMETERS



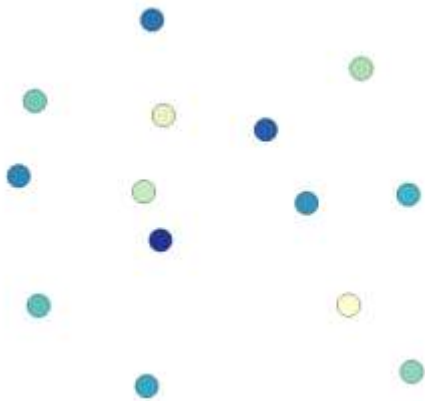
RIVER NETWORK

- RITAGLIA RASTER  
CON MASCHERA 
- TAGLIA VETTORE  
(GEOPROCESSING)

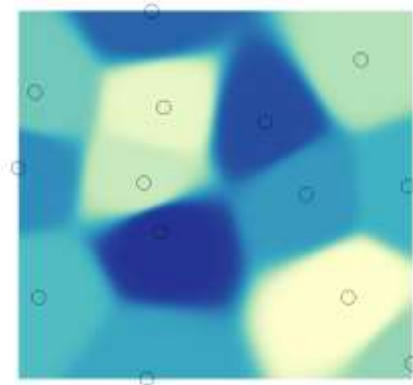
# PRE-PROCESSAMENTO INPUT METEOROLOGICI

- Modello distribuito richiede input meteo definiti in ogni cella  
(precipitazione, radiazione solare, temperatura aria, umidità aria)
- Misure meteorologiche per lo più puntuali  
(pluviometri, radiometri, termometri, igrometri)
- Interpolazione spaziale  
(Inverse Distance Weighting, Poligoni Thiessen ...)

OSSERVAZIONI PUNTUALI



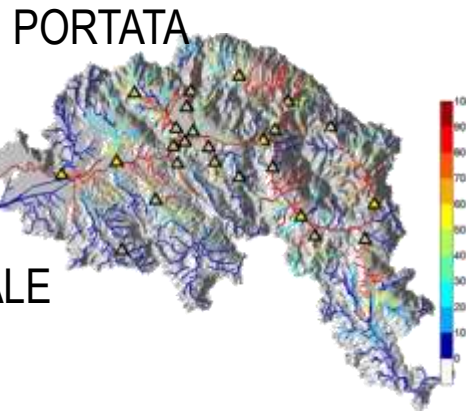
MAPPA INTERPOLATA



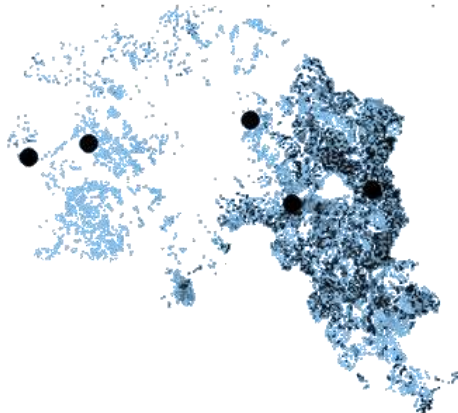
# ANALISI e VISUALIZZAZIONE RISULTATI

- Modello distribuito restituisce risultati distribuiti  
(umidità del suolo, deflusso superficiale, portata nei rami del reticolo ...)
- Risultati visualizzabili tramite mappe
- Analisi e interpretazione tramite statistiche di sintesi  
(Media, Deviazione Standard, distribuzione di frequenza...)

**VISUALIZZAZIONE**

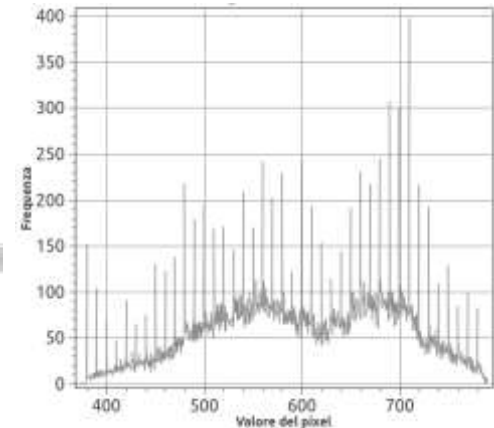


**DEFUSSO SUPERFICIALE**



**ANALISI**

**ISTOGRAMMA**



**METADATI**

▼ Proprietà  
Banda 1  
STATISTICS\_MAXIMUM=790.41094970703  
STATISTICS\_MEAN=600.6933557048  
STATISTICS\_MINIMUM=372.29080200195  
STATISTICS\_STDDEV=94.068538955398


# INTEGRAZIONE MODELLO IDROLOGICO DISTRIBUITO - GIS

Progetti in corso/conclusi per l'integrazione  
di modelli idrologici in ambiente GIS




---


Contents lists available at [ScienceDirect](#)

 Environmental Modelling & Software

journal homepage: [www.elsevier.com/locate/envsoft](http://www.elsevier.com/locate/envsoft)



---

A tightly coupled GIS and distributed hydrologic modeling framework  CrossMark

Gopal Bhatt<sup>\*</sup>, Mukesh Kumar, Christopher J. Duffy

Department of Civil and Environmental Engineering, The Pennsylvania State University, 212 Sackett Building, University Park, PA 16802, USA

---



**FREEWAT**  
Free and Open Source Software Tools for Water Resource Management  
EU HORIZON 2020 Project

Project

Progetto HORIZON 2020  
(Finanziamenti EU)

Sviluppo di un GIS open source per  
simulazioni idrologiche e  
della qualità delle acque