



FREEWAT

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



Horizon 2020
European Union funding
for Research & Innovation

 **ict4water.eu**

Il progetto Horizon 2020 FREEWAT: FREE and open source software tools for WATER resource management



DT

DA

Sezione della protezione dell'aria dell'acqua e del suolo

Ufficio della protezione delle acque e dell'approvvigionamento idrico

University of Applied Sciences and Arts
of Southern Switzerland

SUPSI

Lugano, Svizzera, 12 Settembre 2016



Agenda

- **Introduzione al progetto (contenuti e finalità)**
- Funzionalità presenti in FREEWAT
- Il caso di studio del Ceresio (prossime presentazioni)



www.freewat.eu

FREEWAT è un progetto ICT finalizzato a supportare la gestione della risorsa idrica (WRM, Water Resource Management)

PRINCIPALE RISULTATO ATTESO

Piattaforma di modellazione Open Source di pubblico dominio integrata in un sistema GIS per la promozione della WRM semplificando l'adozione delle direttive europee come la WFD o la GWD (vedi anche vedi scheda acqua piano direttore: gestione integrata!)

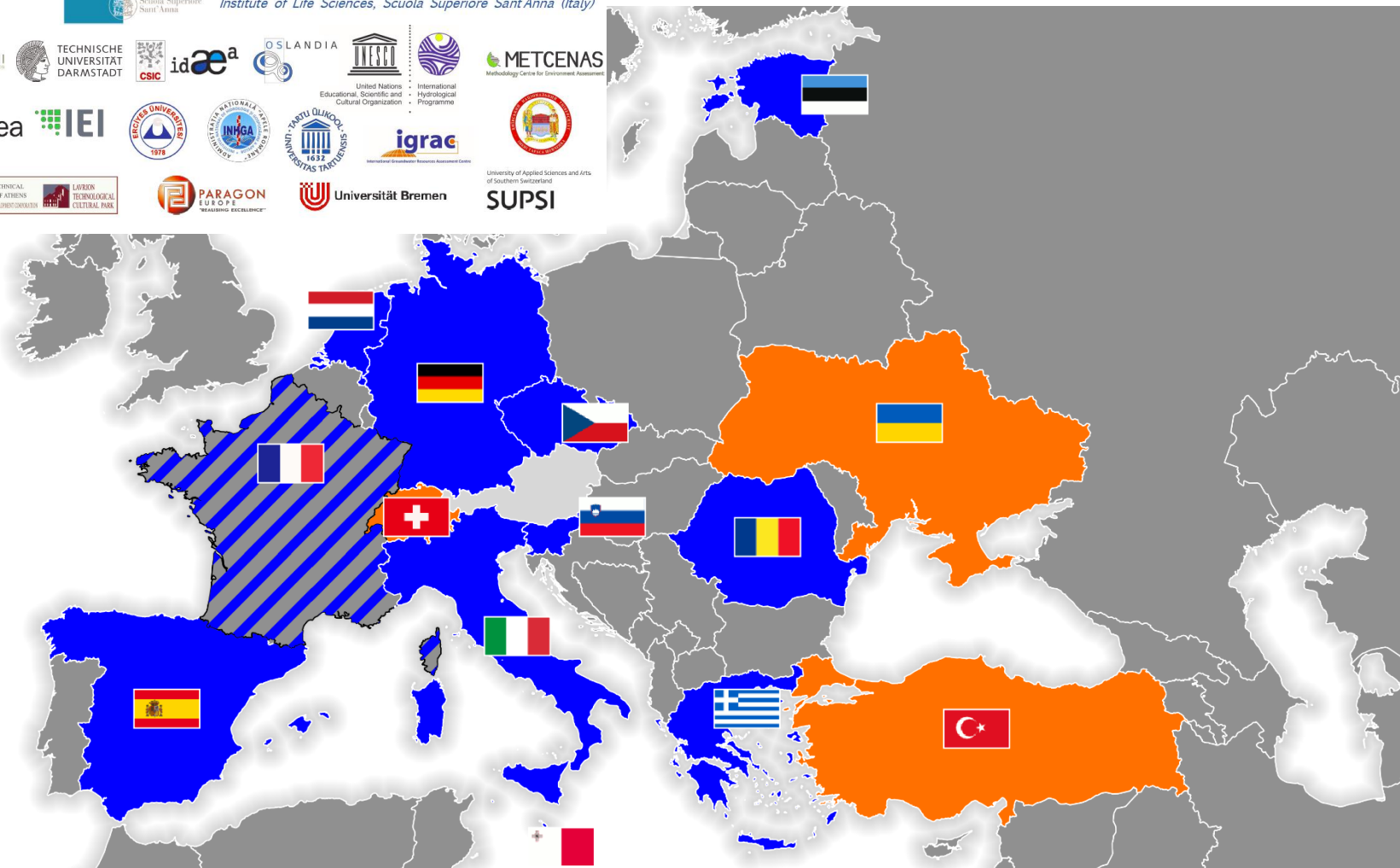
PRINCIPALE IMPATTO ATTESO

Supportare le prese di decisioni con basi scientifiche e tecniche basate su:

- dati e strumenti innovativi di analisi dei dati
- Inclusionione di un approccio partecipato durante tutta la fase di creazione del modello e dello scenario.

FREEWAT Consortium

Partners



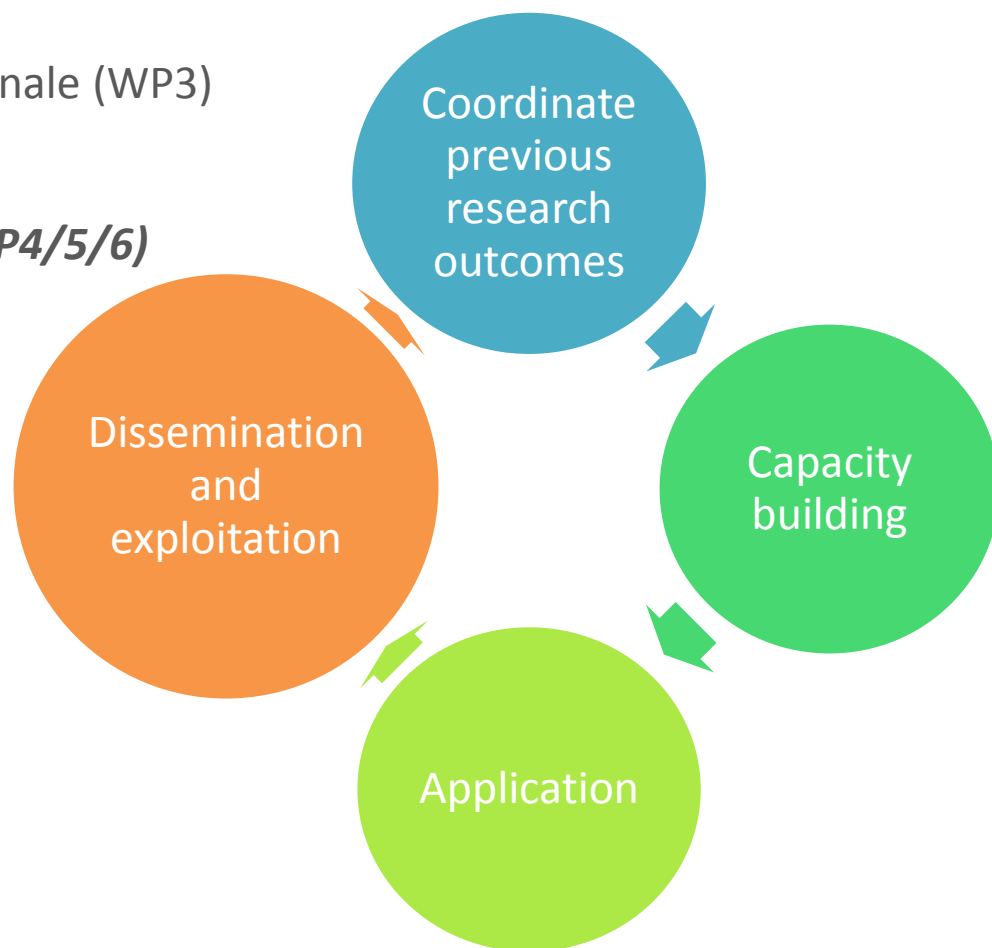
FREEWAT economia circolare

SVILUPPO SOFTWARE E FORMAZIONE

- Sviluppo della piattaforma software (WP2)
- Formazione dei formatori (WP3)
- Formazione degli utenti su scala nazionale (WP3)

APPLICAZIONE DELLA PIATTAFORMA (WP4/5/6)

- **Identificazione del problema;**
- Raccolta dati;
- Discussione con i portatori d'interesse locali;
- Implementazione del modello;
- Sviluppo partecipato;
- Applicazione del modello per la risoluzione dei problemi;
- Sviluppo di politiche/azioni!



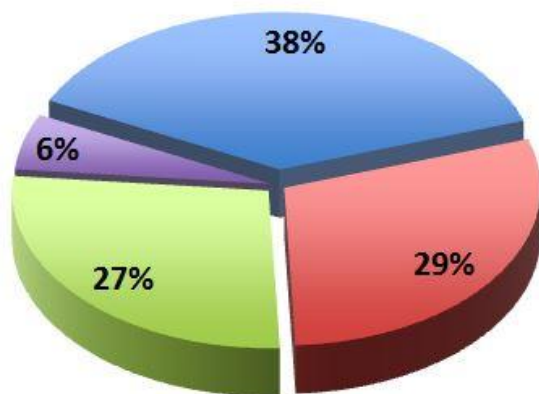
FREEWAT formazione

- Molti attori coinvolti (più di 200)
- Reti professionali e *social*

(linkedin group circa 370 followers – twitter: 256 followers @h2020freewat)

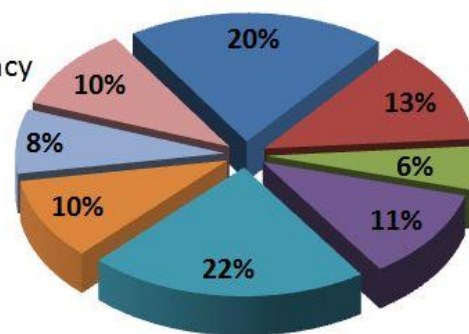
Area of interest

- Water quality
- Water policies
- Contaminated site remediation
- Other



- Research
- River basin authority
- Environmental protection agency
- Water utility
- National authorities
- Local authorities
- Geoenvironmental company
- Other

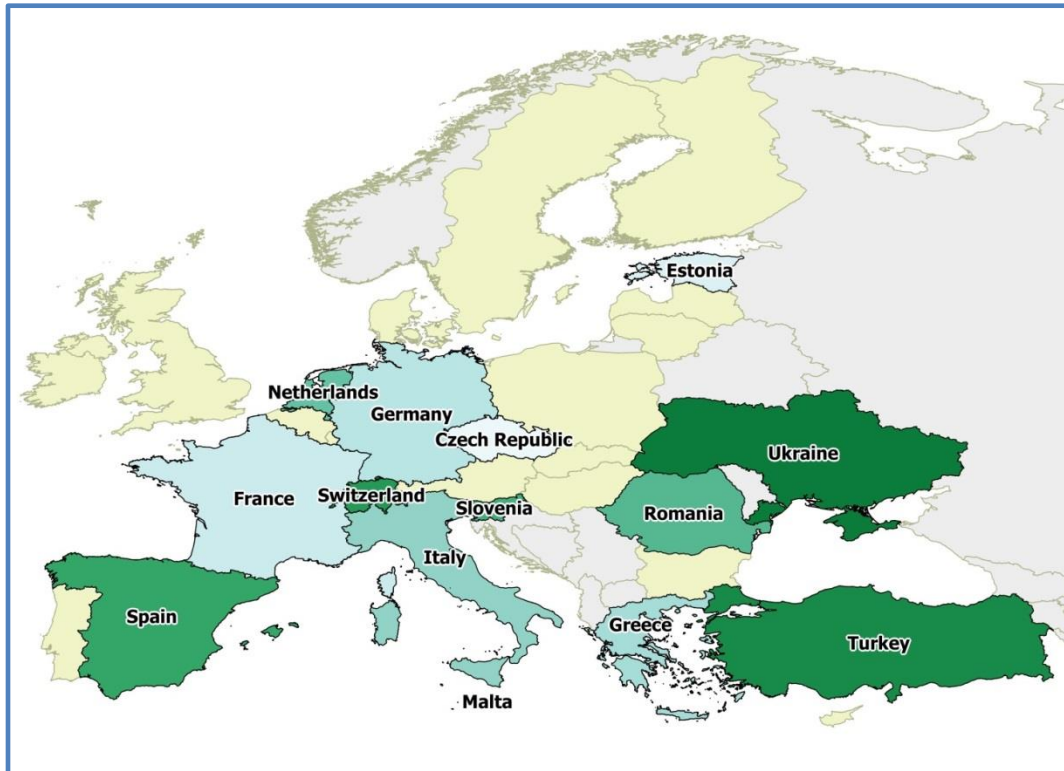
Type of Institution



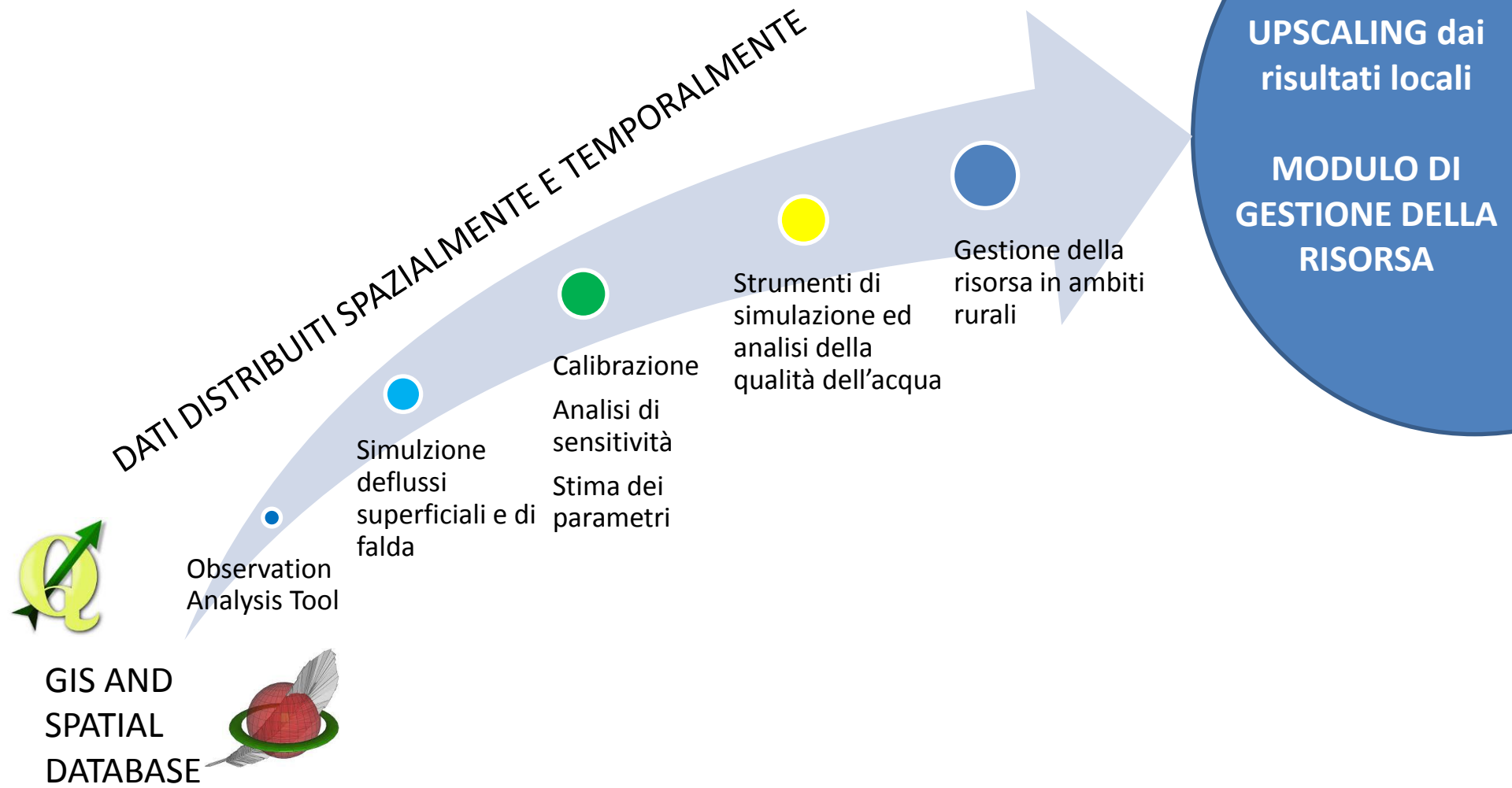
FREEWAT casi di studio

14 casi di studio:

- 8 per l'applicazione di WFD, GWD ed altre (EU countries) più **1 caso di studio in Svizzera**
- 5 per la gestione dell'acqua in ambito rurale: 2 EUs, Turchia, Ucraina, eAfrica (tramite UNESCO)



Moduli di FREEWAT





Vantaggi della piattaforma Open Source ed integrata in GIS

- Sfrutta appieno le potenzialità di analisi e visualizzazione spaziale per il pre-processing ed il post-processing in un'unica piattaforma
- Permette di gestire ed organizzare i dati in modo strutturato e facilmente aggiornabili per ulteriori scenari di modellazione
- Nessun costo di licenza
- Nessun vincolo con nessuna azienda specifica
- Possibilità di modificare ed adattare ai propri fabbisogni senza ripartire da zero ogni volta

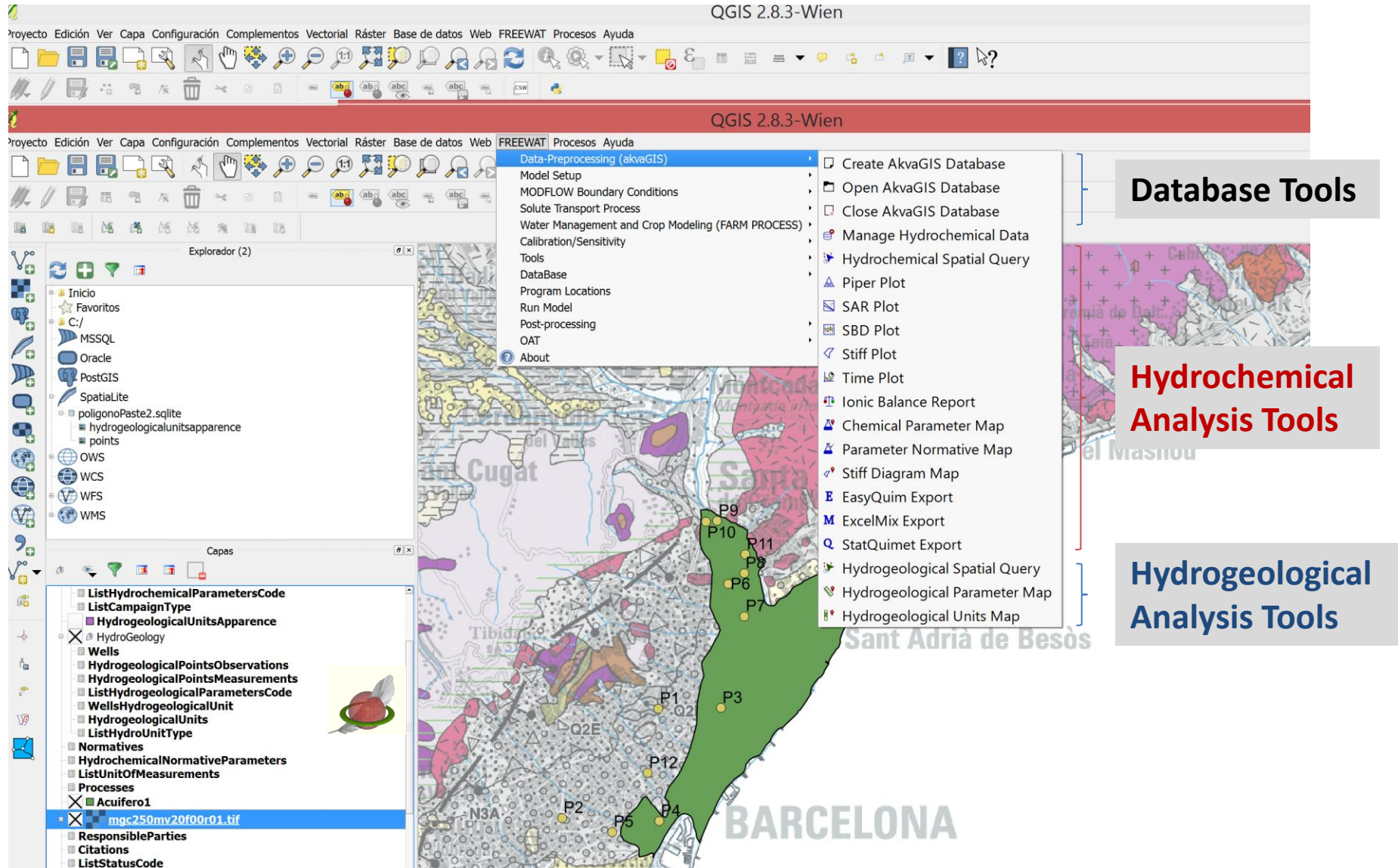




Agenda

- Introduzione al progetto (contenuti e finalità)
- **Funzionalità presenti in FREEWAT**
- Il caso di studio del Ceresio (prossime presentazioni)

Pre-processamento di dati idrogeologici: AkvaGIS Tools



The screenshot shows the QGIS 2.8.3-Wien interface. The 'FREEWAT' menu is open, displaying the 'Data-Preprocessing (akvaGIS)' submenu. The submenu is organized into three categories: Database Tools, Hydrochemical Analysis Tools, and Hydrogeological Analysis Tools. The main map area shows a hydrogeological map of Barcelona with various layers and points labeled P1 through P12.

Database Tools

- Create AkvaGIS Database
- Open AkvaGIS Database
- Close AkvaGIS Database
- Manage Hydrochemical Data
- Hydrochemical Spatial Query
- Piper Plot
- SAR Plot
- SBD Plot
- Stiff Plot
- Time Plot

Hydrochemical Analysis Tools

- Ionic Balance Report
- Chemical Parameter Map
- Parameter Normative Map
- Stiff Diagram Map
- EasyQuim Export
- ExcelMix Export
- StatQuimet Export

Hydrogeological Analysis Tools

- Hydrogeological Spatial Query
- Hydrogeological Parameter Map
- Hydrogeological Units Map

QGIS 2.8.3-Wien Interface Details:

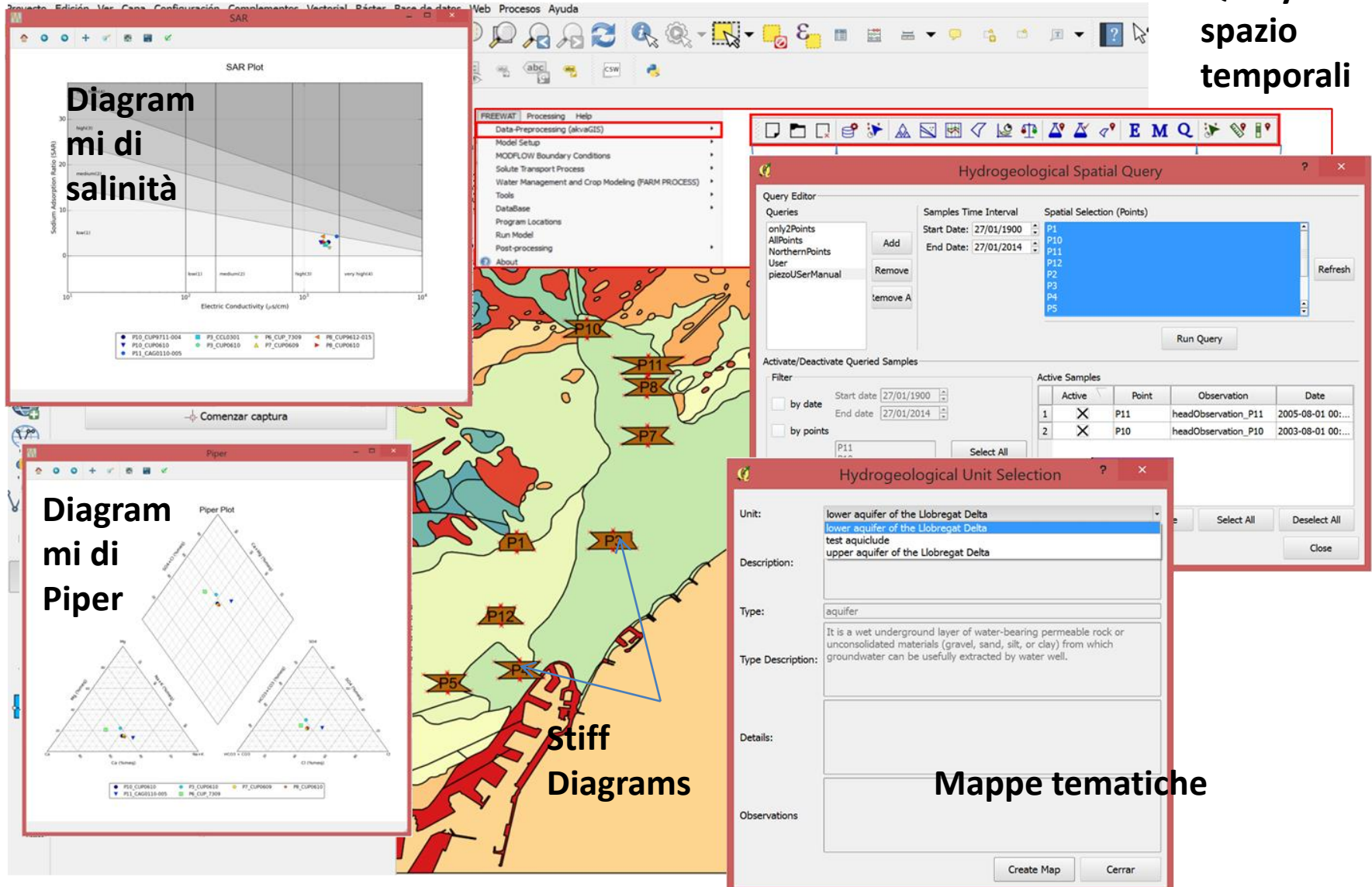
- Project:** Proyecto
- Editing:** Edición
- View:** Ver
- Layer:** Capa
- Configuration:** Configuración
- Plugins:** Complementos
- Vector:** Vectorial
- Raster:** Ráster
- Database:** Base de datos
- Web:** Web
- FREEWAT:** FREEWAT
- Process:** Procesos
- Help:** Ayuda

Layers (Capas):

- ListHydrochemicalParametersCode
- ListCampaignType
- HydrogeologicalUnitsAppearance
- HydroGeology
- Wells
- HydrogeologicalPointsObservations
- HydrogeologicalPointsMeasurements
- ListHydrogeologicalParametersCode
- WellsHydrogeologicalUnit
- HydrogeologicalUnits
- ListHydroUnitType
- Normatives
- HydrochemicalNormativeParameters
- ListUnitOfMeasurements
- Processes
- Acuifero1
- mgc250mv20f00r01.tif
- ResponsibleParties
- Citations
- ListStatusCode

Pre-processamento di dati idrogeologici: AkvaGIS Tools

Query
spazio
temporali



Mappe tematiche

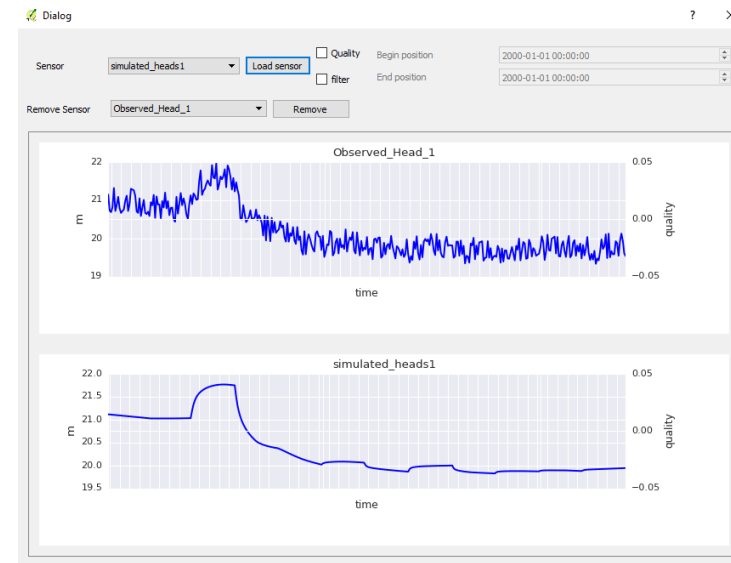
OAT in breve

Le serie temporali (ST) sono una componente importante nella modellazione ambientale, e lo saranno sempre di più con la crescente diffusione di sistemi di monitoraggio diffusi real-time e online.

Usando OAT si possono caricare, esplorare, analizzare ed estrarre il massimo valore da una serie di osservazioni.

In particolare le ST sono importanti per:

- Comprendere il sistema da modellare e quindi sono un **supporto nella preparazione del modello**
- Verificare i risultati del modello e quindi aiutano la **calibrazione del modello**



OAT in breve

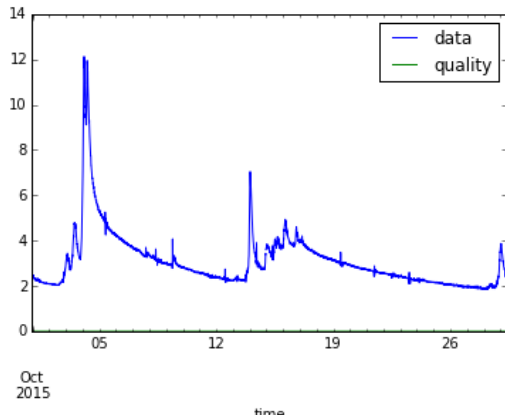
funzionalità di OAT:

- Importare dati da sensori
 - Da servers
 - Da file locali
 - Diversi formati di file di MODFLOW
- Gestire ed editare dati e metadati da sensori
- Manipolare i dati
 - Creare nuove serie temporali
 - Processare i dati grazie ad una libreria espandibile
- Visualizzare e comparare serie

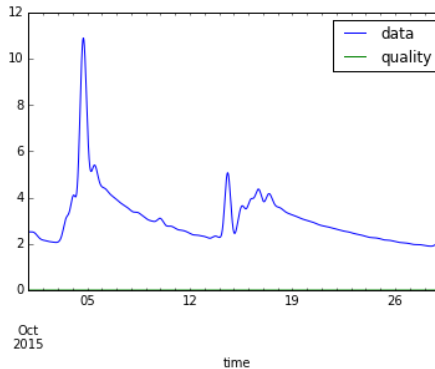
Processamento

Riempimento, plot, ricampionare, filtrare, exceedance time, separazione dell'idrogramma,...

```
#original data
CUC2.plot(quality=True)
```



```
#Lowpass filter
CUC4.process(
    method.DigitalFilter(
        1, 0.01, order=6, btype='lowpass')
).plot(quality=True)
```



Calculate exceedance time

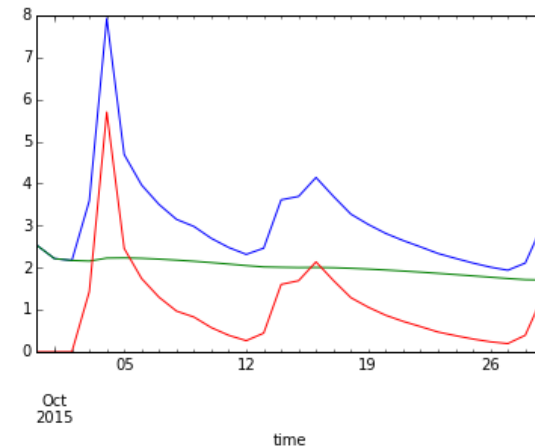
```
In [25]: #Exceedance values from exceedance percentage
A = CUC2.process(method.Exceedance(perc=[5, 50, 95]))
print "-----"
print "Percentage\t: %s\t%" % A[0][0]
print "Value\t\t: %s\tm3/s" % A[0][1]
print "-----"
print A
```

```
-----
Percentage      : 5.0   %
Value           : 1.967 m3/s
-----
```

```
[[ 5.    1.967]
 [50.    2.761]
 [95.    4.968]]
```

```
#Hydrograph separation
#with two parameter digital filter
#=====
CUCd = CUC2.process(
    method.Resample(freq='1D',how='mean',
                    fill='ffill', how_quality='sum'))
base, runoff = CUCd.process(method.Hysep(mode='TPDF'))

CUCd.plot()
base.plot()
runoff.plot()
```



Processamento

Estrazione di eventi, calcolo volumi, indici idrologici, goodness of fit,

```
# Extract peak events
events = CUCH.process(
    method.Hydro_events(rise_lag=2,fall_lag=2>window=4,min_peak=3.8))

# Extract periods
periods = [ e.period() for e in events ]

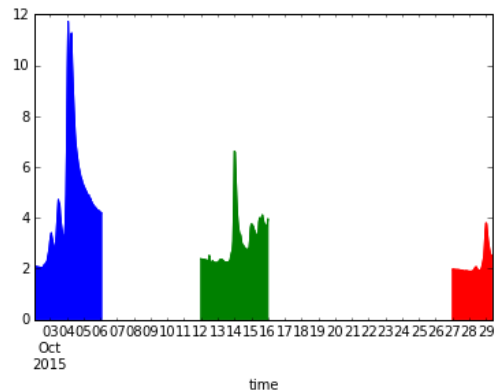
# Calculate volumes
volumes = CUCH.process(method.Integrate(periods=periods, astext=True))

#print the calculate vlumes
print "Cubic Meters:", [i[2] for i in volumes]

#Print the areas of the events
for e in events:
    e.plot(kind='area')

#Calculate with/without factor and tunit
#print CUCH.process(method.Integrate(periods=periods, factor=0.001, astext=True))
#print CUCH.process(method.Integrate(periods=periods, tunit="hours", astext=True))
```

Cubic Meters: [1606704.6000000001, 1046764.8600000001, 449653.20000000001]



```
#Hydrological indexes
for c in range(1,46):
    val = myoat.process(
        method.Hydrologic_indices(
            htype='MA',code=c, drain_area=100))
    print "MA%s: %s" %(c,val)
```

MA1: -0.120394010305
MA2: -0.046214
MA3: 9.25136773865
MA4: -1.20345986548
MA5: 2.60514152216
MA6: -1.37611514673
MA7: -1.41286013942
MA8: -1.39819099706

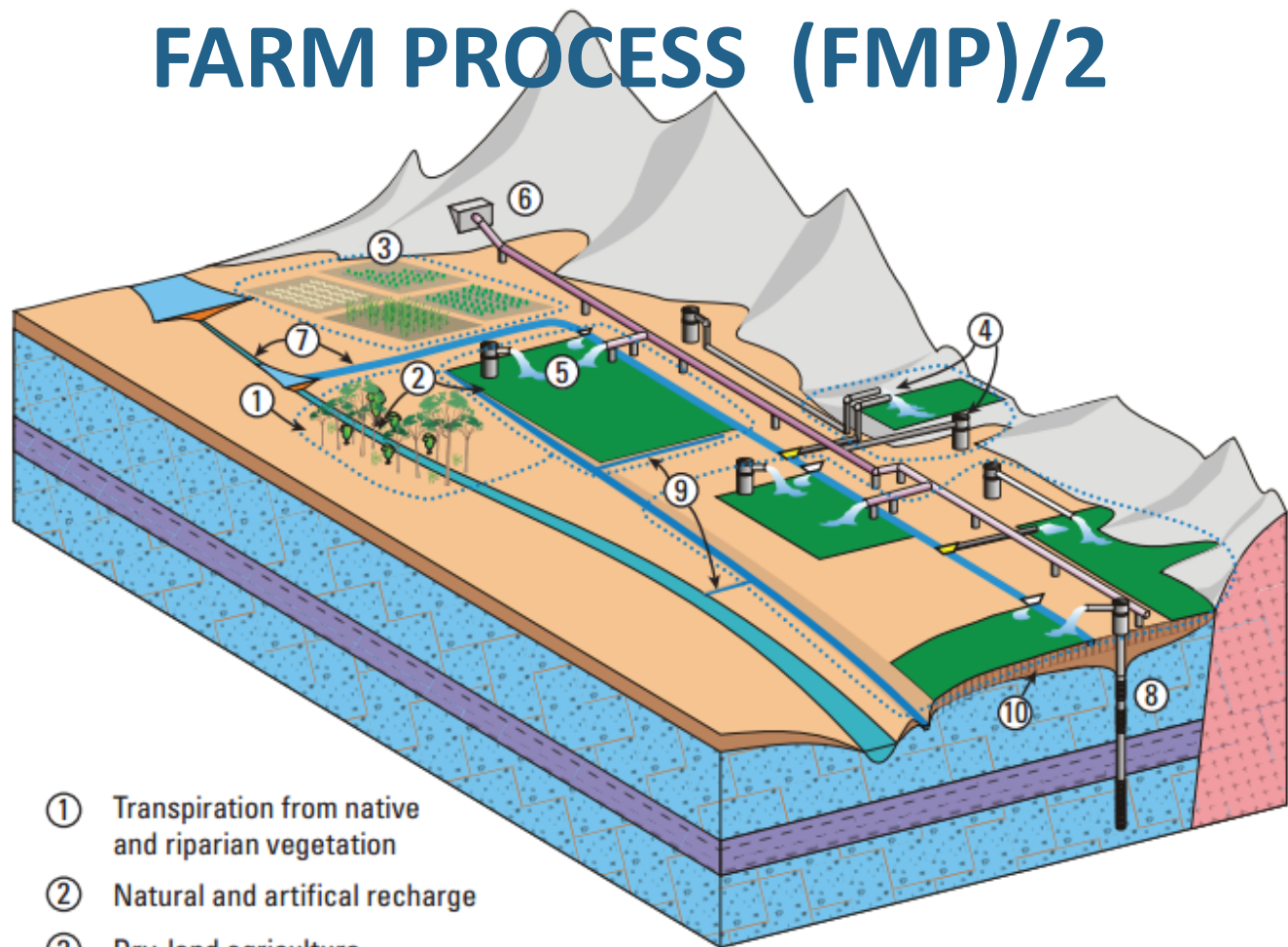
```
#Goodness of fit
# CUCH is the Observation
# rand_CUCH is the simulation
CUCh.process(method.Compare(rand_CUCH,
    stats=['BIAS','SANDARD_ERROR', 'RELATIVE_BIAS', 'RELATIVE_STANDARD_ERROR',
        'NASH_SUTCLIFFE', 'COEFFICIENT_OF_EFFICIENCY',
        'INDEX_OF_AGREEMENT', 'VOLUMETRIC_EFFICIENCY'], exponent=1))
```

{u'BIAS': -3.101038172973666,
u'COEFFICIENT_OF_EFFICIENCY': -2.7652755213651776,
u'INDEX_OF_AGREEMENT': 0.20950312134658267,
u'NASH_SUTCLIFFE': -6.5619543988222517,
u'RELATIVE_BIAS': -1.0073674194139706,
u'RELATIVE_STANDARD_ERROR': 1.256717402443948,
u'SANDARD_ERROR': 1.5933059782834331,
u'VOLUMETRIC_EFFICIENCY': -0.0079295228874634027}

FARM PROCESS (FMP)/1

- Modello idrologico pienamente integrato (superficie e falda) per la stima della **domanda ed offerta di sistemi irrigui**
- FMP prevede la possibilità di considerare canalizzazioni o canali di deviazione tra diverse aree di pertinenza (water account units)

FARM PROCESS (FMP)/2



- ① Transpiration from native and riparian vegetation
- ② Natural and artificial recharge
- ③ Dry-land agriculture
- ④ Aquifer storage-and-recovery systems
- ⑤ Farm demand for irrigation from multiple sources of water
- ⑥ Non-routed deliveries as multiple water transfers to multiple delivery locations

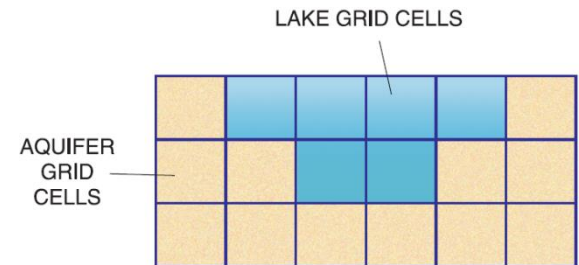
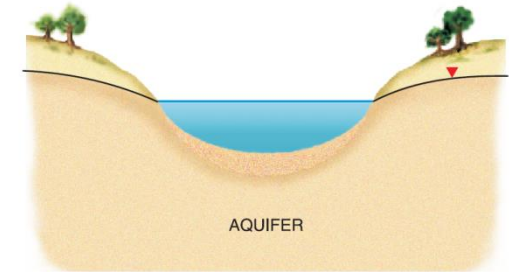
- ⑦ Routed surface-water delivery to farm from canals and rivers
- ⑧ Groundwater pumpage from single- and multi-screened/multi-aquifer irrigation and supply wells
- ⑨ Runoff and drain return flows to rivers and canals
- ⑩ Delayed artificial recharge through unsaturated zone



Water-accounting units

Lake package

- Una tecnica per descrivere le interazioni dinamiche tra lago e falde così che l'effetto di variazioni su di un corpo idrico si riflette dinamicamente sugli altri
- Può tener conto di:
 - Tasso di ricarica atmosferica
 - evapotraspirazione,
 - Scorrimento superficiale della pioggia
 - Tasso di prelievo diretto
- Un budget separato per i laghi
- Porzioni dei laghi possono asciugarsi e ri-bagnarsi
- Può essere integrato con SFR (Stream Flow Routing) package



Trasporto

Integra il software MT3DMS che risolve il trasporto dei soluti nel saturo (ADE- Advection, Dispersion Equation) per uno o più componenti.

Si possono simulare I seguenti processi:

Assorbimento/Rilascio (adsorption/desorption)

(lineare e non lineare, equilibrio e non condizioni di non equilibrio)

Termine di decadimento (decay order)

(primo ordine o ordine zero) per rappresentare il decadimento naturale o radiattivo e/o per simulare la degradazione biologica

Dual domain mass transfer (??? in italiano ???)

Si può definire una sorgente/pozzo (puntuale o distribuito)

Si può simulare il trasporto di calore (trattando la temperatura come una specie particolare)

Potenzialità

Appartiene alla famiglia di MODFLOW. Le sue applicazioni più frequenti sono:

- Caratterizzazione di siti inquinati
- Valutazione della vulnerabilità degli acquiferi
- Valutazioni ambientali legate a fonti d'inquinamento (esistenti o previste)
- Progettazione di opere di mitigazione (barriere idrauliche, sistemi di pompaggio, etc..)
- Stimare la posizione di una sorgente inquinante (caso comunque non banale)

Limitazioni

Non gestisce:

- sostanze multi-fase (es: acqua + olio)
- Flussi dipendenti da viscosità, temperatura e densità
- Trasporto con reazioni intra-specie (reazioni geo-chimiche)

Ancora non gestito ma presto possibile con una nuova versione di MT3DMS

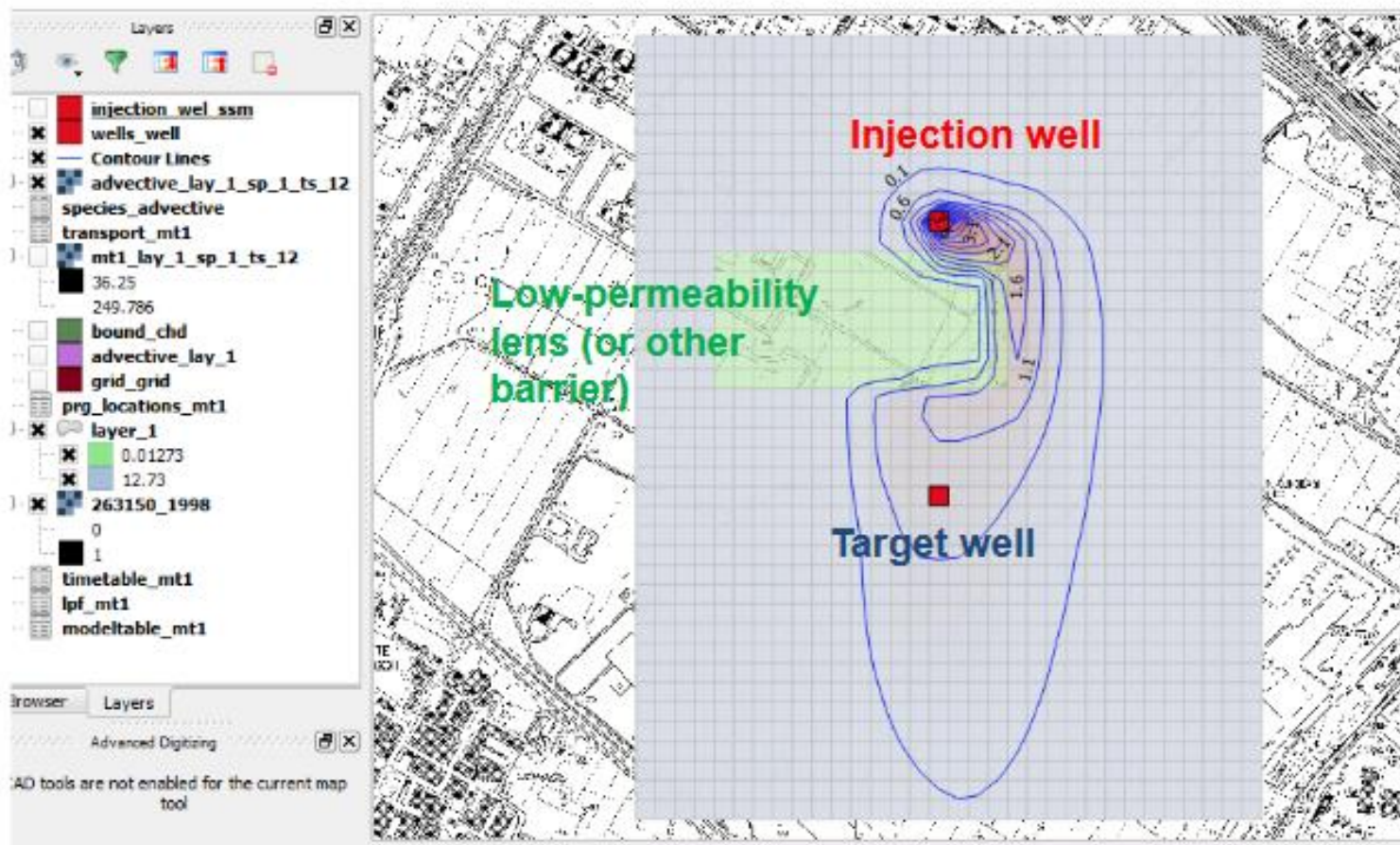
- Flusso nel non saturo
- Flusso nei fiumi
- Concentrazione nei laghi istantanea

Completa alcune limitazioni di MT3DMS

Non gestisce:

- ~~• sostanze multi-fase (es: acqua + olio)~~
- ~~• Flussi dipendenti da viscosità, temperatura e densità~~
- Flusso nel non saturo
- Trasporto con reazioni intra-specie (reazioni geo-chimiche)

MT3DMS/3





Calibrazione/Analisi di Sensitività con UCODE

Sensitivity analysis

- Quanto è importante ogni osservazione per la stima di un parametro? E per tutti i parameteri?
 - Quanto sono importanti le singole osservazioni per la previsioni?
 - Quali nuove osservazioni potrebbero essere importanti per la stima dei parametri? E le previsioni?
-
- Quali valori dei parametri producono un risultato più conforme con le osservazioni?

Calibration

Particle Tracking

MODPATH è un modulo di post-processamento per la stima delle linee di deflusso nelle tre dimensioni.

Questo utilizza i risultati di un modello di flusso (MODFLOW) applicando un semplice trasporto (advection).

Non si può quindi considerare accurato come MT3DMS ma è molto rapido e semplice da applicare.

