

**Museo di Storia Naturale
dell'Università di Pisa**
CERTOSA DI CALCI – PI
20 Febbraio 2019

L'ORO BLU DI MONTAGNA

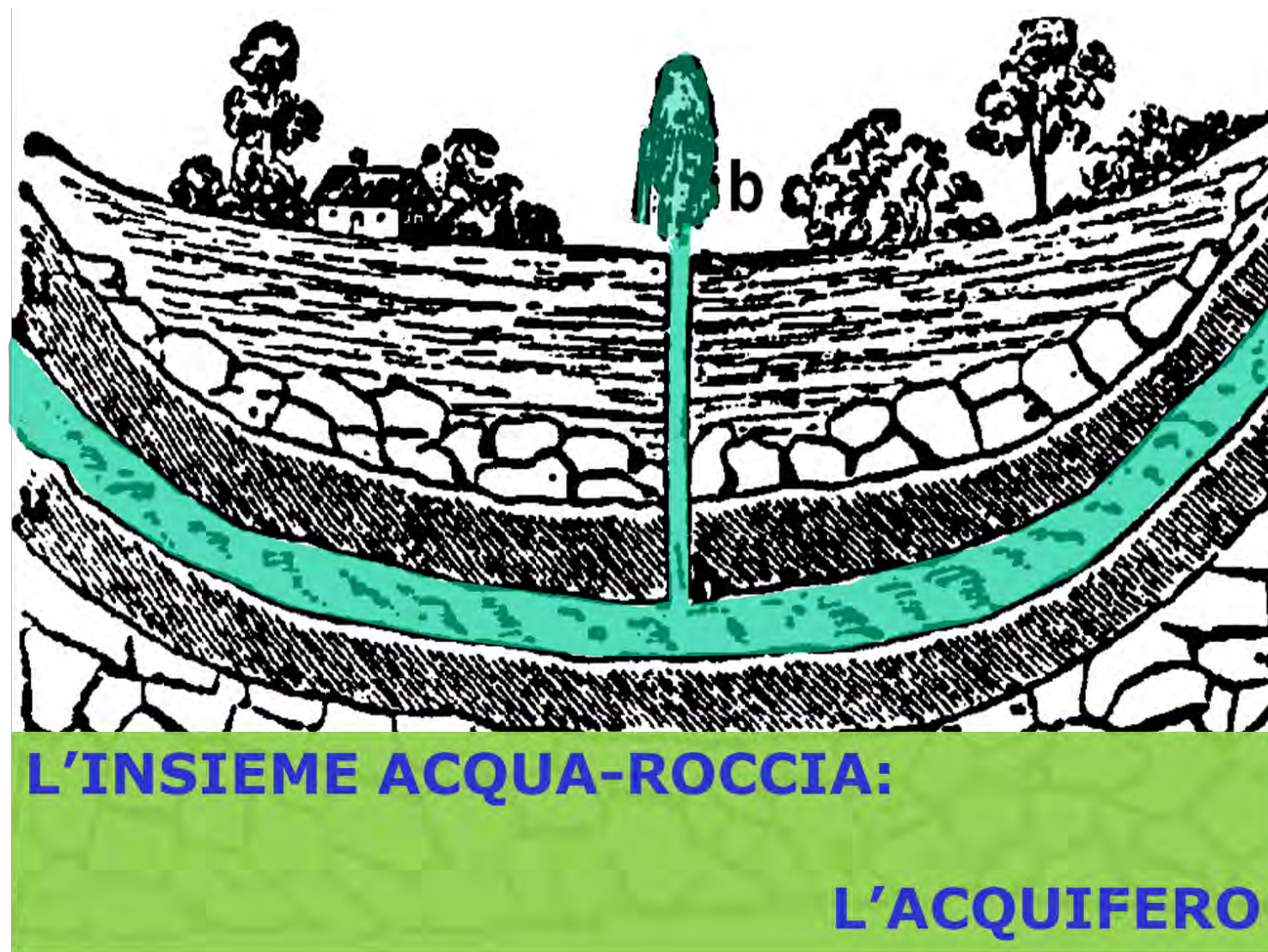
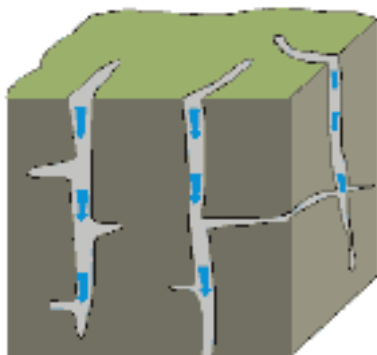
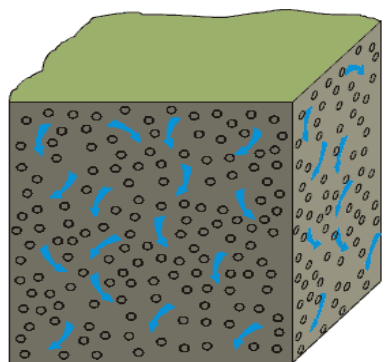
ESEMPI DI GIACIMENTI ACQUIFERI DELLA TOSCANA

Marco Doveri - Istituto di Geoscienze e Georisorse-CNR

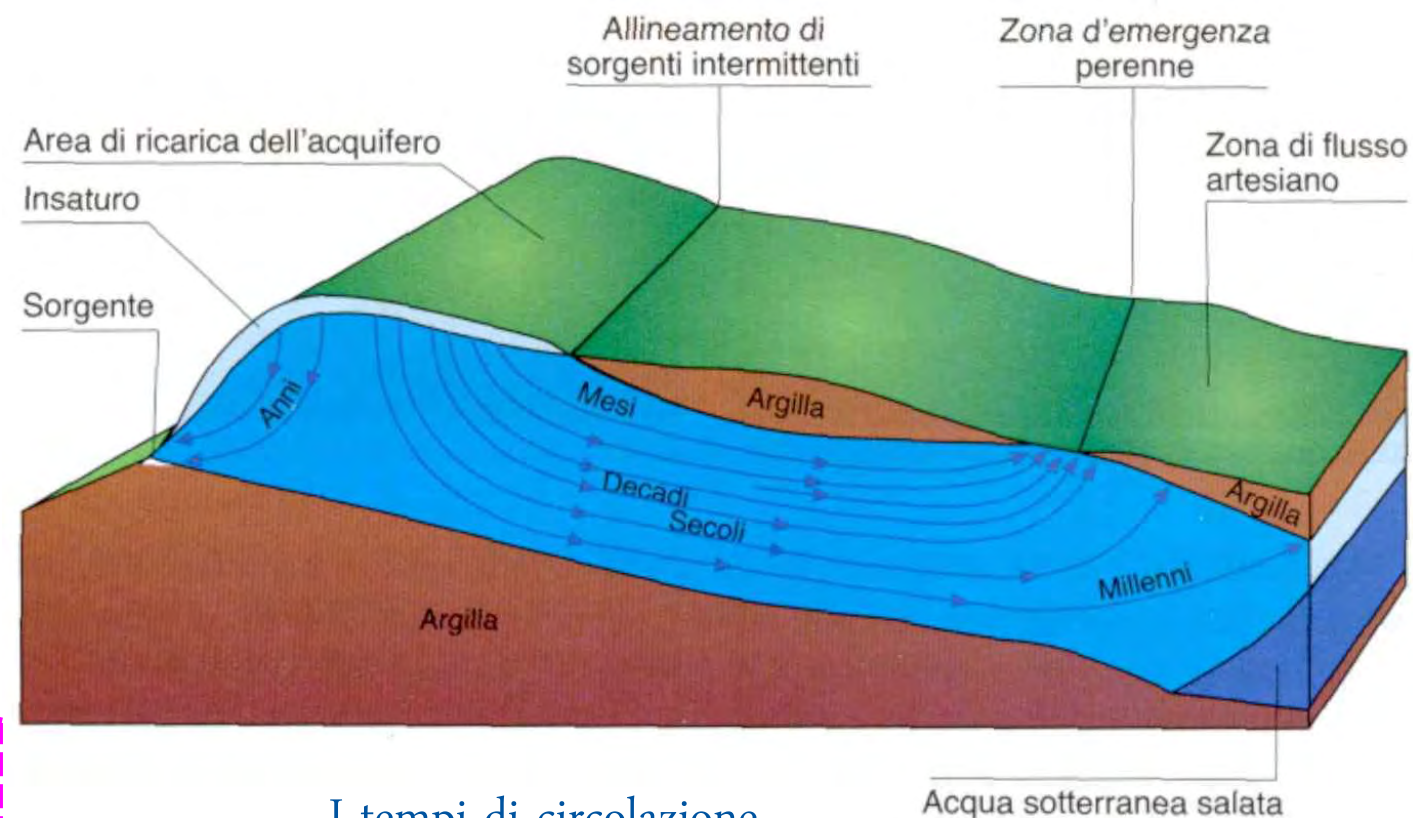
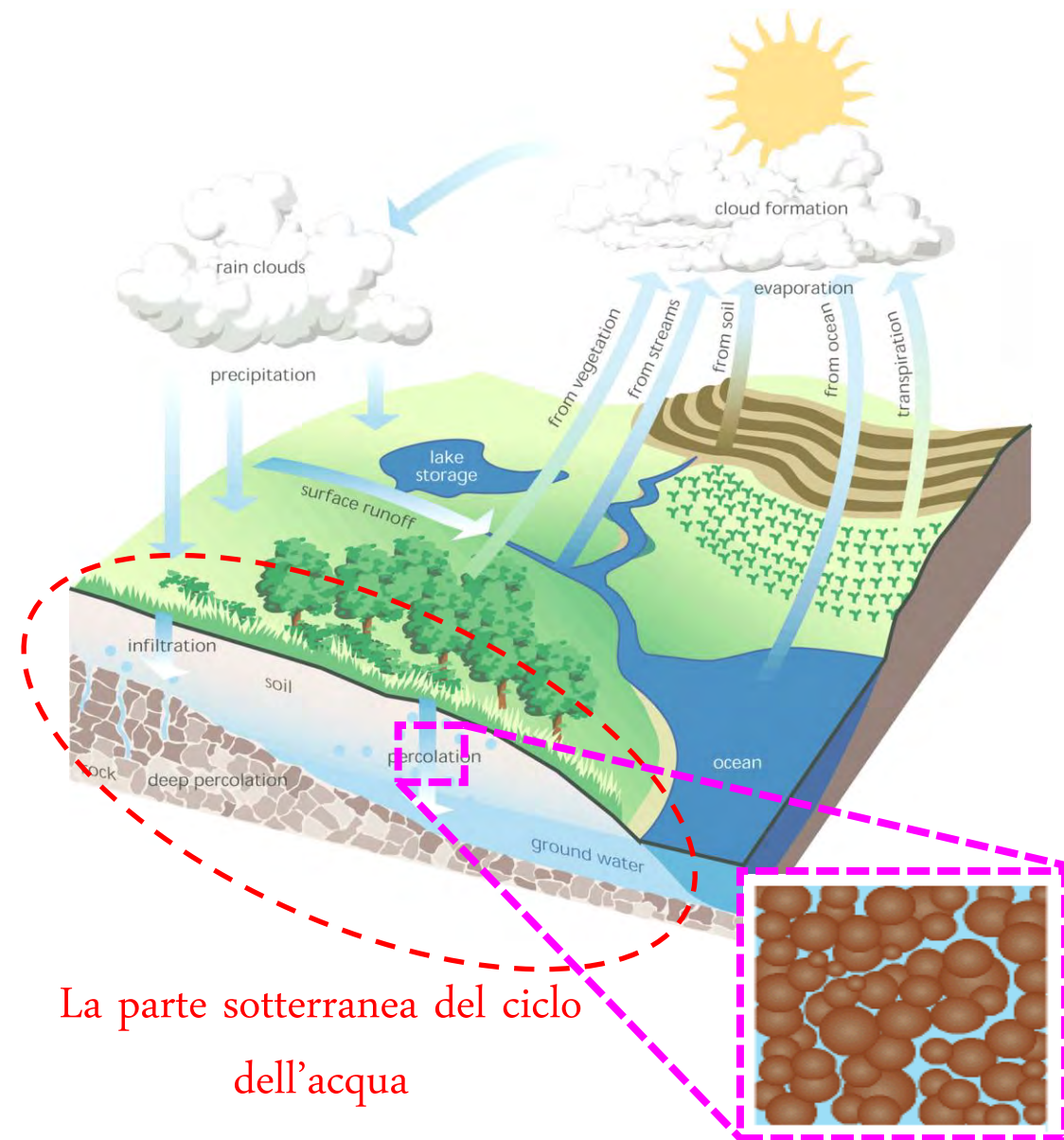


Cosa sono gli **ACQUIFERI**?

Sono «rocce» in grado di ospitare acqua e permetterne il movimento con velocità e quantità «significative»



Come si accumula e si muove l'acqua negli ACQUIFERI?

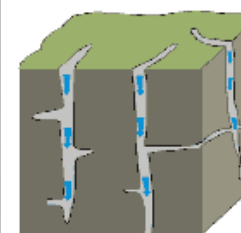
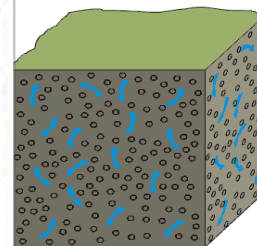
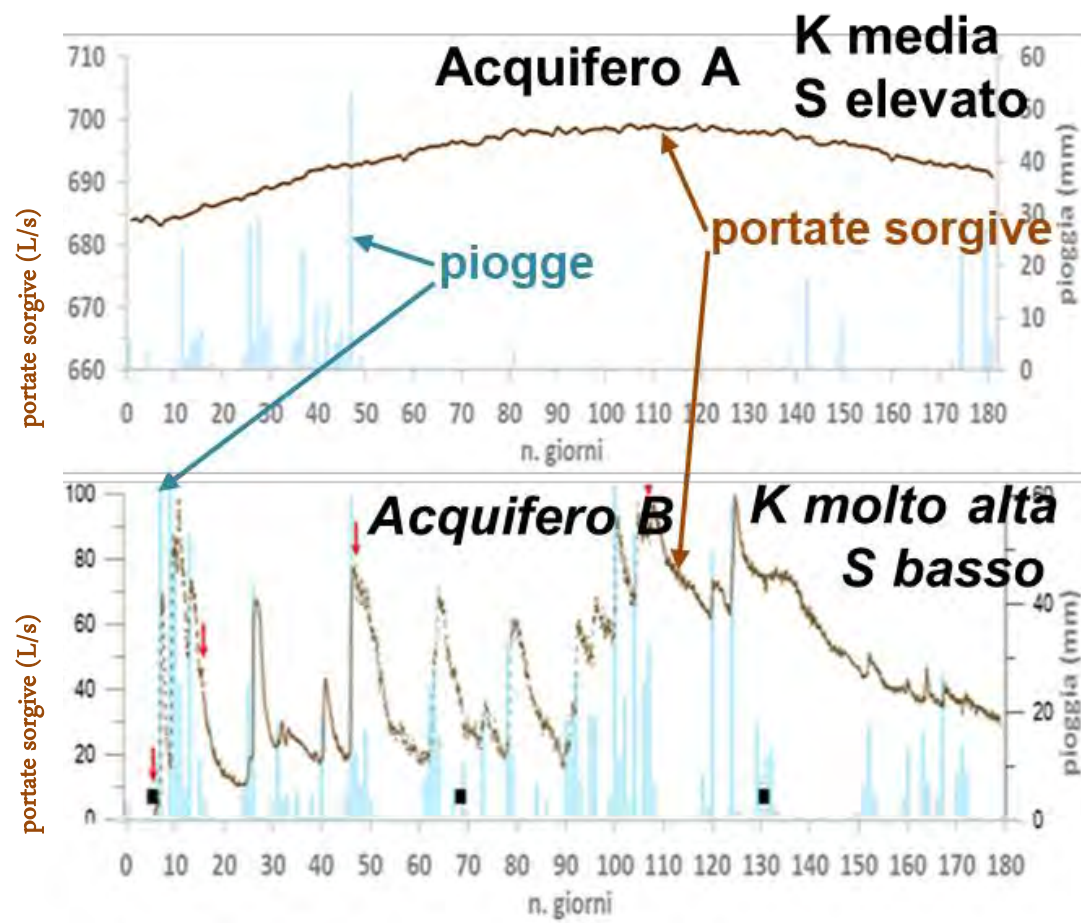


I tempi di circolazione
delle acque sotterranee

Come si accumula e si muove l'acqua negli ACQUIFERI?

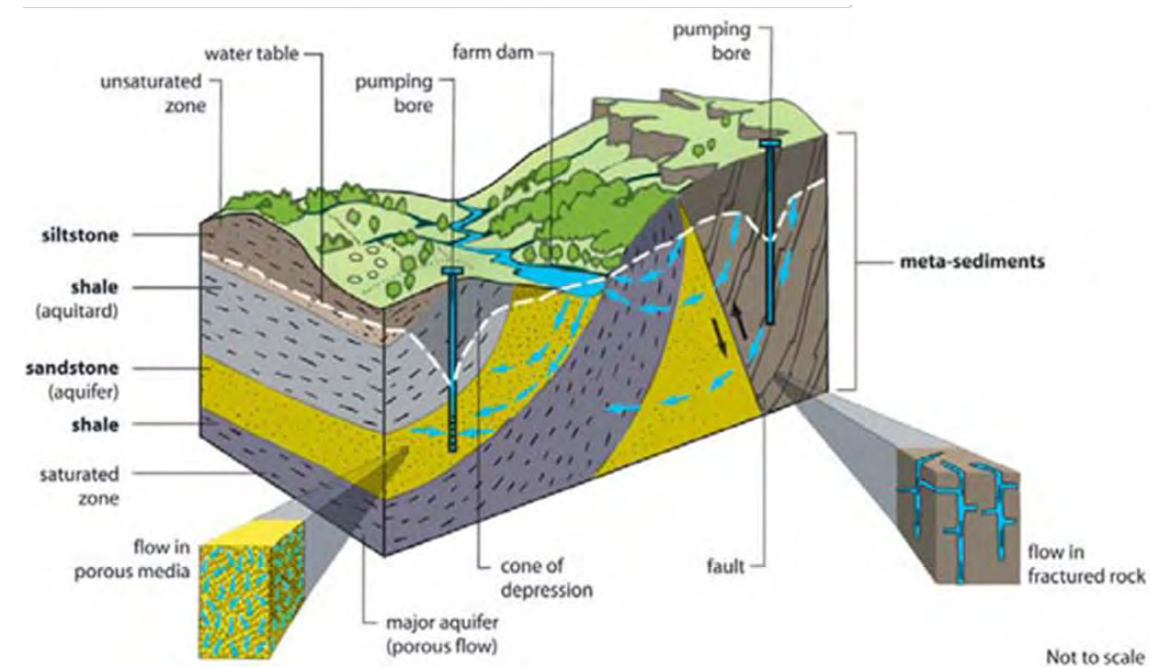
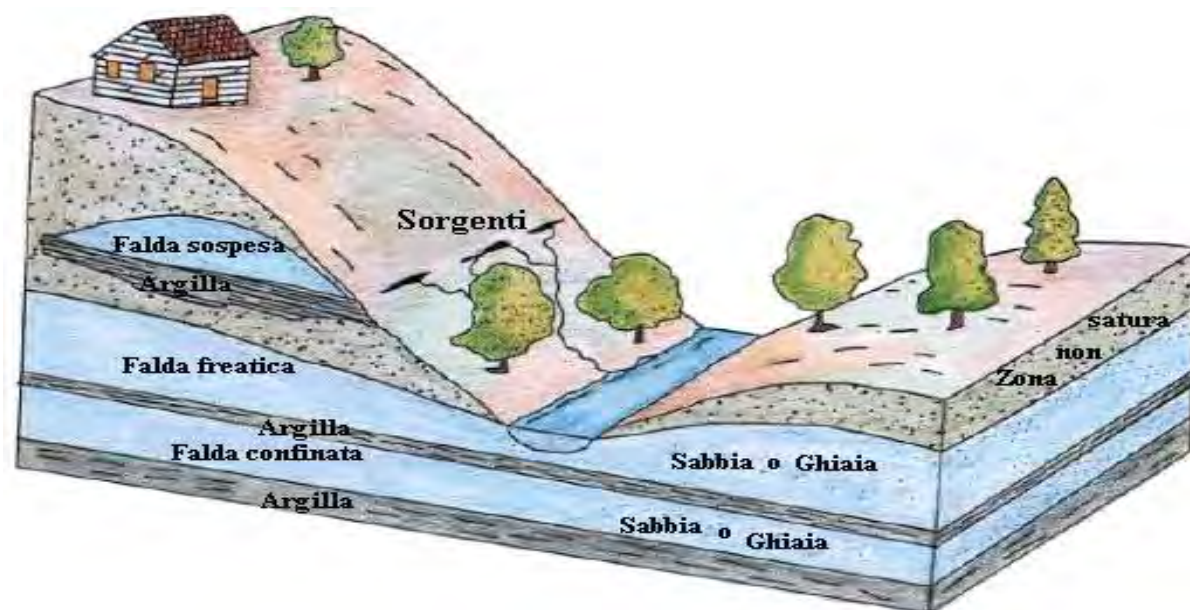
La conducibilità idraulica (K), «o permeabilità», ed il coefficiente di immagazzinamento (S) delle rocce acquifero, sono tra i principali regolatori del movimento e della capacità di accumulo di acqua, ovvero della diluizione nel tempo dei quantitativi idrici in acquifero.

esempio di
sorgente d'acqua



I sistemi acquiferi - «aspetti fisici»

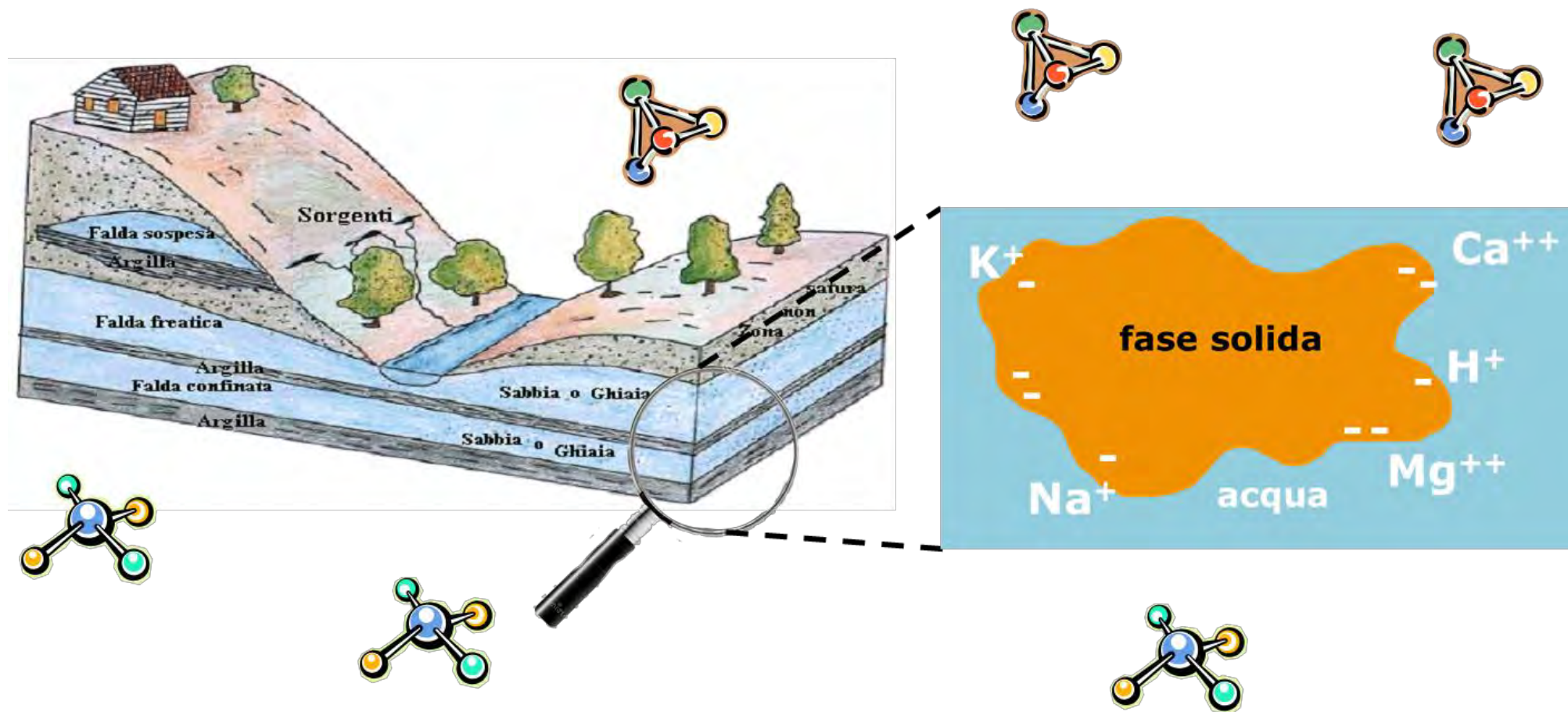
Sono **insiemi di «rocce»** aventi **permeabilità differenti e rapporti geometrici più o meno articolati** che **condizionano l'accumulo ed il movimento dell'acqua sotterranea.**



Not to scale

I sistemi acquiferi - «aspetti chimici»

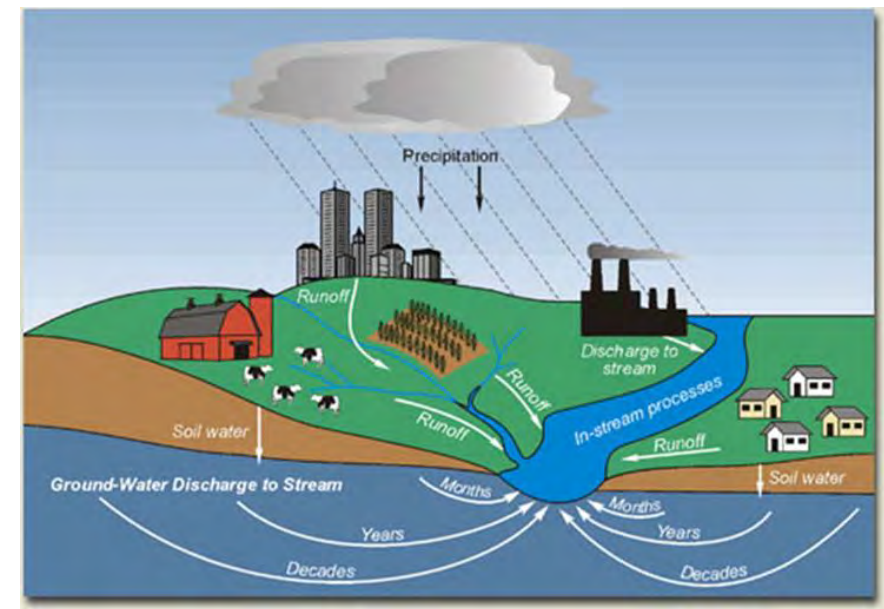
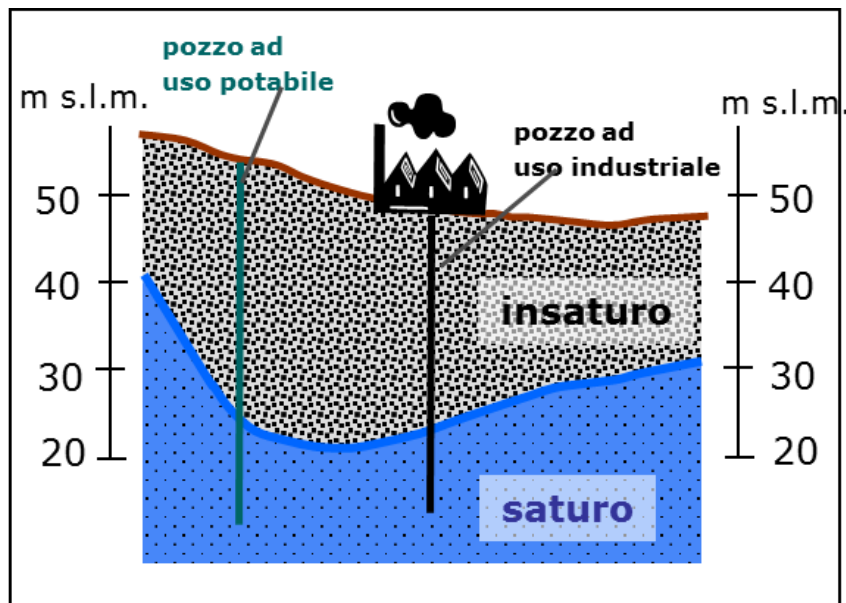
Sono un insieme di rocce aventi una **varietà mineralogica** a cui è legata in primo luogo la «**qualità chimica**» delle acque sotterranee.



I sistemi acquiferi – «effettiva disponibilità idrica»

In realtà, **quantità e qualità (=effettiva disponibilità)** delle acque sotterranee dipendono entrambe dagli aspetti sia fisici, sia chimici dei sistemi acquiferi.

A tutto questo si aggiunge il ruolo delle **forzanti esterne**, più o meno naturali, come le **condizioni meteo-climatiche**, e antropiche, **quali gli attingimenti idrici, i centri di pericolo in termini di inquinamento, ecc.**

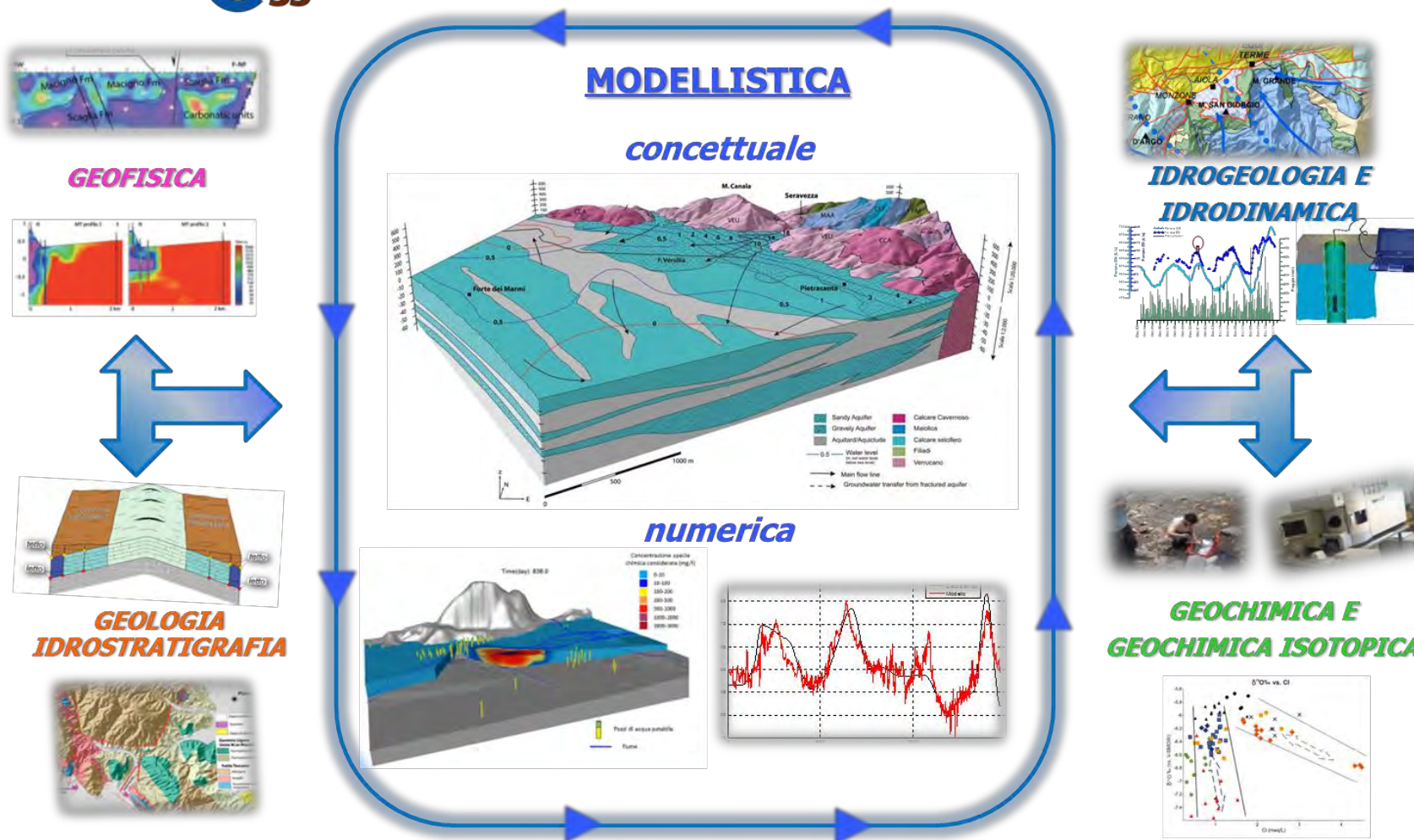


Sistemi acquiferi = SISTEMI COMPLESSI ...

...DA STUDIARE E CONOSCERE NEL COMPLESSO...



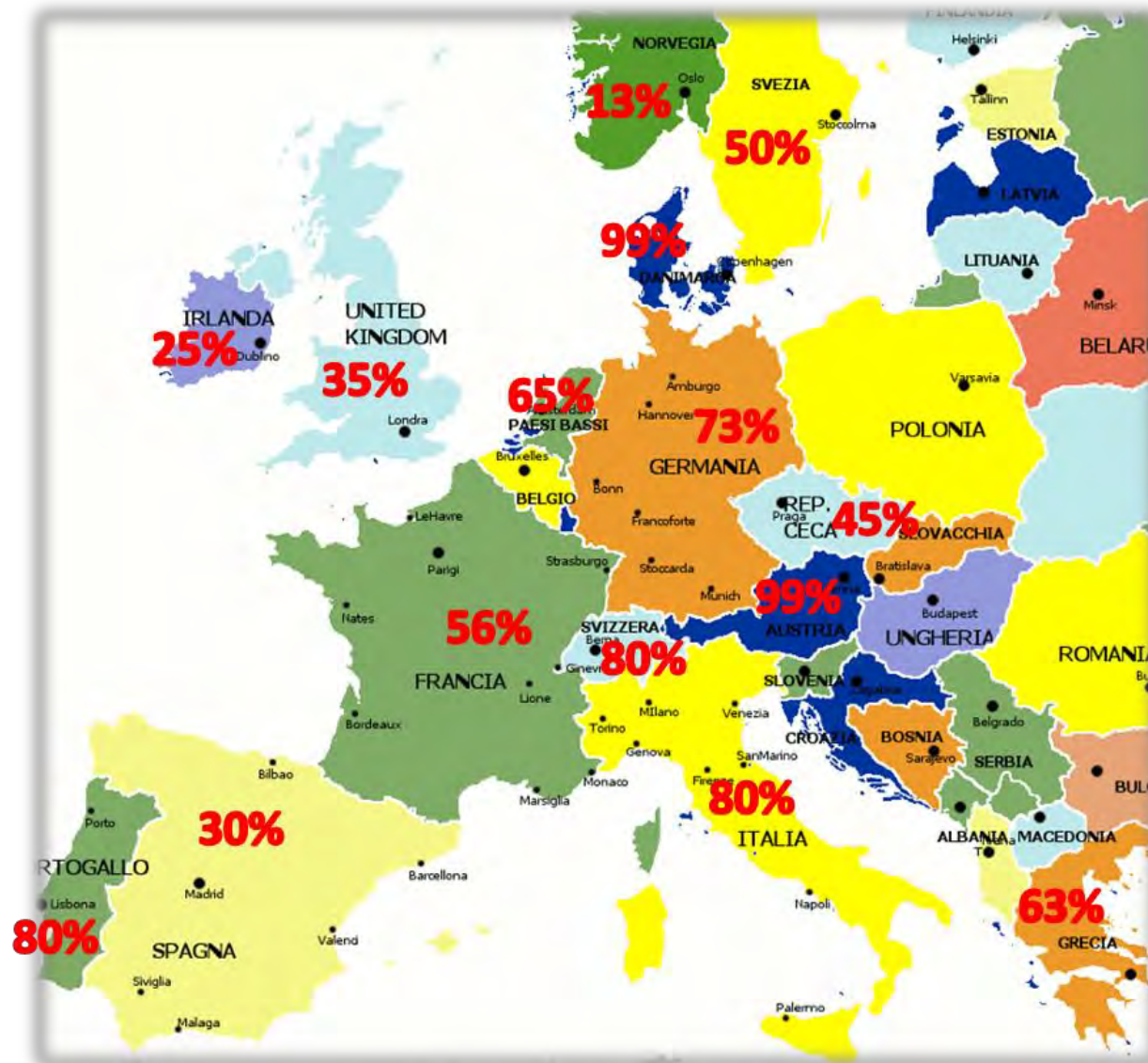
SISTEMI ACQUIFERI: SOSTENIBILITA' E CAMBIAMENTI GLOBALI



L'oro blu di montagna: esempi di giacimenti acquiferi della Toscana



IL RUOLO STRATEGICO DELLE ACQUE SOTTERRANEE



IDROPOTABILE

Alcune percentuali di popolazione approvvigionata con ACQUE SOTTERRANEE in EUROPA

In media, le acque sotterranee soddisfano il fabbisogno idrico del 70% della popolazione nei vari paesi europei

IL RUOLO STRATEGICO DELLE ACQUE SOTTERRANEE

IDROPOTABILE



sorgenti (42%)



corpi idrici superficiali (20%)

pozzi (38%)



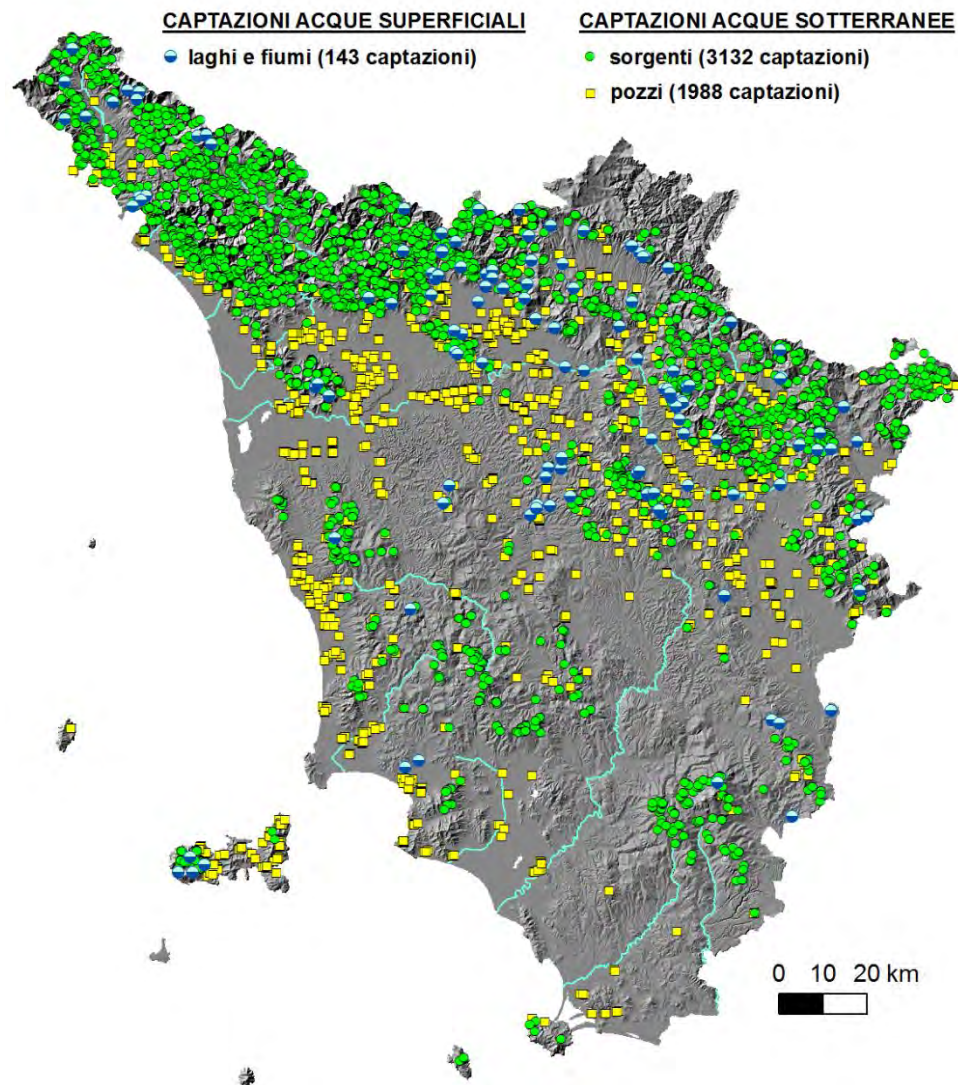
ACQUE
SOTTERRANEE

L'oro blu di montagna: esempi di giacimenti acquiferi della Toscana

IL RUOLO STRATEGICO DELLE ACQUE SOTTERRANEE

ANCHE IN TOSCANA

L'APPROVVIGIONAMENTO IDROPOTABILE IN TOSCANA (dati AIT al 2014)



ACQUE SUPERFICIALI

≈ 140 captazioni



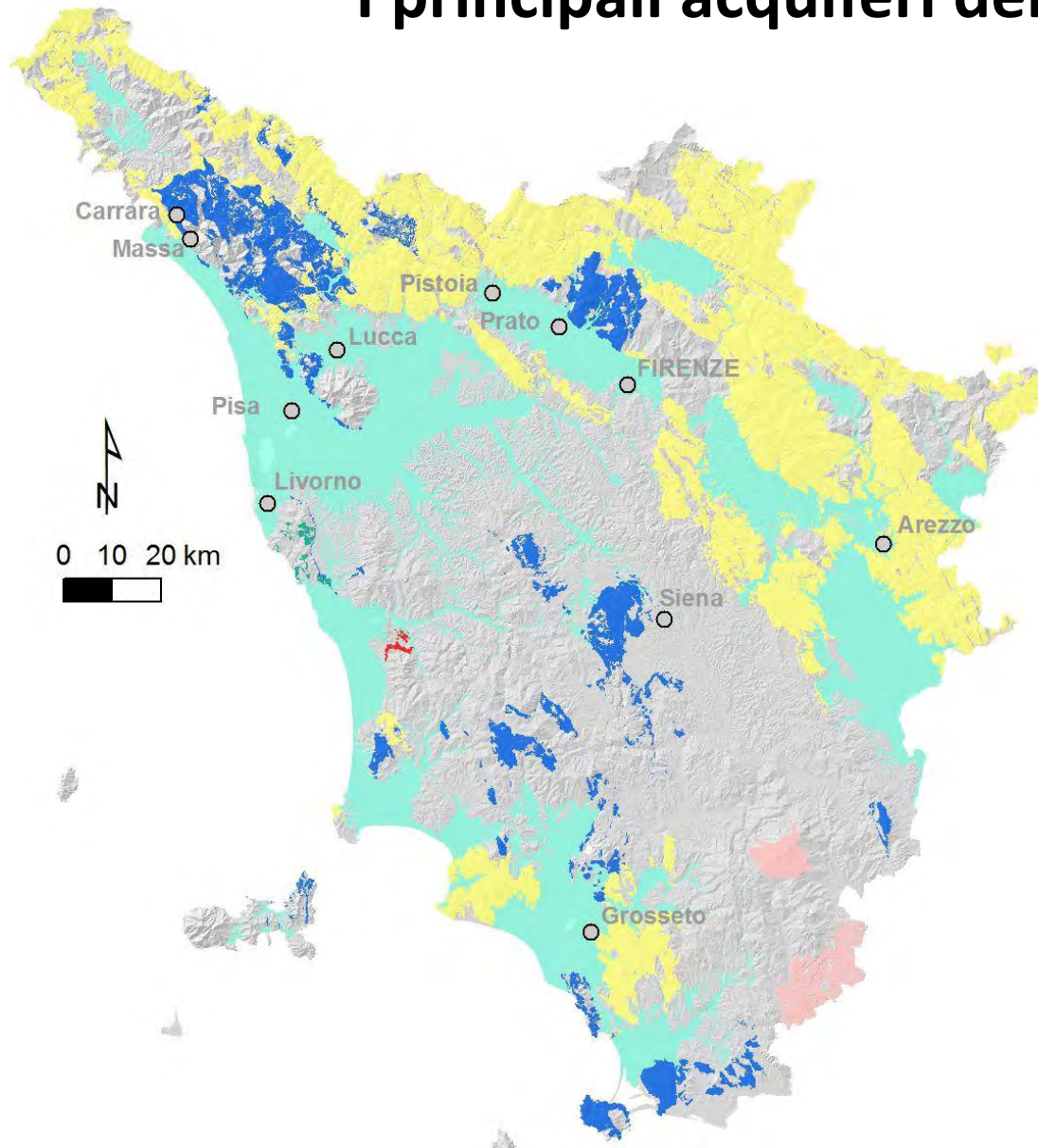
ACQUE SOTTERRANEE

≈ 5000 captazioni



L'oro blu di montagna: esempi di giacimenti acquiferi della Toscana

I principali acquiferi della Toscana



«ROCCE SERBATOIO»

sedimenti incoerenti

Ghiaie e sabbie, di origine alluvionale, fluvio-lacustre, marina.

ZONE DI PIANURA

rocce coerenti

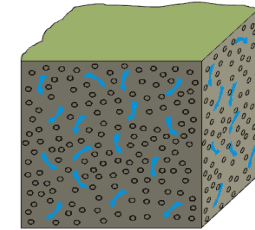
- Carbonati
- Vulcaniti
- Arenarie
- Ofioliti
- Conglomerati

ZONE COLLINARI E DI MONTAGNA

Riconosciuti con Decreti Regionali

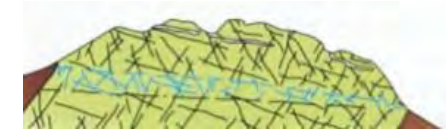
66 Corpi Idrici Sotterranei (CIS)

37 in mezzi porosi

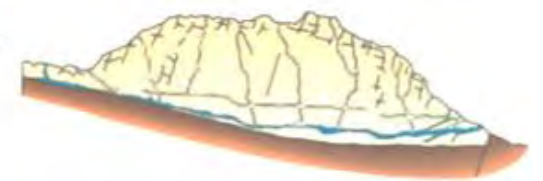


29 in roccia

fratturati



e/o carsici



L'oro blu di montagna: esempi di giacimenti acquiferi della Toscana



GLI ACQUIFERI MONTANI

Particolarmente preziosi:

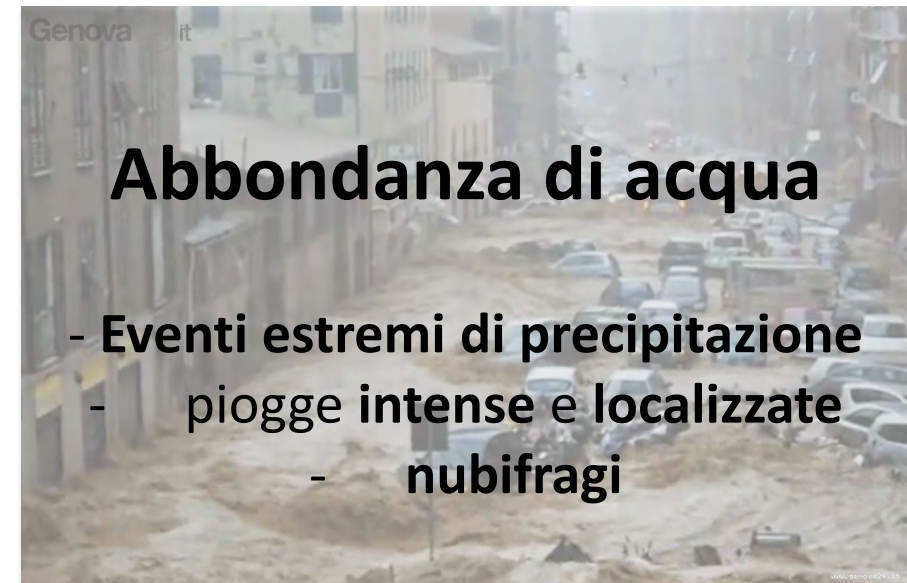
- estesi volumi di rocce in grado di assorbire e far circolare al loro interno **importanti quantità di acqua di ottima qualità**;
- alimentano sorgenti utili alla distribuzione di **acqua potabile su grandi bacini d'utenza** più a valle;
- **trasferiscono** naturalmente parte delle **risorse idriche ai torrenti e fiumi e agli acquiferi delle pianure** che sono ampiamente sfruttati per mezzo di pozzi;
-

GLI ACQUIFERI MONTANI

....ma anche particolarmente sensibili ai regimi climatici in atto e previsti

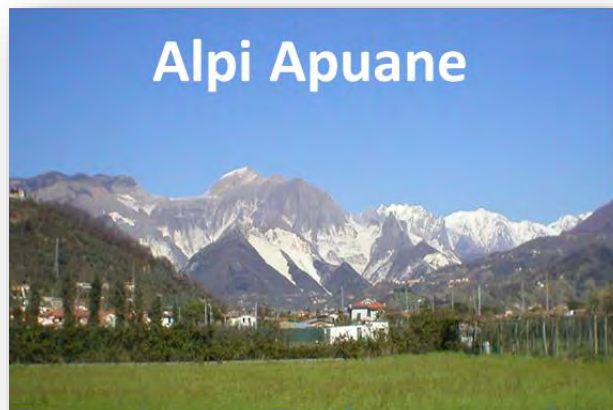
Trend climatici, stanno evidenziando, anche in Italia, un aumento in numero, intensità e durata degli eventi estremi

REGIMI IDROLOGICI ESTREMI

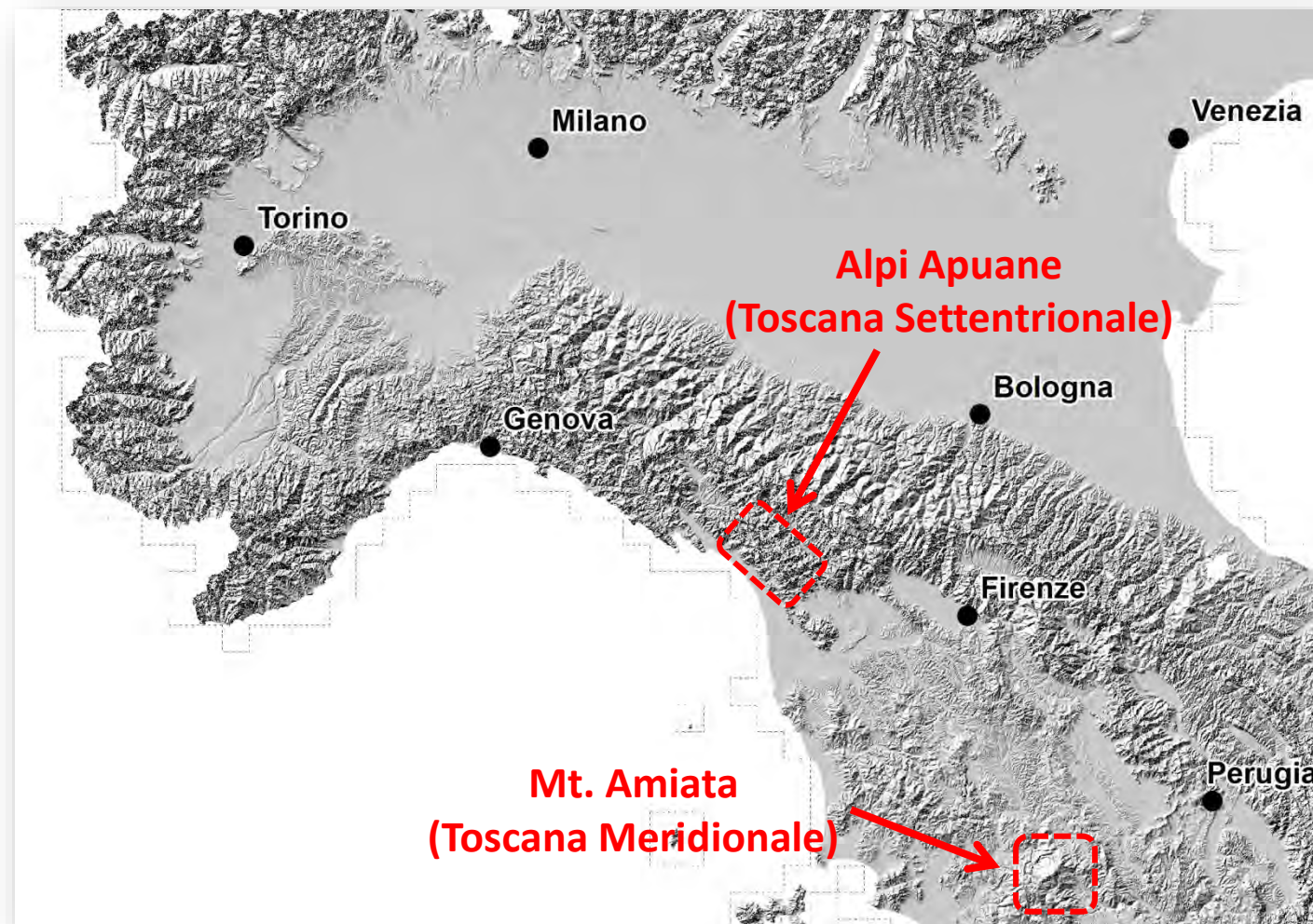


I principali sistemi acquiferi montani della Toscana

Il sistema acquifero
dei carbonati apuani



Il sistema acquifero
delle vulcaniti amiatine



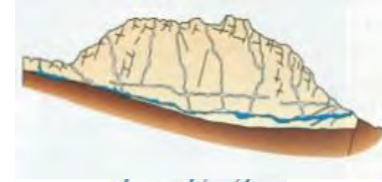
Alcune differenze principali tra i due sistemi

Il sistema acquifero carbonatico delle Alpi Apuane



minerali dominanti
calcite e dolomite
molto solubili

roccia fratturata e
carsificata



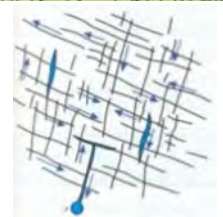
l'acqua va a circolare
principalmente in una
rete di condotti carsici

Il sistema acquifero delle vulcaniti del Monte Amiata



minerali silicei dominanti
(sanidino, cristobalite,...)
poco solubili

roccia fratturata

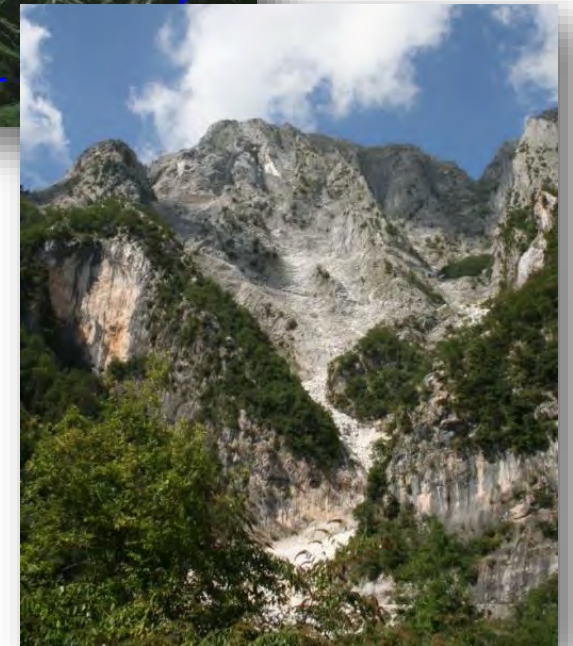


l'acqua va a circolare
in fratture di limitate
dimensioni ma
piuttosto ben diffuse

Il sistema acquifero carbonatico delle Alpi Apuane



- morfologia alpina
- forti acclività a ridosso della linea di costa
- area carsica fra le più importanti d'Italia e di Europa
- una delle aree italiane e d'Europa a maggiore piovosità
(con massimi di oltre 3000 mm/anno medio)

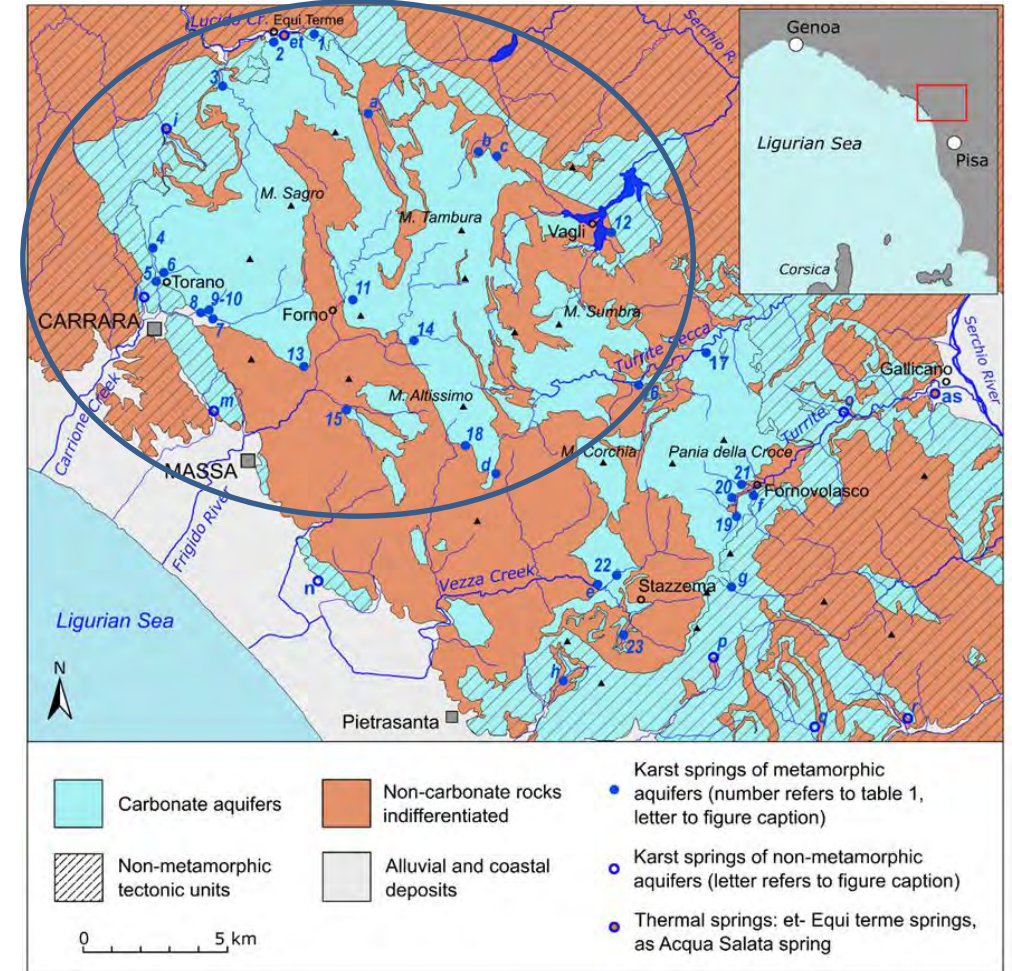
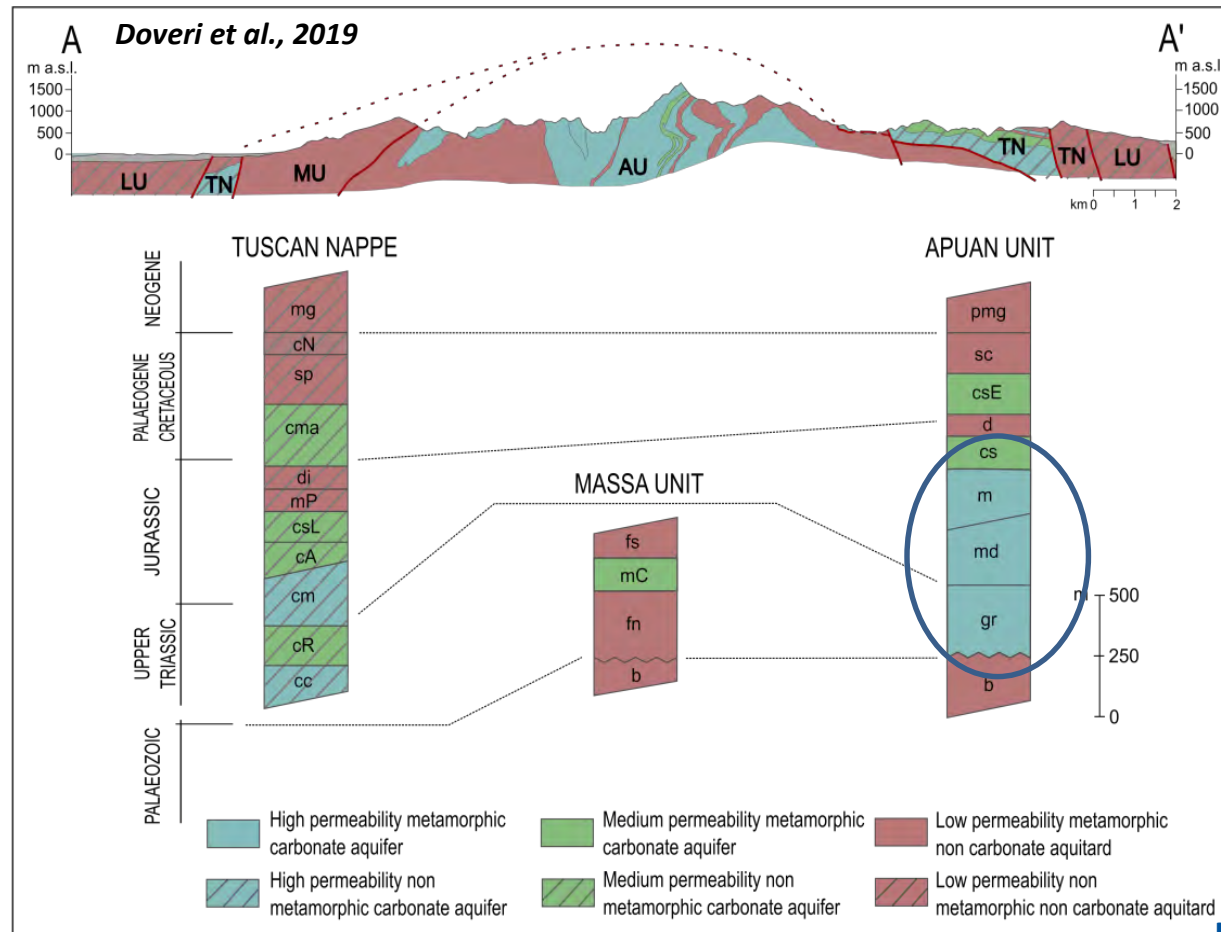
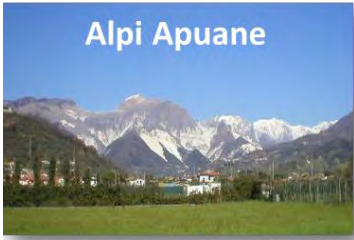


Il sistema acquifero carbonatico delle Alpi Apuane

«Marmi+Grezzoni»

(carb. metamorf.)

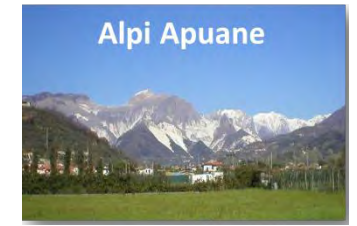
Principale Complesso Acquifero



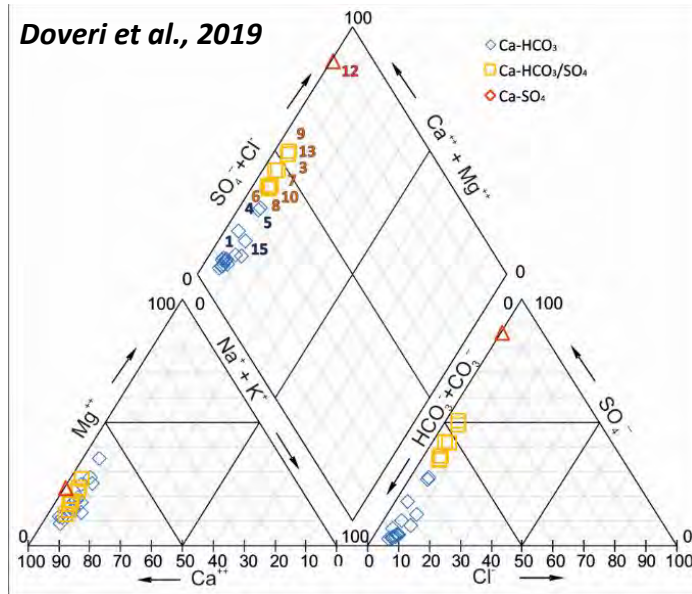
Portata (Q) complessiva delle sorgenti = $5.6 \text{ m}^3/\text{s}$,
 pari a una Q specifica di $0.04 \text{ m}^3\text{s}^{-1}\text{Km}^{-2}$

L'oro blu di montagna: esempi di giacimenti acquiferi della Toscana





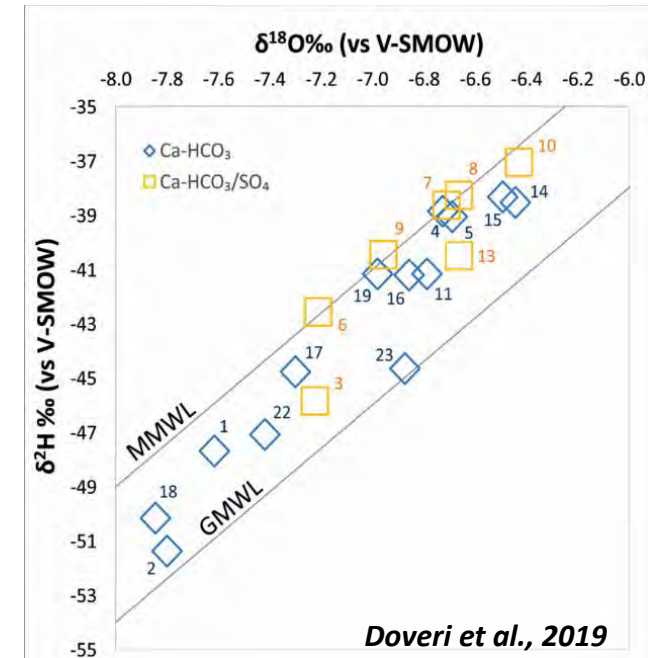
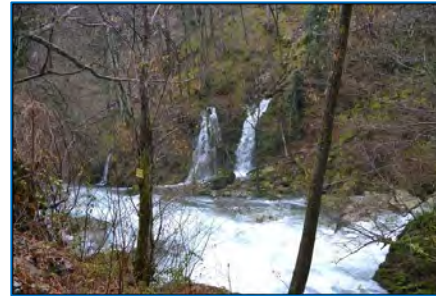
Caratteristiche chimiche ed isotopiche delle acque sorgive



Acque sorgive da $\text{HCO}_3\text{-Ca(Mg)}$ a $\text{HCO}_3(\text{SO}_4)\text{-Ca(Mg)}$, con CE tra 250-300 uS/cm



Chimismo principalmente ereditato dalla matrice carbonatica dell'acquifero (calcite e dolomite) e solo parzialmente condizionato da mineralizzazioni locali (e.g. solfuri)



Ampio intervallo isotopico coperto dalle varie sorgenti o raggruppamenti di sorgenti



*Importante frazionamento per effetto altitudine + diversa esposizione aree alimentazione
BACINI DI ALIMENTAZIONE BEN DIVERSIFICATI*

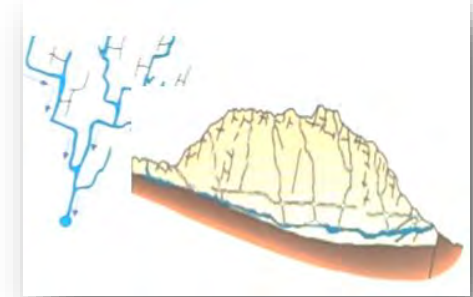
Il sistema acquifero carbonatico delle Alpi Apuane



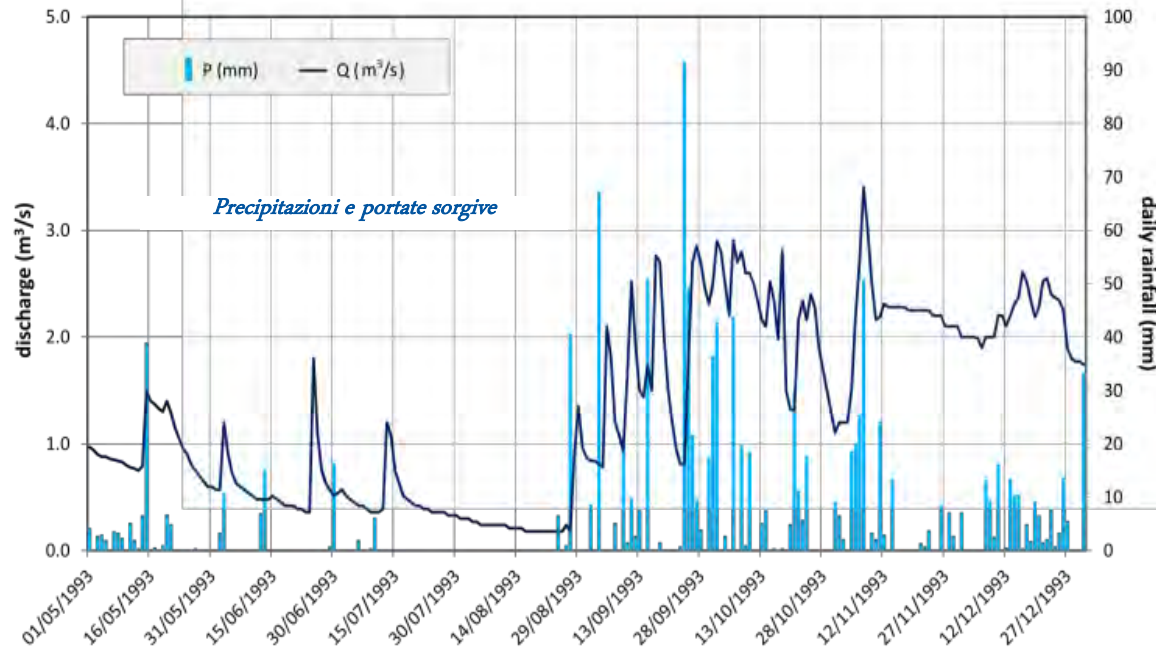
Alpi Apuane



Regime carsico delle sorgenti



Doveri et al., 2019



- picchi di piena molto ripidi con **bruschi aumenti di portata (più del 300%)** in occasione di eventi piovosi significativi
- **deciso decremento delle portate in periodi non piovosi.**

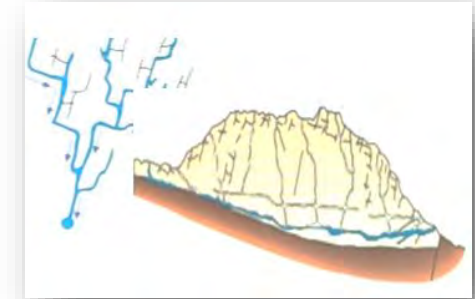
Elevato Indice di Variabilità e Significativo Tasso di Rinnovamento.

Circolazione rapida, condotti carsici ben sviluppati, alta permeabilità, bassa capacità di immagazzinamento.

Il sistema acquifero carbonatico delle Alpi Apuane

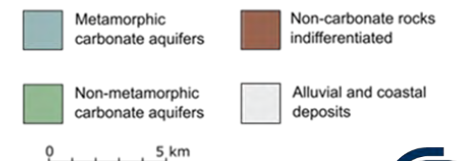
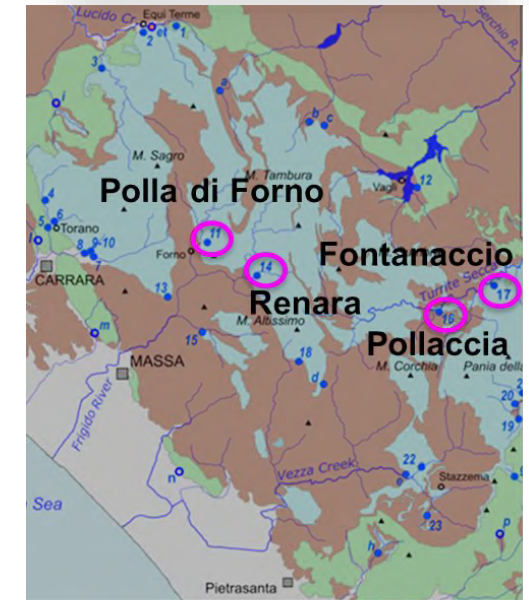
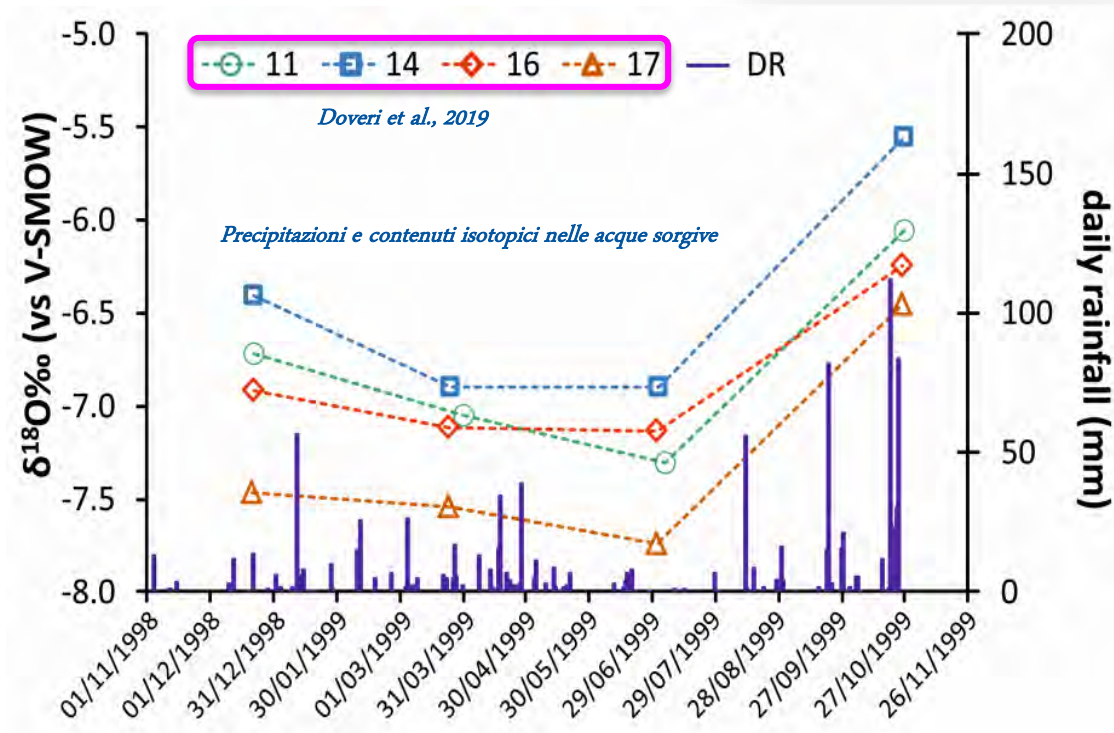


Regime carsico delle sorgenti



la variazione isotopica nelle
acque sorgive evidenzia che
almeno **una parte significativa**
delle acque d'infiltrazione
raggiunge in tempi brevi le
sorgenti

ALTA VULNERABILITA'

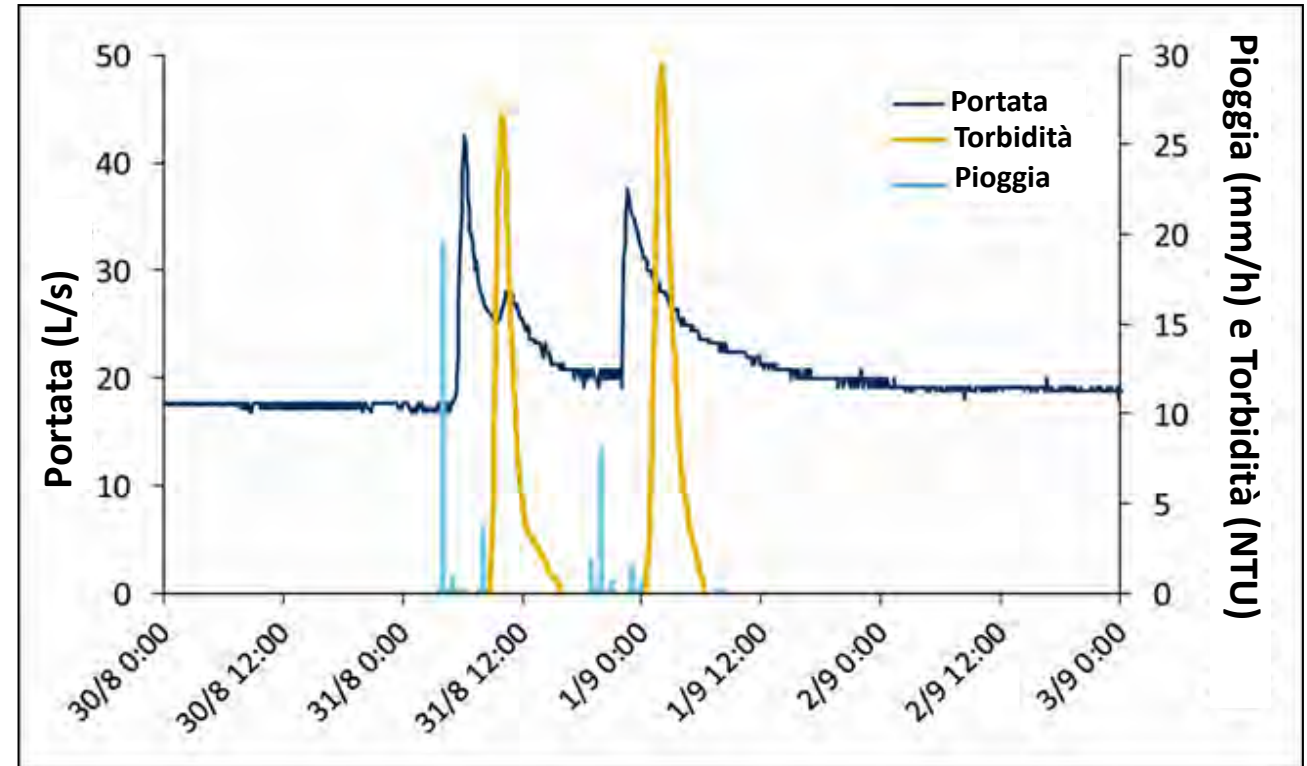


L'oro blu di montagna: esempi di giacimenti acquiferi della Toscana



Sorgenti carsiche apuane: relazioni regimi idrologici – qualità acqua

A seguito di precipitazioni intense le sorgenti mostrano sistematicamente **un'elevata torbidità** dovuta alla marmettola (da lavorazione marmo). Inoltre, **eventi sporadici di inquinamento da idrocarburi e batteriologici**.



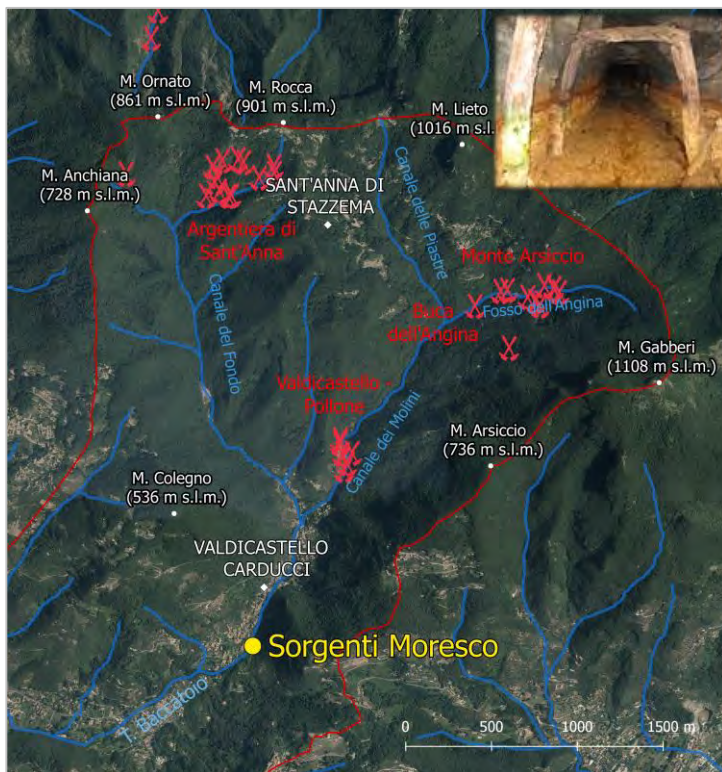
INCREMENTO PIOGGE INTENSE



INCREMENTO % DEI VOLUMI IDRICI NON UTILIZZABILI

Il sistema acquifero carbonatico delle Alpi Apuane

relazioni regimi idrologici – qualità acqua



Nelle aree minerarie (ad es. Valdicastello-Pietrasanta), gli eventi estremi incrementano la mobilizzazione degli **elementi potenzialmente tossici** ed il loro trasferimento ai corpi idrici superficiali e sotterranei.



Drenaggio acido di miniera
(Miniera di M. Arsiccio)



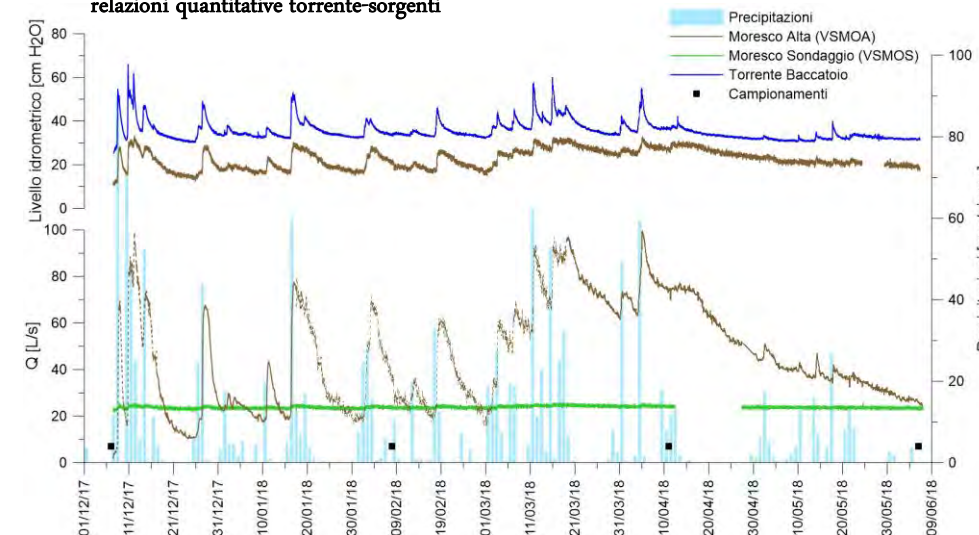
Torrente Baccatoio



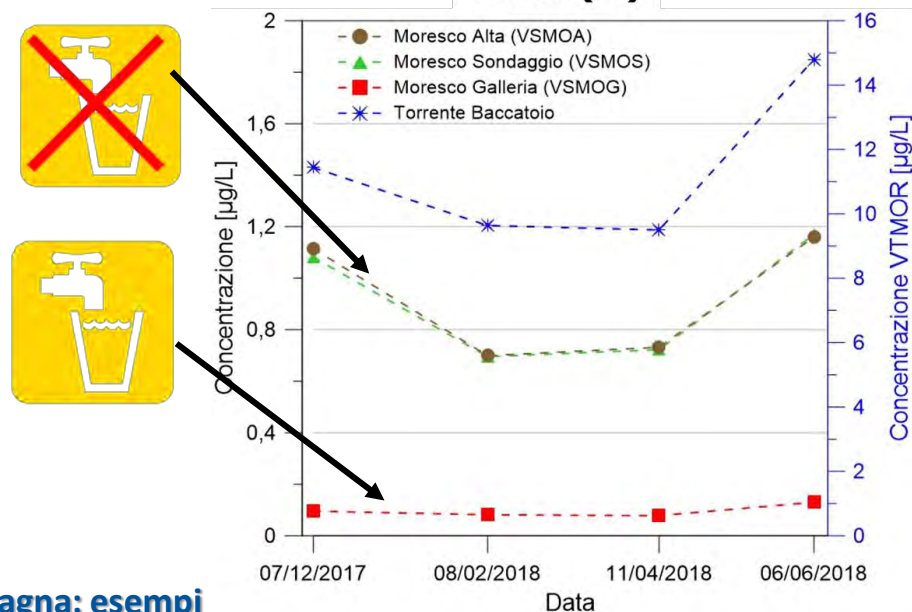
MISURE DI PORTATA
NEL TORRENTE



relazioni quantitative torrente-sorgenti



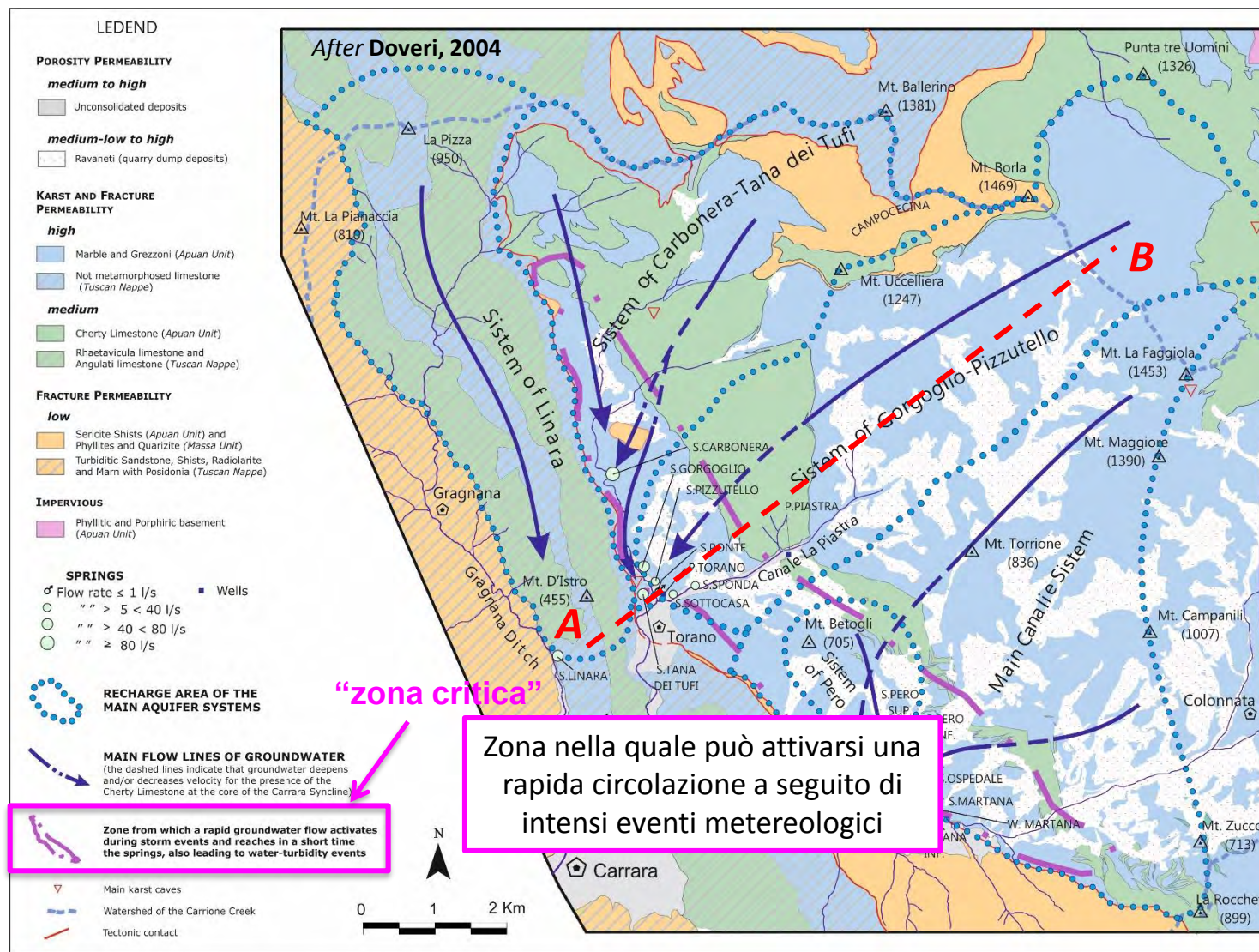
Tallio (TI)



L'oro blu di montagna: esempi

Il sistema acquifero carbonatico delle Alpi Apuane – es. di studio di dettaglio

Sulla base studi a carattere multidisciplinare (geologico, idrogeologico, chimico e isotopico) è stato possibile **definire i principali sistemi di circolazione idrica sotterranea drenati dalle sorgenti a nord di Carrara e individuare la presenza di zone a maggiore vulnerabilità**



SECONDARY PERMEABILITY
(FRACTURE)

Low - very low

sc, d, pf (UA)

SECONDARY PERMEABILITY
(FRACTURE AND KARST)

High

m, gr (UA)

Medium

cs (UA)

SEZIONE A-B



Doveri et al., 2013 - con modifiche

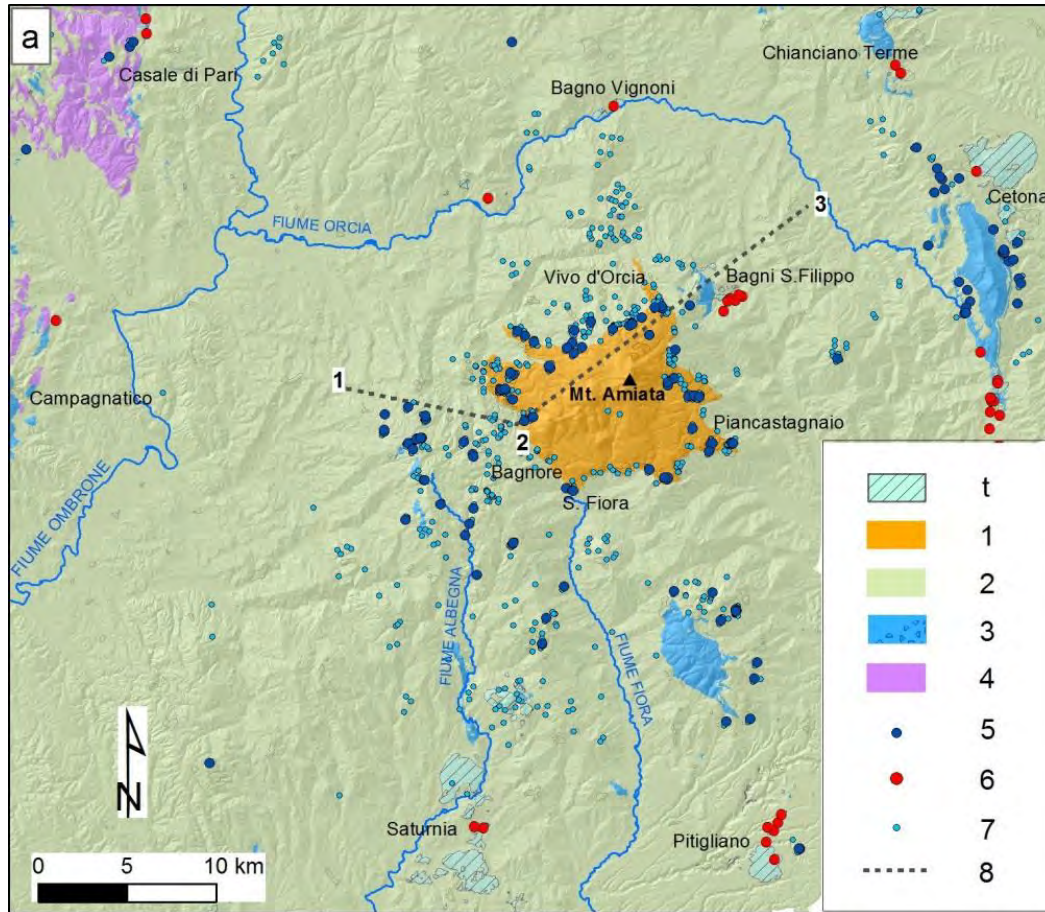
L'oro blu di montagna: esempi di giacimenti acquiferi della Toscana



Il sistema acquifero delle vulcaniti del Mt. Amiata



Il sistema acquifero delle vulcaniti del Mt. Amiata



t – travertino

1 – vulcaniti [0.2/0.3 Milioni-anni] (acquifero Mt. Amiata - AMtA)

2 – argilliti (substrato AMtA/ tetto serbatoio carbonatico)

3 – serbatoio carbonatico-evaporitico

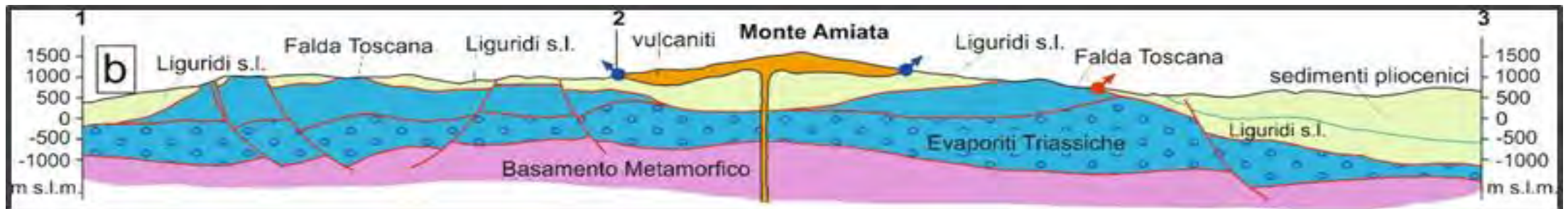
4 – basamento metamorfico

5 – sorgenti fredde captate per la distribuzione di acqua potabile

6 – sorgenti termali

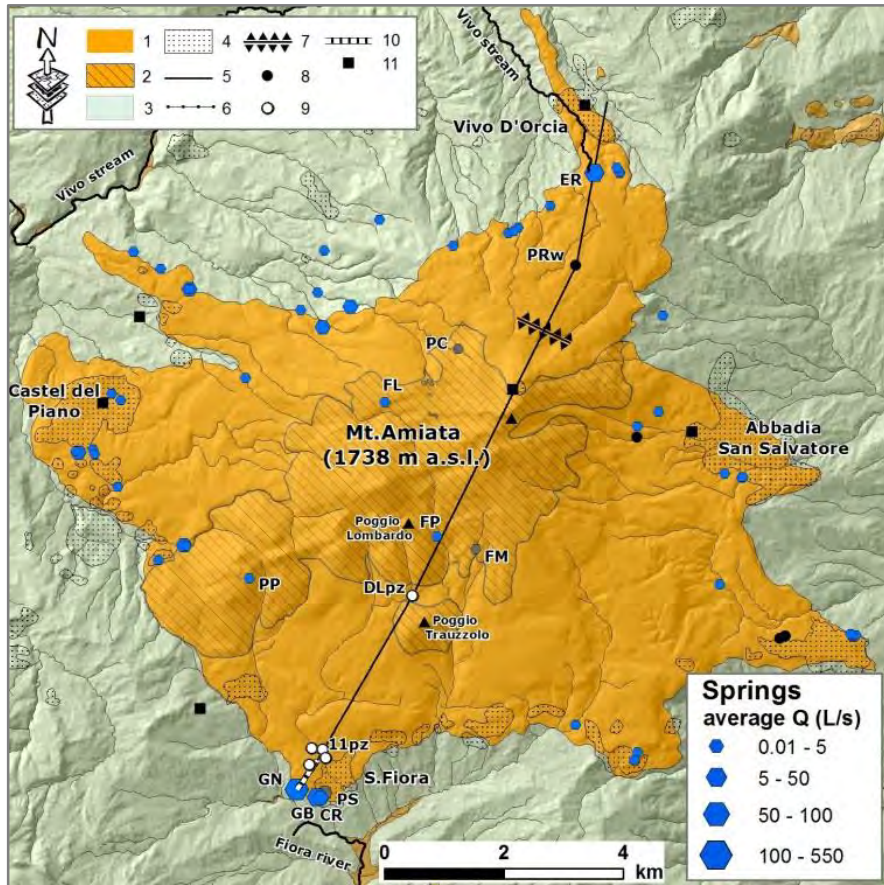
7 – altre sorgenti fredde

8 – traccia della sezione



L'oro blu di montagna: esempi di giacimenti acquiferi della Toscana

Il sistema acquifero delle vulcaniti del Mt. Amiata



Precipitazioni medie sull'acquifero ≈ 1200 mm

Ricarica/anno medio (70 anni) $\approx 50 \cdot 10^6$ m³
bilanciata da portate in uscita alle sorgenti

$\approx 40 \cdot 10^6$ m³/a $\rightarrow$ approvvigionamento idropotabile
> 500 mila persone

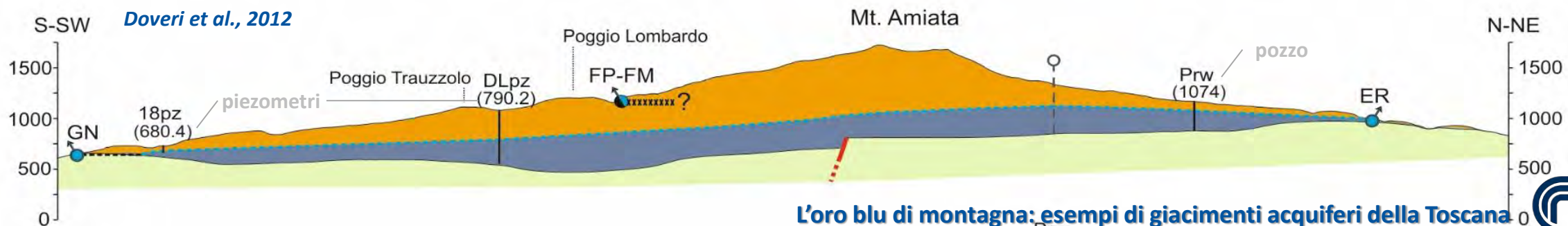


Portata (Q) complessiva delle sorgenti = 1.7 m³/s,
pari a una *Q specifica* di 0.02 m³s⁻¹Km⁻²

Acquifero in rocce vulcaniche
 $5 \cdot 10^{-6} < K \text{ (m/s)} < 4.5 \cdot 10^{-5}$; s parte satura

Substrato argillitico

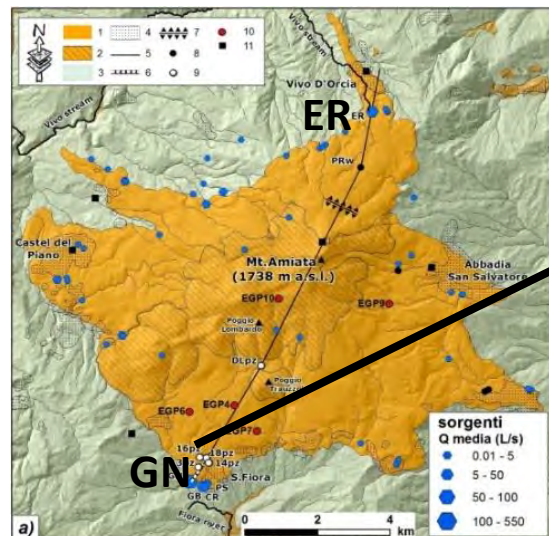
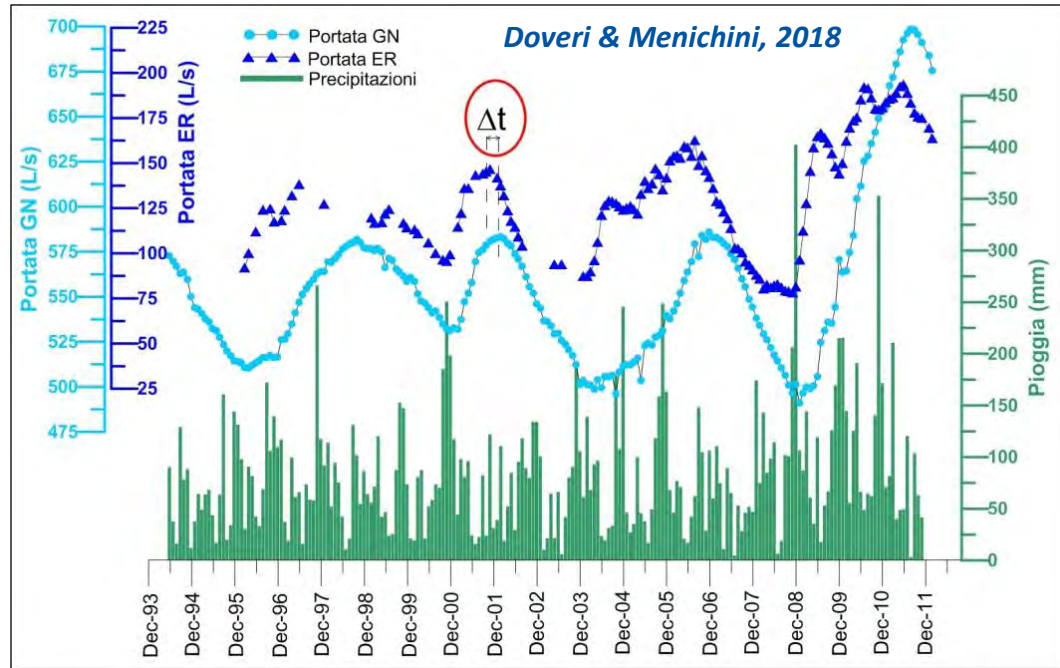
sorgenti



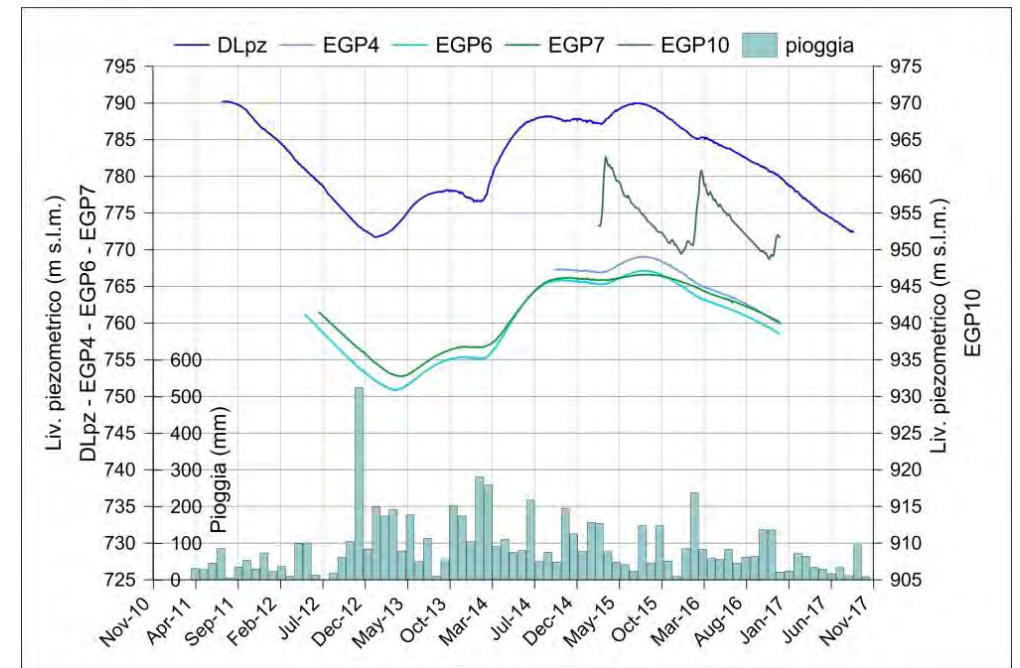
L'oro blu di montagna: esempi di giacimenti acquiferi della Toscana



Il sistema acquifero delle vulcaniti del Mt. Amiata



Q media = 600 L/s



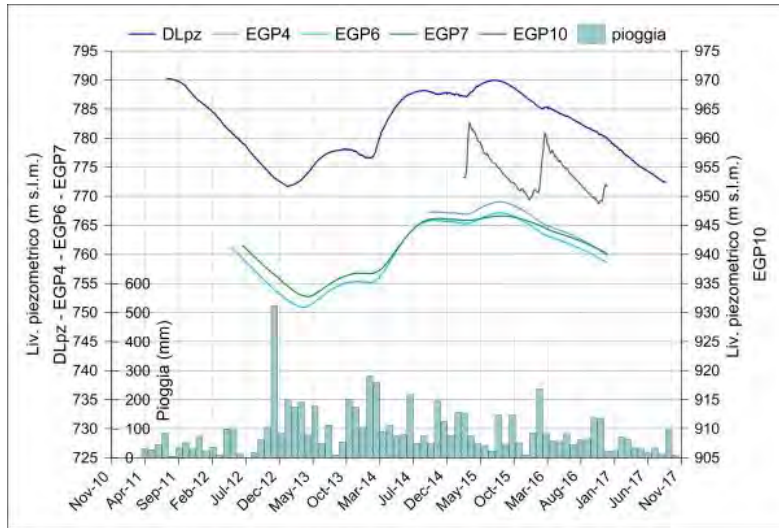
Regime pluriennale delle portate/carichi idraulici (cicli completi di circa 4 anni)

Differenze di tempo (Δt) di trasferimento delle variazioni di carico idraulico/portate, funzione dell'estensione sistemi circolazione idrica sotterranea.

L'oro blu di montagna: esempi di giacimenti acquiferi della Toscana



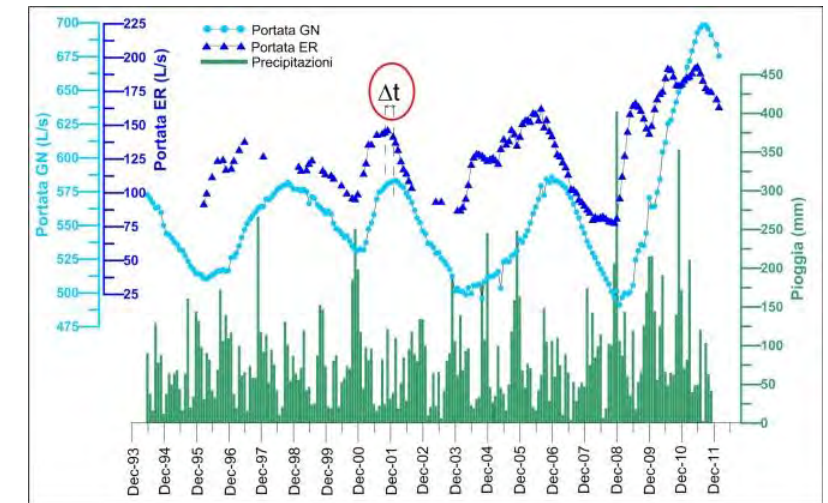
Il sistema acquifero delle vulcaniti del Mt. Amiata



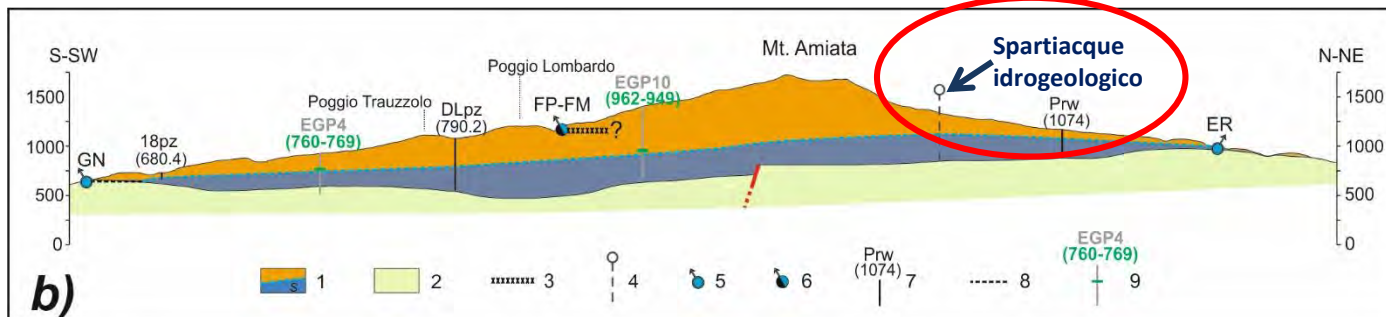
definizione di elementi idrodinamici utili alla protezione e gestione della risorsa

Analisi dei Δt sugli idrogrammi di livello piezometrico (su differenti piezometri) → **50 m/d di velocità di trasferimento delle variazioni di livello (o di portata) $[V_{\Delta H} \text{ o } V_{\Delta Q}]$**

Applicazione del $V_{\Delta H}$ (o $V_{\Delta Q}$) ai Δt degli idrogrammi di portata → differenze di estensione dei bacini di alimentazione delle sorgenti

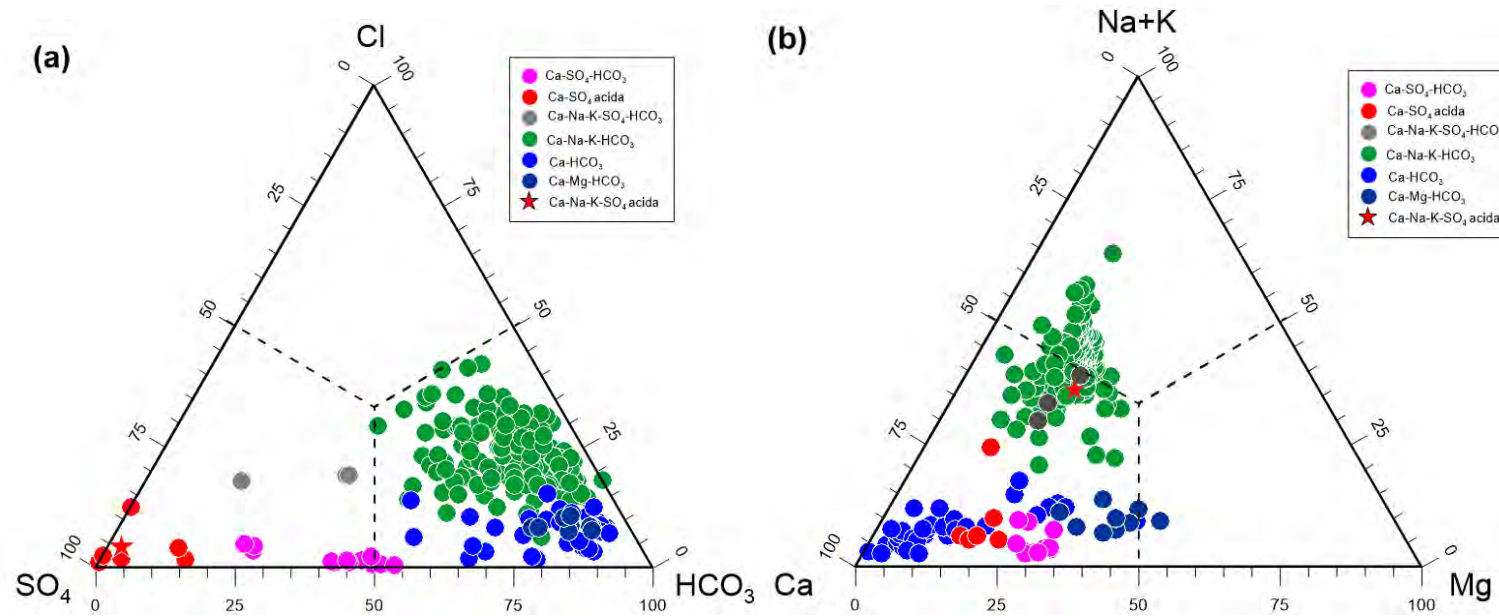


Individuazione spartiacque idrogeologici tra sistemi di circolazione drenati da sorgenti differenti



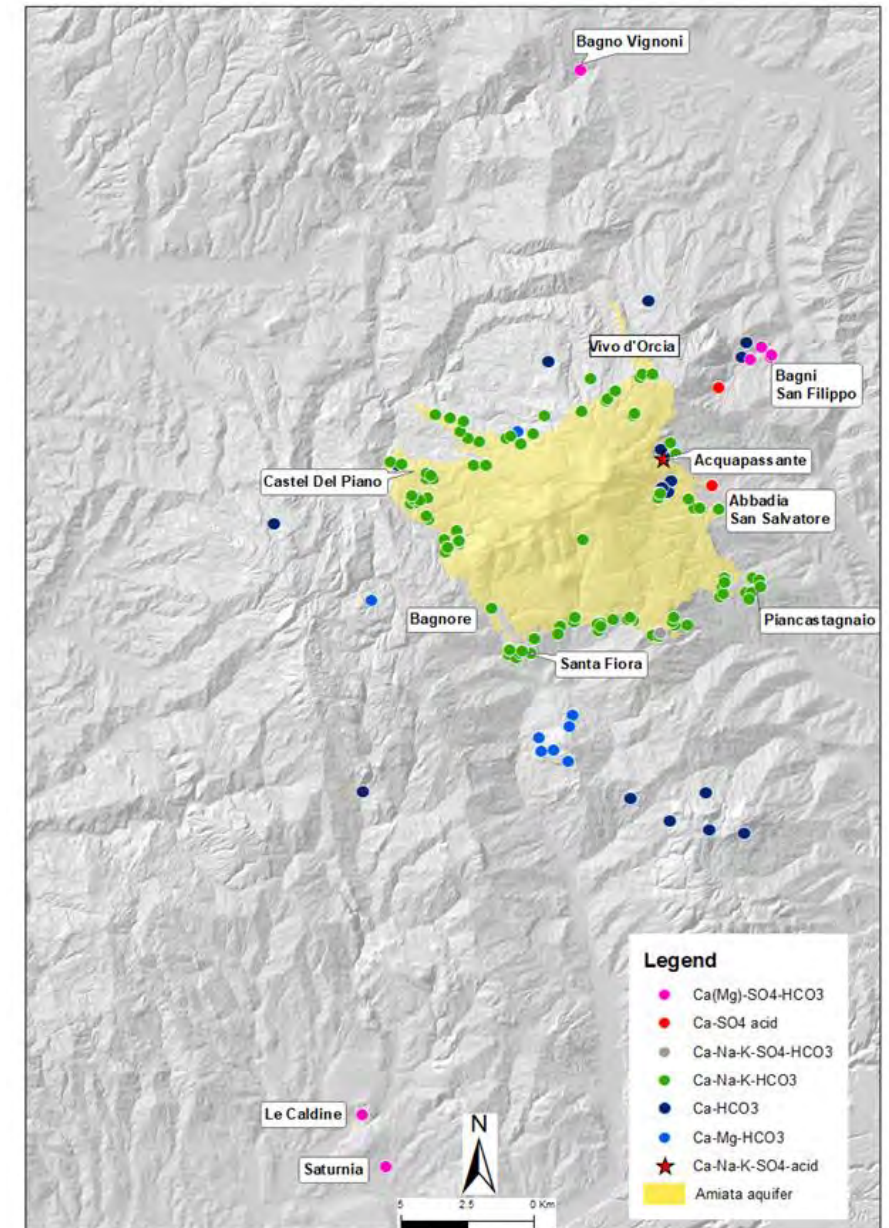
Il sistema acquifero delle vulcaniti del Mt. Amiata

Caratteristiche chimiche delle acque sorgive



Acque dell'acquifero amiatino generalmente di tipo bicarbonato/alcalino-alcalino terroso (HCO₃-K-Na-Ca) con bassa salinità (CE $\approx$ 90 μ S/cm).

Concentrazione di **As** poco inferiore al limite di potabilità (10 μ g/L)



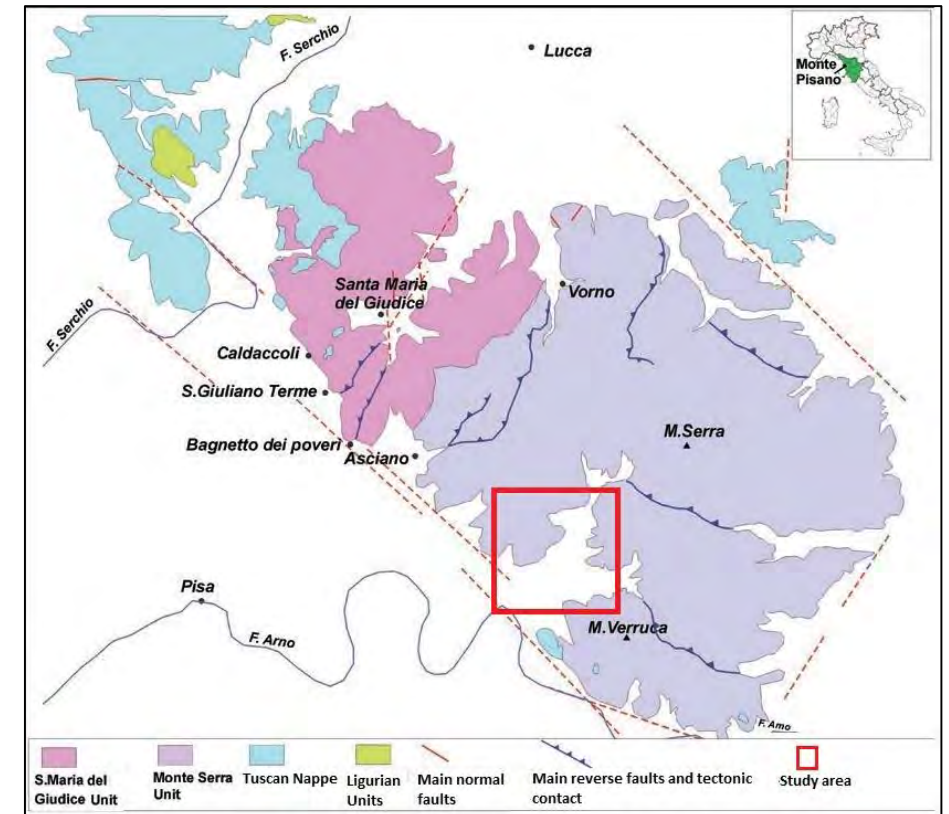
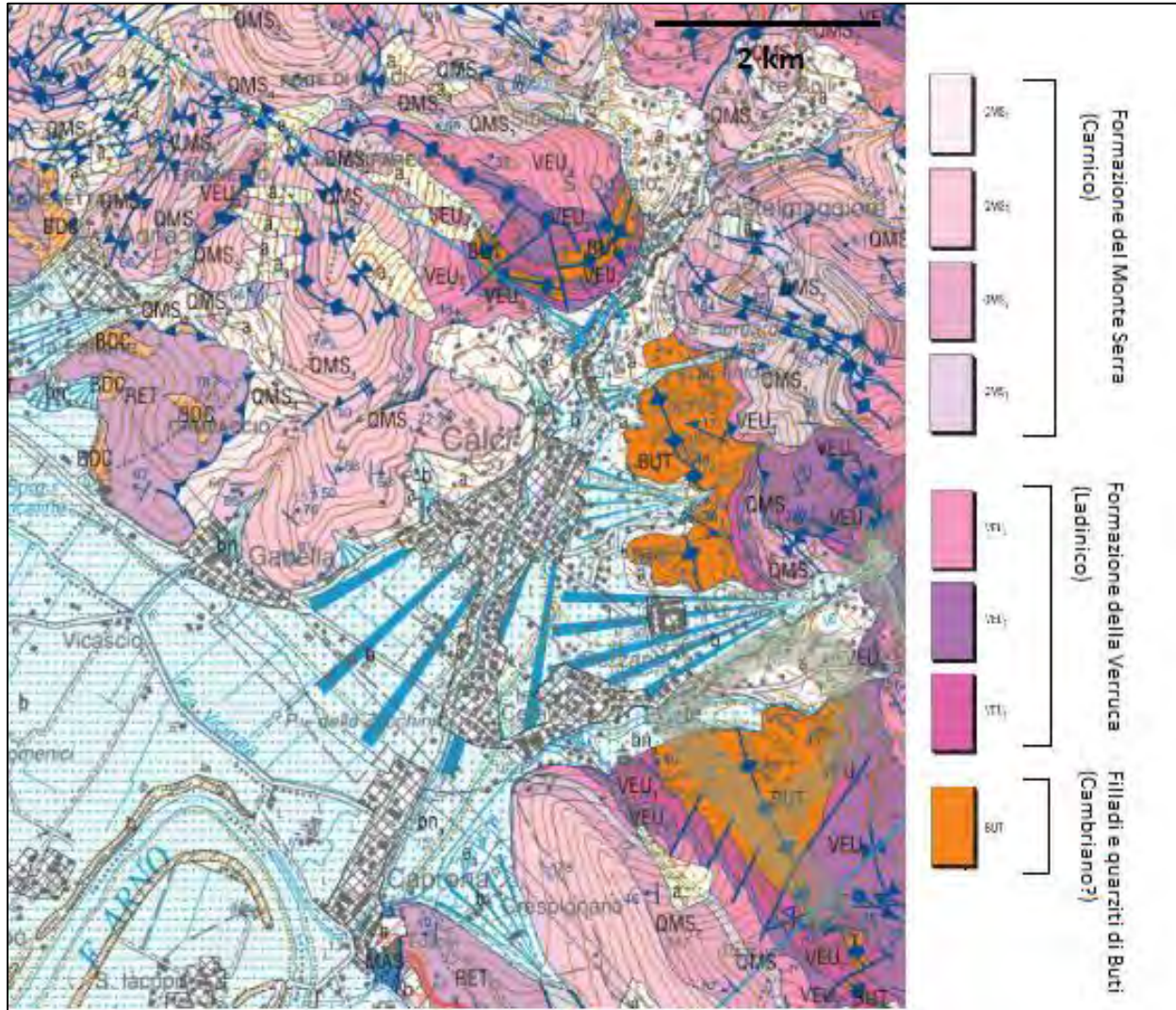
LA MONTAGNA E GLI ACQUIFERI PEDE-MONTANI

L'esempio dell'acquifero del «Conoide di Calci»



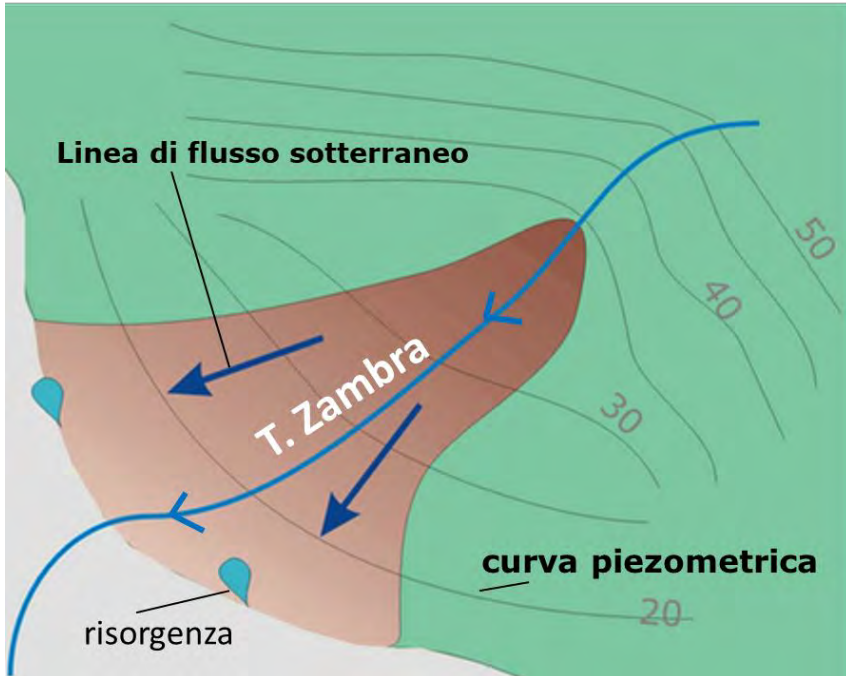
L'acquifero pedemontano del «Conoide di Calci»

condizioni geologiche generali

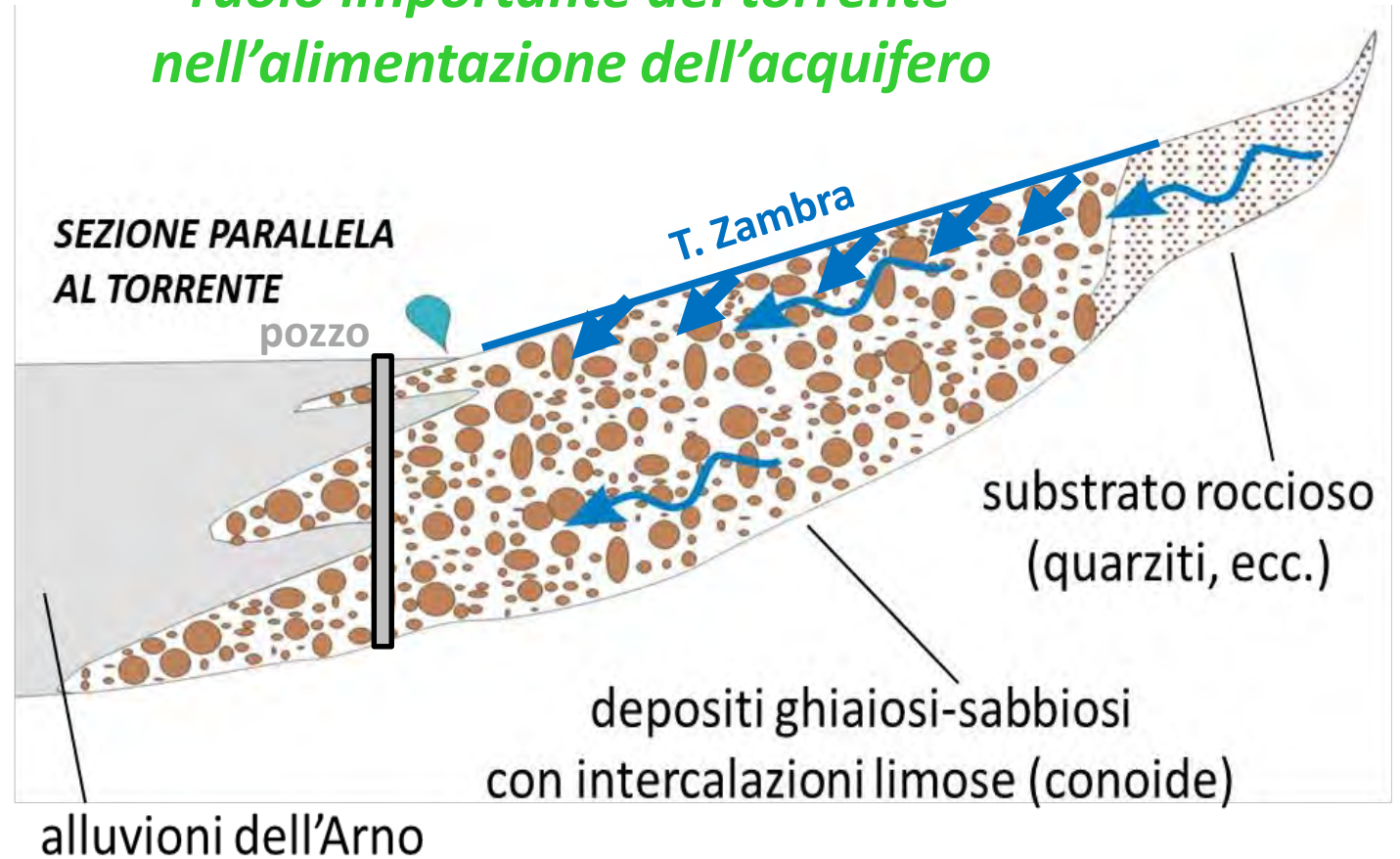


L'acquifero pedemontano del «Conoide di Calci»

rappresentazione schematica della circolazione idrica



*ruolo importante del torrente
nell'alimentazione dell'acquifero*



RISULTATI PRELIMINARI DI UNO STUDIO IN CORSO

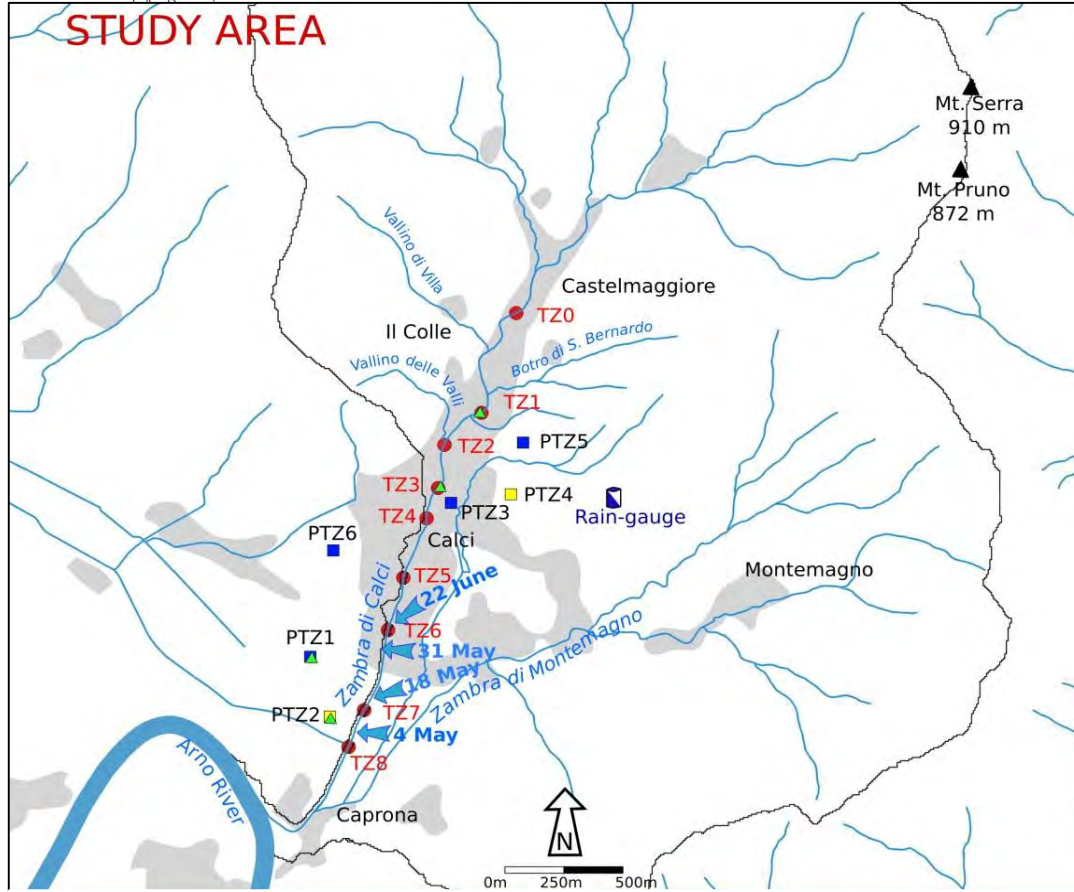


Consiglio Nazionale



UNIVERSITÀ DI PISA

e supporto logistico



MEASUREMENT AND SAMPLING POINTS:

- Stream section
- Deep well(>30 m)
- Shallow well(<5m)
- ➡ Flow zero point
- ☔ Rain gauge
- ▲ Continuous monitoring section

9 SEZIONI DI MISURA LUNGO IL TORRENTE

- Misure di portata
- Monitoraggio in continuo liv. idrometrico (2)
- Campionamento x analisi chimiche e isotopiche

12 POZZI

- Misure piezometriche
- Monitoraggio in continuo liv. piezometrico (2)
- Campionamento x analisi chimiche e isotopiche



L'acquifero pedemontano del «Conoide di Calci»

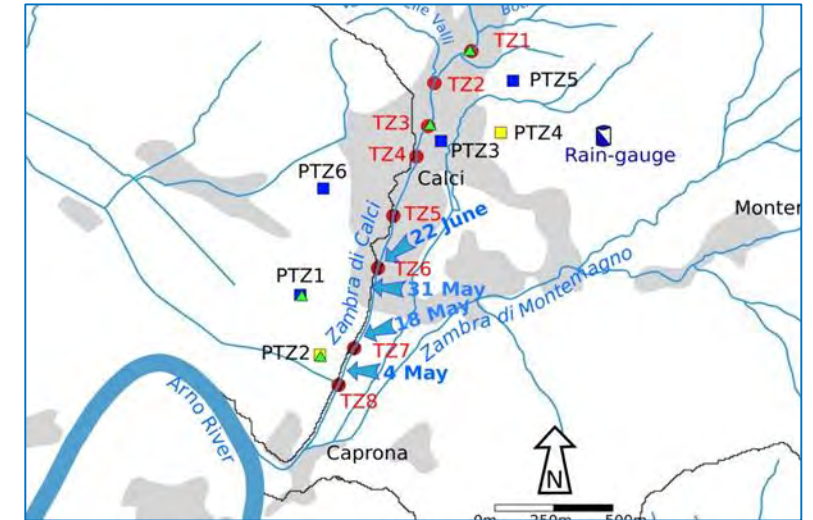
RISULTATI PRELIMINARI DI UNO STUDIO IN CORSO



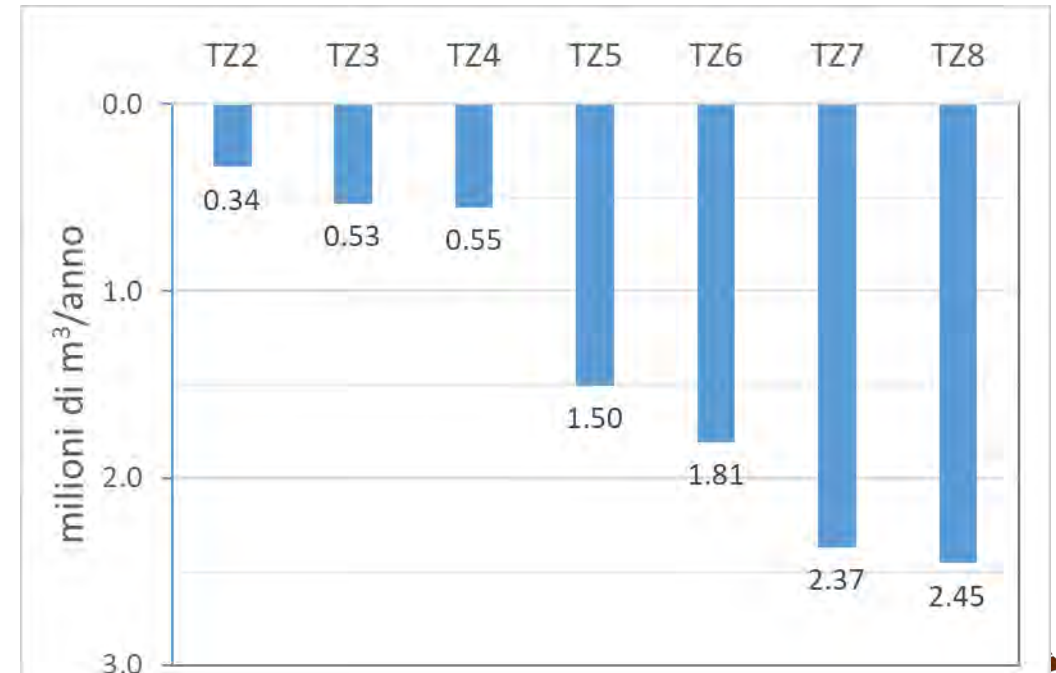
MISURE DI PORTATA CON
FLUSSIMETRO AD ULTRASUONI



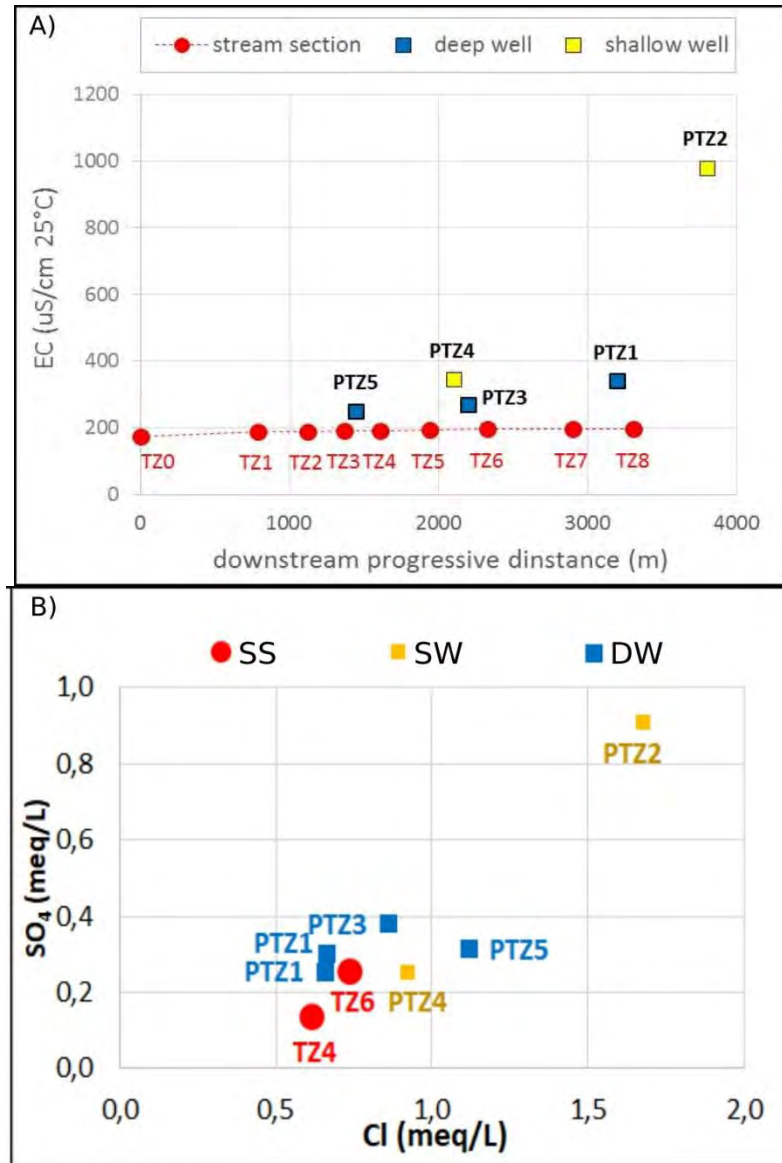
Da Feb. 2018 a Feb. 2019 sono state valutate
**perdite di acqua dal torrente a favore della falda
idrica sotterranea** di circa **2.5 Milioni di m³**



infiltrazione di acqua del torrente in acquifero



RISULTATI PRELIMINARI DI UNO STUDIO IN CORSO



L'acqua trasferita dal torrente all'acquifero ha una bassa salinità ed un chimismo buono

..... da non minacciare/compromettere, data anche la presenza di pozzi idropotabili nella zona



Gli **acquiferi in aree montane** costituiscono dei veri e propri **giacimenti** in grado di custodire il più **pregiato “oro”, quello blu, cioè l’acqua, fonte di vita.**

Anche la **Toscana gode di importanti serbatoi naturali di questo tipo**, che oltre a fornire **acqua a bacini di utenza molto estesi**, garantiscono un importante **sostegno agli ecosistemi acquatici di superficie ed ai sistemi acquiferi dei fondo valle e delle pianure.**

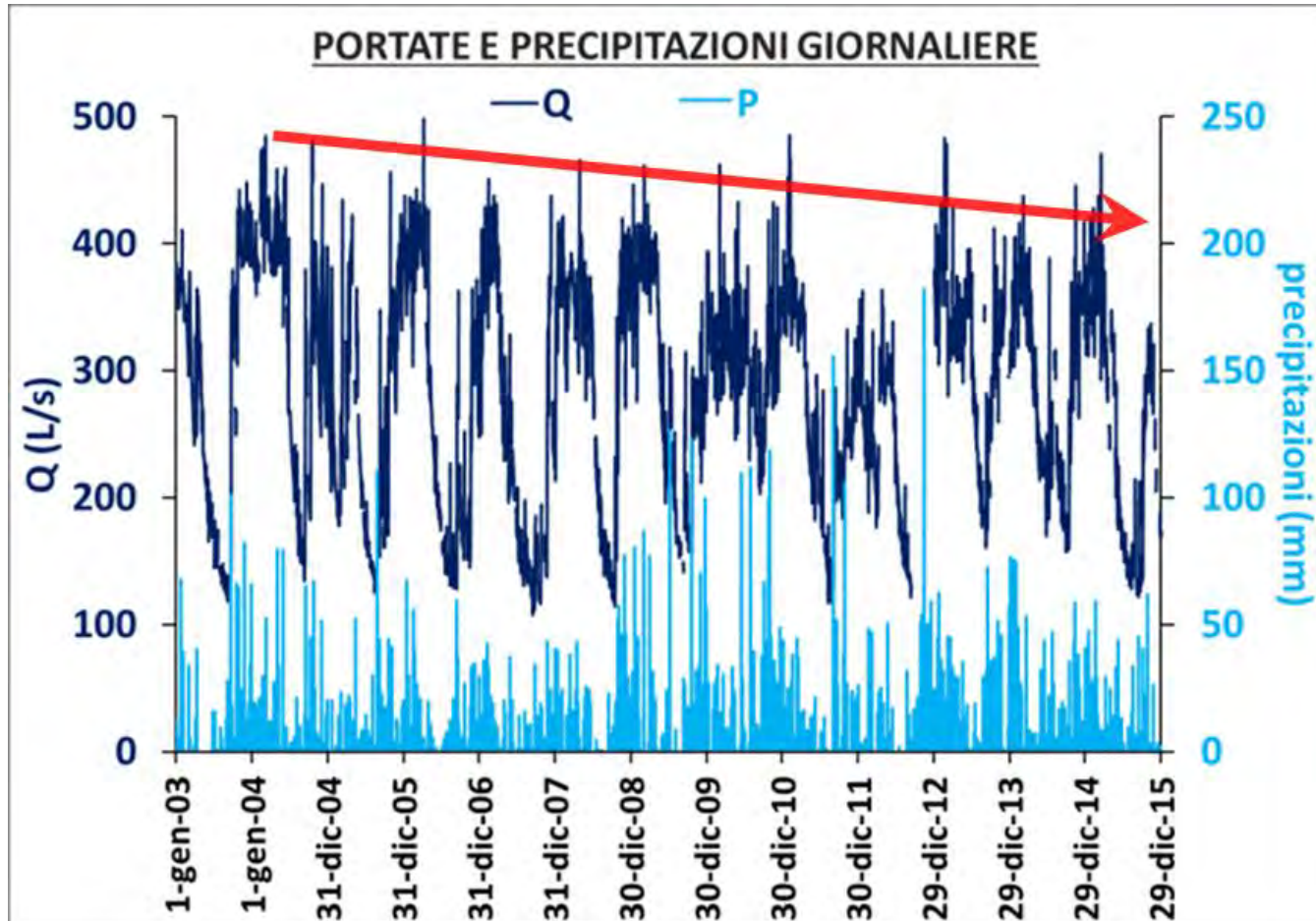
Alcune **situazioni di criticità** sono determinate da un’**interferenza delle attività antropiche sugli acquiferi.**

Queste **criticità possono ulteriormente accentuarsi a causa dei regimi idrologici** sempre più estremi a cui stiamo assistendo e che già fanno registrare alcuni effetti.....

Considerazioni Conclusive

..... **criticità possono ulteriormente accentuarsi a causa dei regimi idrologici** sempre più estremi a cui stiamo assistendo e che già fanno registrare alcuni effetti.

Es. Sorgente del Cartaro (Massa)



REGIMI IDROLOGICI PIU' ESTREMI

*sensibile decremento
delle portate nel tempo
+
relativo incremento
degli eventi di piena*

Recenti ricerche confermano previsioni di incremento delle condizioni idrologiche estreme, con possibili **conseguenze gravi** in varie regioni del mondo e sui relativi abitanti **entro questo secolo**.

ARTICLE OPEN

Threatening levels of cumulative stress due to hydroclimatic extremes in the 21st century

Filippo Giorgi¹, Erika Coppola¹ and Francesca Raffaele¹

Hydroclimatic extremes, such as very intense precipitation and drought, are expected to increase with global warming, with their cumulative effects potentially posing severe threats for human and natural systems. We introduce a new metric of potential cumulative stress due to hydroclimatic extremes, the Cumulative Hydroclimatic Stress index (CHS), expressed in "equivalent reference stress years (ERSY)" (i.e., the mean annual stress during a present day reference period). The CHS is calculated for wet and dry extremes in an ensemble of 21st century Global Climate Model projections under the RCP8.5 and RCP2.6 greenhouse gas scenarios. Under the high-end RCP8.5 scenario, by 2100, increases in wet and dry extremes add ~155 ERSY averaged over global land areas (~125 for wet and ~30 for dry extremes), with wet hotspots (>250 added ERSY) throughout regions of Asia, Eastern Africa and the Americas, and dry hotspots (>100 added ERSY) throughout Central and South America, Europe, West Africa, and coastal Australia. Inclusion of population exposure in the stress index definition generates a maximum total (dry + wet) potential stress level exceeding 400 added ERSY over Africa, North America, and Australia, which are thus projected to be extremely vulnerable to increases in hydroclimatic extremes. Under the RCP2.6 scenario, which is close to the 2 °C global warming stabilization target set in the Paris agreement, the total hydroclimatic stress is considerably reduced.

npj Climate and Atmospheric Science (2018)1:18 | doi:10.1038/s41612-018-0028-6

INTRODUCTION

Hydroclimatic extremes can have severe impacts on different socio-economic sectors, such as agriculture, water resources, health, ecosystem services, urban infrastructure, etc.^{1,2} This issue is especially important within the global change context because different generations of twenty-first century global and regional climate model projections have consistently indicated a predominant increase of precipitation intensity and wet extremes, along with a decrease in the frequency of precipitation events, and thus a lengthening of dry periods.^{3–11}

While the occurrence of individual extremes can have devastating impacts at a given time, the cumulative effect of events over time may be a dominant factor in determining the overall stress for a natural or socio-economic system, thereby challenging its resilience.^{1,2} For example, there might be thresholds of cumulative stress leading to the collapse of the system or to impacts that are beyond sustainable adaptation options. Also, the cumulative stress is an integrator over time and, since it accounts for the temporal trajectory of changes in extremes, it can be an optimal measure of related risks.

Here we introduce a new metric of the cumulative potential stress due to hydroclimatic extremes, the Cumulative Hydroclimatic Stress index (CHS), which is described in the Methods section. We calculate the CHS for two types of events that can be expected to produce damage to economic activities and infrastructure:¹² extreme daily precipitation (the 99.9 percentile of the daily precipitation intensity distribution, or R99.9) and severe precipitation deficits (defined as a sequence of at least three consecutive months with negative precipitation anomalies, or precipitation deficits, greater than 25%, or D25). The CHS is

expressed in units of "Equivalent Reference Stress Year (ERSY)", where the ERSY is a measure of the average annual potential stress due to extreme wet or dry events for a reference period representing present day conditions (see Methods). If for a certain period in the future the cumulative number of ERSY is larger than the value that would be obtained by cumulating the ERSY found for the reference period, then the excess number of ERSY is a measure of the additional potential stress induced by climate change.

We emphasize that here the CHS is calculated from a physical quantity, namely precipitation, assuming that the stress itself is proportional to the amount of extreme or deficit precipitation. As such, it is a measure of potential stress, or risk, and not of actual damage associated with the events, because clearly not all events described by the R99 and D25 metrics will necessarily result in damaging flood or drought. The index could however be generalized to become an Integrated Cumulative Hydroclimatic Stress index (ICHS) by including socio-economic information, for example population exposed to, and/or cost and damage associated with, the event. As an illustration of this point, here we calculate the ICHS by including population information as a measure of exposure (see Methods), which again results in a metric of potential stress rather than actual impact.

The values of the CHS and ICHS are calculated for an ensemble of 9 Global Climate Model (GCM) projections from the Coupled Model Intercomparison Project, Phase 5 (CMIP5,¹³ supplementary Table S1), covering the period 1981–2100, where 1981–2010 is our reference period. Two greenhouse gas (GHG) concentration pathways are considered, the high-end RCP8.5 and the low end RCP2.6, which cover the overall CMIP5 range.¹³ Population data are from the set of IIASA Shared Socioeconomic Pathways (SSPs,¹⁴

¹Earth System Physics Section, The Abdus Salam International Centre for Theoretical Physics, 34151 Trieste, Italy. Correspondence: Filippo Giorgi (giorgi@ictp.it)

Received: 2 August 2017 Revised: 23 February 2018 Accepted: 26 March 2018



.... la **CRISI IDRICA** è l'elemento che avrà maggior impatto sul pianeta nei prossimi decenni
(Global Risk Report - World Economic Forum 2015),
a causa dei **CAMBIAMENTI GLOBALI**
(clima, uso del suolo, incremento demografico, ..)

....attualmente....

.....oltre ai problemi strutturali dell'Africa.....le prime crisi sono avvertite in California, Brasile, Cina,

Considerazioni Conclusive

IL FUTURO DELL'ACQUA, e di tutti gli ecosistemi da essa dipendenti, in gran parte dipenderà dalla **«nostra»** **capacità di attuare azioni di gestione sostenibile della risorsa**, avendo particolare riguardo ai (e per i) **SISTEMI ACQUIFERI**.

RIDUZIONE DEI CONSUMI

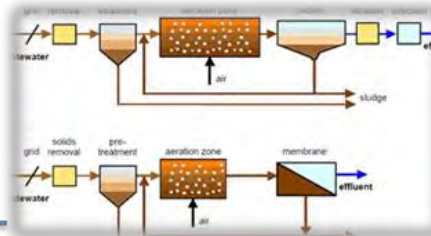
metodi di irrigazione appropriati
(goccia e subirrigazione)



riduzione perdite acquedotto



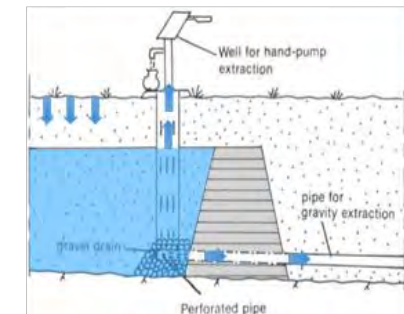
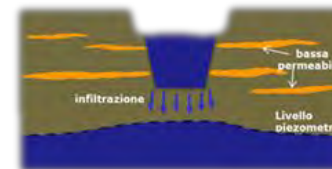
RIUTILIZZO DI ACQUE REFLUE



CONSERVAZIONE/STOCCAGGIO

ricarica assistita degli acquiferi

dighe sotterranee



L'oro blu di montagna: esempi di giacimenti acquiferi della Toscana

CONSAPEVOLEZZA A TUTTI I LIVELLI

organi di governo

gestori idrici

«utenza» = noi tutti



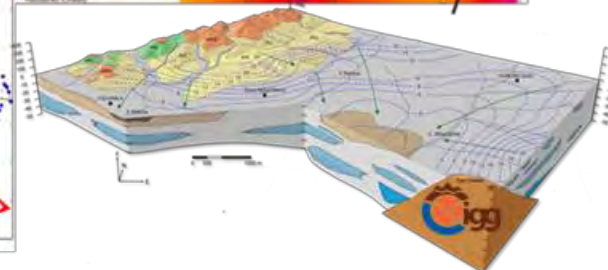
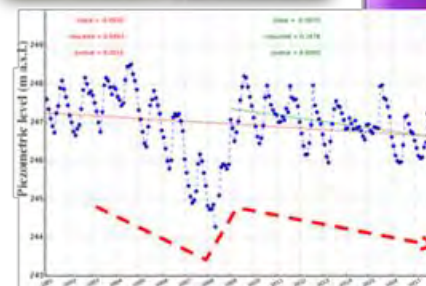
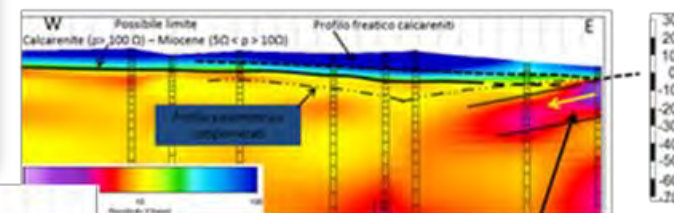
INDISPENSABILI REQUISITI DI BASE

CONOSCENZA APPROPRIATA

dati consistenti
(attività di monitoraggio)

condizioni climatiche
in divenire

effetti climatici e
antropici sulle risorse

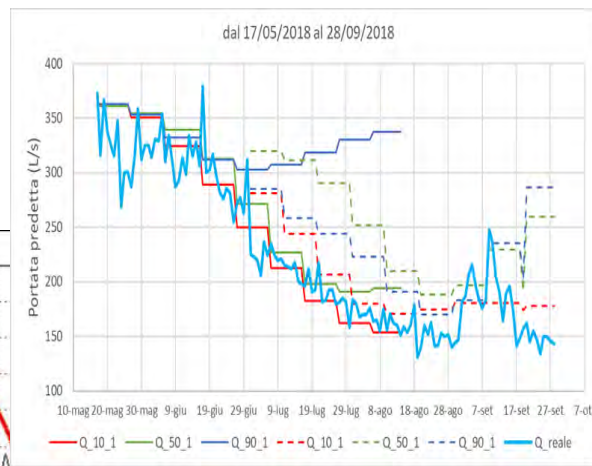
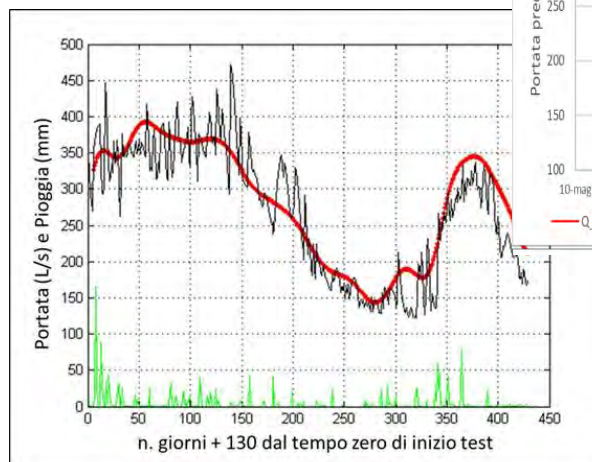


Considerazioni Conclusive

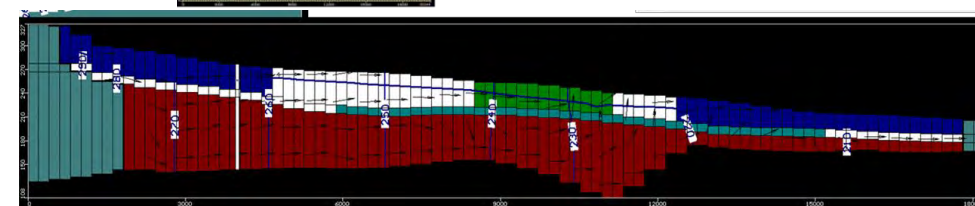
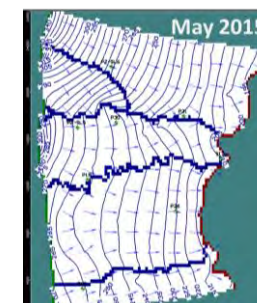
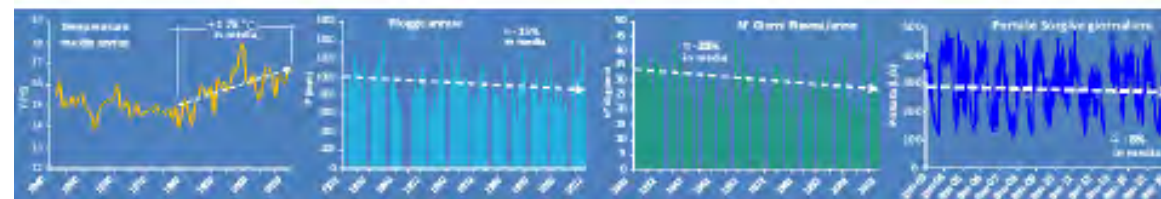
...alcuni progetti di ricerca sono in corso di svolgimento su queste tematiche anche in Toscana, con il supporto delle autorità di gestione della risorsa idrica...



LAVORI IN CORSO



La collaborazione scientifica IGG (CNR) - AIT:
sviluppo e applicazione di modelli numerici su sistemi acquiferi,
per la gestione sostenibile della risorsa idropotabile
in previste condizioni meteo-climatiche



L'oro blu di montagna: esempi di giacimenti acquiferi della Toscana





GRAZIE