

# La Comunità scientifica a confronto:

**IL SUOLO e la modellazione delle pressioni, degli impatti e tecniche innovative di monitoraggio della contaminazione da nitrati delle acque**

Fabio Terribile  
Presidente Società Italiana di Pedologia  
Dip. Agraria, Univ. Di Napoli Federico II

Angelo Basile  
CNR ISAFoM

# 1. Decreto Legislativo n. 152/99 (integr. D.L. 258/2000)

"L'individuazione delle **zone vulnerabili** deve essere effettuata tenendo conto dei **carichi** (specie animali allevate, intensità degli allevamenti e loro tipologia, tipologia dei reflui che ne derivano e modalità di applicazione al terreno, coltivazioni e fertilizzazioni in uso) e dei **fattori ambientali** che possono concorrere a determinare uno stato di contaminazione."

Tali fattori dipendono:

- Dalla **Vulnerabilità intrinseca** degli terreni nei confronti dei fluidi inquinanti (caratteristiche litostrostrutturali, idrogeologiche e idrodinamiche del sottosuolo e degli acquiferi);
- Dalla **Capacità di attenuazione del suolo** nei confronti dell'inquinante (caratteristiche di tessitura, struttura, contenuto di sostanza organica ed altri fattori relativi alla sua composizione e reattività fisica, chimico-biologica);
- Dalle **condizioni climatiche e idrologiche**;
- Dal tipo di **uso del suolo** e dalle relative **pratiche agronomiche**.

LA REALTA' FISICA DEL SUOLO NON E' MOLTO DI PIU' DELLA SUA GRANULOMETRIA!

# Struttura del suolo



# Struttura del suolo





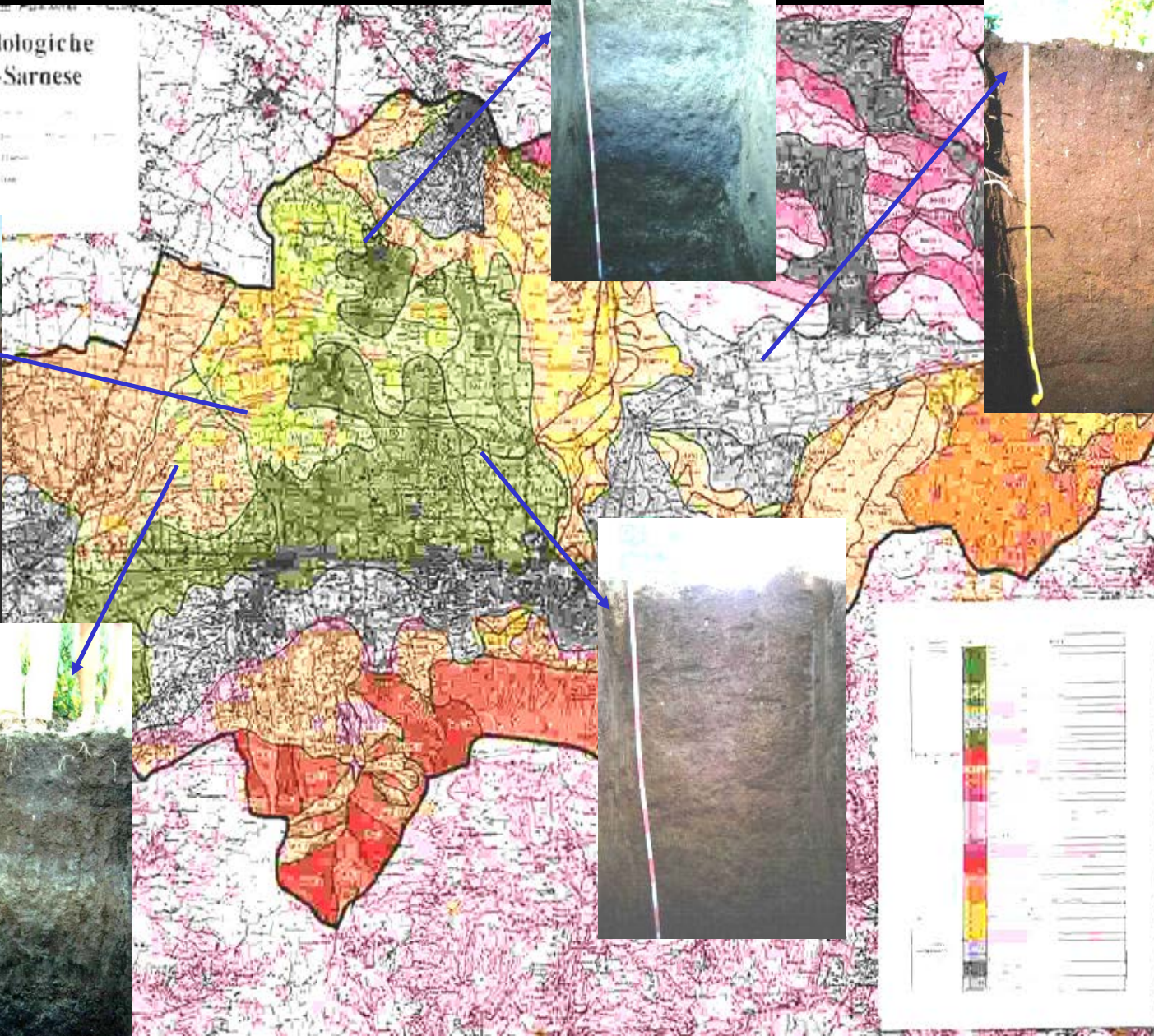
# Struttura del suolo





# Carta delle unità pedologiche dell'Agro Nocerino-Sarnese

Elaborata da: ...  
Direttore del centro: ...  
Supervisione di progetto: ...  
Coordinamento: ...  
Scala: 1:50.000



Color	Soil Unit Name
Yellow	...
Green	...
Orange	...
Red	...
Pink	...
Grey	...

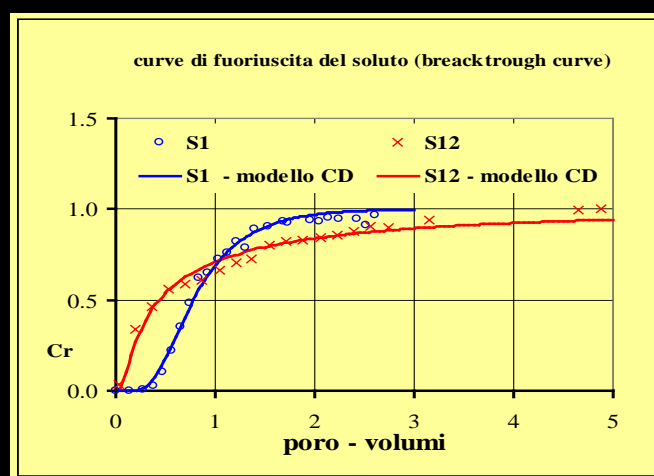
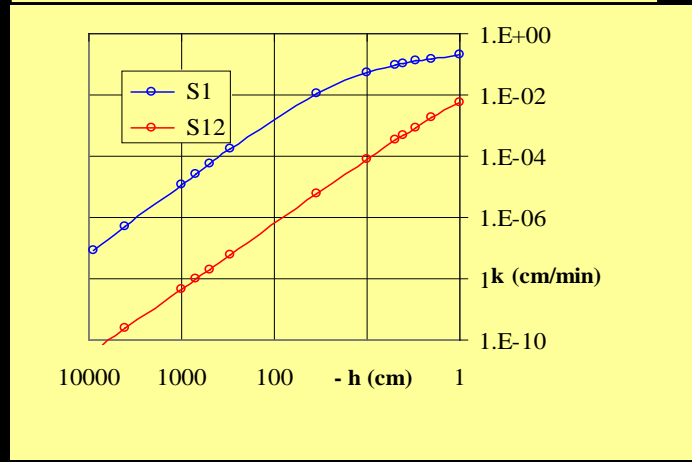
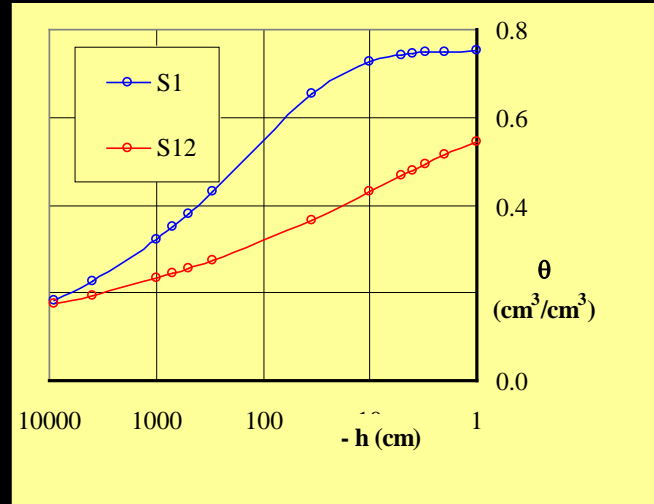




**Andisuolo**



**Inceptisuolo**





**PARAMETRI SPAZIALMENTE  
DIPENDENTI**

Proprietà idrauliche  
Parametri di trasporto dei  
soluti

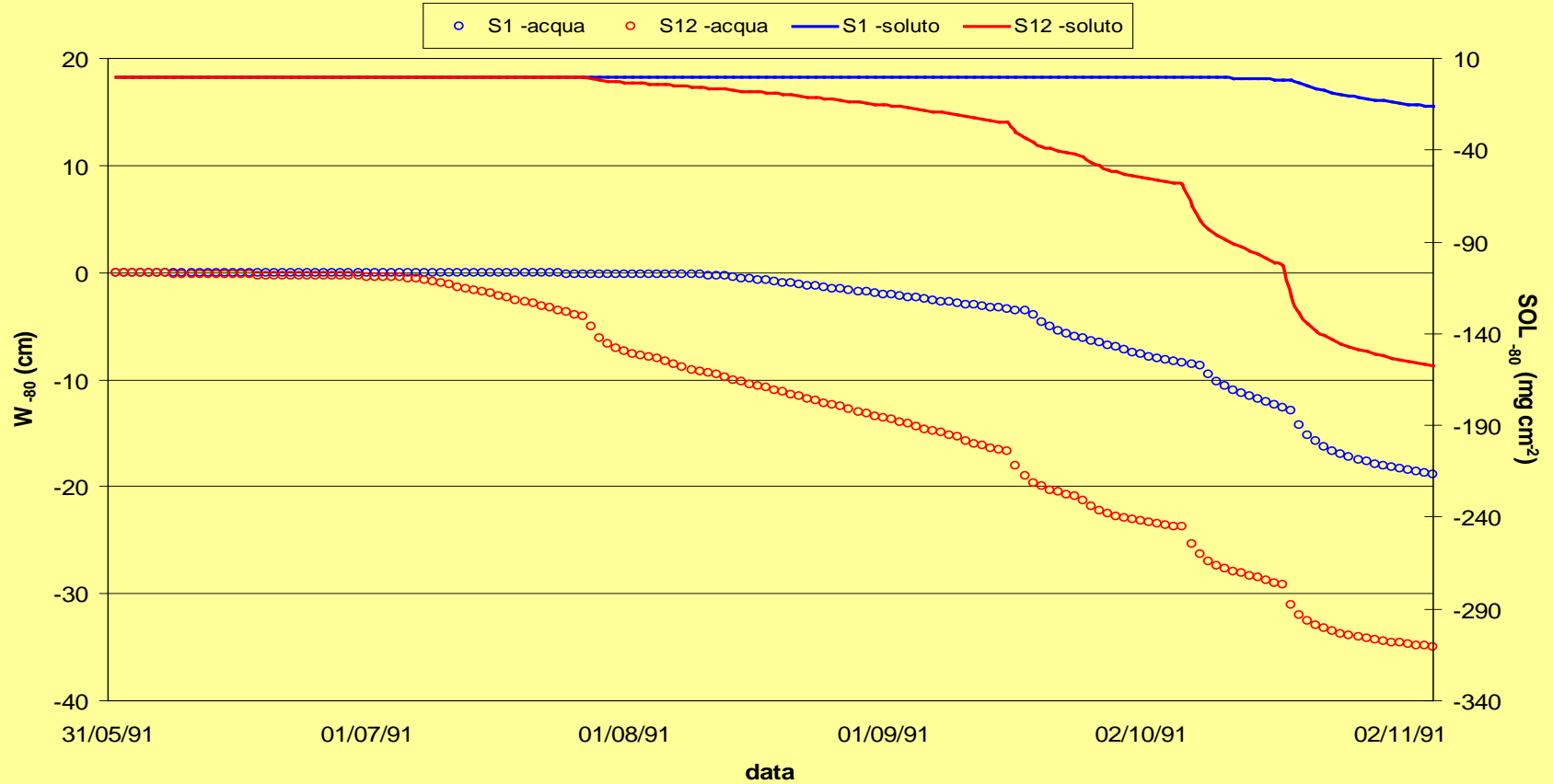
**PARAMETRI SPAZIALMENTE  
INDIPENDENTI**

Parametri della coltura ( $K_c$ ,  
funzione di attingimento radicale,  
etc)  
Condizioni Iniziali e al contorno  
inferiore (falda) e superiore ( $ET_p$ ,  
piogge, irrigazioni, sversamenti,  
etc)

**Modello di  
simulazione  
(SWAP)**

**OUTPUT** → proprietà funzionali →  $W_{-80}$  e  $SOL_{-}$

### Flussi di soluto e di acqua con drenaggio libero



Condizioni di simulazione	Condizione iniziale	Contorno Inferiore	Contorno Superiore
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Periodo dal 1/6 al 1/12</li> <li>- Ingresso del soluto continuo fino al 15/9 e aggiunta singola il 15/9.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Concentrazione del soluto al 15/9 della precedente simulazione.</li> <li>- Potenziale del suolo suolo da -150 cm in superficie a -50 cm a 80 cm di profondità.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Drenaggio libero (Falda profonda).</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Evapotraspirazione uguale ai dati medi del periodo.</li> <li>- Irrigazione settimanale di <math>300\ m^3\ ha^{-1}</math>.</li> <li>- Conc. del soluto di <math>5\ mg\ cm^{-3}</math> fino al 15/9 + <math>400\ mg\ cm^{-3}</math> il 16/9.</li> <li>- Piogge medie del periodo.</li> </ul>



## 2. Destino Ambientale del nitrato

Vi sono input diretti di nitrati (processi a carico di queste sostanze)

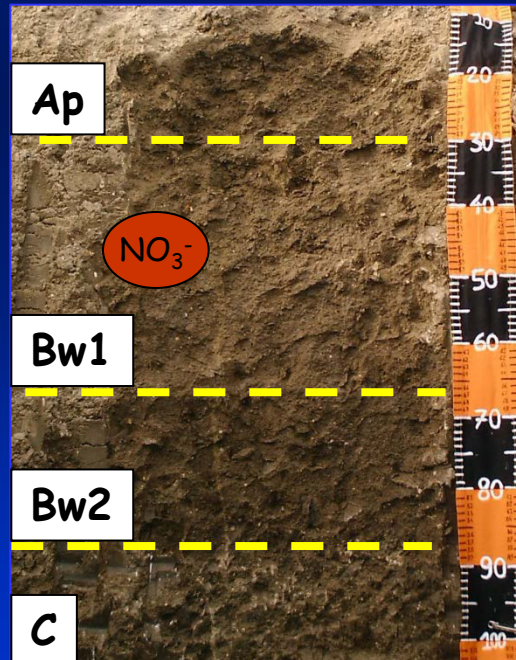
**INPUT**



**SUOLO**

Trasporto attraverso Fenomeni Convettivi, Dispersivi e Diffusivi

**Lisciviazione**



**Volatilizzazione**

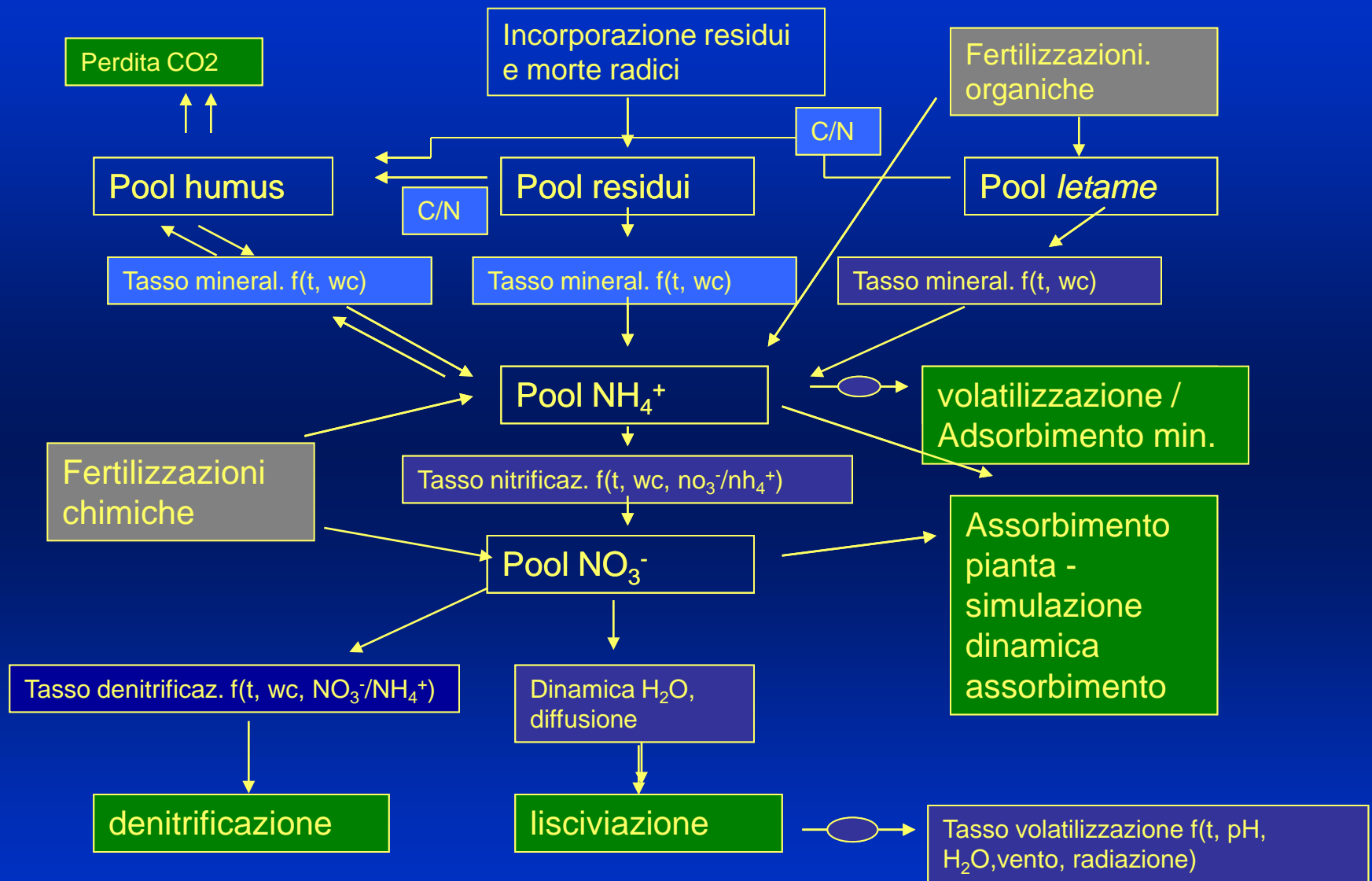
**Denitrificazione**

**Assorbimento**

**Risorse idriche**



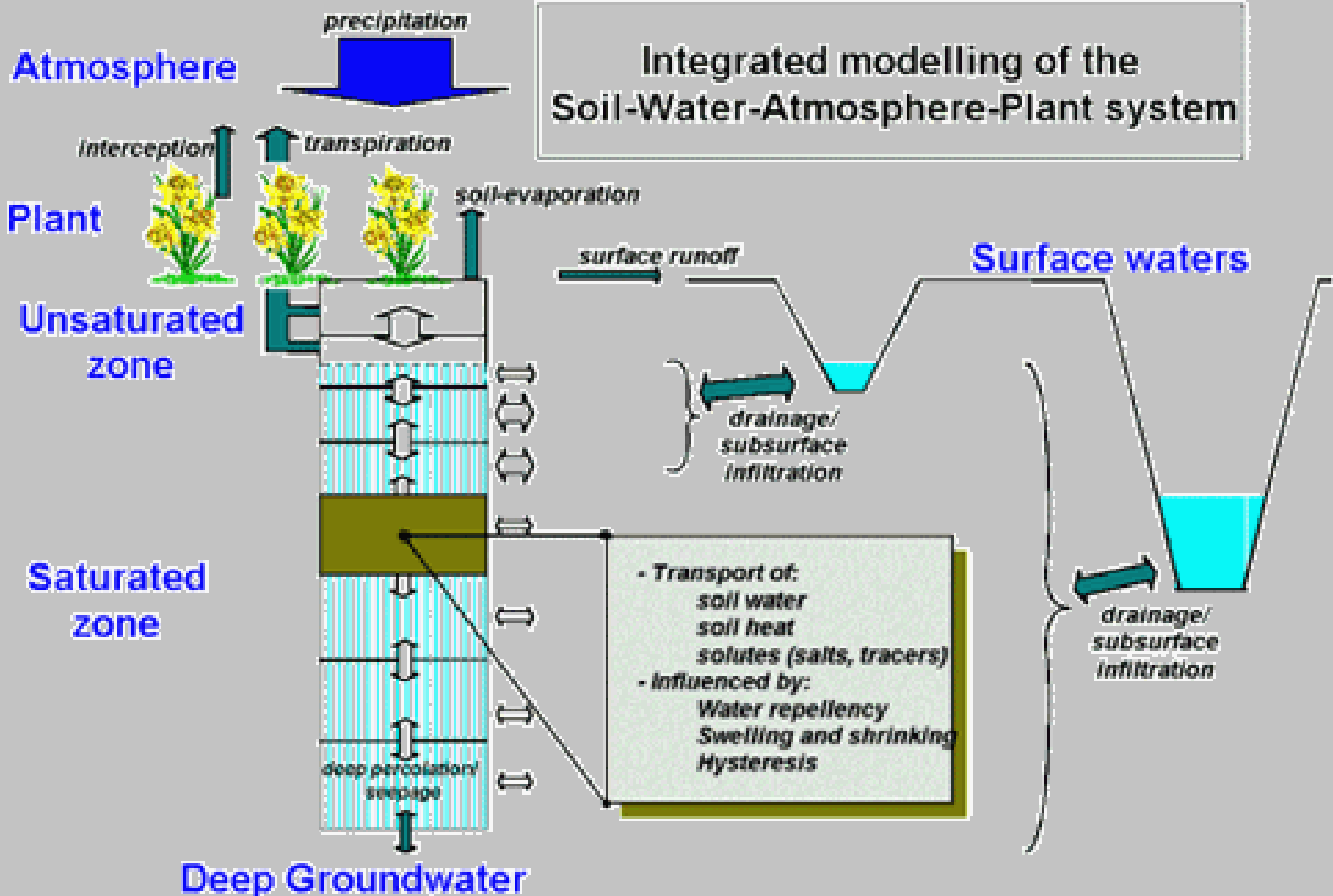
# 3. La complessità del bilancio dell'Azoto





# 4. Il bilancio idrico

## Integrated modelling of the Soil-Water-Atmosphere-Plant system





# MODELLO FUNZIONANTE

Mappe di vulnerabilità

Analisi di scenario

Ottimizzazione dei consumi

Etc..

Suolo

Meteo



Modello: simulatore  
della realtà

**Stime** (es. biomassa  
prodotta, drenaggio,  
nitrati lisciviati...)

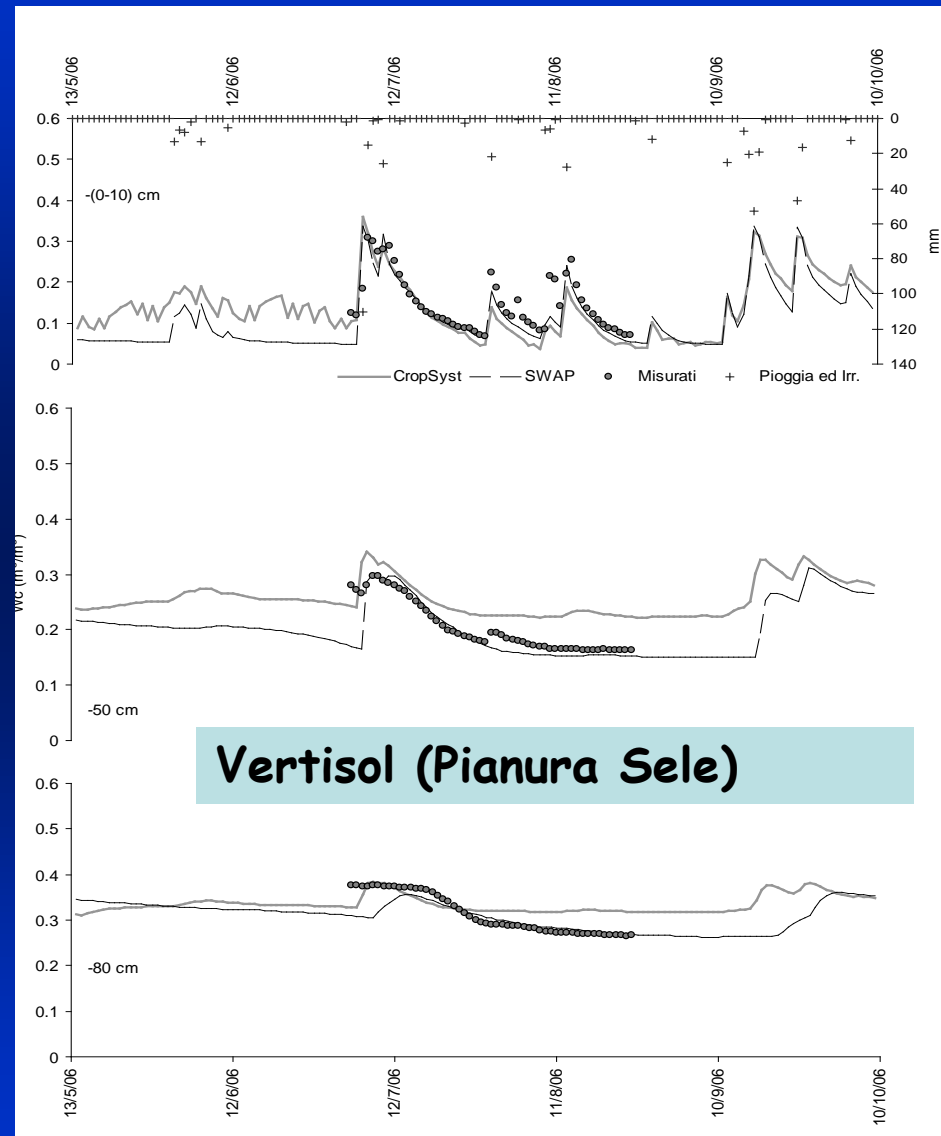
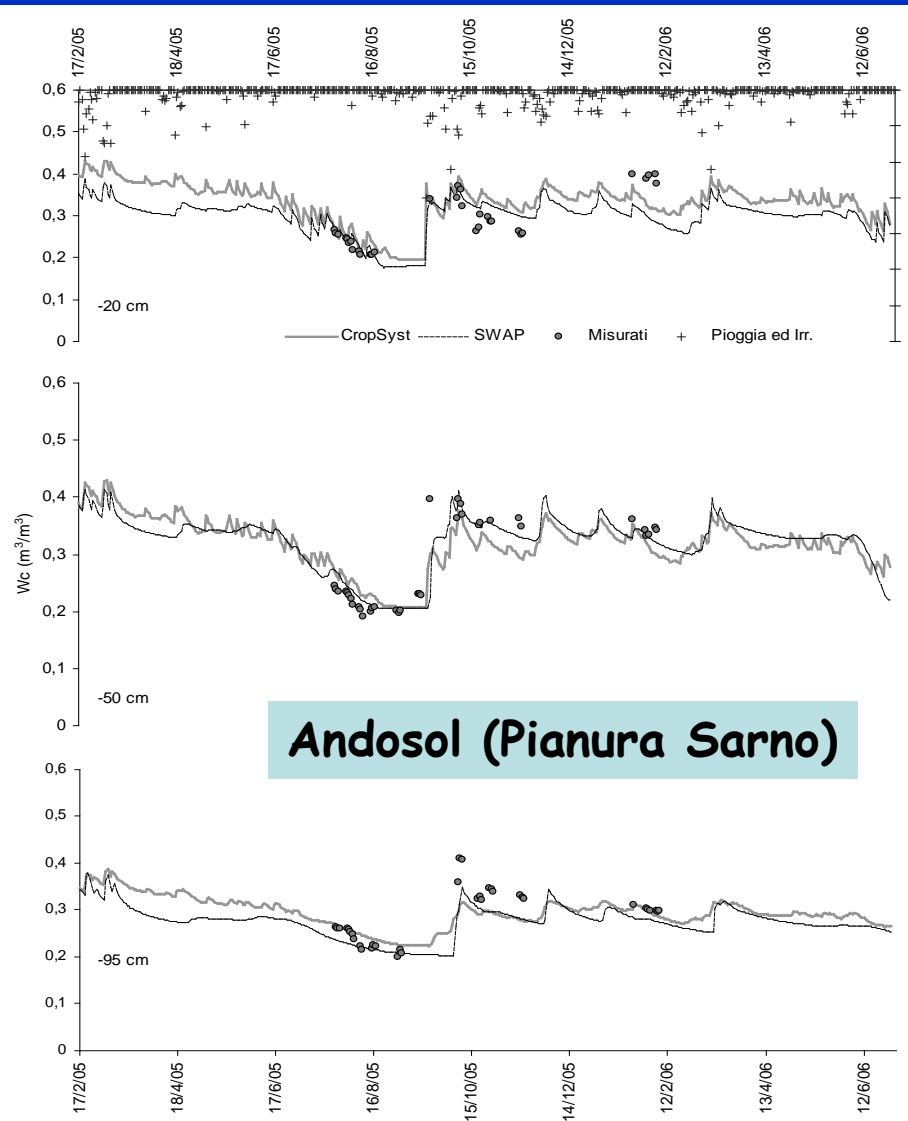


# Qualche esperienza da Lombardia, Campania e Calabria

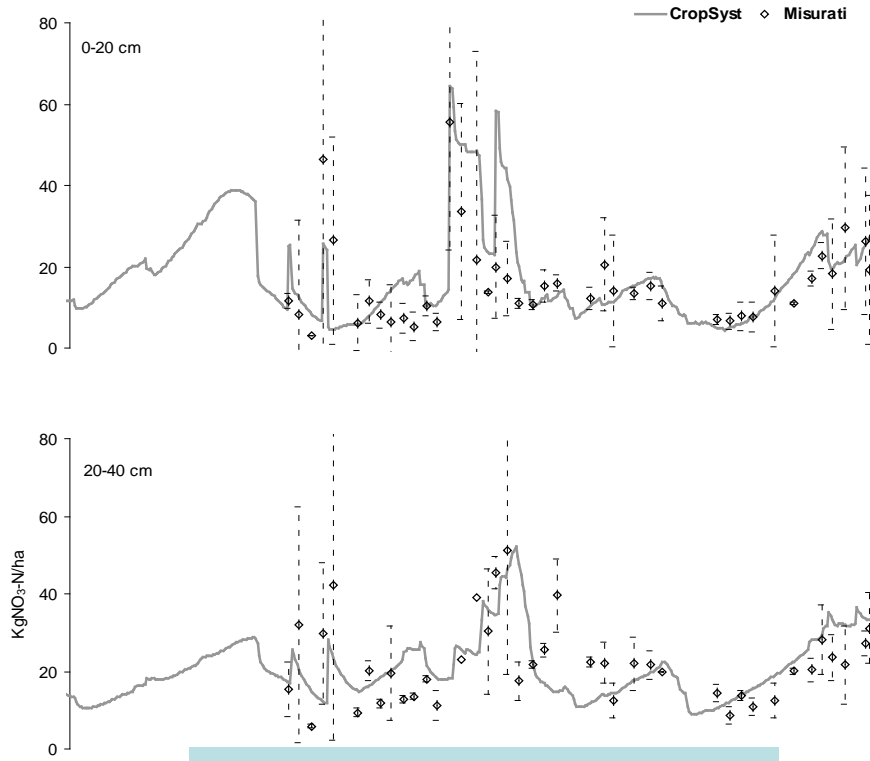
---

- **Altissimo livello di informazioni (siti di monitoraggio)**
  - Circa 15 siti
- **Alto livello di informazioni**
  - Circa 40 siti

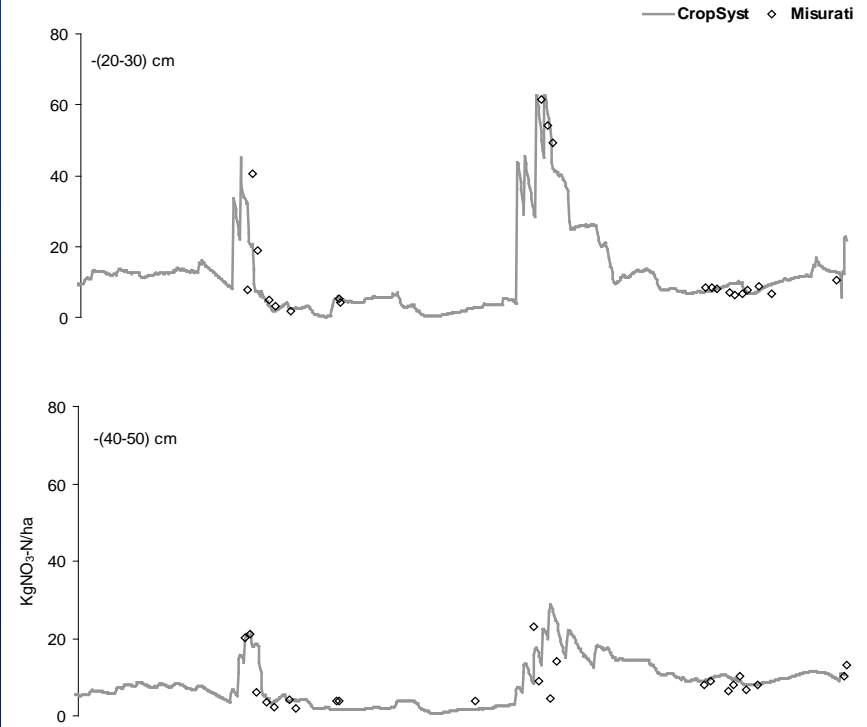
# Messa a punto dei modelli: Contenuto d'acqua



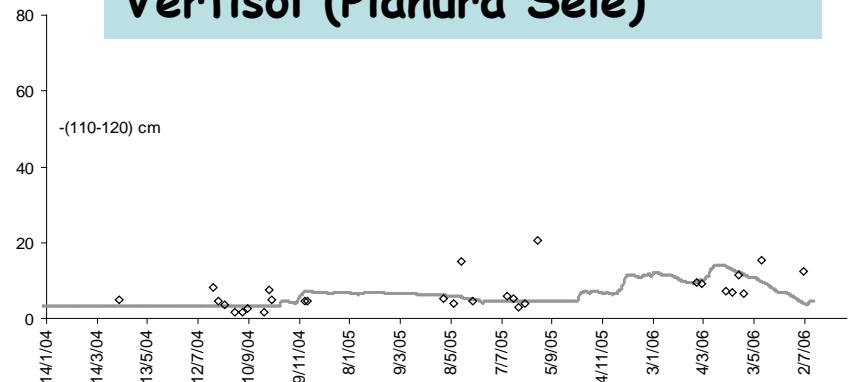
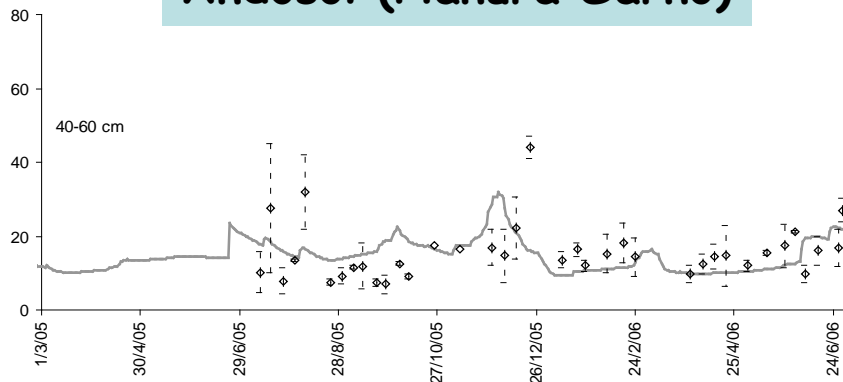
# Messa a punto del modello: contenuto di nitrati



**Andosol (Pianura Sarno)**



**Vertisol (Pianura Sele)**



**Un esempio a scala puntuale**  
**Analisi su coltura di MAIS**  
**(suolo vulcanico nell'Acerrano-Nolano)**

<b>acqua (mm)</b>	920	1030	<b>(+ 10 %)</b>
<b>N (kg ha<sup>-1</sup>)</b>	220	440	<b>(+100 %)</b>
<b>Percolazione H<sub>2</sub>O (mm)</b>	257	366	<b>(+40 %)</b>
<b>Lisciviazione N (kg ha<sup>-1</sup>)</b>	127	328	<b>(+150 %)</b>
<b>Biomassa (t ha<sup>-1</sup>)</b>	18,95	19,09	<b>(+ 1 %)</b>

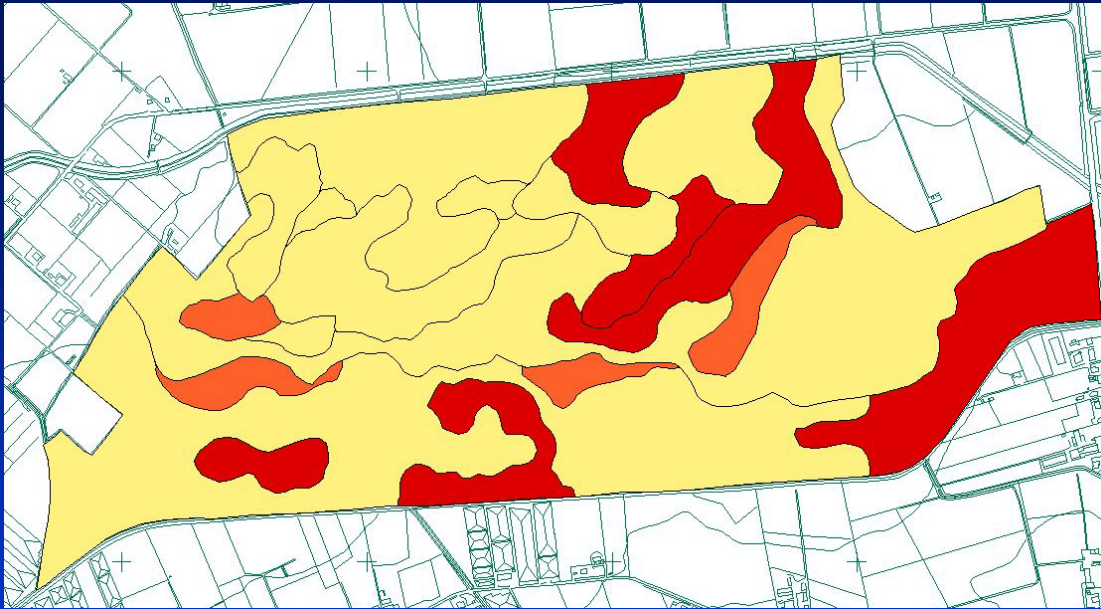


# Un esempio di vulnerabilità a scala aziendale (suoli della piana del Sele)

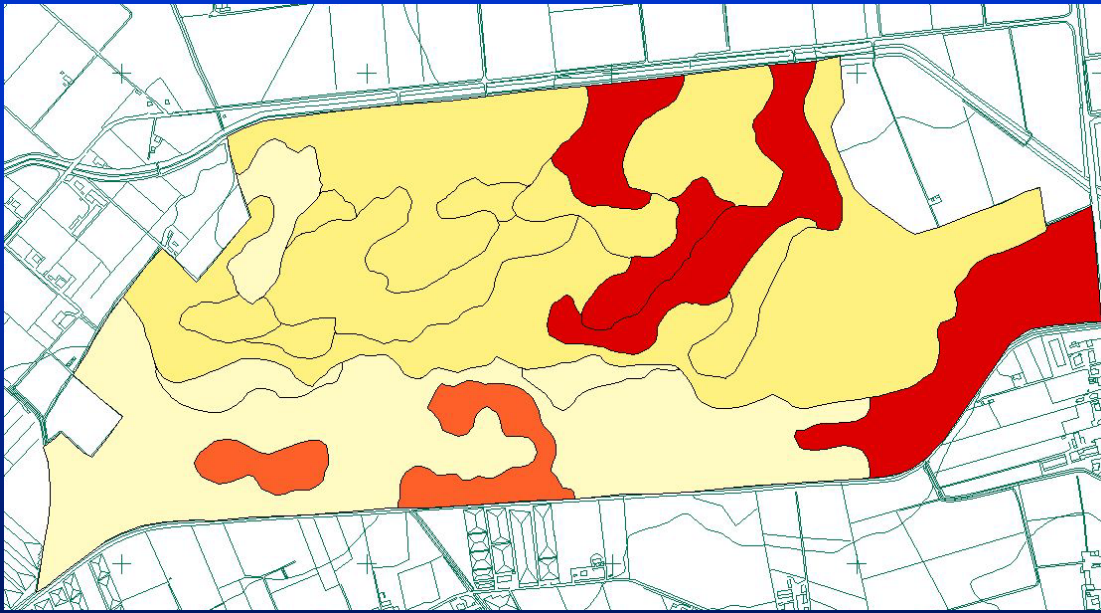
**Carta dei suoli Az. Improsta (138 ha)**



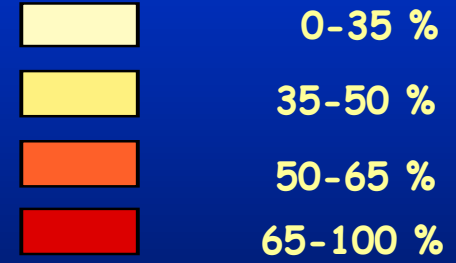
Irrigazione in 3-4 turni



Irrigazione in 6-9 turni



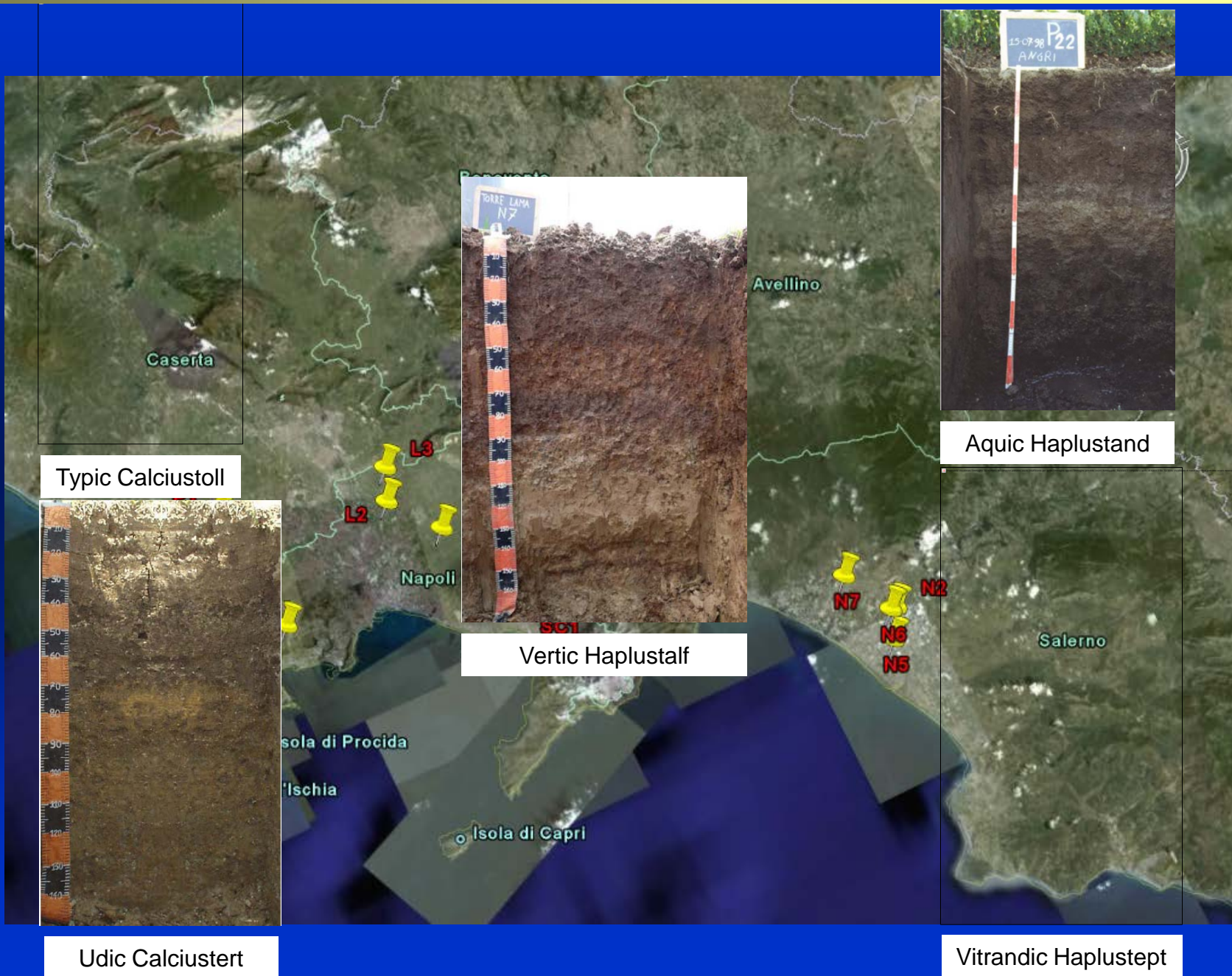
### Probabilità



Classe di probabilità (%)	Superficie aziendale	
	Irr. 6-9 turni	Irr. 3-4 turni
1 (0-35)	27%	0%
2 (35-50)	51%	75%
3 (50-65)	4%	2%
4 (65-100)	18%	22%



# Un esempio di vulnerabilità a scala di paesaggio



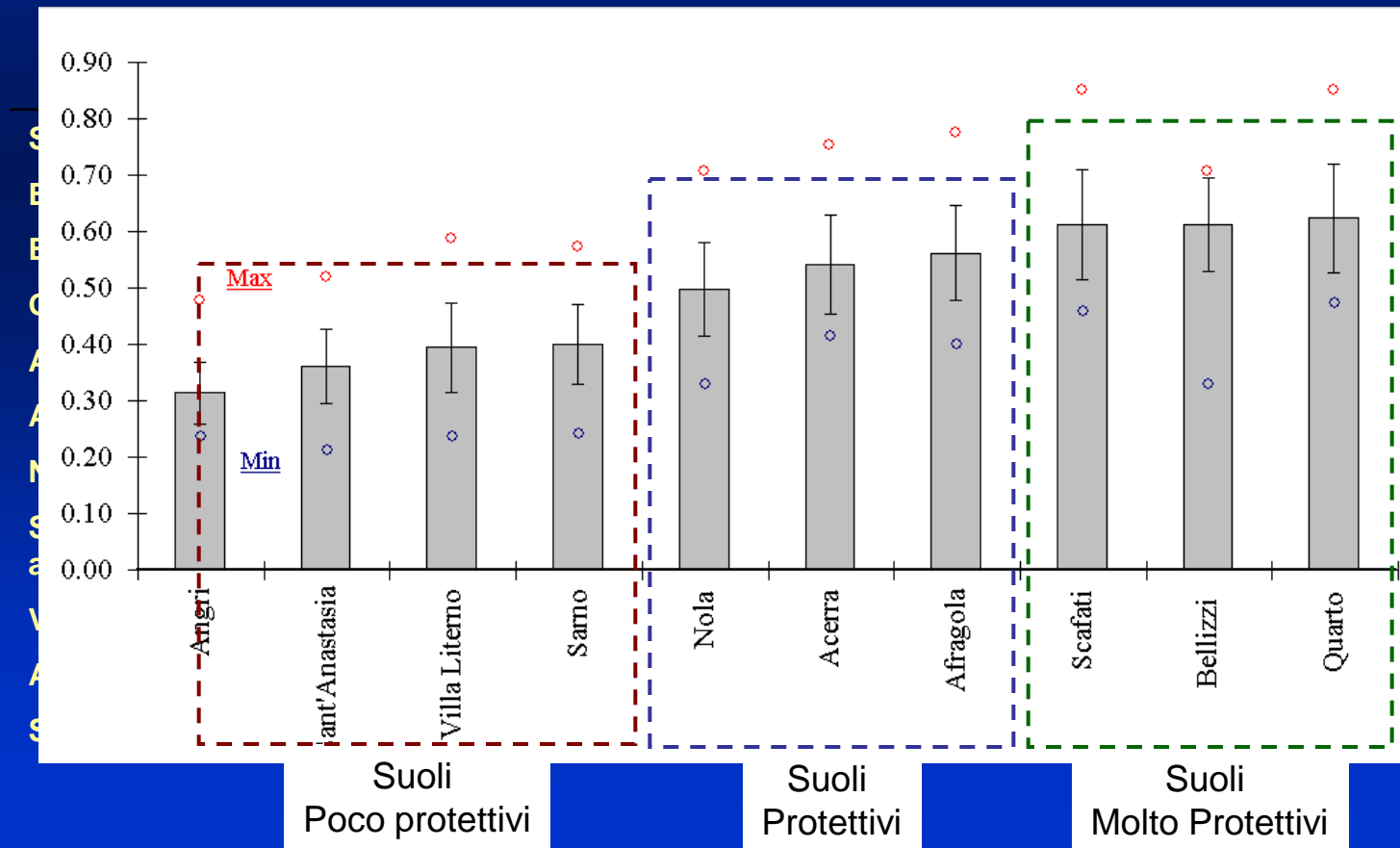
# Valutazione rischio potenziale di inquinamento (capacità protettiva dei suoli)

$$Ind.Ef = 1 - \frac{df}{In}$$

Ind.Ef.= indice di efficienza protettiva dei suoli all'inquinamento da soluti

Df = deflusso idrico alla base del profilo

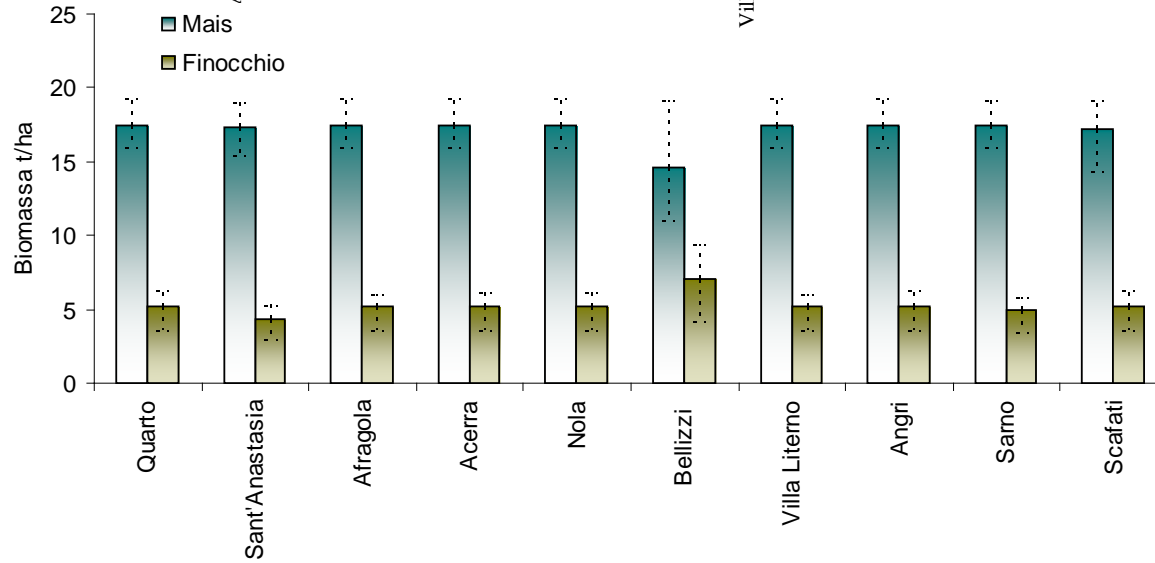
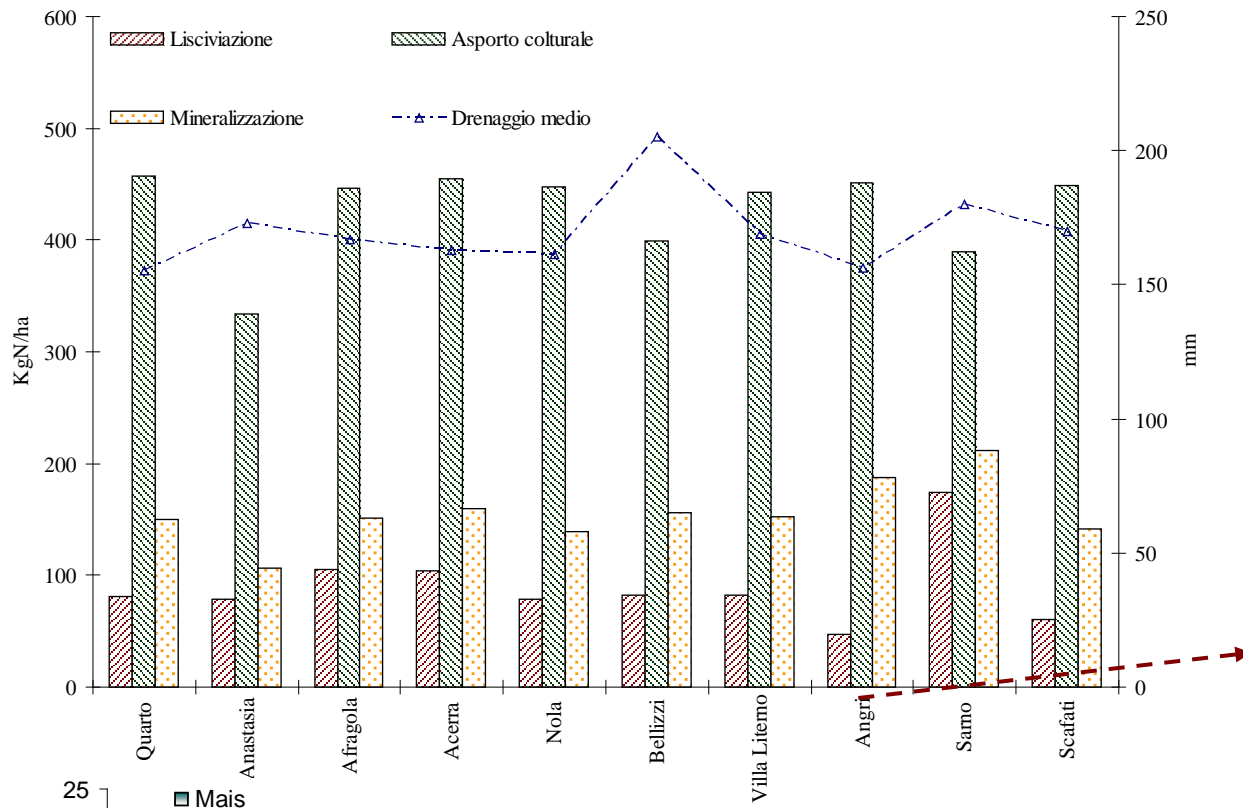
In = flussi in ingresso nel profilo



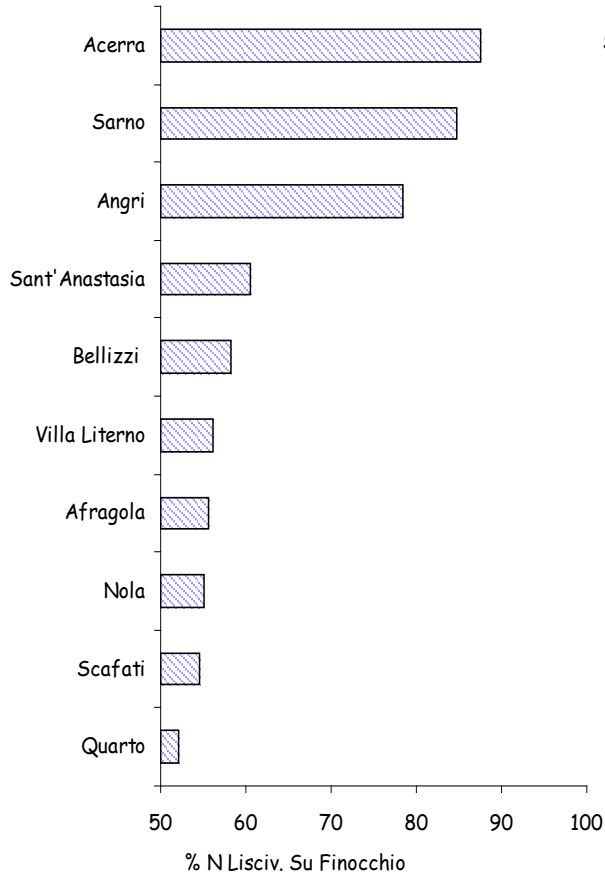


# Gestione Mais- Finocchio

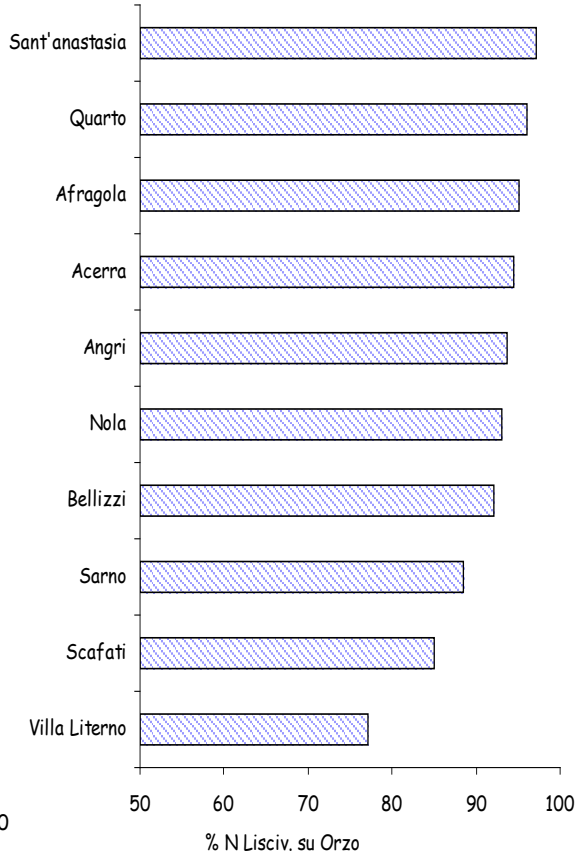
(30 anni di  
simulazione)



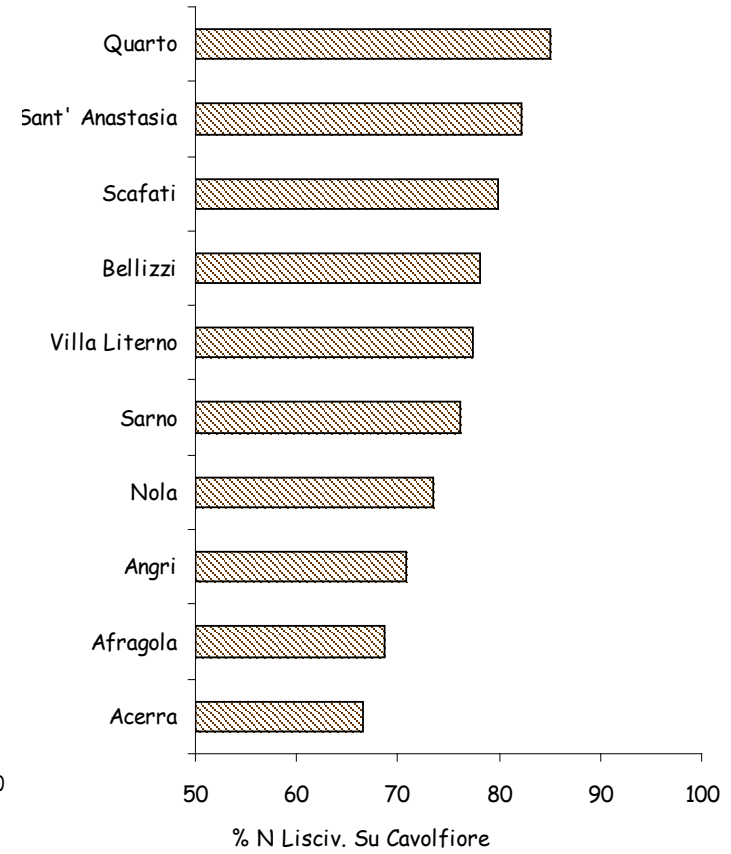
*(30 anni di simulazione)*



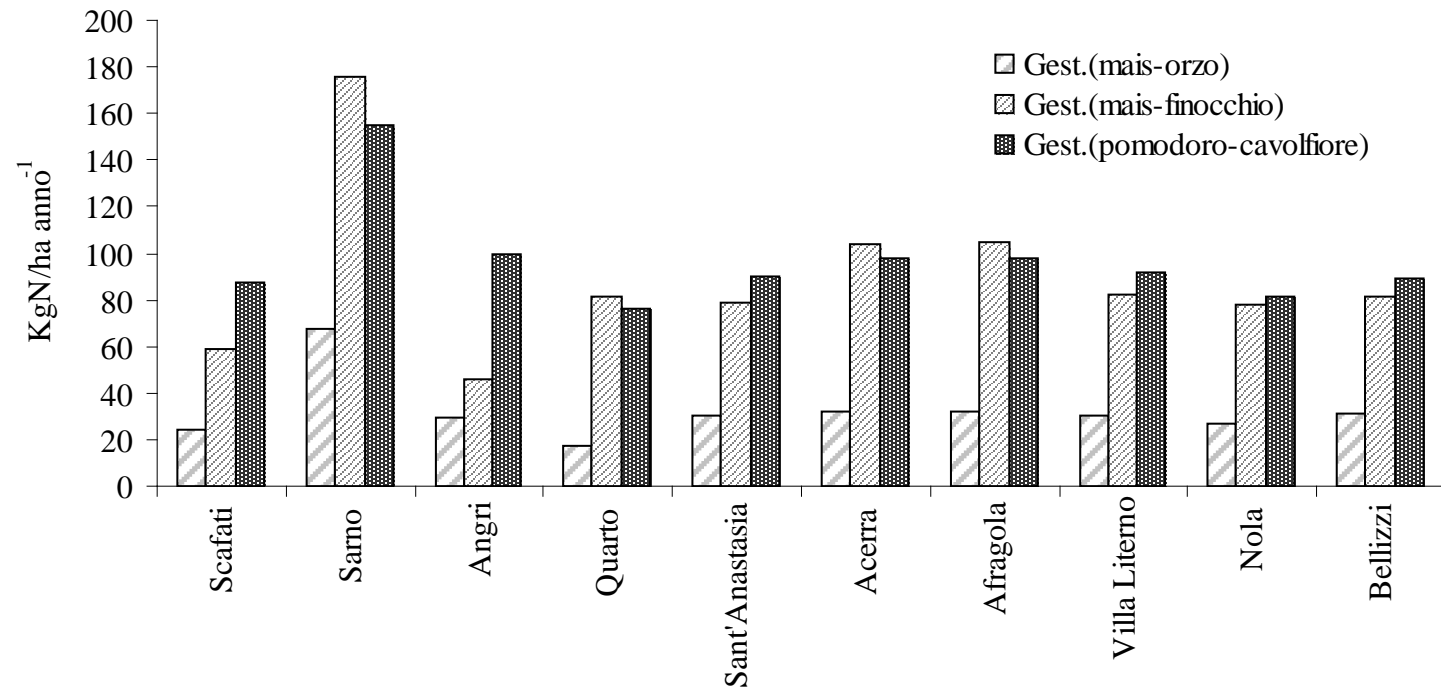
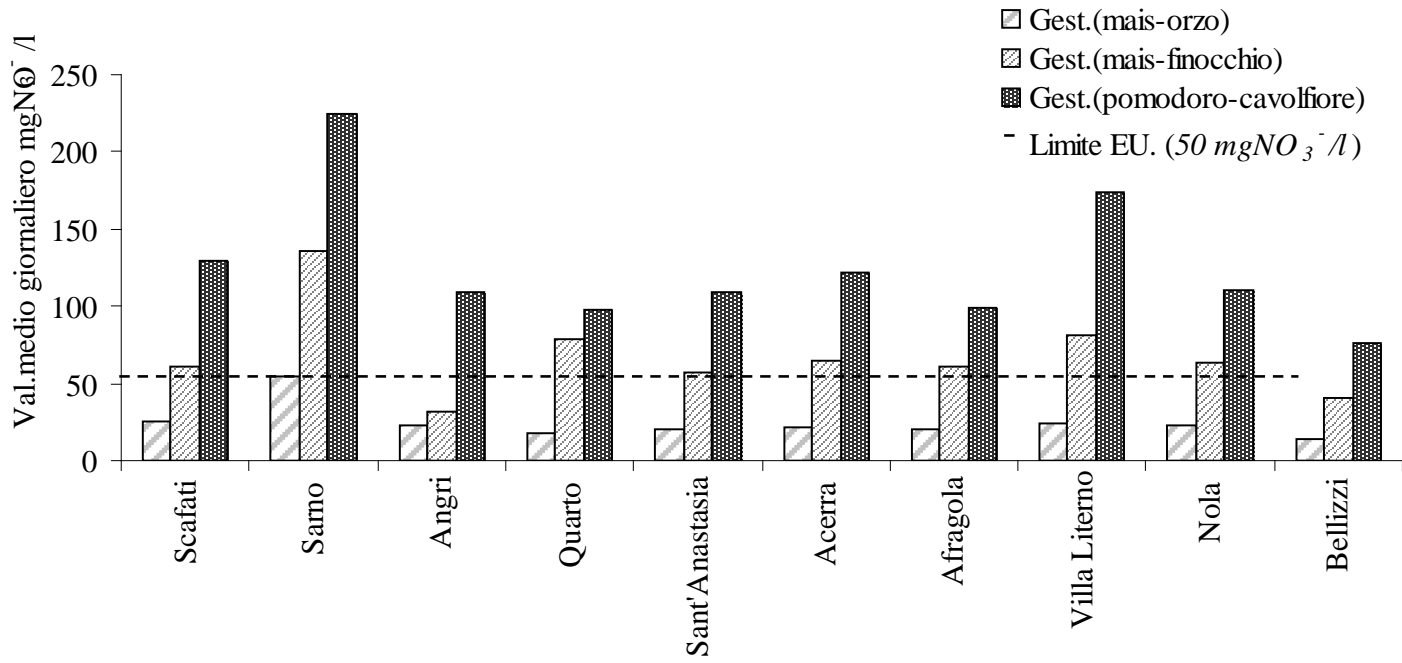
**Gestione**  
**Mais-**  
**Finocchio**



**Gestione**  
**Mais-Orzo**



**Gestione**  
**Pomodoro-**  
**Cavolfiore**



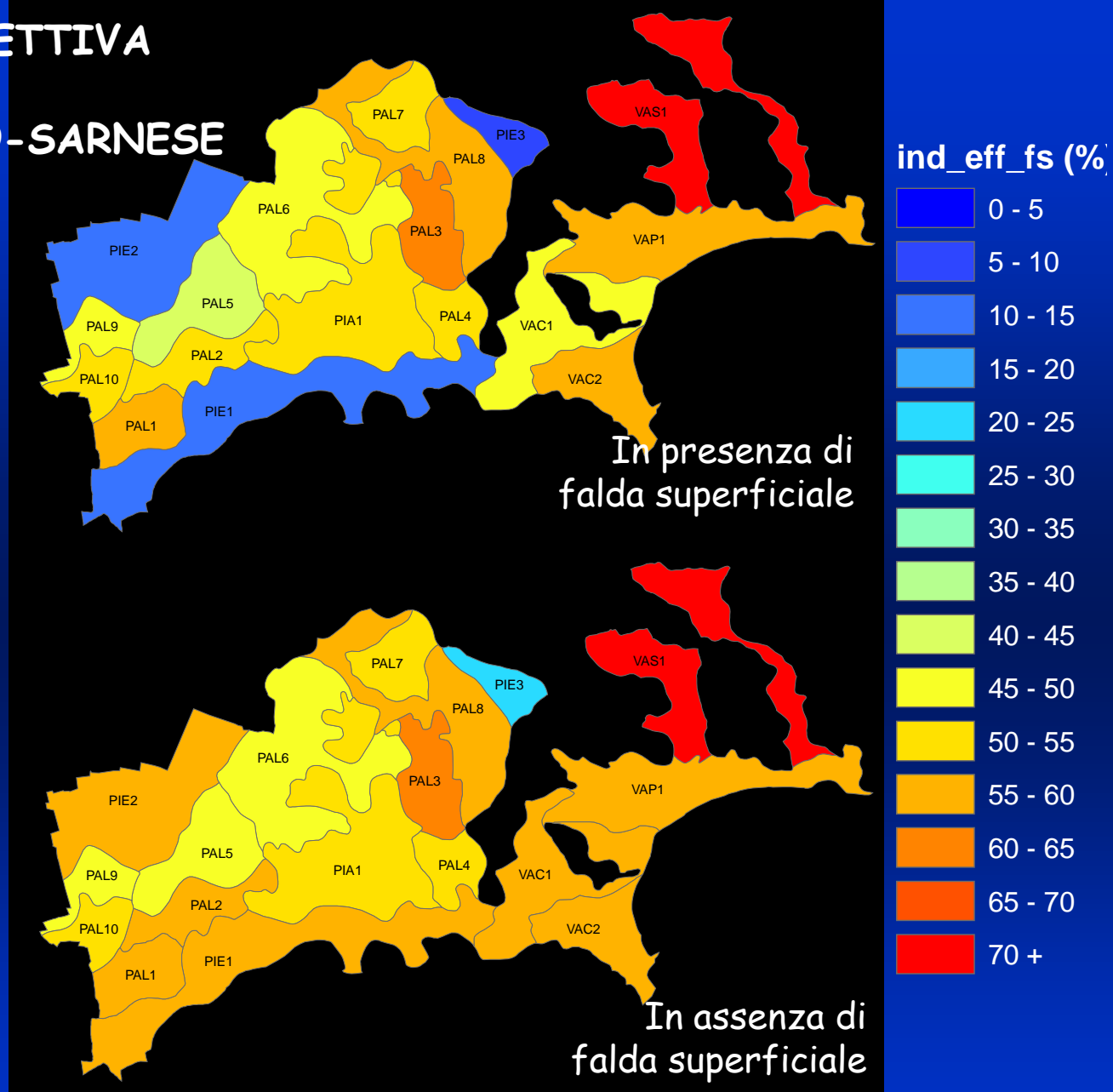
# EFFICIENZA PROTETTIVA DEI SUOLI DELL'AGRO NOCERINO-SARNESE

$$I_e = \left[ 1 - \frac{D_f}{I_n} \right] \times 100$$

$I_e$  = indice di efficienza  
protettiva dei suoli  
all'inquinamento

$D_f$  = deflusso alla base del  
profilo

$I_n$  = flussi in ingresso nel  
profilo







# I sistemi geospaziali di Supporto alle Decisioni - SOILCONSWEB

## Input

### Clima

- Piogge
- Umidità
- Vento
- Temperature

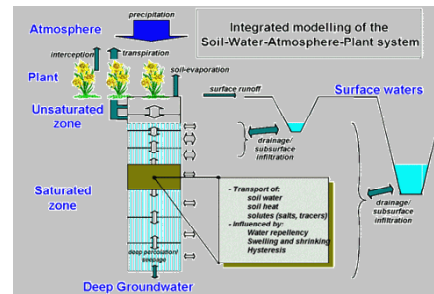
### Suolo

- Proprietà fisiche
- Proprietà chimiche
- Falda

### Pianta

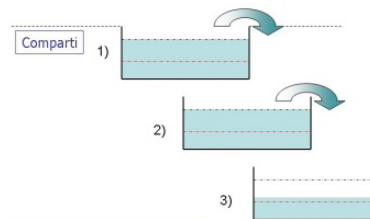
- Coefficienti colturali
- Indici di accrescimento
- Asportazioni

## SWAP



## CROPSYST

### Modello a Cascata



Capacità di campo

Punto di appassimento

Flusso idrico che si verifica quando si supera la capacità di campo

## Output

Bilanci idrici dei Suoli

Indici di Capacità protettiva dei Suoli

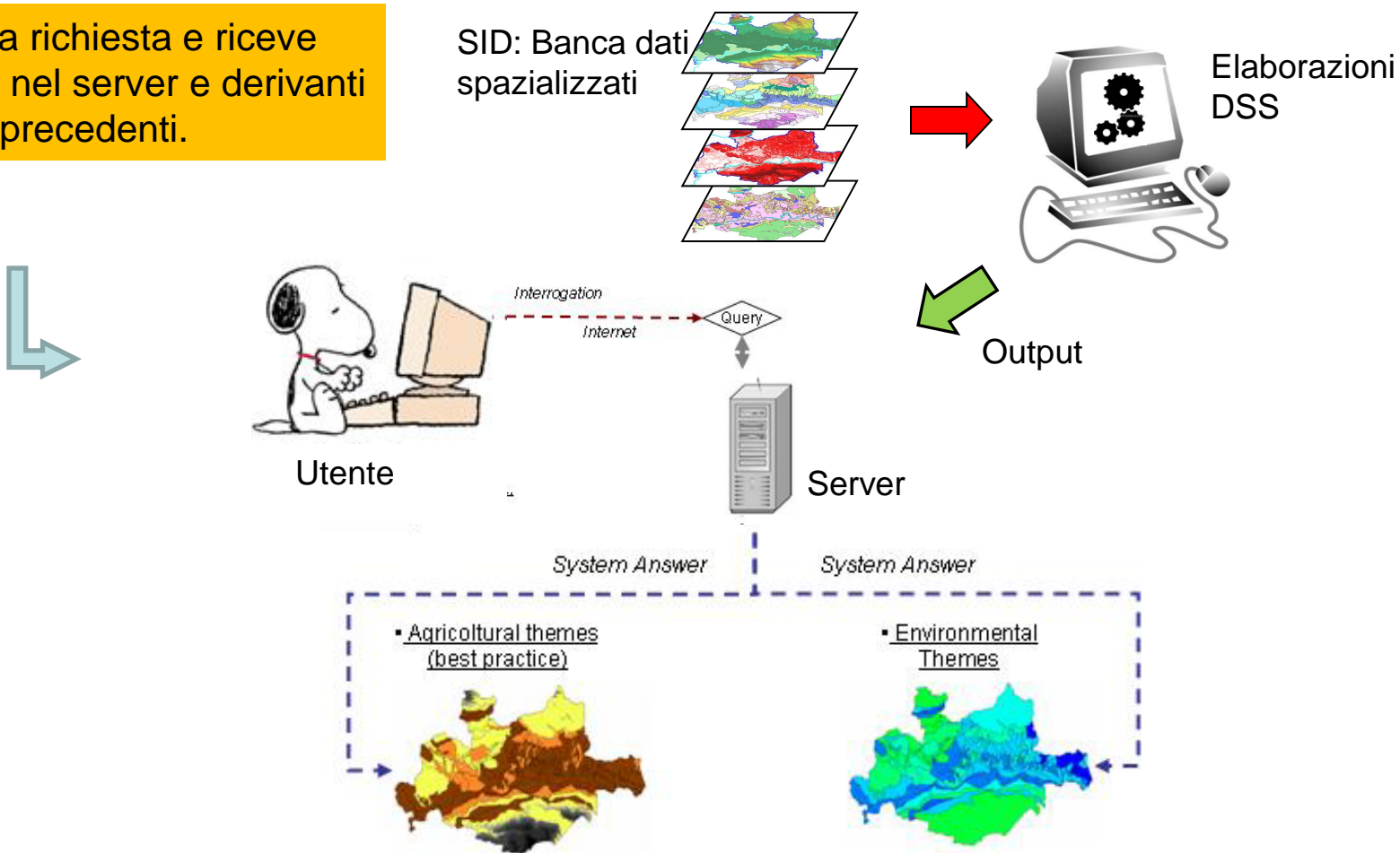
Quantità di nitrati lisciviati





## Il funzionamento del sistema: scenario attuale (statico)

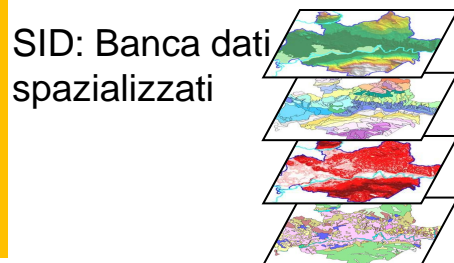
L'utente inoltra la richiesta e riceve dati già presenti nel server e derivanti da elaborazioni precedenti.





# Il funzionamento del sistema: scenario potenziale (dinamico)

L'utente inoltra la richiesta, interagisce con il sistema inserendo dati di input (ad es. cambiando i turni irrigui) e riceve dati frutto di elaborazioni/simulazioni in "tempo reale"



Output



Utente

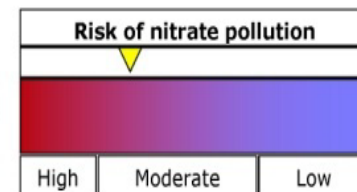
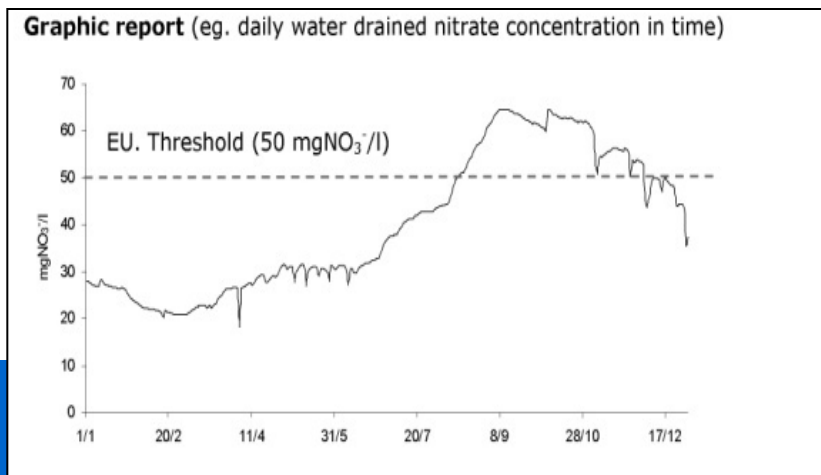
Interrogation  
Internet



Server



- Selezione dell'area
- Avvicendamenti colturali
- Operazioni colturali (es. aratura e data di esecuzione)
- Irrigazioni (es. quando, come e quanto)
- Date di semina e raccolta
- Concimazioni azotate (es. tipologia, data di applicazione, quantità)



Potenziale rischio di inquinamento da Nitrati



# Il funzionamento del sistema: scenario dinamico

Apple Istantanea File Composizione Scatto Finestra Aiuto

95.110.192.55

Bonjour Google Google Traduttore Google Scholar Web Mail CNR SIPER - Serv... il Personale People Wikipedia Il Mete...

**SOILCONS-WEB**  
Progetto LIFE04 ENV/IT/000408

English

Agricoltura e Foreste **Difesa dell'ambiente**

- 8 Erosione
- 9 Rischio Potenziale perdita di sostanza orga
- 10 La capacita' protettiva dei suoli all'inquinar
- 66 Capacità protettiva intrinseca dei suoli
- 67 Stima interattiva della capacità protettiva d
- 186 Nitrati**
- 11 I suoli e lo spandimento dei reflui
- 12 I suoli e la stabilita' dei versanti
- 13 Le aree svantaggiate
- 14 Consumo di suolo e pianificazione territori
- 173 Scuole / ecoturismo

Mappa

Prec. Suc. Pan Zoom In Zoom Out Misure Disegna Copia Poligono Tabella Attribu

Google  
Lon,Lat(14.47340, 41.21380) (EPGS:4326)

186 Nitrati

Scegli l'area d'interesse: 28 jan De Bernardinis

Scegli una coltura: Mais/Loietto

Scegli la data iniziale della simulazione: 2013/05/01

Scegli la data finale della simulazione: 2014/04/30

Mais,Irrigazione: Turno Fisso

Int. irrigazione: 10

Tipo concimazione : Organica-Letame

Quantita' concimazione : 100

Loietto,Irrigazione:

Int. irrigazione:

Tipo concimazione : Minerale-Nitrato di Ammor

Quantita' concimazione : 40

Elabora Chiudi

## Sistema esperto aziendale

analizza realtà a scala locale di singola unità produttiva e a scala consortile;

è rivolto a imprenditori agricoli, tecnici delle amministrazioni pubbliche, agronomi e studi professionali, tecnici delle Organizzazioni Professionali.

## Sistema territoriale

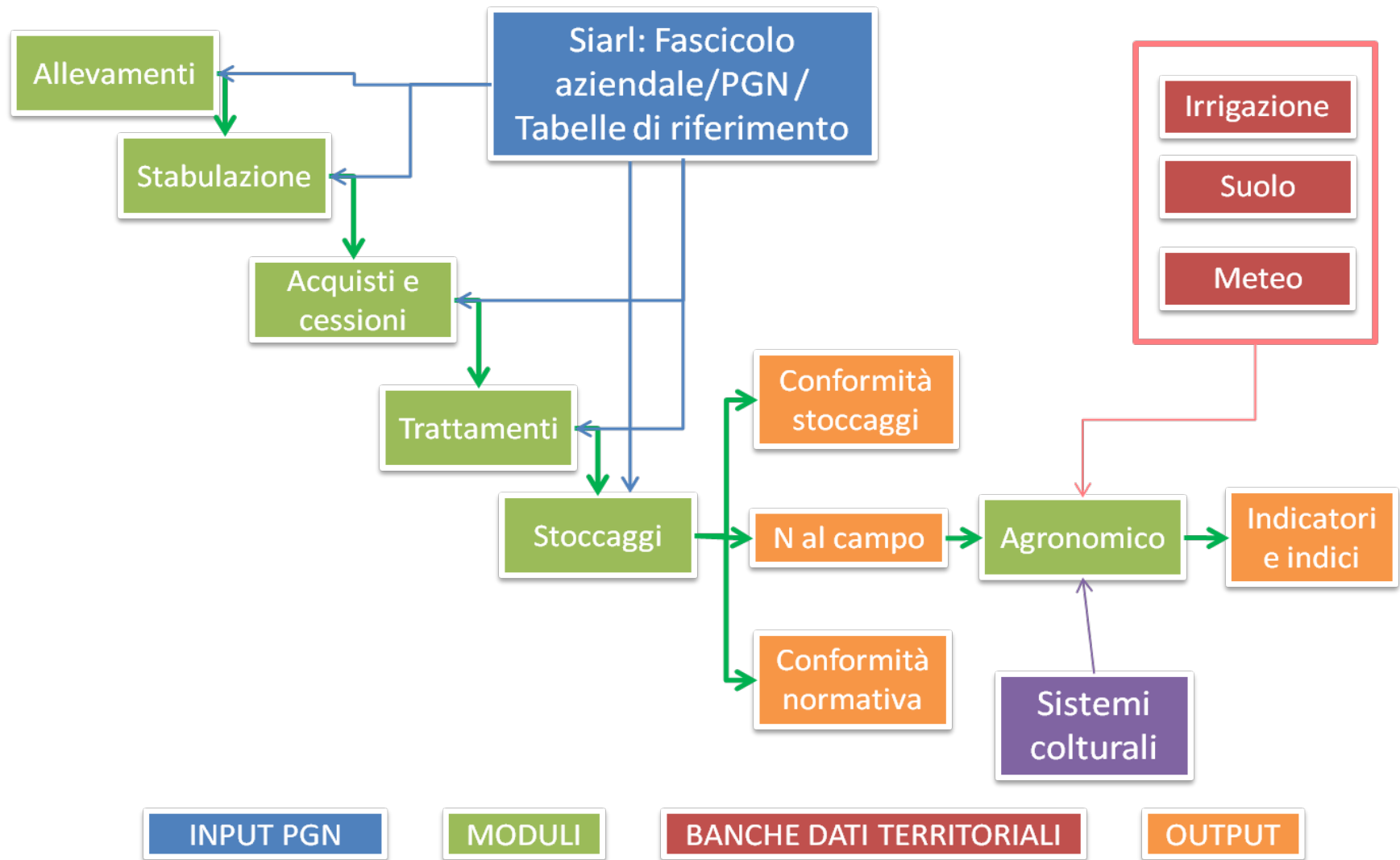
fornisce valutazioni a scala regionale, provinciale, comunale e comprensoriale;

particolarmente finalizzato alla pianificazione di misure di intervento sul territorio e allo studio delle relative ricadute;

è rivolto soprattutto alle autorità regionali e amministrative.



# Sistema Esperto - flusso dei dati



# Sistema Esperto Territoriale

Progetto ValorE

[Nessuna query selezionata]

Autenticazione

Selezione di una query predefinita e/o libera

Configurazione di uno scenario

Analisi dei risultati mediante indicatori

Visualizzazione dei risultati in forma cartografica

## Qualche conclusione

- ✓ Importanza dell'interazione tra pedologia, idrologia, agronomia e modellistica per la valutazione della vulnerabilità ai nitrati.
- ✓ Lo strumento modellistico è capace di fare interagire **dinamicamente** il sistema ambientale con la gestione agronomica consentendo:
  - ✓ Previsioni produttive e di lisciviazione a scala locale;
  - ✓ Confronti fra soluzioni tecniche alternative;
  - ✓ Simulazioni di scenari di gestione agronomica a scala aziendale/territoriale;
  - ✓ ... etc ...
- Si aprono enormi potenzialità utilizzando questi strumenti per migliorare la delimitazione delle aree vulnerabili.

# Di cosa abbiamo bisogno in futuro ...

## Ambiente fisico

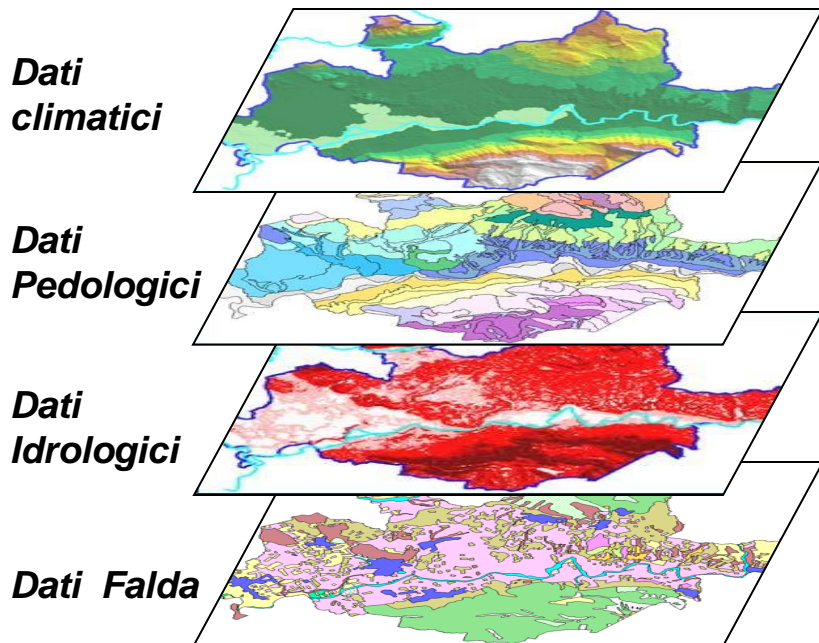
- Migliorare la rete di informazioni meteo (numero, qualità del dato, integrare informazioni da enti diversi, radar...).
- Creare un database delle proprietà fisiche (idrologiche) dei suoli da associare alla carta dei suoli esistente.
- Migliorare la spazializzazione delle informazioni pedologiche (DSM, geofisica, RS, etc...)

- LAST BUT NOT LEAST... DI ESSERE ASCOLTATI!

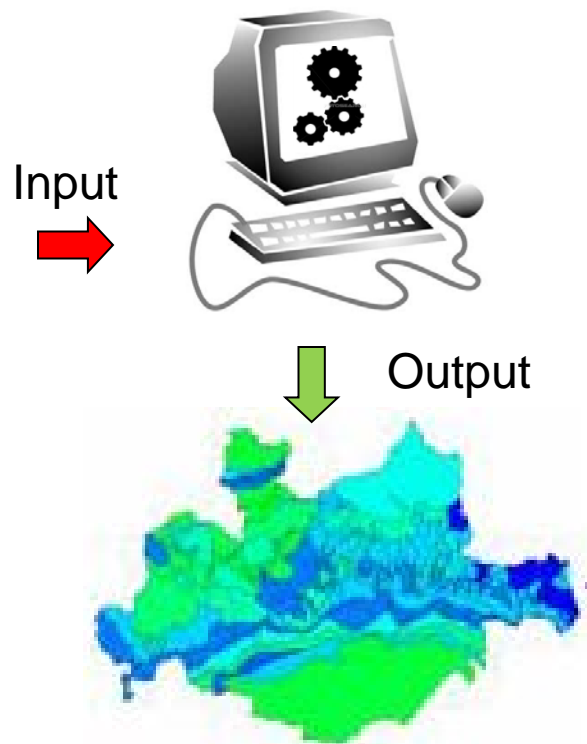




## Dati spazializzati



## Modelli di simulazione

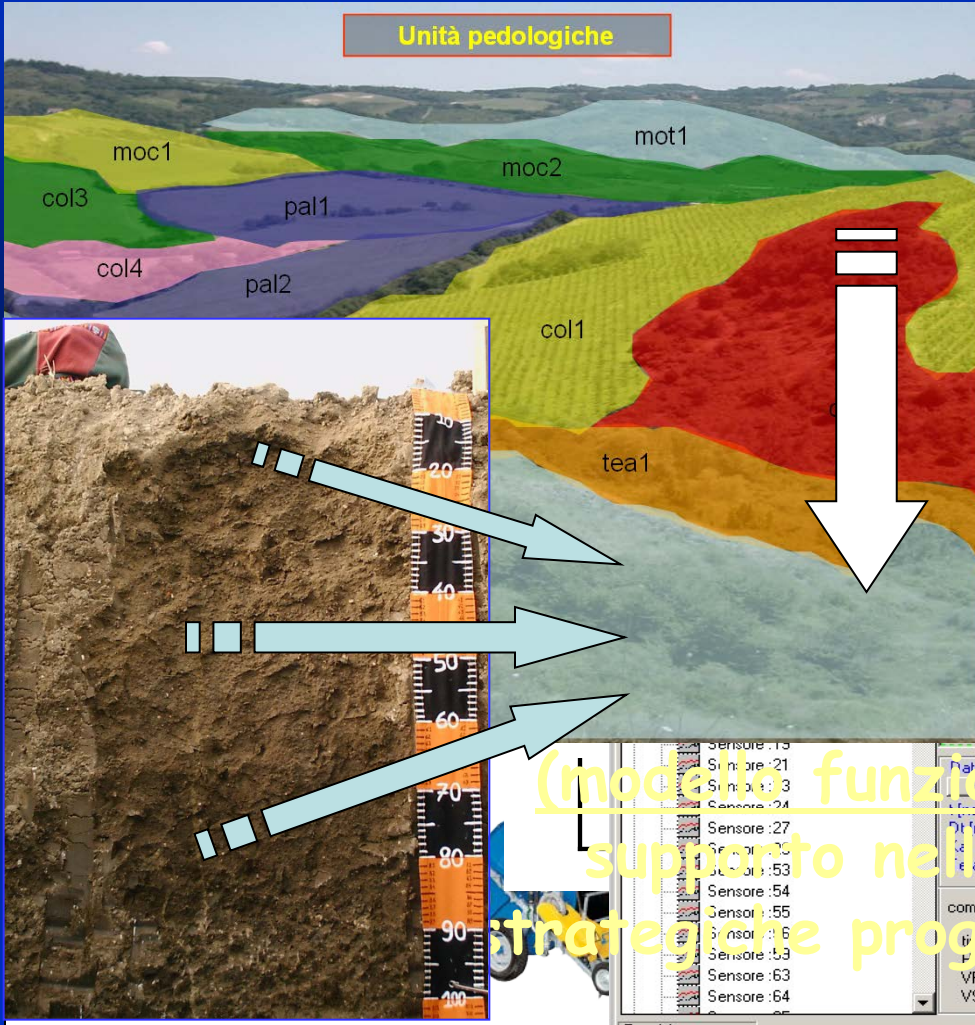


Mappa della Capacità  
protettiva dei Suoli



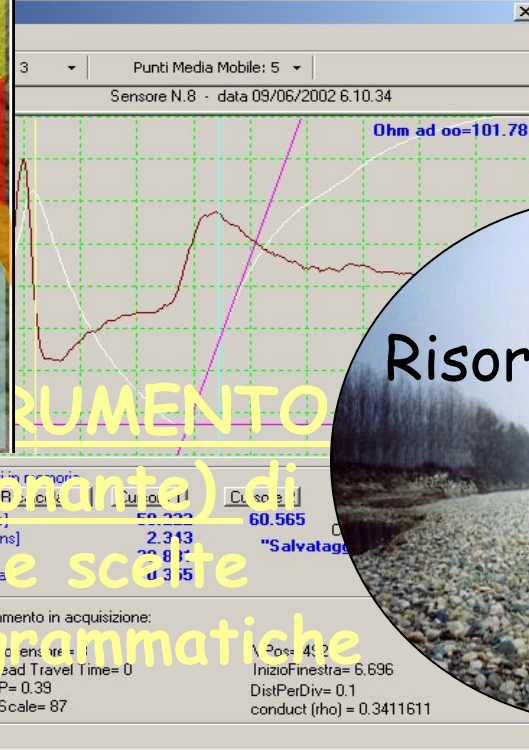
# Un esempio di vulnerabilità a scala di paesaggio

Individuare e riconoscere i sistemi ambientali (atmosfera-suolo-sottosuolo)

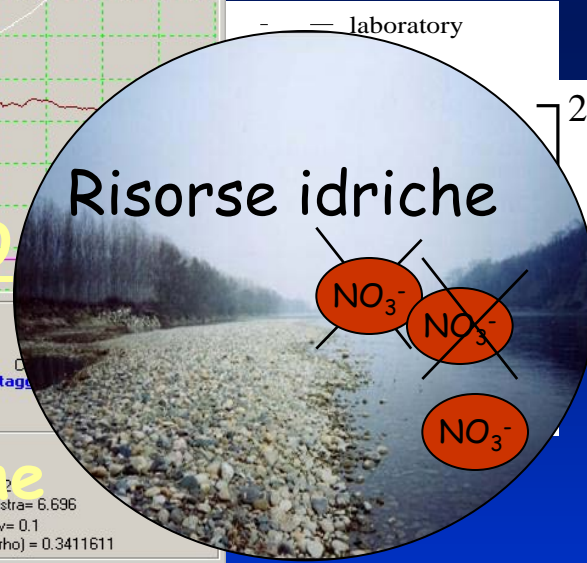


definirne le funzionali

Bw	Ap	Bw	Ap
0.559	0.545	0.523	0.474



(modelli funzionali) di supporto nelle scelte strategiche programmatiche



Risorse idriche

