

GLI IMPATTI DEI CAMBIAMENTI CLIMATICI
SULLE ACQUE SOTTERRANEE E SUPERFICIALI
Venerdì 27 ottobre 2023



foto: Matia Menichini

*Effetti Reali e Potenziali
dei Cambiamenti Climatici
sulle Acque Sotterranee*

Marco Doveri



DIPARTIMENTO DI SCIENZE DELLA TERRA

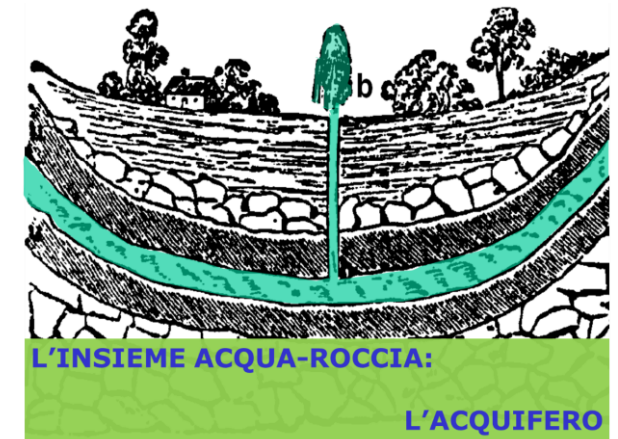
UNIVERSITÀ DI PISA



Consiglio Nazionale delle Ricerche



Istituto di
Geoscienze e Georisorse



A scala globale il prelievo di **acqua dai sistemi acquiferi** copre circa il 40% (990 km³/anno) dell'approvvigionamento idrico totale

Negli ultimi 50 anni l'utilizzo delle acque sotterranee è pressoché triplicato e continua a crescere con tasso dell' 1-2% annuo

GLI IMPATTI DEI CAMBIAMENTI CLIMATICI SULLE ACQUE SOTTERRANEE E SUPERFICIALI

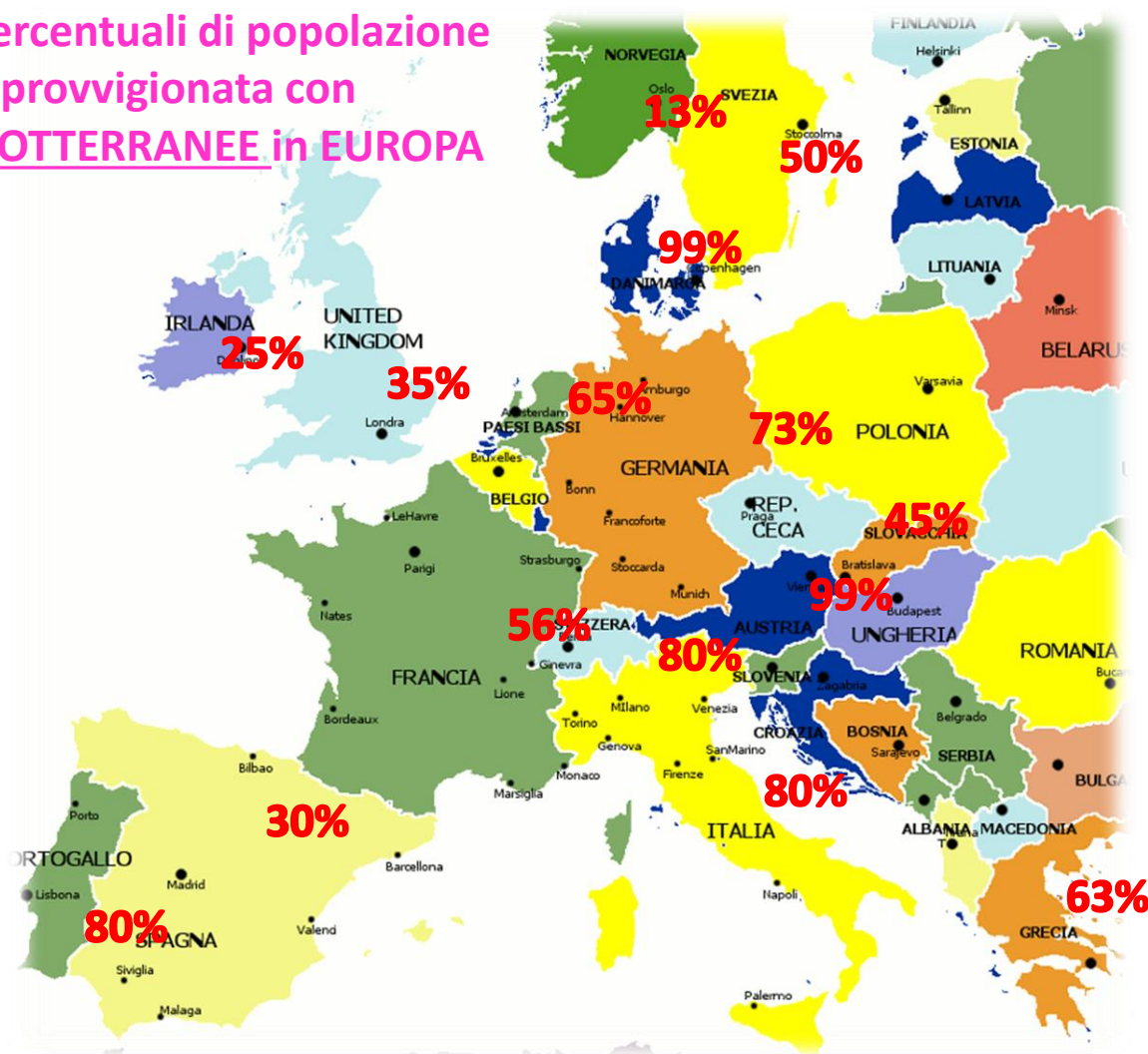
Venerdì 27 ottobre 2023



IL RUOLO STRATEGICO DELLE ACQUE SOTTERRANEE

IDROPOTABILE

Alcune percentuali di popolazione
approvvigionata con
ACQUE SOTTERRANEE in EUROPA

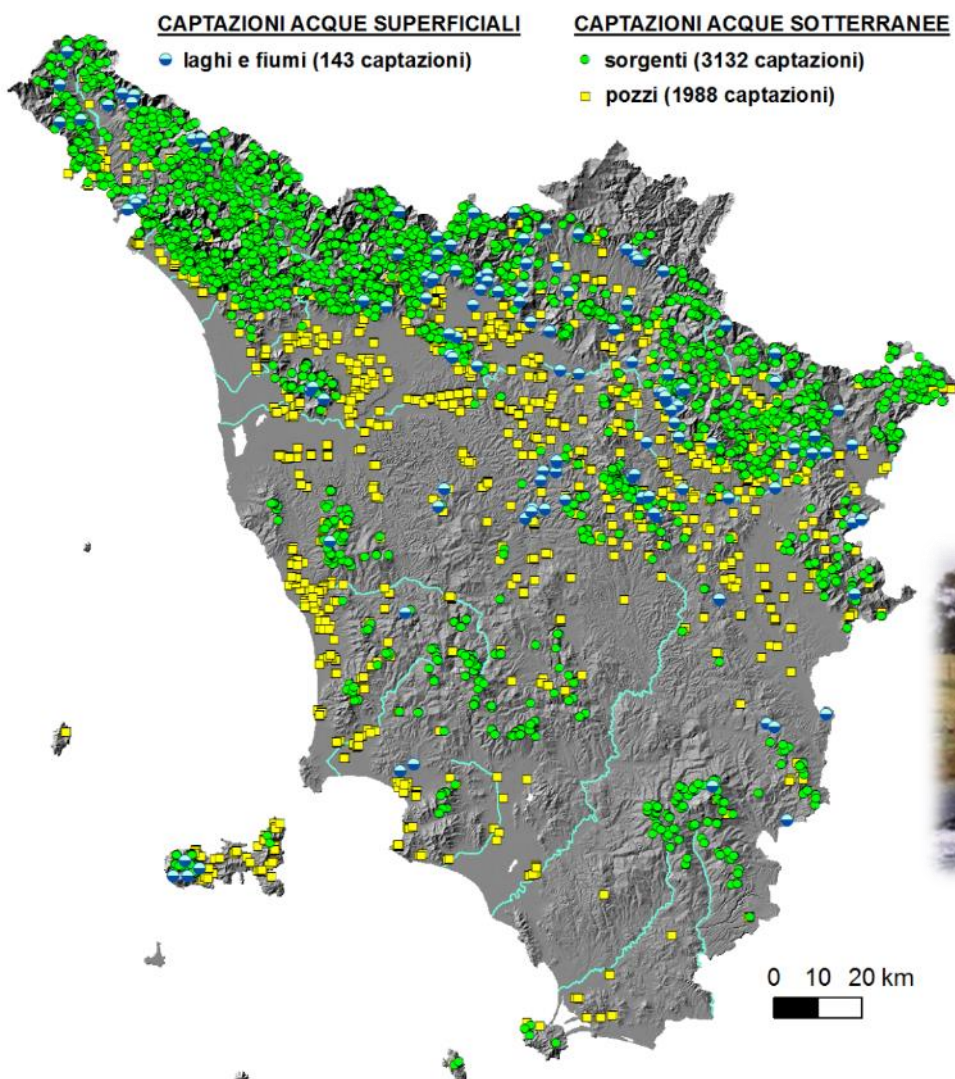


In media, le acque
sotterranee soddisfano il
fabbisogno idrico del 70%
della popolazione nei vari
paesi europei

IL RUOLO STRATEGICO DELLE ACQUE SOTTERRANEE ANCHE IN TOSCANA



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



ACQUE SUPERFICIALI

≈ 140 captazioni



ACQUE SOTTERRANEE

≈ 5000 captazioni



GLI IMPATTI DEI CAMBIAMENTI CLIMATICI SULLE ACQUE SOTTERRANEE E SUPERFICIALI

Venerdì 27 ottobre 2023

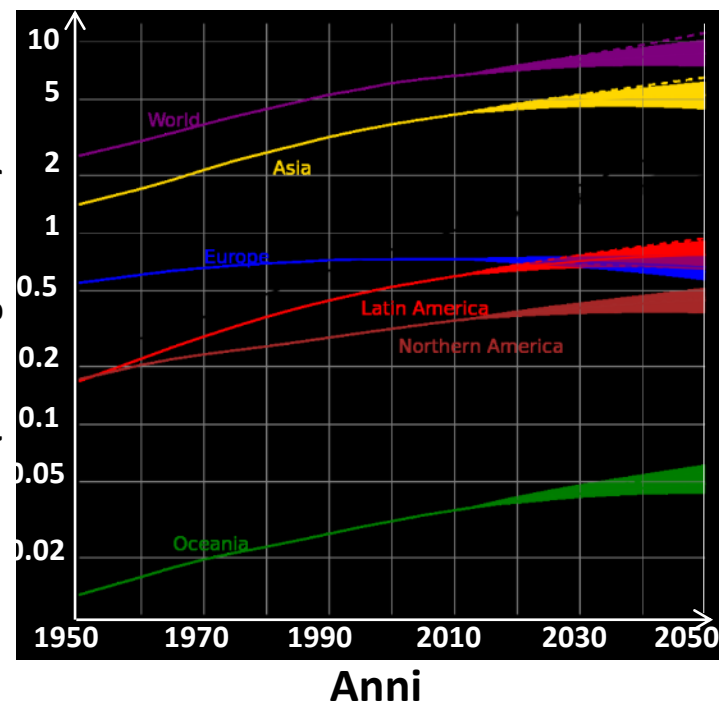


L'importanza delle ACQUE SOTTERRANEE è destinata a crescere ancora.....

per l'incremento di
popolazione previsto
a scala mondiale



Miliardi di abitanti
(scala logaritmica)



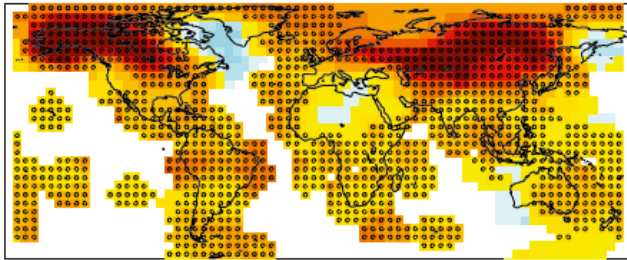
per i cambiamenti
climatici



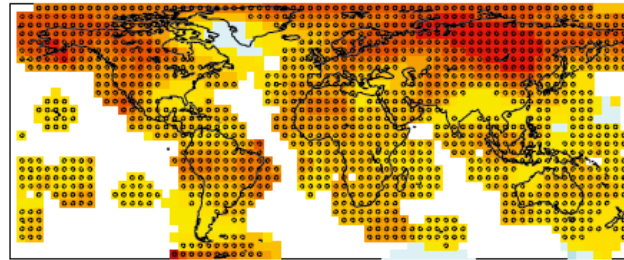
GLI IMPATTI DEI CAMBIAMENTI CLIMATICI SULLE ACQUE SOTTERRANEE E SUPERFICIALI

Venerdì 27 ottobre 2023

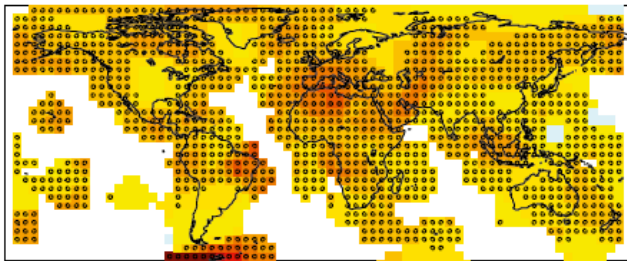
DJF



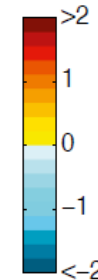
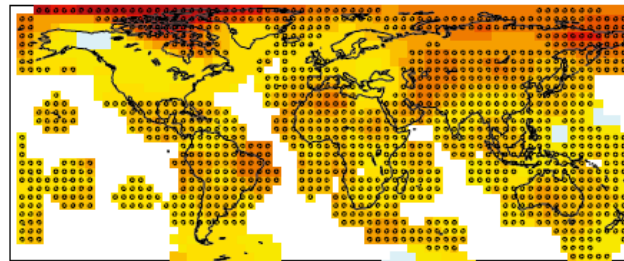
MAM



JJA



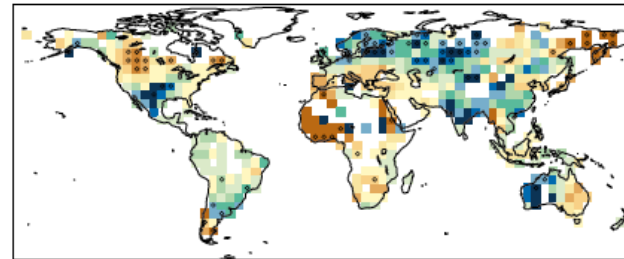
SON



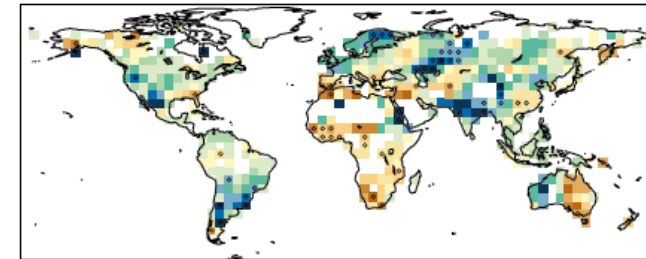
**Variazioni «stagionali»
tra il trentennio 1981–2010
ed il trentennio 1951–1980**

Variazione Precipitazioni medie

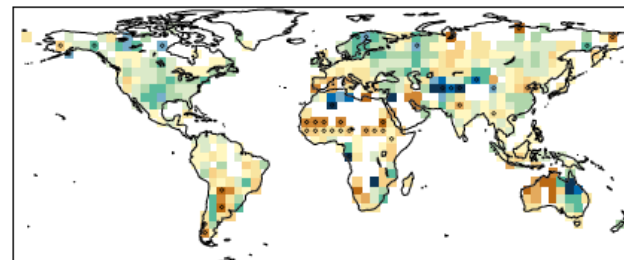
DJF



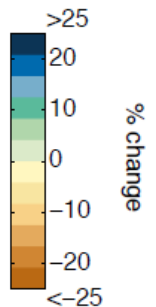
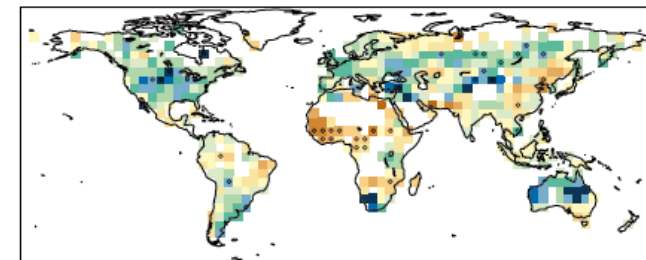
MAM



JJA



SON



Variazione Temperature medie

Geophysical Research Letters

RESEARCH LETTER

Observed climate change hotspots

10.1002/2015GL063891

M. Turco¹, E. Palazzi¹, J. von Hardenberg¹, and A. Provenzale²

**I regimi
idrometeorologici annui
mostrano significative
variazioni**

GLI IMPATTI DEI CAMBIAMENTI CLIMATICI SULLE ACQUE SOTTERRANEE E SUPERFICIALI

Venerdì 27 ottobre 2023



Incremento di energia in gioco → Aumento degli Estremi climatici

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

REGIMI IDROLOGICI ESTREMI



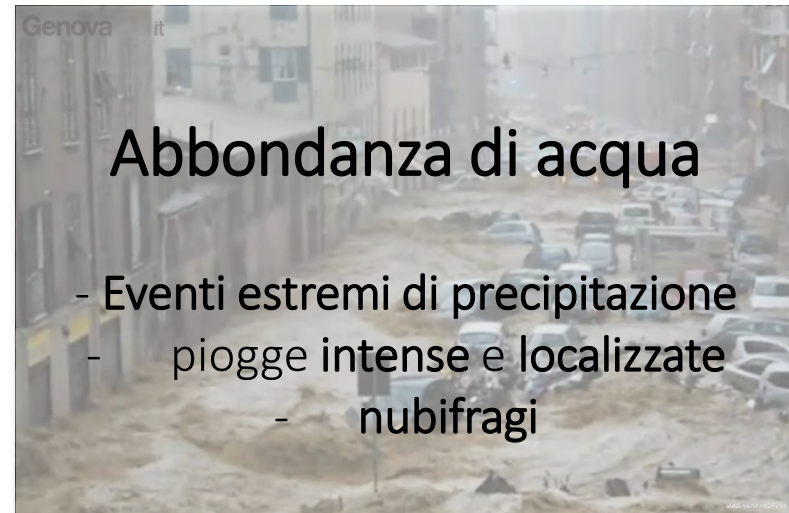
Carenza di acqua

- Eventi siccitosi
- Ondate di calore



Abbondanza di acqua

- Eventi estremi di precipitazione
- piogge intense e localizzate
- nubifragi



GLI IMPATTI DEI CAMBIAMENTI CLIMATICI SULLE ACQUE SOTTERRANEE E SUPERFICIALI

Venerdì 27 ottobre 2023



**A FRONTE DI QUESTE EVOLUZIONI CLIMATICHE, LE ACQUE SOTTERRANEE SONO DA RITENERSI MAGGIORMENTE RESILIENTI DELLE SUPERFICIALI.....
....MAGGIORMENTE RESILIENTI DELLE SUPERFICIALI.....**



The United Nations World Water Development Report 2022

GROUNDWATER Making the invisible visible

<https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000380721>



Groundwater – accounting for approximately 99% of all liquid freshwater on Earth and distributed over the entire globe, albeit unequally – has the potential to provide societies with tremendous social, economic and environmental benefits, including climate change adaptation. Groundwater already provides half of the volume of water withdrawn for domestic use by the global population, and around 25% of all water withdrawn for irrigation, serving 38% of the world's irrigated land. Yet, despite its enormous importance, this natural resource is often poorly understood, and consequently undervalued, mismanaged and even abused. In the context of growing water scarcity in many parts of the world, the vast potential of groundwater and the need to manage it carefully can no longer be overlooked.

GLI IMPATTI DEI CAMBIAMENTI CLIMATICI SULLE ACQUE SOTTERRANEE E SUPERFICIALI

Venerdì 27 ottobre 2023



...alcuni esempi di effetti sulle
risorse idriche sotterranee.....

Making the invisible visible



GLI IMPATTI DEI CAMBIAMENTI CLIMATICI SULLE ACQUE SOTTERRANEE E SUPERFICIALI

Venerdì 27 ottobre 2023

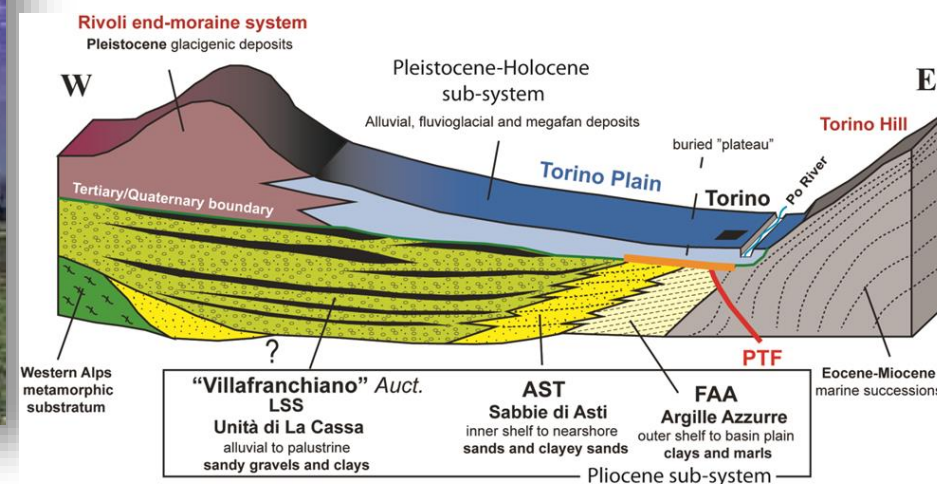


Sistema acquifero multistrato della Pianura Piemontese



- M Ministero
- I Istruzione
- U Università
- R Ricerca

PNR
Programma
Nazionale
della Ricerca
2011-2013

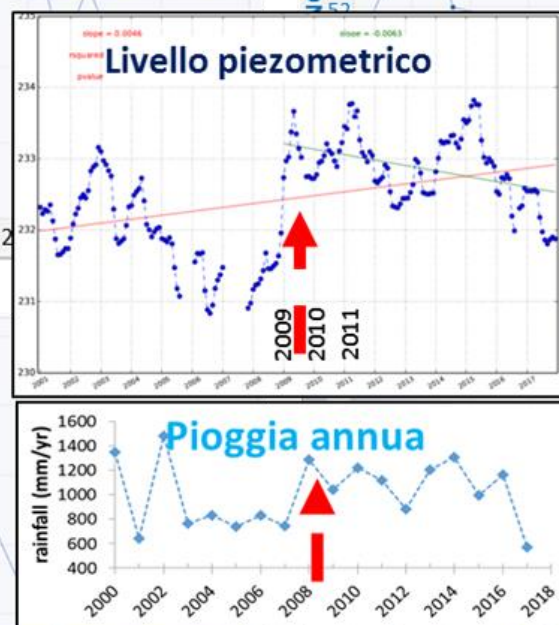
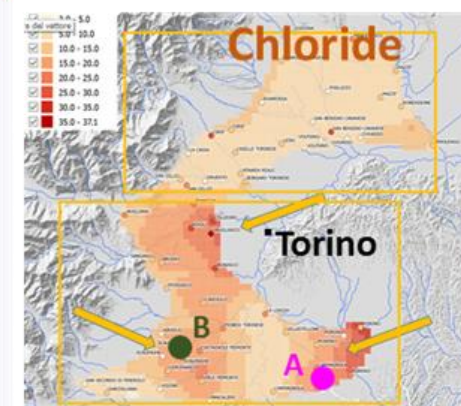
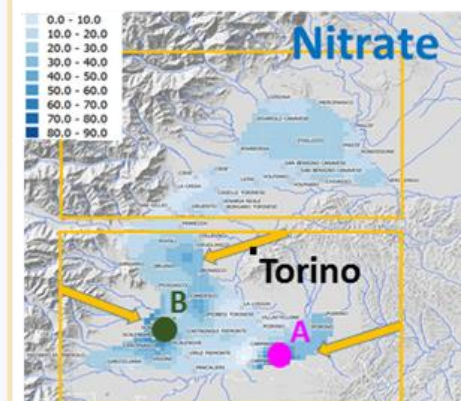
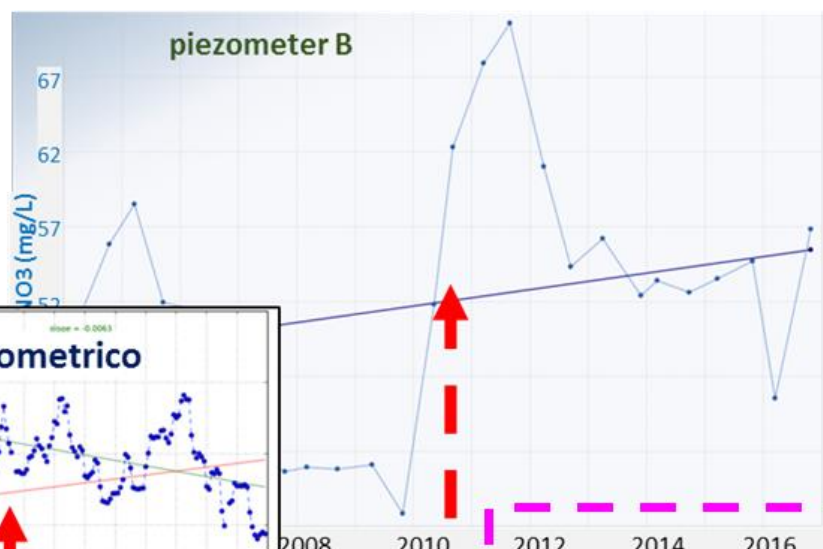
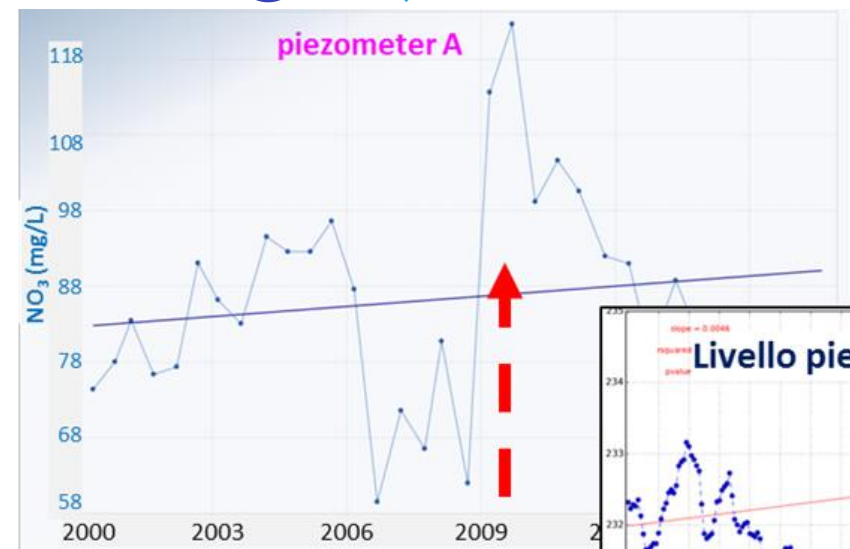


GLI IMPATTI DEI CAMBIAMENTI CLIMATICI SULLE ACQUE SOTTERRANEE E SUPERFICIALI

Venerdì 27 ottobre 2023



Evidenze di effetti sulla qualità delle acque sotterranee (Nitrati+Cloruri)



Possibile mobilizzazione di sali e nutrienti
accumulati nella zona insatura

GLI IMPATTI DEI CAMBIAMENTI CLIMATICI SULLE ACQUE SOTTERRANEE E SUPERFICIALI

Venerdì 27 ottobre 2023



Evidenze di effetti sulla qualità delle acque sotterranee (Nitrati)



Available online at www.sciencedirect.com



Applied
Geochemistry

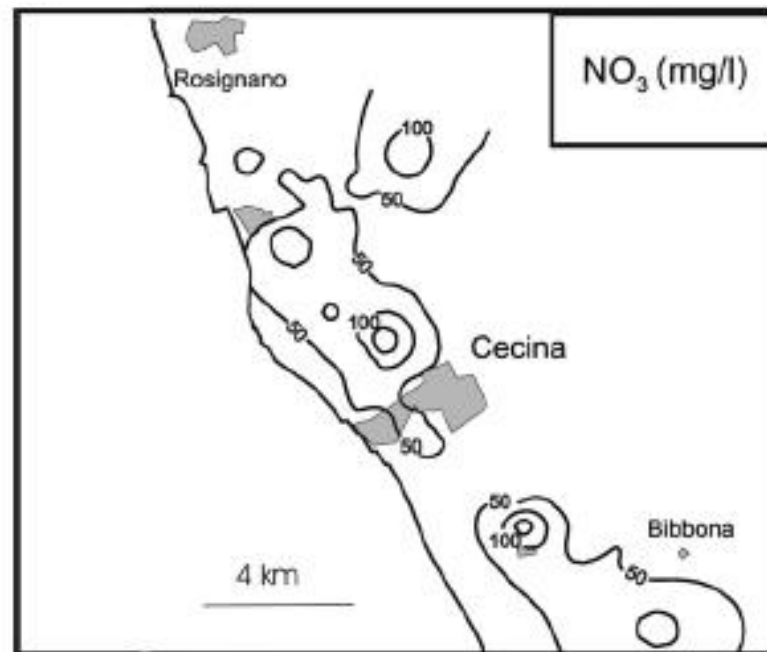
Applied Geochemistry 22 (2007) 2273–2289

www.elsevier.com/locate/apgeochem

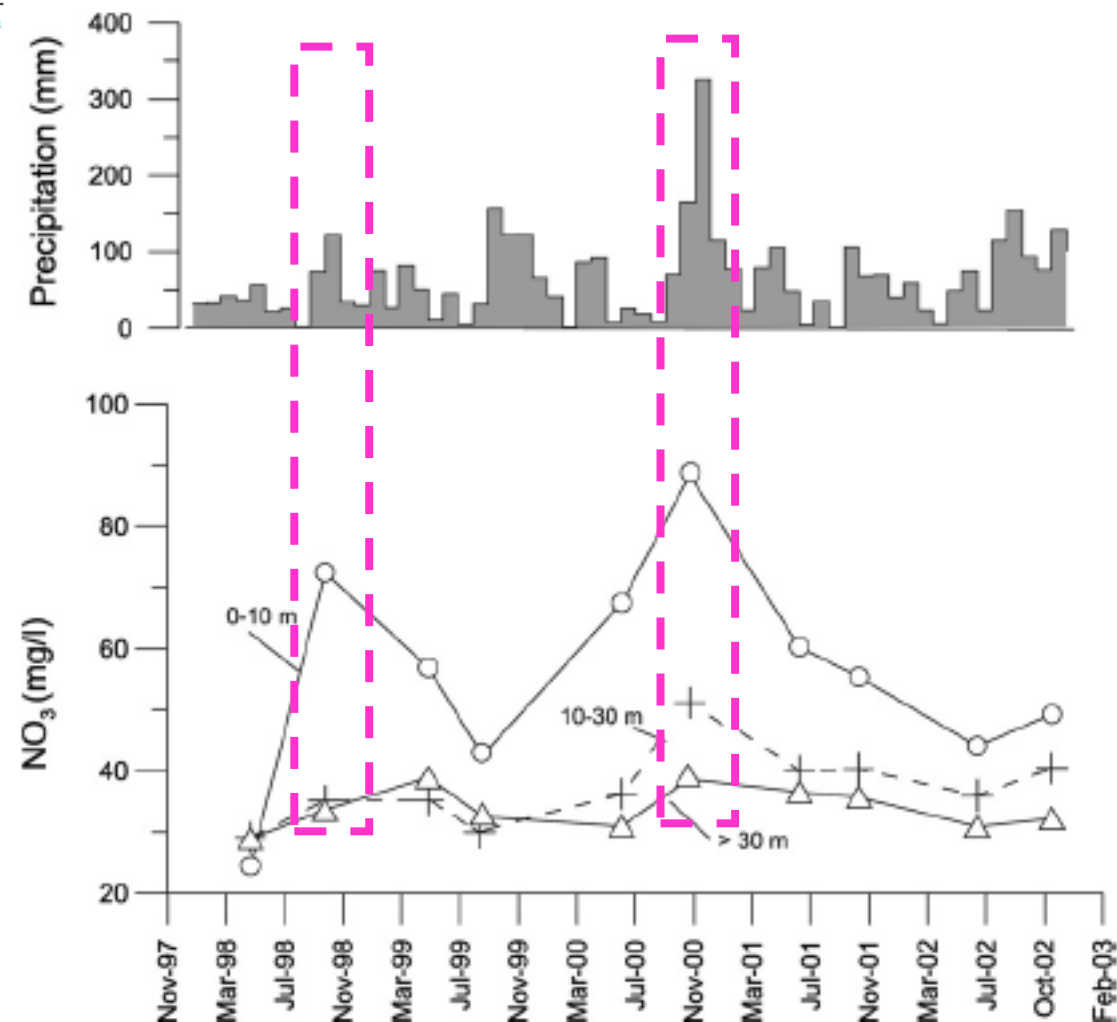
Groundwater resource degradation in coastal plains:
The example of the Cecina area (Tuscany – Central Italy)

Sergio Grassi *, Gianni Cortecchi, Paolo Squarci

Institute of Geosciences and Earth Resources, Via Moruzzi 1, I-56124 Pisa, Italy



ANALOGO IN TOSCANA



GLI IMPATTI DEI CAMBIAMENTI CLIMATICI SULLE ACQUE SOTTERRANEE E SUPERFICIALI

Venerdì 27 ottobre 2023



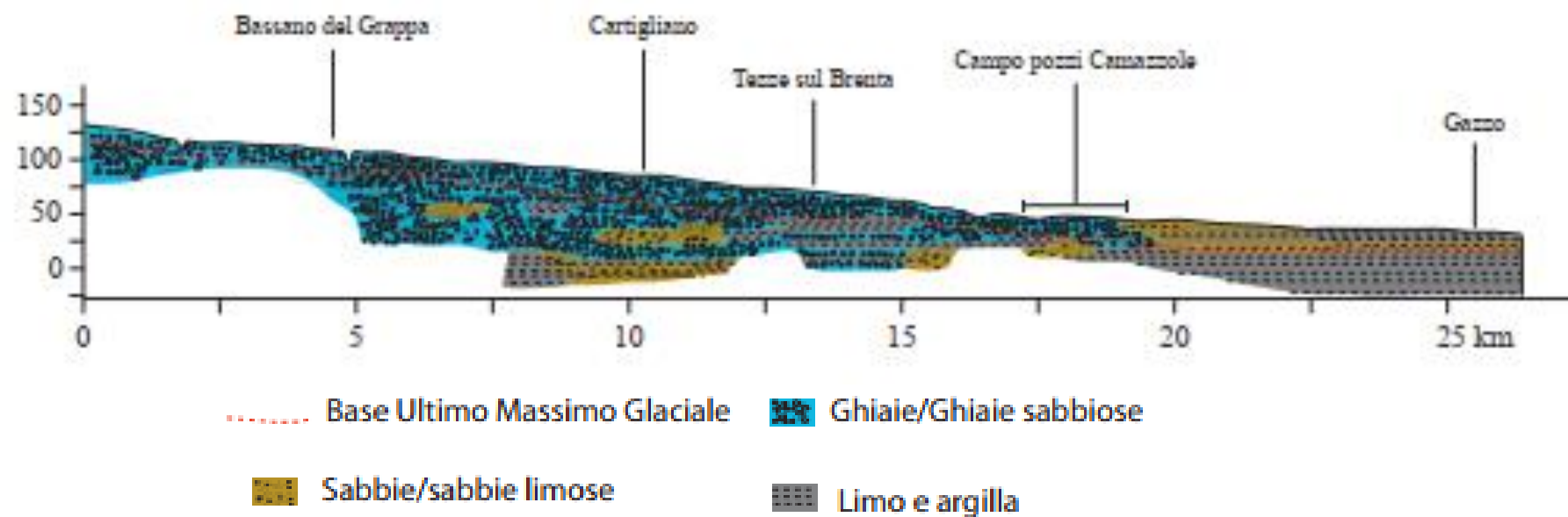
Con il contributo dello strumento
finanziario LIFE dell'Unione Europea
LIFE18-NAT_IT_000756



Istituto di
Geoscienze e Georisorse

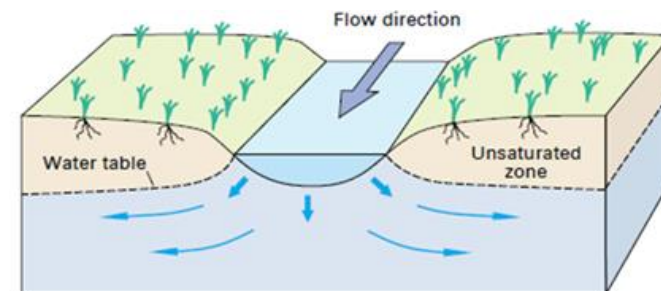


IL SISTEMA ACQUIFERO PEDEMONTANO DELL'ALTA PIANURA DEL FIUME BRENTA



GLI IMPATTI DEI CAMBIAMENTI CLIMATICI SULLE ACQUE SOTTERRANEE E SUPERFICIALI

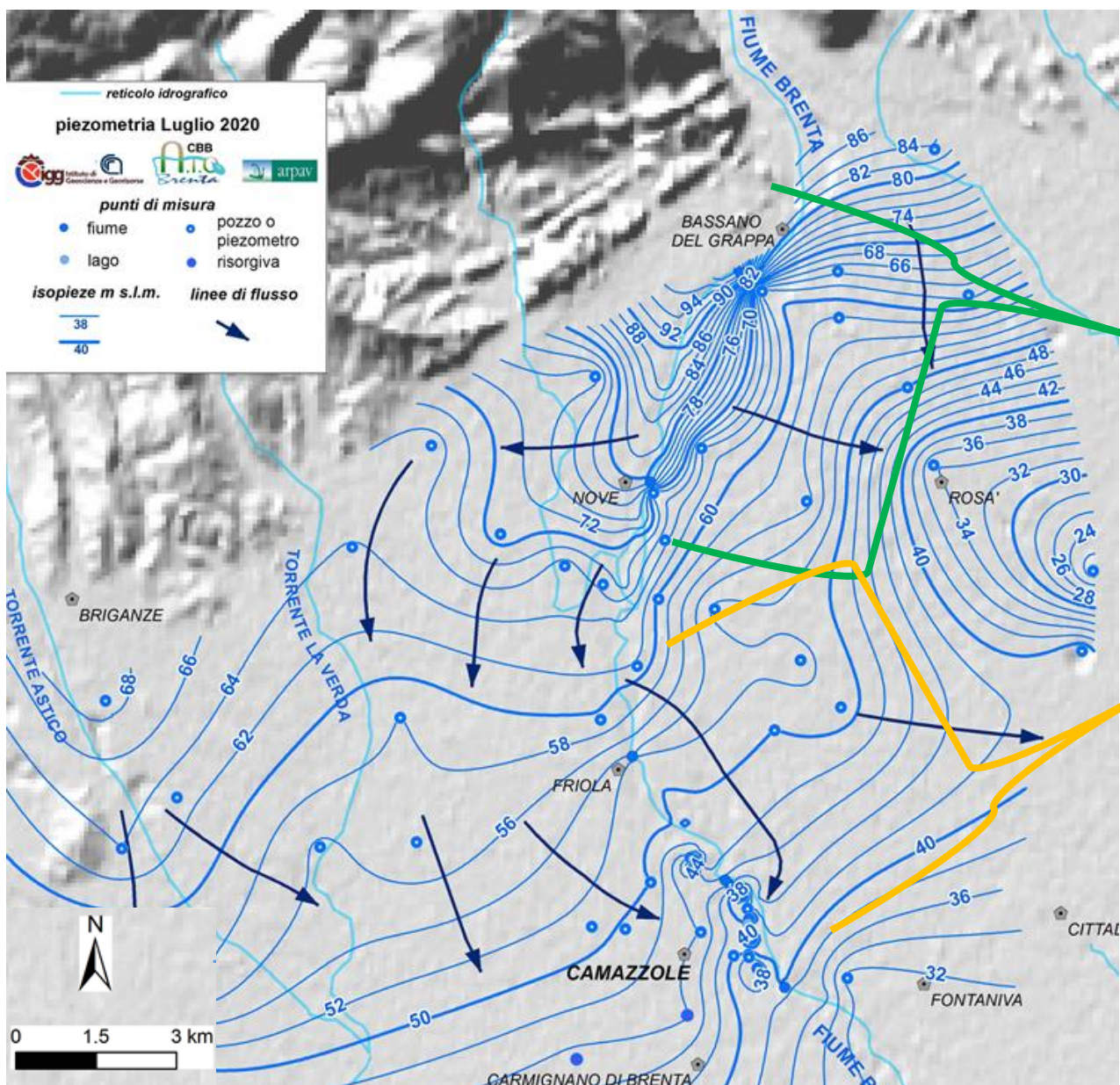
Venerdì 27 ottobre 2023



Carattere disperdente
del fiume (a **luglio 2020** e
luglio 2021 misurata perdita
da fiume di circa **6.5** e **16 mc/s**
rispettivamente)

Carattere prevalentemente
drenante del fiume (a **luglio**
2020 e **luglio 2021** misurato
ingresso in fiume di circa **2** e **6**
mc/s rispettivamente)

Nell'insieme, circa **4.5** e **10 mc/s**
di alimentazione fiume → falda
nei 2 periodi considerati



GLI IMPATTI DEI CAMBIAMENTI CLIMATICI SULLE ACQUE SOTTERRANEE E SUPERFICIALI

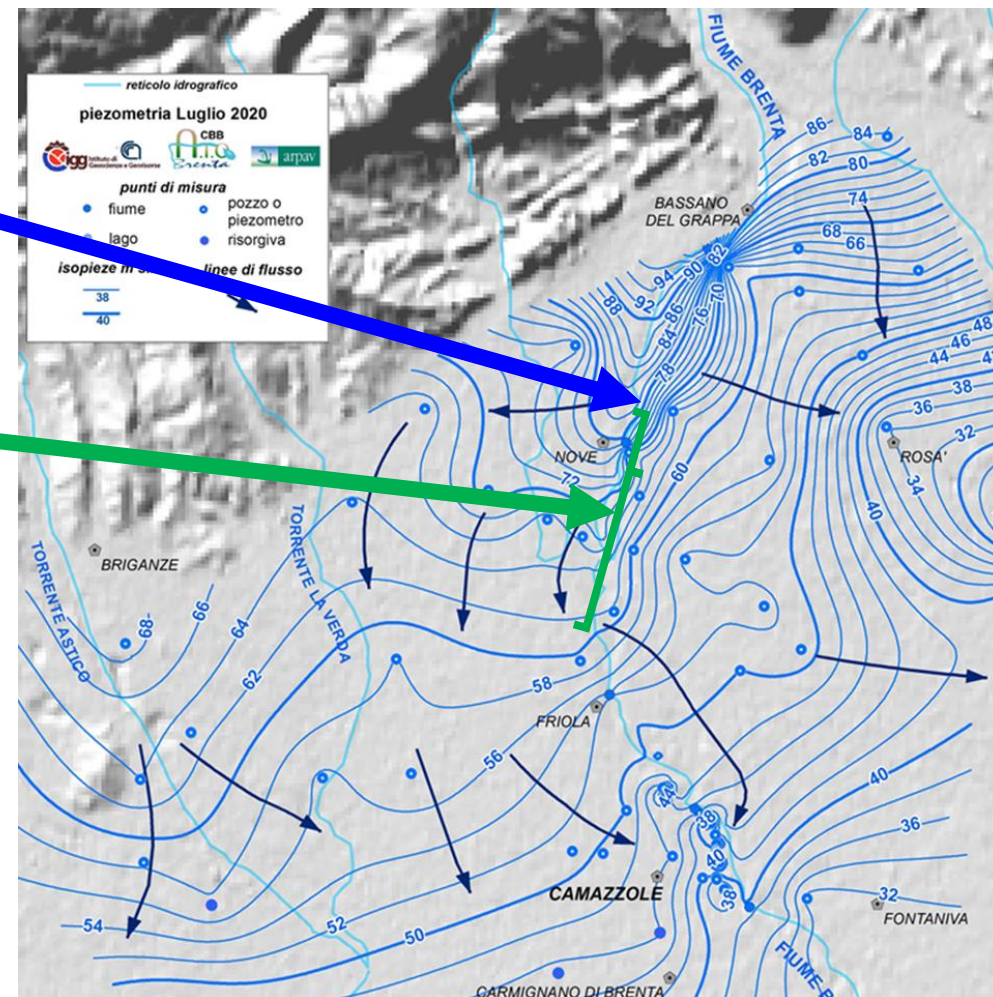
Venerdì 27 ottobre 2023



Q Brenta tra luglio 2020 e luglio 2021 → **fattore incremento 2.8**

Tasferimento di Q verso la falda, tra luglio 2020 e luglio 2021 → **fattore incremento 2.3**

Non linearmente correlabili gli incrementi. **«Perdita di efficienza» in un contesto di «regimi climatici estremi»**

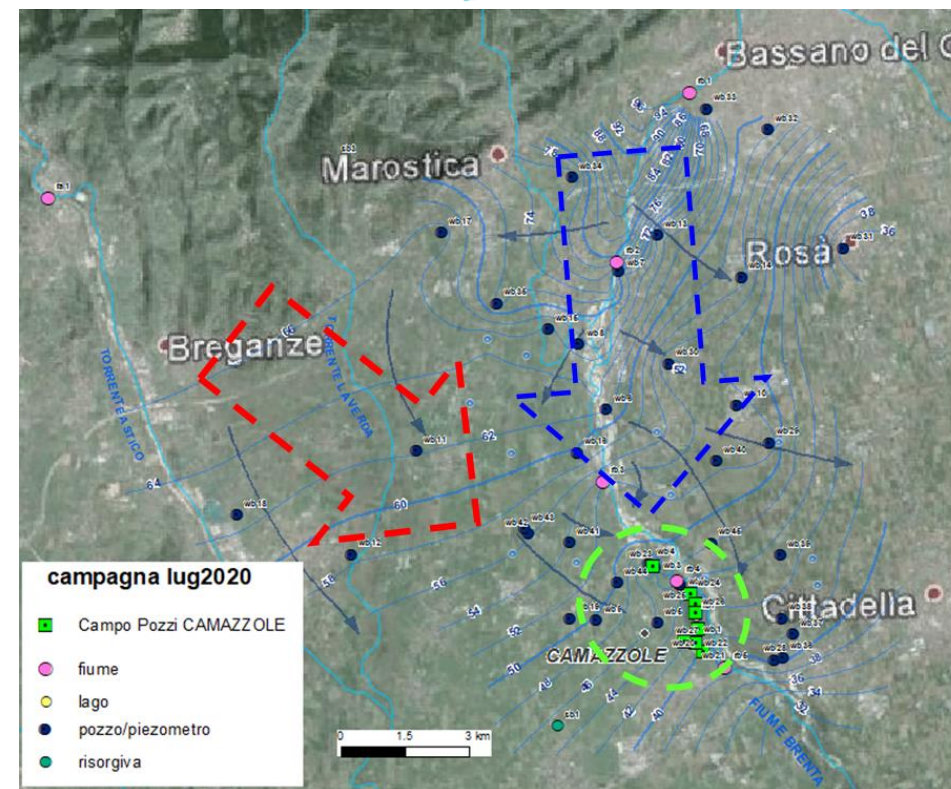
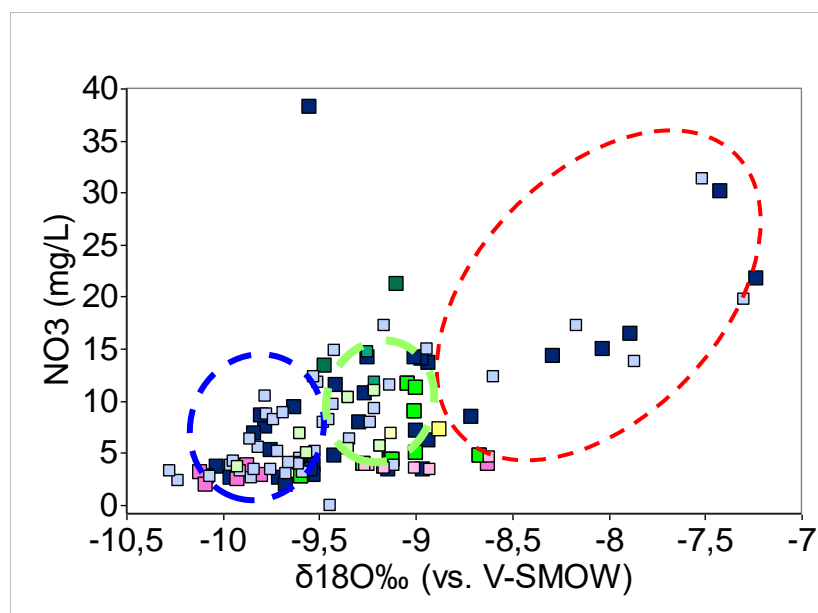
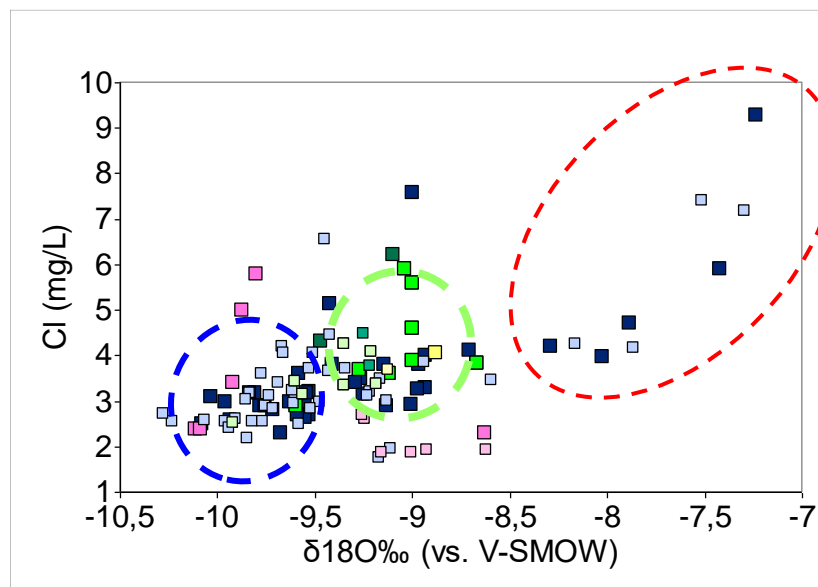


GLI IMPATTI DEI CAMBIAMENTI CLIMATICI SULLE ACQUE SOTTERRANEE E SUPERFICIALI

Venerdì 27 ottobre 2023



Con il contributo dello strumento finanziario LIFE dell'Unione Europea
LIFE18-NAT_IT_000756



possibile alterazione delle relazioni quantitative tra le componenti di alimentazione → possibile influenza sulla qualità delle acque intercettate dai principali campi pozzi.

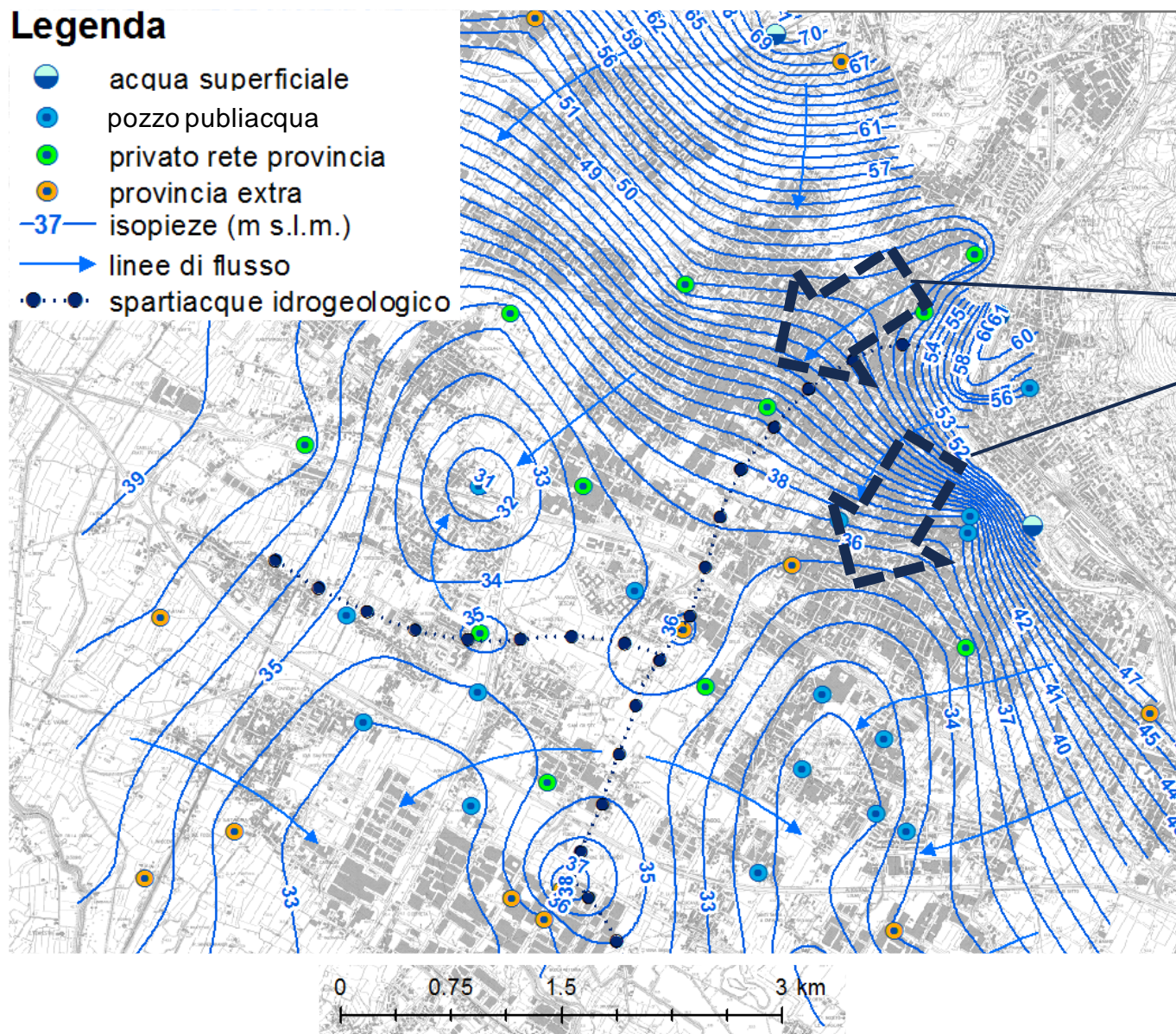
GLI IMPATTI DEI CAMBIAMENTI CLIMATICI SULLE ACQUE SOTTERRANEE E SUPERFICIALI

Venerdì 27 ottobre 2023

ANALOGHI IN TOSCANA

Legenda

- acqua superficiale
- pozzo pubblica acqua
- privato rete provincia
- provincia extra
- 37- isopieze (m s.l.m.)
- linee di flusso
- spartiacque idrogeologico



La falda di Prato

significativa alimentazione
dal F. Bisenzio

che influenza anche lo stato
di qualità della falda acquifera
(interessata da problemi di
nitrati e organoalogenati)

GLI IMPATTI DEI CAMBIAMENTI CLIMATICI SULLE ACQUE SOTTERRANEE E SUPERFICIALI

Venerdì 27 ottobre 2023

ANALOGHI IN TOSCANA

L'acquifero pedemontano-costiero
della zona *versiliese-apuana*



Componente



alimentazione F.
Versilia-conoide



Alimentazione da alveo
F. Versilia



Alimentazione da
formazioni rocciose
permeabili



Infiltrazione acque
meteoriche locali

Intrusione salina



Dalla linea di costa

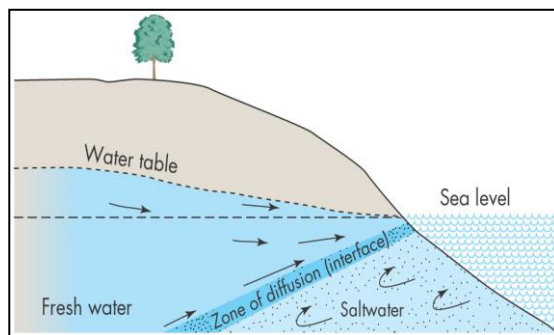


Lungo reticolo idrografico

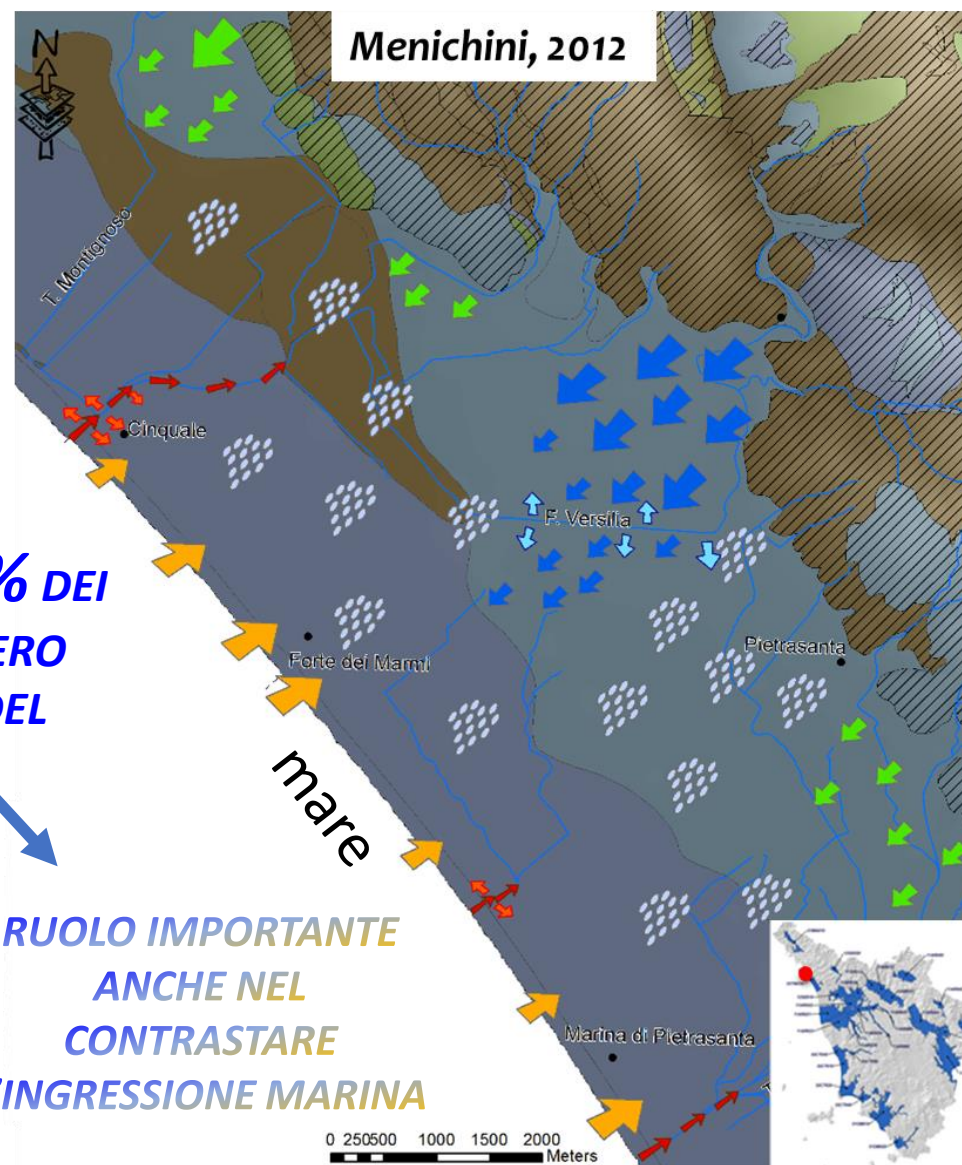


Per infiltrazione dall'alveo
dei corsi d'acqua

**SULL'ANNO MEDIO, IL 33% DEI
CONTRIBUTI ALL'ACQUIFERO
DERIVA DALLE ACQUE DEL
F. VERSILIA**



**RUOLO IMPORTANTE
ANCHE NEL
CONTRASTARE
L'INGRESSO MARINA**



GLI IMPATTI DEI CAMBIAMENTI CLIMATICI SULLE ACQUE SOTTERRANEE E SUPERFICIALI

Venerdì 27 ottobre 2023



Acquifero insulare sensibile ai cambiamenti climatici

ISOLA DI PIANOSA



Isola di Pianosa

Isola d'Elba

~ 13,5 km

Isola di Pianosa



© 2011 Europa Technologies
Image © 2011 GeoEye
Image © 2011 European Space Imaging
Data SIO, NOAA, U.S. Navy, NGA, GEBCO
42°45'13.21"N 10°35'36.69"E elev -67 m

Alt 135.45 km



www.brp.cnr.it



DIPARTIMENTO DI SCIENZE DELLA TERRA

UNIVERSITÀ DI PISA



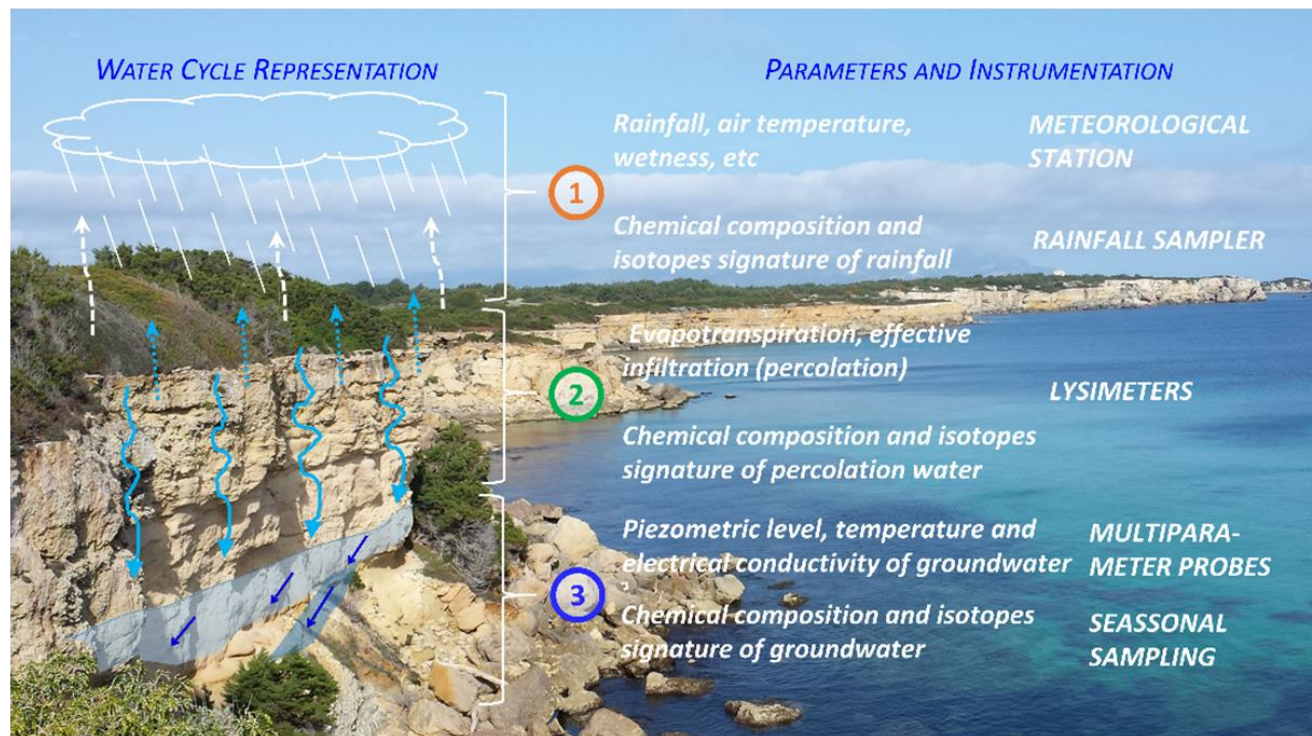
UNIVERSITÀ DI SIENA
1240

GLI IMPATTI DEI CAMBIAMENTI CLIMATICI SULLE ACQUE SOTTERRANEE E SUPERFICIALI

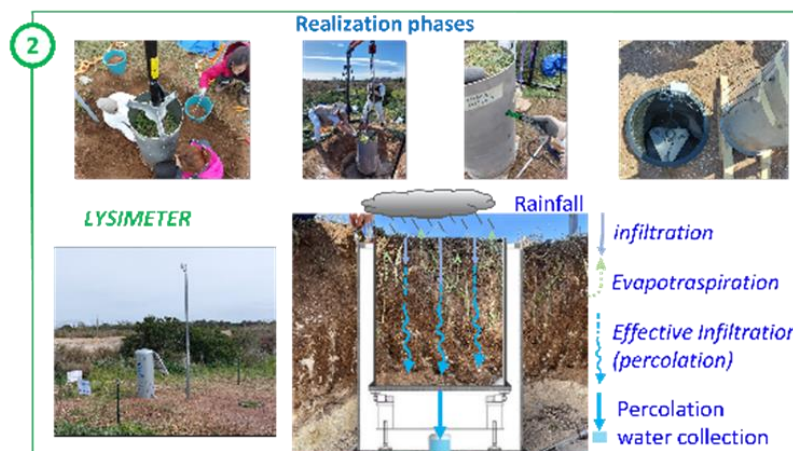
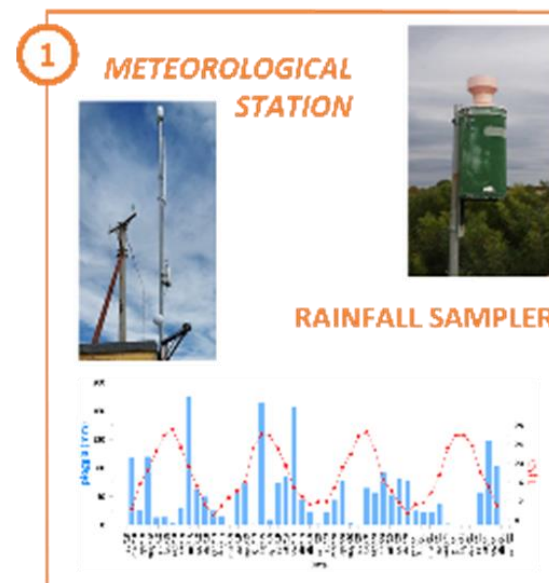
Venerdì 27 ottobre 2023



ISOLA DI PIANOSA



Rete di monitoraggio/studio

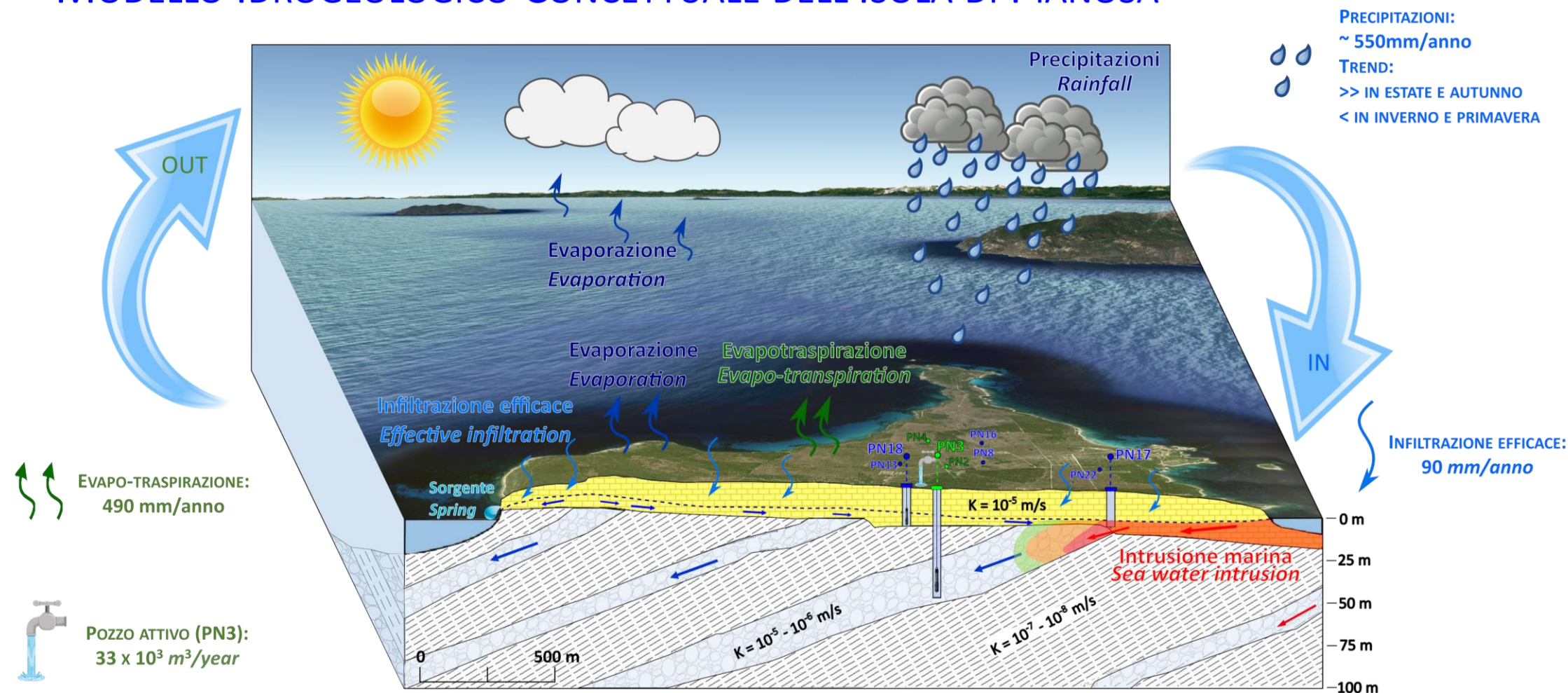


GLI IMPATTI DEI CAMBIAMENTI CLIMATICI SULLE ACQUE SOTTERRANEE E SUPERFICIALI

Venerdì 27 ottobre 2023



MODELLO IDROGEOLOGICO CONCETTUALE DELL'ISOLA DI PIANOSA



CONDUCIBILITÀ ELETTRICA (μS/cm → 25° C)



GLI IMPATTI DEI CAMBIAMENTI CLIMATICI SULLE ACQUE SOTTERRANEE E SUPERFICIALI

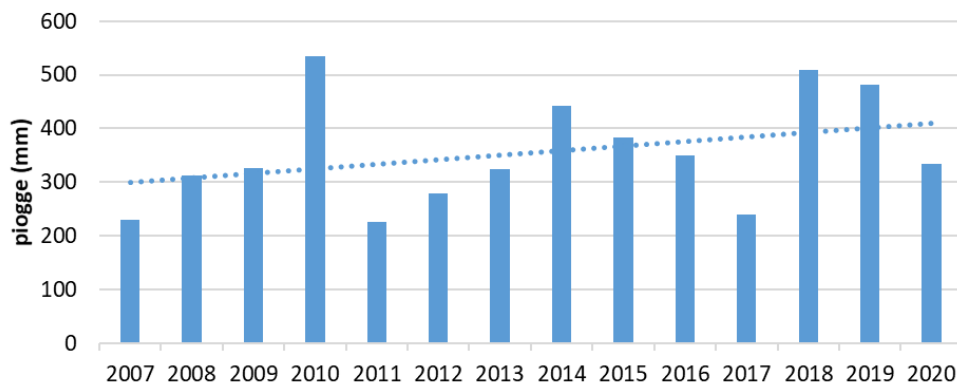
Venerdì 27 ottobre 2023



ISOLA DI PIANOSA

Tendenza Precipitazioni/Risorse Idriche

piogge annue



> *Precipitazione annua*

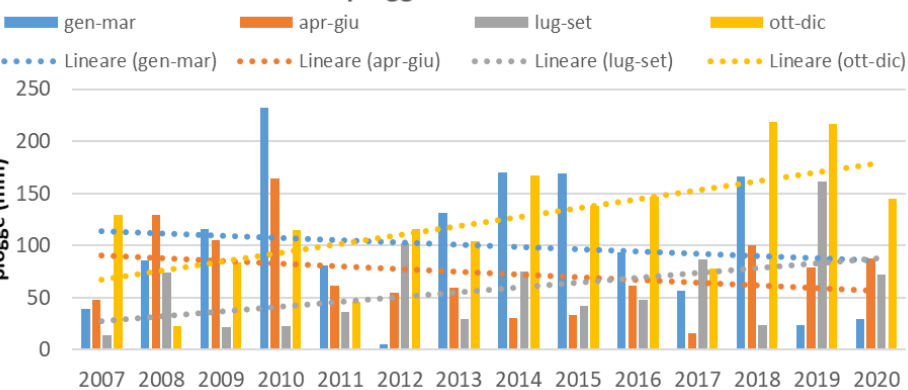
< *Precipitazione efficace*

<< *Infiltrazione efficace*

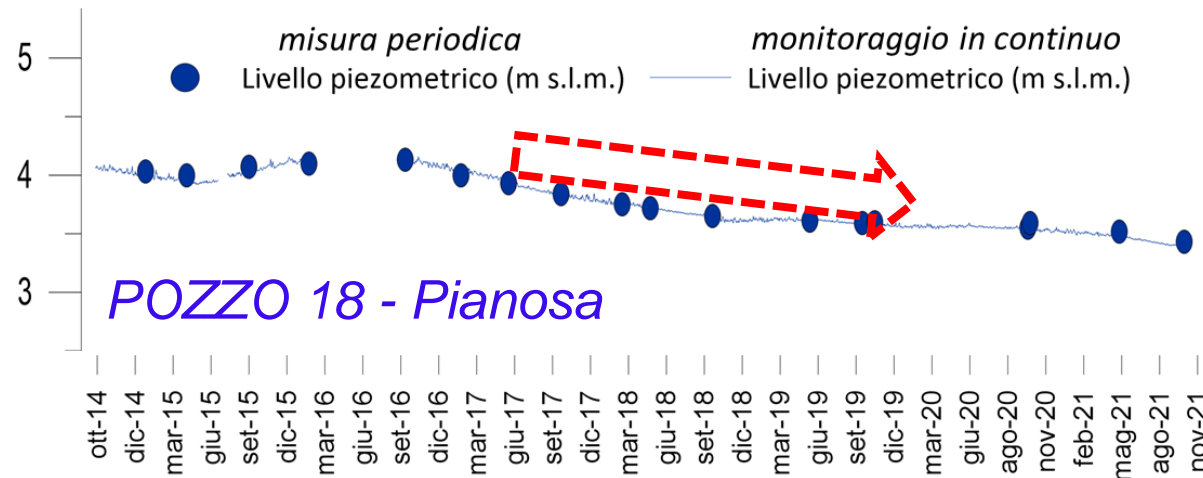


DECREMENTO ACQUE SOTTERRANEE

piogge trimestrali



Livello (m s.l.m.)



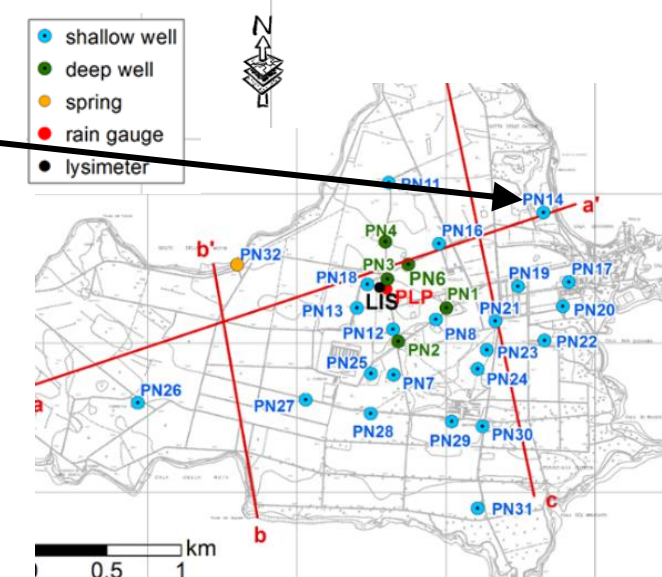
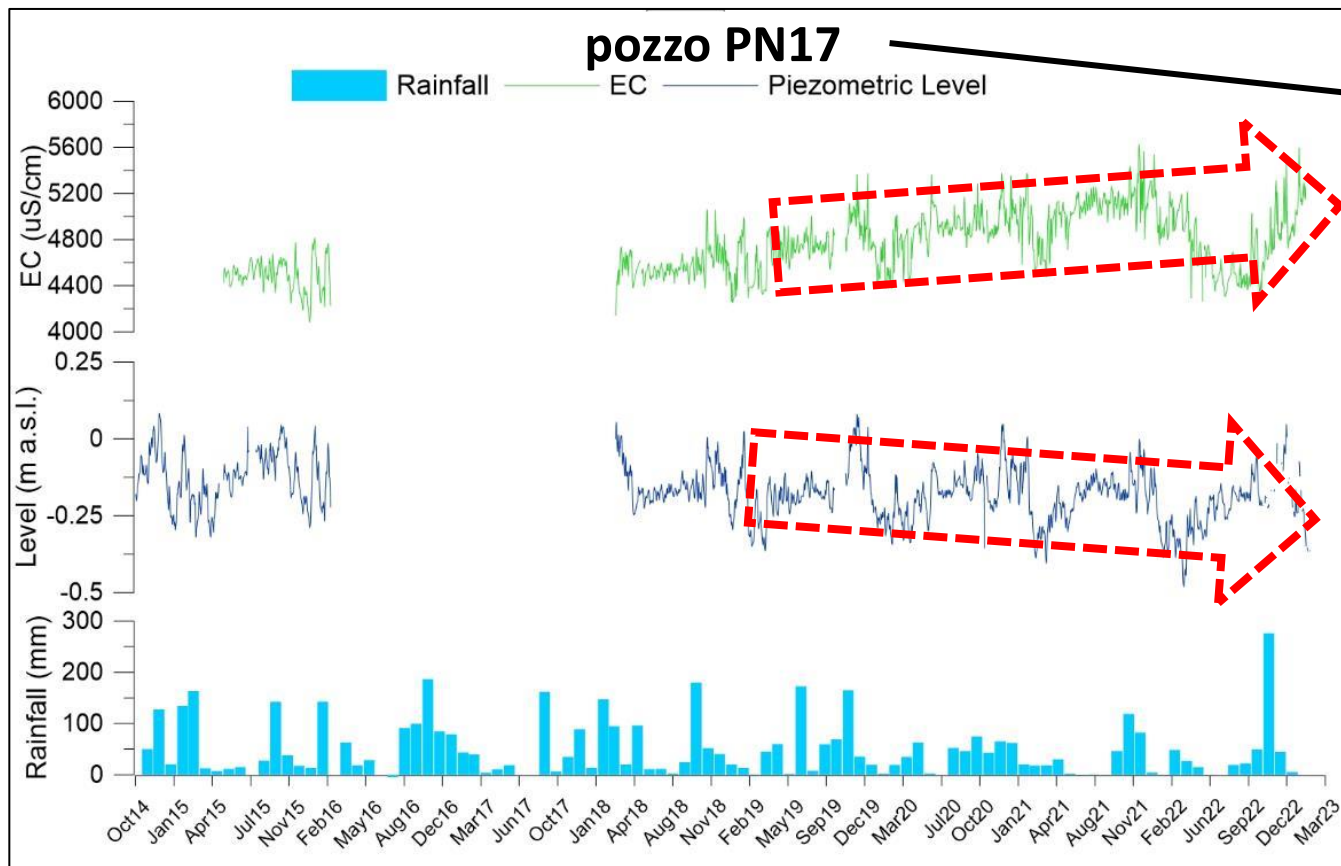
GLI IMPATTI DEI CAMBIAMENTI CLIMATICI SULLE ACQUE SOTTERRANEE E SUPERFICIALI

Venerdì 27 ottobre 2023



ISOLA DI PIANOSA

Evoluzione quantità e qualità acque sotterranee



Diminuzione dei livelli piezometrici
ed incremento della conducibilità
elettrica (EC), ovvero della salinità.

GLI IMPATTI DEI CAMBIAMENTI CLIMATICI SULLE ACQUE SOTTERRANEE E SUPERFICIALI

Venerdì 27 ottobre 2023



Eventi meteoclimatici «estremi» e loro effetti su quantità e qualità

L'EVENTO DEL 25-26 NOV. '22
≈ 100 mm di pioggia in poche ore
(≈ 20% della pioggia media annua)

Risposta rapida in una serie di pozzi
(**incremento livelli** e **riduzione salinità**)



**ZONE AD INFILTRAZIONE CONCENTRATA
E CIRCOLAZIONE RAPIDA
(FRATTURE – CARISMO)**



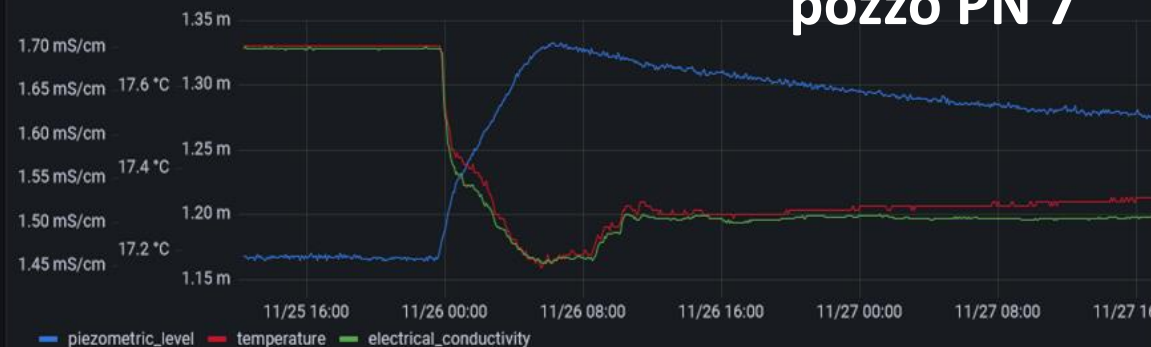
**Possibilità di
incrementare la
disponibilità idrica**

**Elevata vulnerabilità
all'inquinamento,
necessità di protezione
dell'acquifero**

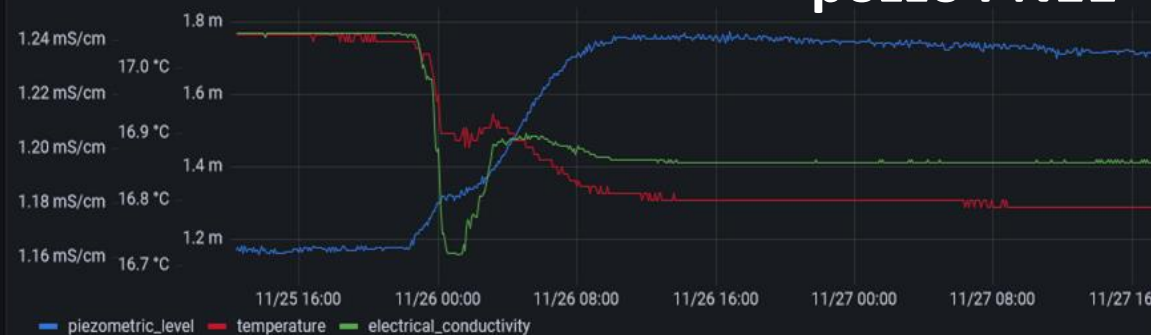


ISOLA DI PIANOSA

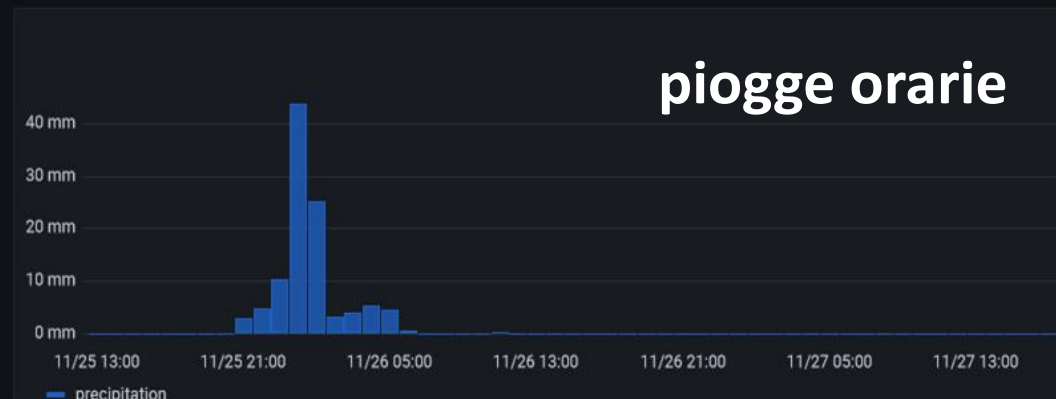
pozzo PN 7



pozzo PN11



piogge orarie



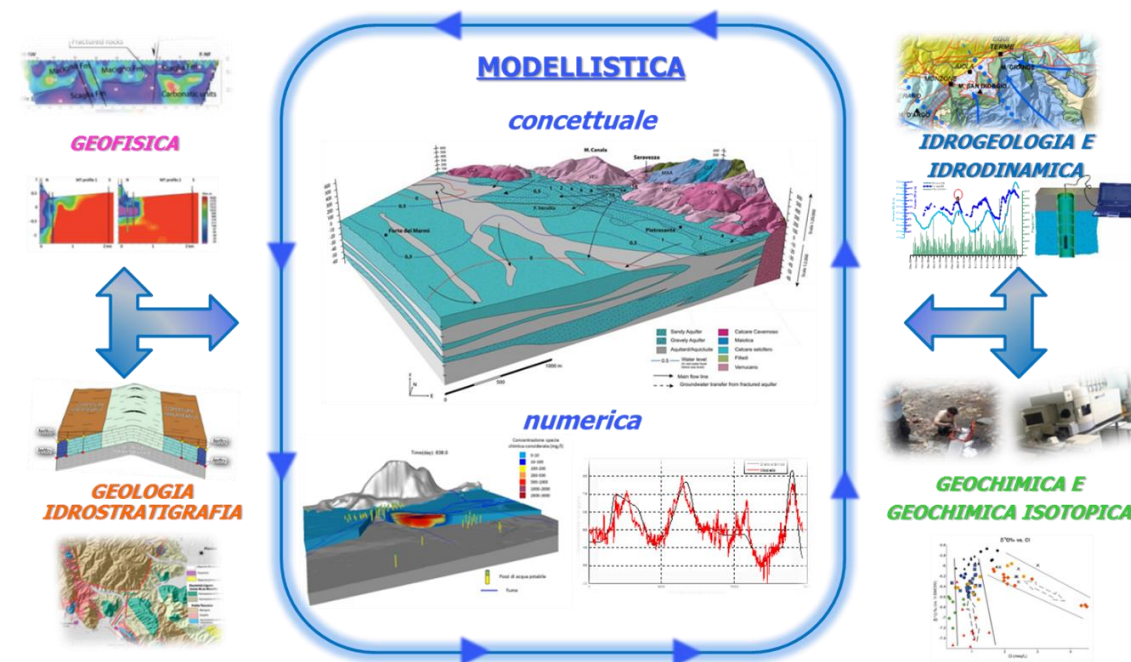
Considerazioni Conclusive

I sistemi acquiferi costituiscono uno **strumento fondamentale** per mitigare gli effetti dei cambiamenti climatici sulla disponibilità idrica.

FONDAMENTALE conoscere processi
e meccanismi che condizionano
quantità e qualità delle risorse
idriche ospitate in questi sistemi.

Sistemi acquiferi = **SISTEMI COMPLESSI** ...

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



Considerazioni conclusive

CONSAPEVOLEZZA A TUTTI I LIVELLI

organi di governo

gestori idrici

«utenza» = noi tutti



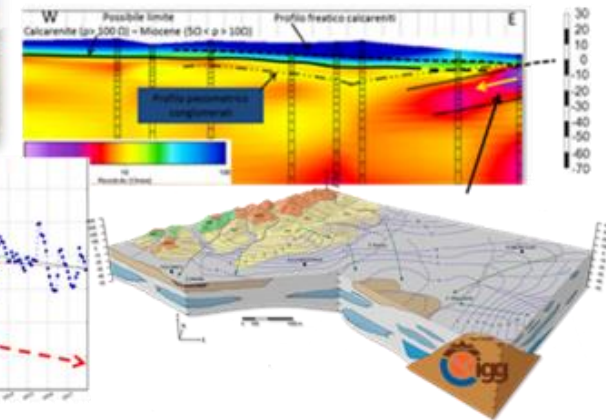
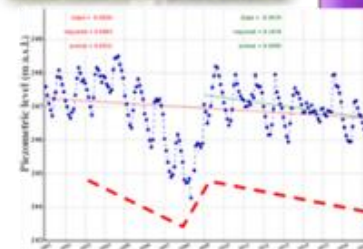
+

CONOSCENZA APPROPRIATA

dati consistenti
(attività di monitoraggio)

condizioni climatiche
in divenire

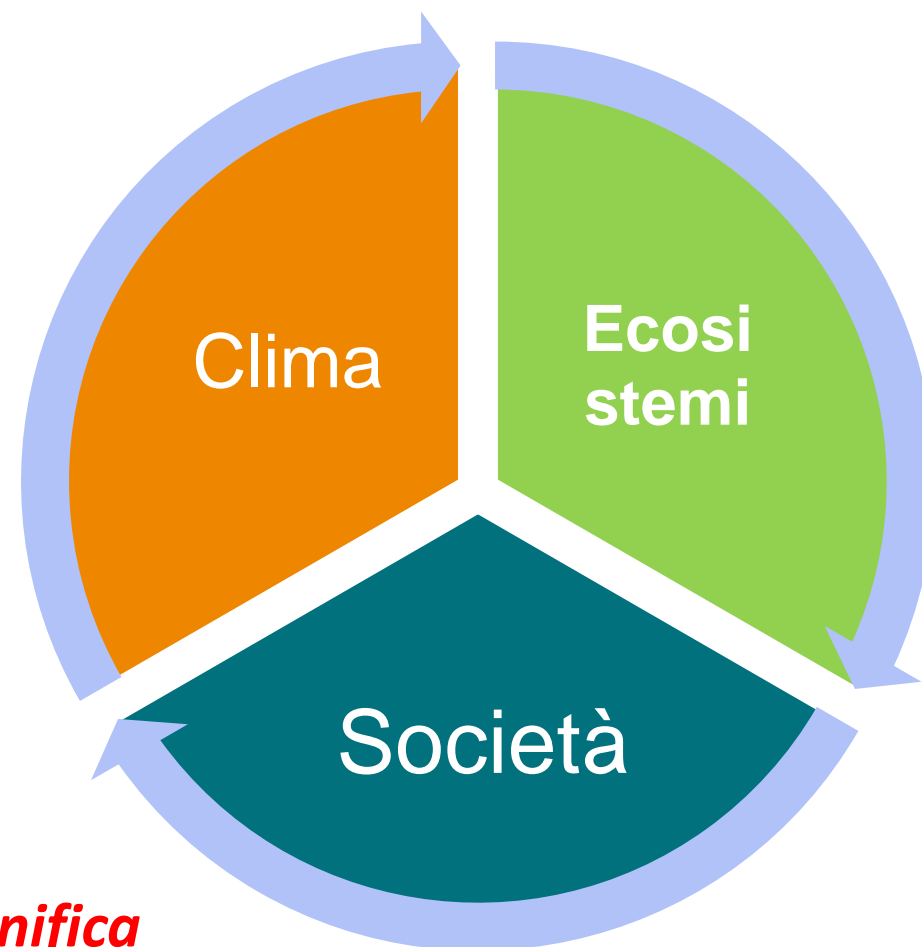
effetti climatici e
antropici sulle risorse



= capacità di adattamento

GLI IMPATTI DEI CAMBIAMENTI CLIMATICI SULLE ACQUE SOTTERRANEE E SUPERFICIALI

Venerdì 27 ottobre 2023



Adattarsi ai cambiamenti climatici non significa arrendersi, anzi....

.... significa trovare soluzioni basate sulla conoscenza per una società sostenibile che rispetti il legame imprescindibile con clima e ecosistemi.

GRAZIE
per l'attenzione



foto: Matia Menichini