



LXIV Corso Nazionale di Formazione per Insegnanti  
20 Aprile 2024  
Montegrotto Terme (PD)

# IL TERMALISMO EUGANEO: EVOLUZIONE DEL PENSIERO SCIENTIFICO E NUOVE CONOSCENZE

[https://it.wikipedia.org/wiki/Bacino\\_Termale\\_Euganeo](https://it.wikipedia.org/wiki/Bacino_Termale_Euganeo)



Prof. Paolo Fabbri



UNIVERSITÀ  
DEGLI STUDI  
DI PADOVA



# RISPONDIAMO A QUESTE DOMANDE

**Perchè c'è il calore terrestre**



**Cos'è un Sistema Geotermico**

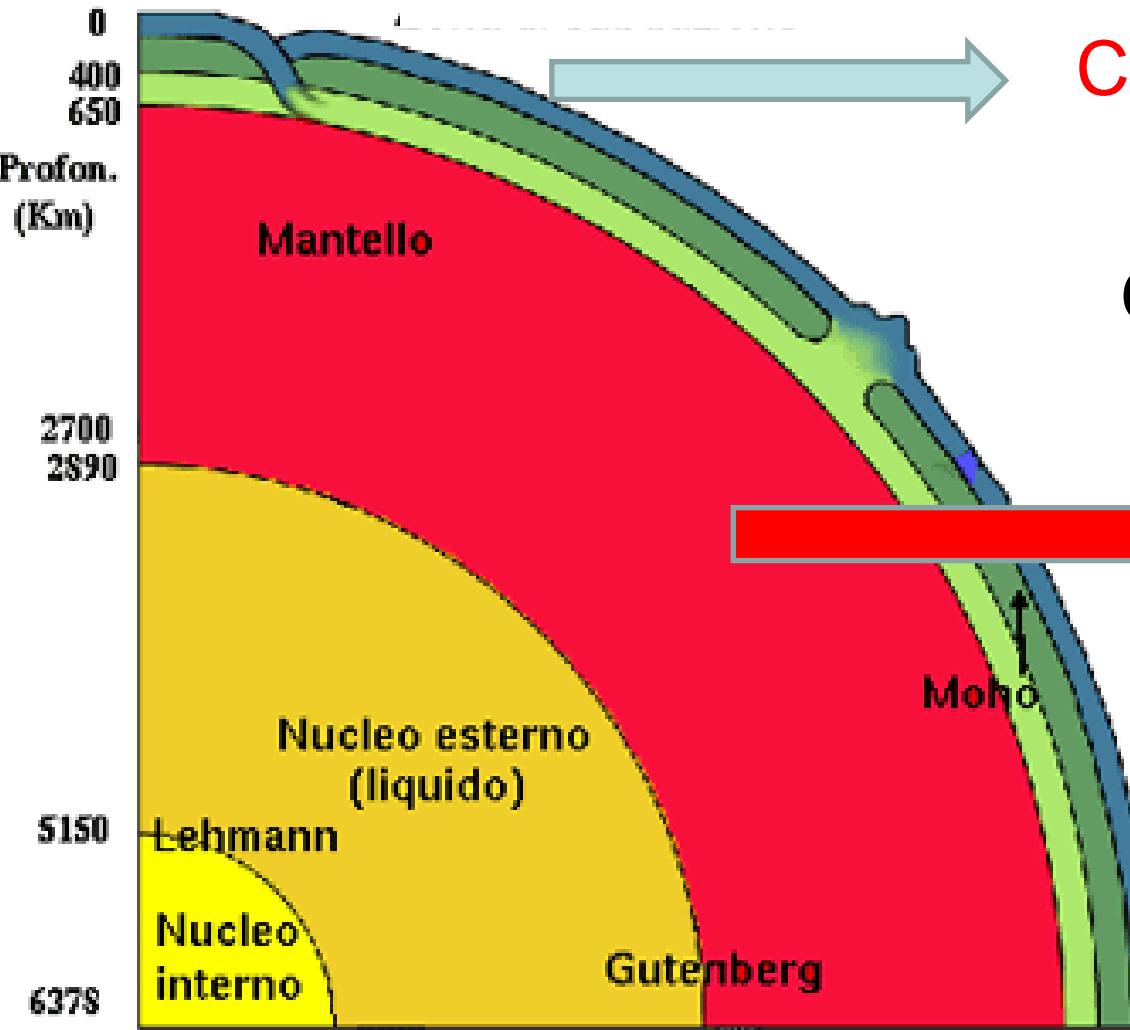


**Come si è sviluppato nel tempo  
il pensiero scientifico sul  
CALORE delle acque euganee**



**Cosa ne sappiamo nel 2024  
del Bacino Termale Euganeo**





Calore dalla **crosta** (30 km) **30-35%** dell'intero flusso

**Mantello** < concentrazione elementi radioattivi, ma massa maggiore rispetto alla crosta

La temperatura del mantello sarebbe scesa di **300-350°C** in tre miliardi di anni e alla sua base attualmente la si stima di **4000°C**.

# Energia geotermica

è il calore contenuto all'interno della Terra

**Vulcani**

**Sorgenti termali**

**Soffioni**

**Geysers**



**Acqua Termale**  
**Energia rinnovabile**  
**particolare**



# FLUSSI DI CALORE ITALIA

**2 settori a densità di flusso termico diverso:**

**1) Settentrionale ed orientale  
(Alpi, Appennini, e regioni adriatica e ionica)**

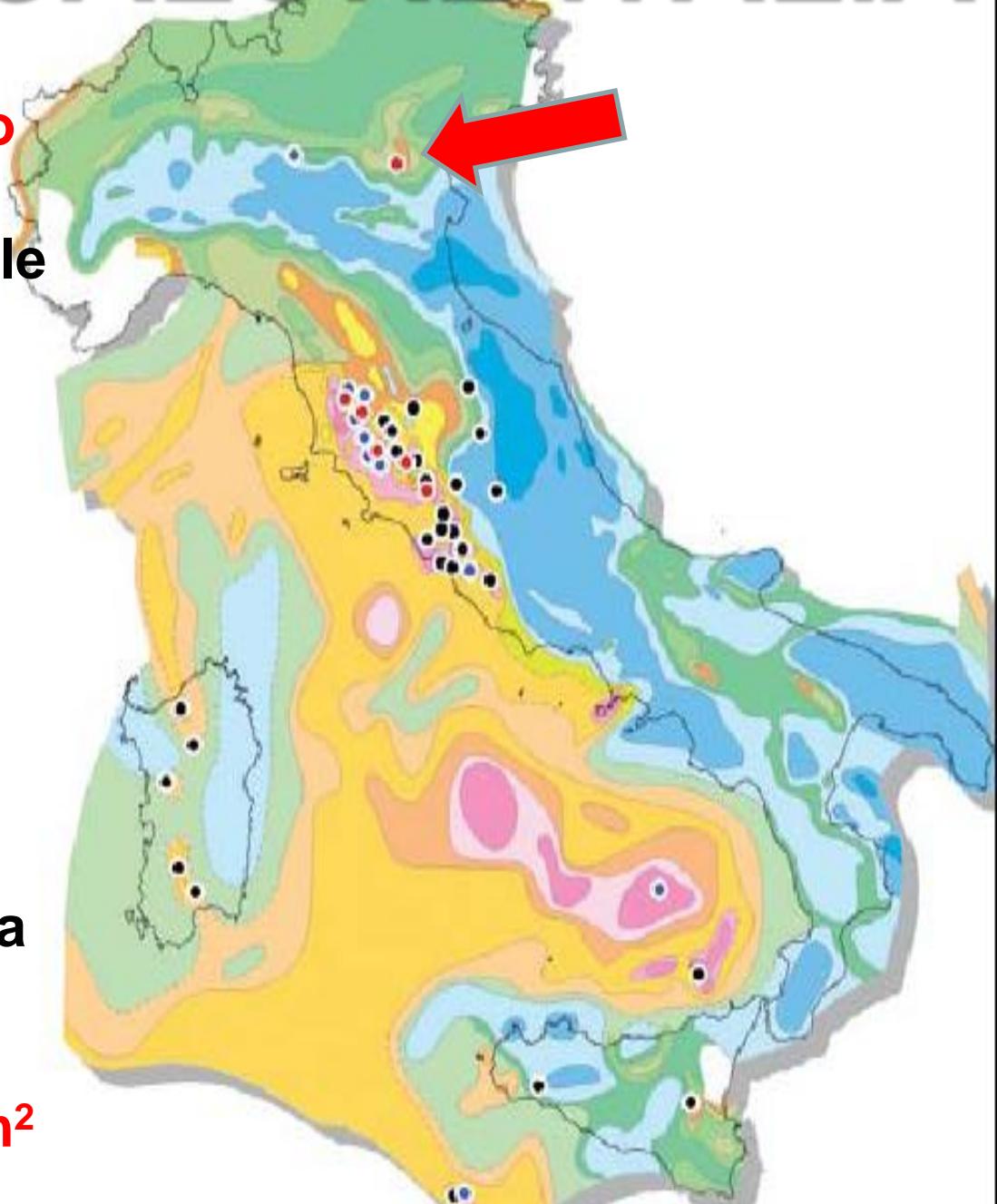
**$20 \div 80 \text{ mW/m}^2$**

**2) Occidentale e tirrenico**

**$100 \div 450 \text{ mW/m}^2$**

**Moderati valori di flusso  
( $100 \div 150 \text{ mW/m}^2$ ) si trovano nel Canale di Sicilia ed in Sardegna**

**Medio mondiale →  $60 \text{ mW/m}^2$**



# COMPONENTI DI UN SISTEMA GEOTERMICO

- Area di ricarica → zona di alimentazione del serbatoio



- Serbatoio geotermico -> rocce fratturate che ospitano fluidi



- Fonte calore

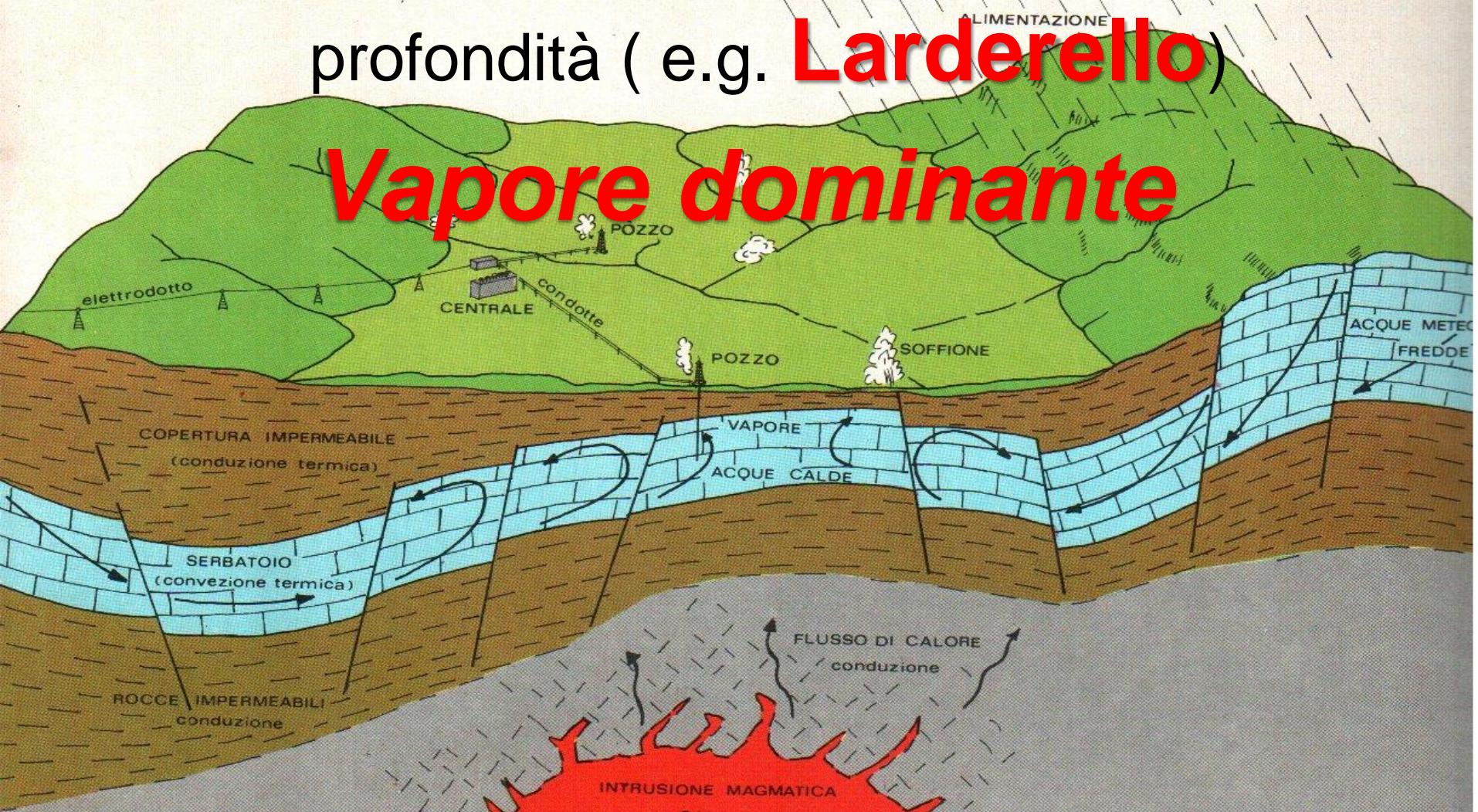


- Area emergenza →



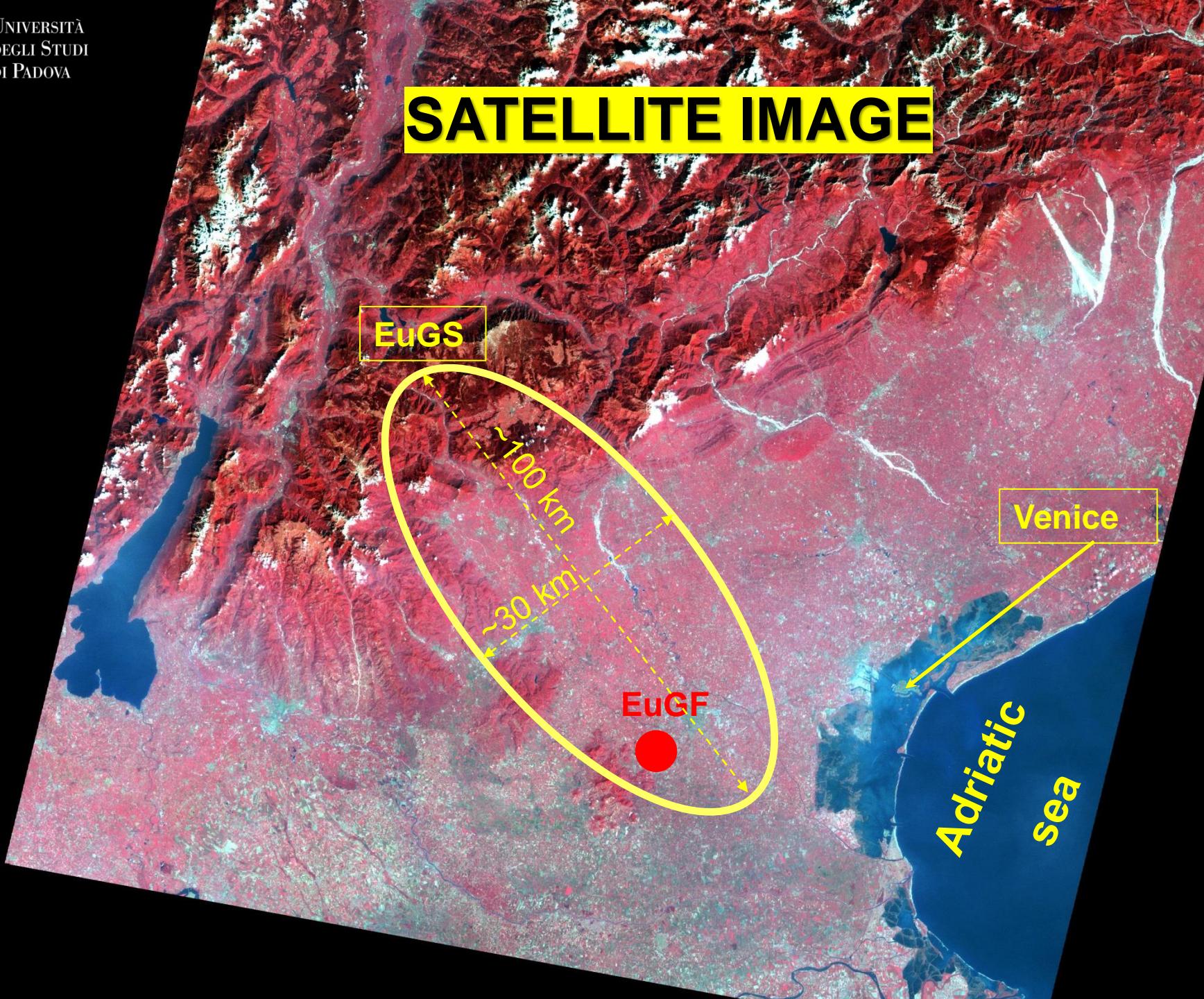
# FONTE DI CALORE

*Flusso geotermico anomalo* (camera), i fluidi non devono raggiungere di grandi profondità ( e.g. **Larderello**)





# SATELLITE IMAGE



# GEOLOGICAL MODEL

Quaternary

Eocene - Miocene

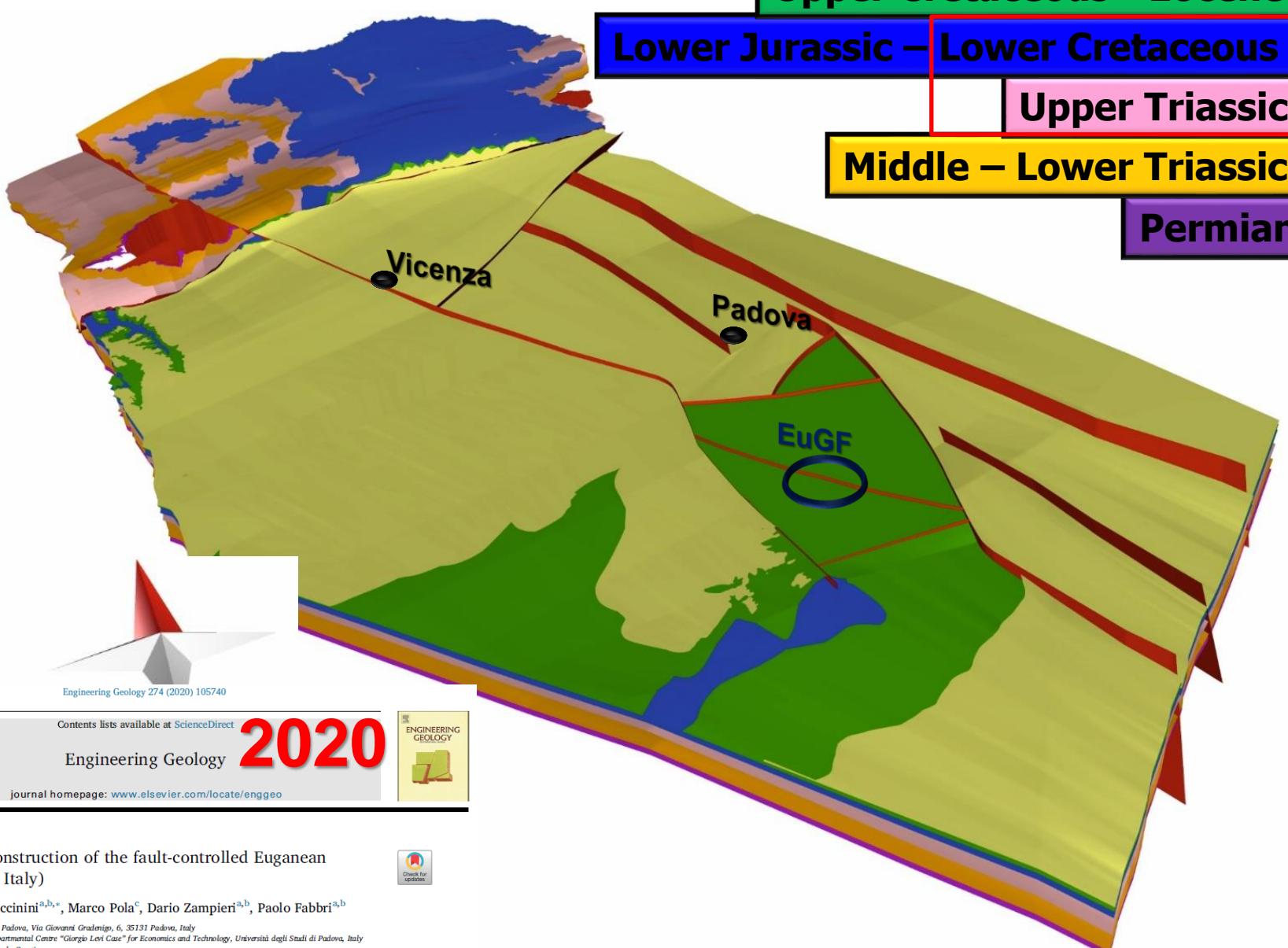
Upper Cretaceous - Eocene

Lower Jurassic – Lower Cretaceous

Upper Triassic

Middle – Lower Triassic

Permian



Engineering Geology 274 (2020) 105740

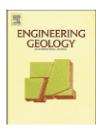
Contents lists available at ScienceDirect

**2020**



Engineering Geology

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



3D hydrogeological reconstruction of the fault-controlled Euganean Geothermal System (NE Italy)



Filippo Torresan<sup>a</sup>, Leonardo Piccinini<sup>a,b,\*</sup>, Marco Pola<sup>c</sup>, Dario Zampieri<sup>a,b</sup>, Paolo Fabbri<sup>a,b</sup>

<sup>a</sup>Department of Geosciences, Università degli Studi di Padova, Via Giovanni Gradenigo, 6, 35131 Padova, Italy

<sup>b</sup>Geothermal System Hydrosystems (GSH), Interdepartmental Centre "Giorgio Levi Costi" for Economics and Technology, Università degli Studi di Padova, Italy

<sup>c</sup>Croatian Geological Survey, Saksova 2, 10000 Zagreb, Croatia

# Euganean Geothermal System

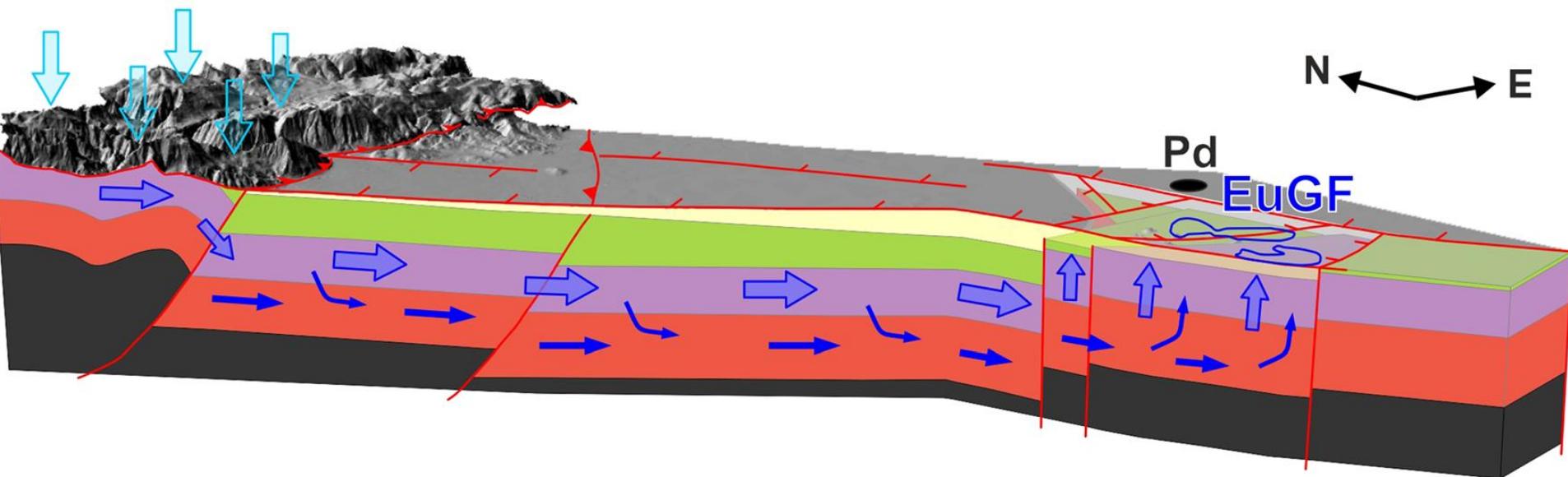
## CONCEPTUAL MODEL

### Legend

- [Yellow] Pliocene - Pleistocene
- [Green] Early Cretaceous - Miocene
- [Purple] Late Triassic - Early Cretaceous

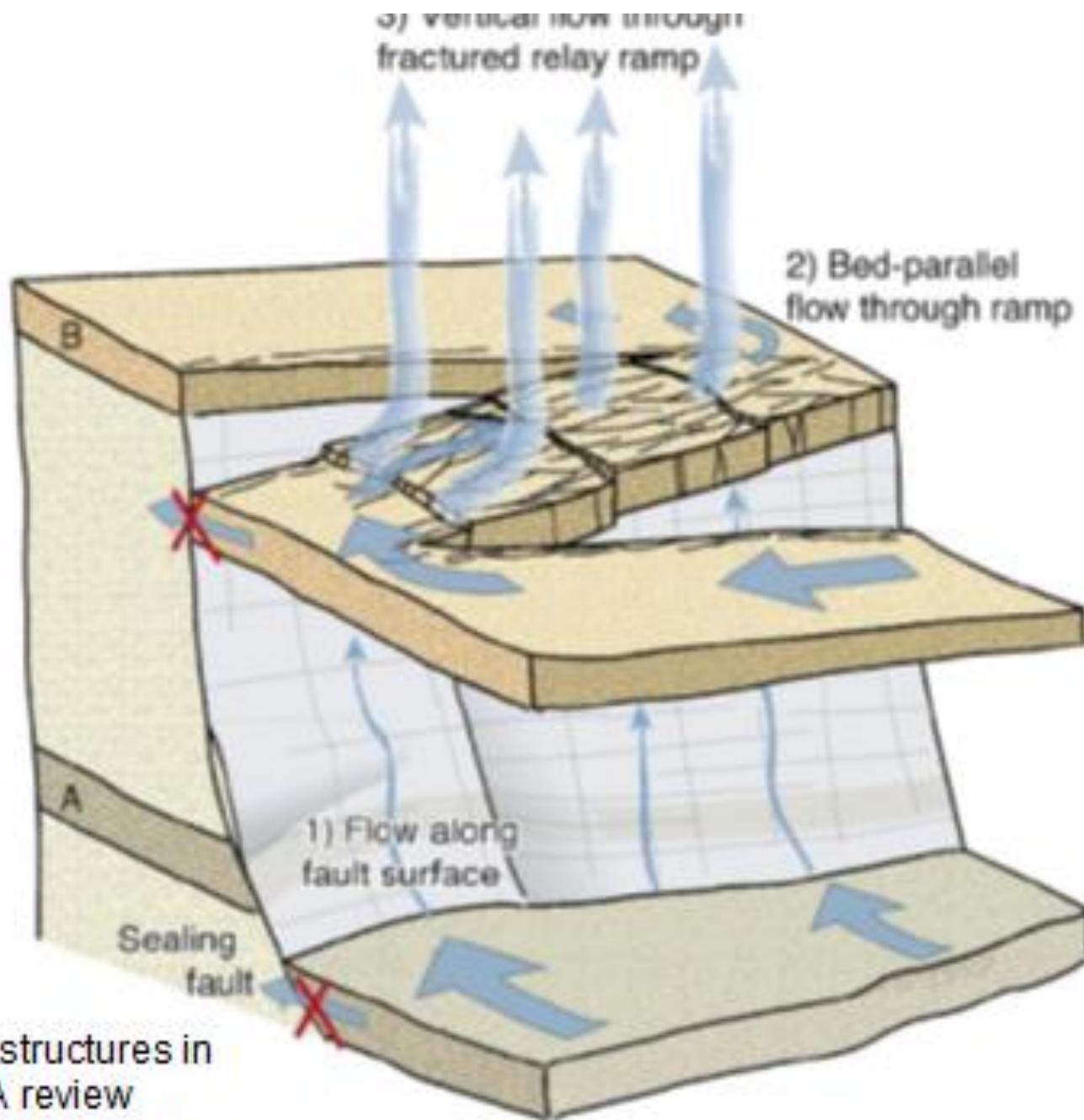
- [Red Box] Early Permian - Middle Triassic
- [Black Box] pre - Permian
- [Red Line] High angle fault
- [Red Triangle] Thrust fault

- [Blue Arrow] Precipitation
- [Blue Arrow] Principal fluid flow
- [Blue Arrow] Secondary fluid flow

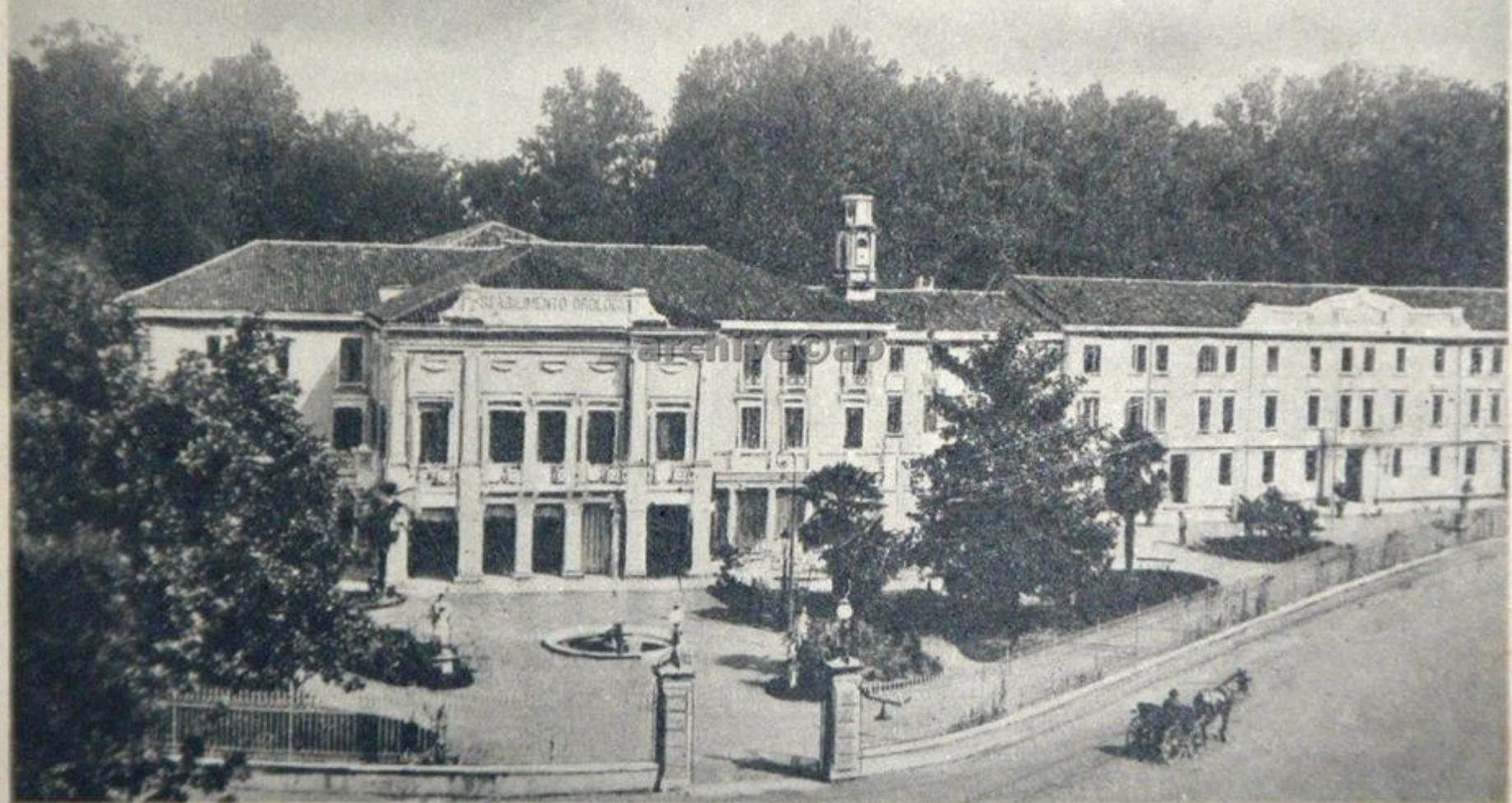


Geothermal Flux  
90-100 mW/m<sup>2</sup>

Geothermal Flux  
80-70 mW/m<sup>2</sup>



Fault linkage and relay structures in extensional settings—A review  
Haakon Fossen a,b, Atle Røtevatn a



Abano Terme - Stabilimento Orologio

# TERME D'ABANO

SOCIETÀ ANONIMA



HÔTELS:

## ROYAL - OROLOGIO

FORFAIT: 15 giorni (compreso tutto eccetto massaggio) da L. 975 a L. 1100

Giorni successivi { con cura .. . . . . da L. 65 a L. 75  
                            { senza cura .. . . . . da L. 52 a L. 60

PENSIONI DA L. 45 A L. 58

## SAVOLA-TODESCHINI

FORFAIT: 15 giorni (compreso tutto eccetto massaggio) da L. 850 a L. 950

Giorni successivi { con cura .. . . . . da L. 58 a L. 63  
                            { senza cura .. . . . . da L. 45 a L. 50

PENSIONI DA L. 36 A L. 44

Come si è sviluppato il  
pensiero scientifico  
sull'origine del  
**CALORE**  
delle **ACQUE EUGANEE** ?

Gli antichi credevano che il calore delle acque derivasse dalla combustione di giacimenti sotterranei di zolfo o di carbone.



Monte Busca



Il cratere gassoso **Darvaza** (Turkmenistan) noto anche come **Porta dell'Inferno** o **Cancelli degli Inferi**

# Giovanni De Dondi (1330-1388)

## De fontibus calidis agri Patavini - 1388

Tra le cause  
del calore  
delle acque  
ipotizzava  
fuochi  
sotterranei,  
  
Ma per primo  
pensò al  
calore  
terrestre



### IOANNIS DE DONDIS PATAVINI

De fontibus calidis agri Patauini  
consideratio,

Ad magistrum Iacobum Vicentinum.



Vanquam vir egregie & amice præci  
pue, co semper in te animo fui, ut qc-  
quid facultatis i me esset, si quid mo-  
do esse aliquando contigisset, id to-  
tum ad voluntatem tuam conferre atq; accom-  
modare desiderarem : tamen id prestare non  
dum potui, ac ne tentaui quidem . Neque ta-  
men est, quod putes me obliuisci aut posse, aut, si  
possim , velle veteris illius nostræ fodalitatis &  
suauiissimæ consuetudinis : quam studioru simi-  
litudo tum cœciliavit, cum ad easdem artes ac fa-  
cultates pariter contenderemus. ac plerunq; eodem  
etiam magistro vteremur totamq; discipli-  
nae scholasticæ militiam atq; adeo etiam vigilaru  
labores vñà perferremus. Huc accedit quod ami-  
citia honestissimis de causis initæ, tam constans

*Il maggior numero di questa classe di dotti [Fisici] pensò che si dovesse assegnare la causa delle Termali la **decomposizione delle piriti**, prodotta dalle acque, donde traessero origine anche Gaz che loro sono propri, e le altre sostanze che vi si trovano disciolte; altri dimostrarono per lo contrario, che ciò bene spesso potrebbe aver luogo senza la decomposizione delle piriti, mediante le varie dissoluzioni e decomposizioni che può produrre l'acqua percorrendo dei lunghi tratti sparsi di materie saline.....altri non dubitano di stabilire per cagione del calore la **vicinanza dei Vulcani**: altri finalmente considerando, che alcune acque termali hanno un calore costante dopo molti Secoli, e che alcune di esse non contengono niente di straniero, ricorsero ad un principio costante in Natura, cioè **l'elettricità**, giudicendo che l'azione di questa potesse contribuire alla formazione del fenomeno.*

1789

DEI BAGNI  
DI ABANO  
TRATTATO  
DEL DOTTOR

SALVATOR MANDRUZZATO

DELL' ACCADEMIA DI LETTERE, SCIENZE,  
ED ARTI DI PADOVA

PARTE PRIMA.



PADOVA CICLO CCLXXXIX.

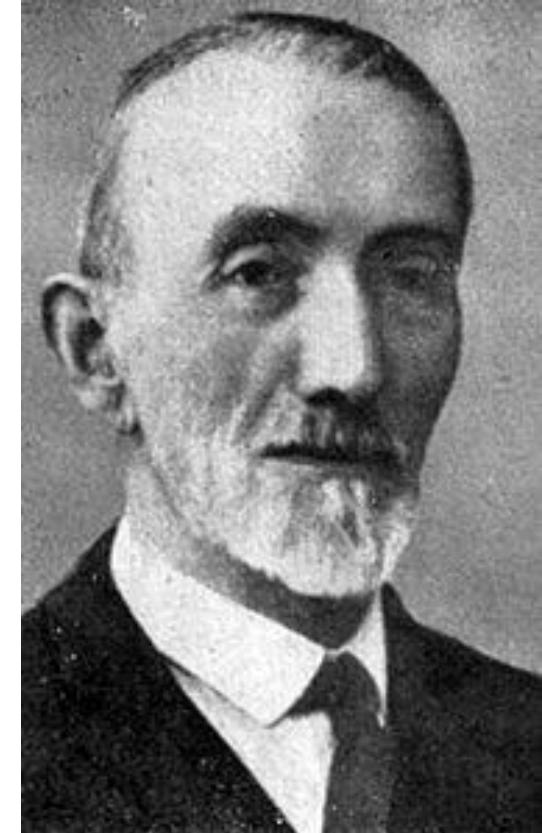
\*\*\*\*\*  
PER GIOVAMBATTISTA, E FIGLI PENADA  
CON LICENZA DE' SUPERIORI.

Q.1405.



## Luigi De Marchi nel 1927:

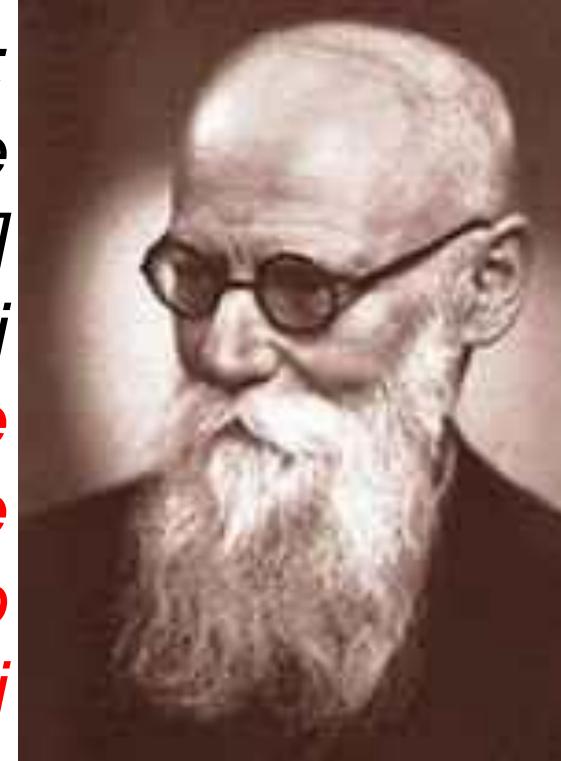
"....Il processo di mineralizzazione e di alto riscaldamento dev'essere dovuto ad **emissione di gas, vapori, ed acqua ad altissima temperatura da fessure della roccia eruttiva** sottostante all'alluvione, lungo la base orientale dei colli Euganei..... Dobbiamo quindi ammettere l'esistenza, sotto il mantello alluvionale di vere **sorgenti di acqua ad alta temperatura**, che si mescola con l'acqua vadosa dell'alluvione riscaldandola e mineralizzandola, e assumendo con essa **il movimento laterale di deriva verso Sud...."**



1857-1936

De Marchi, L. 1927. L'origine delle acque termali di Montegrotto (Euganei). Rendiconti dell'Accademia Nazionale dei Lincei 841-845, Roma

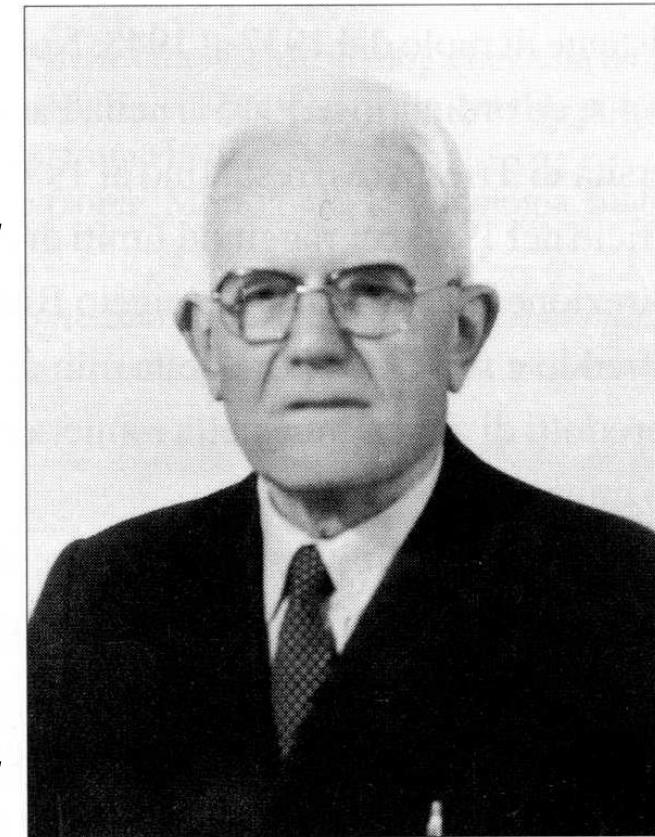
**Giorgio Dal Piaz** nel 1948 scrisse:  
«...Durante il flusso le acque sotterranee [nei materiali alluvionali] vengono in contatto con la base dei colli Euganei, quindi con gas, vapori e acque calde, che corrispondono alle manifestazioni di un serbatoio vulcanico estinto nelle sue manifestazioni superficiali, ma ancora con una certa attività di secondaria importanza in profondità.....»



1872-1962

Dal Piaz, G. 1948. On the mineral hot springs of the Euganean Hills and particularly of Abano (Padova). Union Geodesique et Geophysique International, 121-123, Oslo

**Sergio Morgante** 1951:" ..... Non mi sembra azzardato supporre che le termominerali di Abano, Montegrotto, ecc. altro non siano che acque salmastre di origine marina, le quali venendo a contatto a profondità notevole con la massa rocciosa vulcanica euganea ancora calda, subiscono un forte riscaldamento e salgono alla superficie (probabilmente attraverso fratture) presso il bordo orientale dei colli. Le acque termali euganea devono la loro forza ascensionale oltre che alla temperatura anche alla discreta quantità di gas col quale escono in miscela.... Perciò in definitiva le acque termominerali altro non sarebbero che acque vadose in miscele con gas giovanile....."



1905-1995

Morgante, S. 1951. Considerazioni sulla natura e sull'origine delle acque termominerali euganee. Rendiconti della Società Mineralogica Italiana, 89-93, Pavia

**Enzo Beneo** nel 1963, direttore del Servizio Geologico Nazionale scriveva: "... nel caso (poco probabile) che il bacino idrotermale abbia origine esclusivamente da acque vadose, queste **scenderebbero** ad una certa profondità dove sarebbero investite da vapori magmatici e dalle quali risalirebbero, per geyserismo, fino all'esterno attraverso i noti sistemi di fratture.....le **profondità** dalla quale possono provenire le acque intracrustali, senza tenere conto del possibile apporto di acque juvenili, né dell'aumento di temperatura probabile proprio in una regione perivulcanica, è senza dubbio notevole e forse non inferiore ai **2000 metri**....".



1903 - 1988

Beneo, E. 1963. Considerazioni sul Bacino Termale Euganeo. Giornale di Geologia, II serie, 31, 27-37, Bologna

Fine anni'60 del secolo scorso fondamentali studi **radiometrici** sulla datazione K/Ar delle rocce effettuati da Borsi, Ferrara e Piccoli nel 1969, attribuirono al complesso eruttivo euganeo un'età **Oligocenica (35 milioni di anni)** nei suoi termini più recenti, e quindi **troppo vecchio** perché le rocce euganee potessero ancora rappresentare una qualsiasi **sorgente di calore**.



vulcanesimo euganeo doveva essere considerato **estinto** e quindi scomparve da una possibile fonte di calore per le acque euganee.



# 1970 - 1976



UNIVERSITÀ  
DEGLI STUDI  
DI PADOVA



GESTIONE UNICA

del Bacino Idrominerario Omogeneo dei Colli Euganei

Coordinato dal Prof. **Giuliano Piccoli**  
dell'allora Istituto di Geologia, Paleontologia  
e Geologia Applicata

GRUPPO DI RICERCA SUL TERMALISMO E LA GEOLOGIA DEI COLLI EUGANEI

G. PICCOLI, R. BELLATI, C. BINOTTI, E. DI LALLO, R. SEDEA, A. DAL PRA\*, R. CATALDI, G.O. GATTO, G. GHEZZI,  
M. MARCHETTI, G. BULGARELLI, G. SCHESARO, C. PANICHI, E. TONGIORGI, P. BALDI, G.C. FERRARA, F.  
MASSARI, F. MEDIZZA, V. ILICETO, A. NORINELLI, Gp. DE VECCHI, A. GREGNANIN, E.M. PICCIRILLO, G. SBEETEGA

(gli autori sono elencati in ordine di successione dei rispettivi capitoli)

IL SISTEMA IDROTERMALE EUGANEO-BERICO  
E LA GEOLOGIA DEI COLLI EUGANEI

(con 97 figure nel testo, 14 tavole fuori testo, 1 tavola  
di profili geologici e 1 carta geologica alla scala 1 : 25.000)



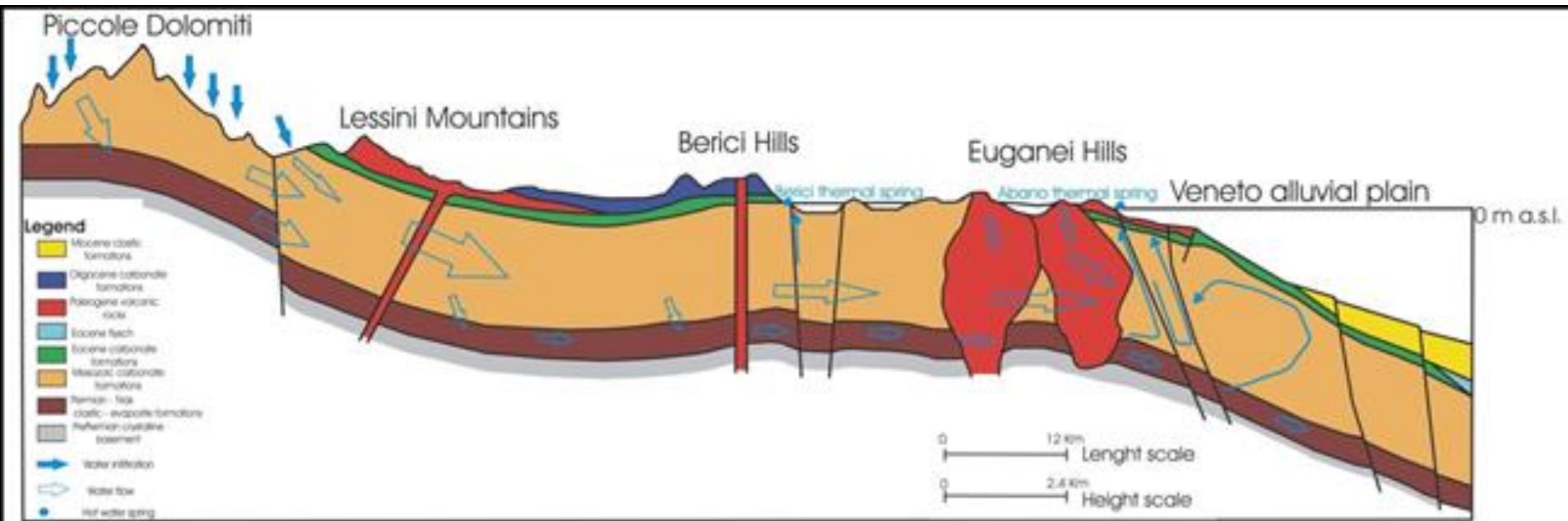
PADOVA

SOCIETÀ COOPERATIVA TIPOGRAFICA

1976

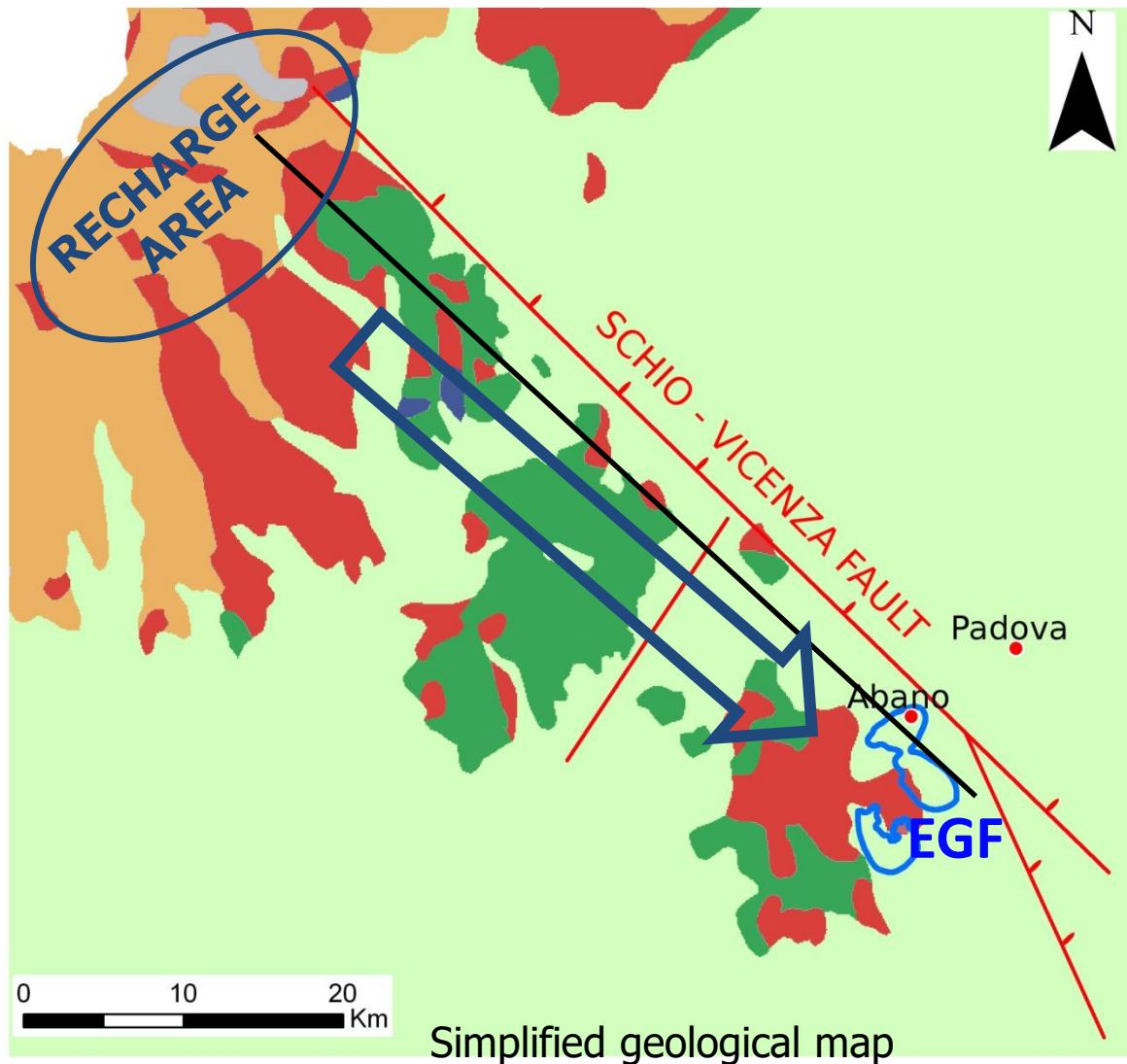
# MODELLO IDROGEOLOGICO DI CIRCUITO GEOTERMICO

- (i) area di ricarica
- (ii) un serbatoio permeabile nel sottosuolo
  - (iii) sorgente di calore
  - (iv) zona di emergenza



# EUGANEAN GEOTHERMAL CIRCUIT

## Conceptual model (Piccoli et al., 1976)



# 1986 - 1994



UNIVERSITÀ  
DEGLI STUDI  
DI PADOVA



Prof. **Giorgio Vittorio Dal Piaz**



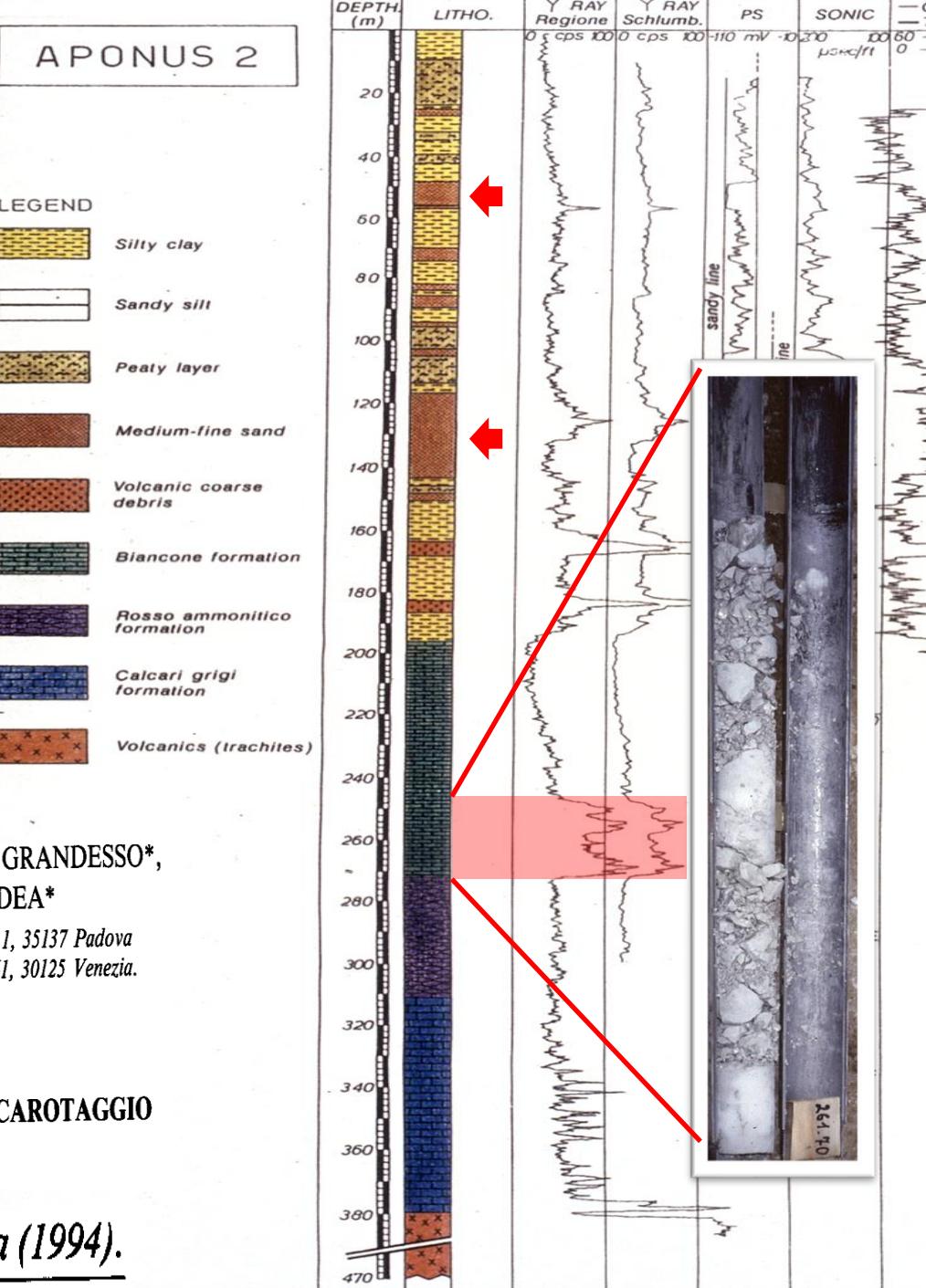
Istituto di Geologia, Paleontologia e Geologia Applicata  
Istituto di Fisica Terrestre  
Istituto di Idraulica  
Istituto di Costruzioni Marittime e Geotecnica  
Istituto di Fisica Tecnica  
Istituto di Scienza e Tecnica delle Costruzioni



## APONUS 2

### LEGEND

	Silty clay
	Sandy silt
	Peaty layer
	Medium-fine sand
	Volcanic coarse debris
	Biancone formation
	Rosso ammonitico formation
	Calcare grigi formation
	Volcanics (trachites)



RENZO ANTONELLI\*, ALBERTO BAGLIONI\*\*, PAOLO FABBRI\*, PAOLO GRANDESSO\*,  
VITTORIO ILICETO\*, LUIGINO SCARAMUZZA\*\*, ROBERTO SEDEA\*

\* Dipartimento di Geologia, Paleontologia e Geofisica, Università degli Studi, Padova, Via Giotto 1, 35137 Padova

\*\* Dipartimento per la Geologia e le Attività Estrattive, Regione del Veneto, S. Stae - S. Croce 1961, 30125 Venezia.

APPPLICAZIONI DEL «GAMMA RAY LOG» ESEGUITO IN UN POZZO A CAROTAGGIO  
CONTINUO NELL'AREA TERMALE EUGANEA (PADOVA)

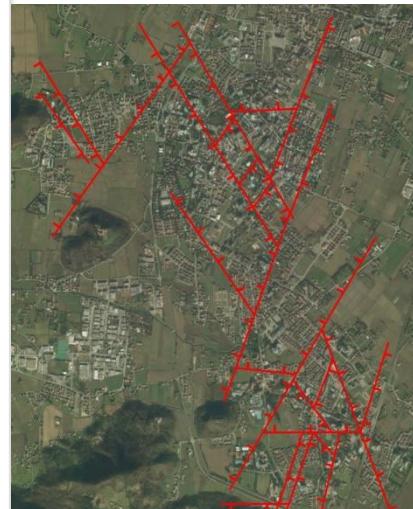
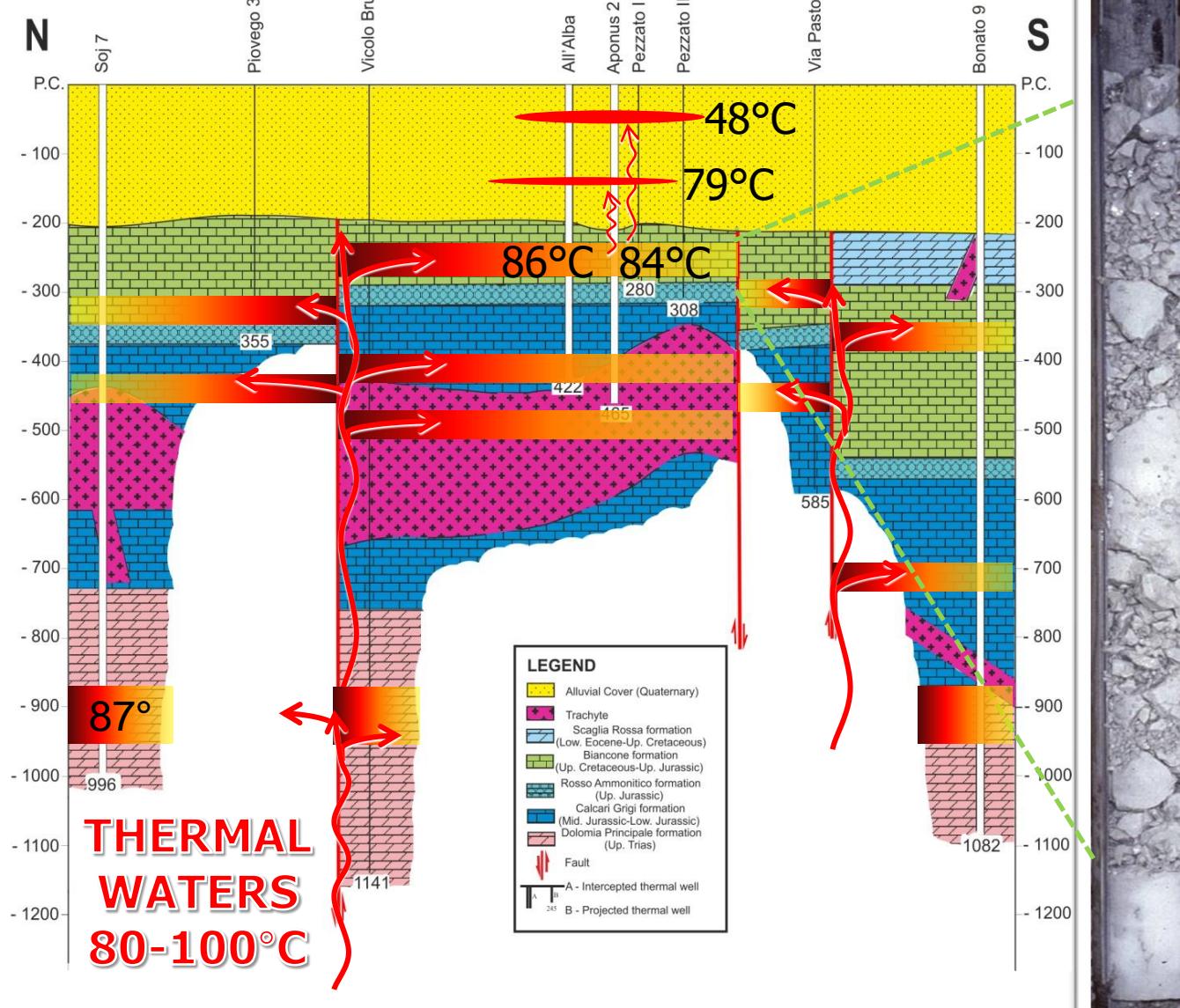
GEOLOGICA ROMANA, 30: 217-226, 4 fig, Roma (1994).



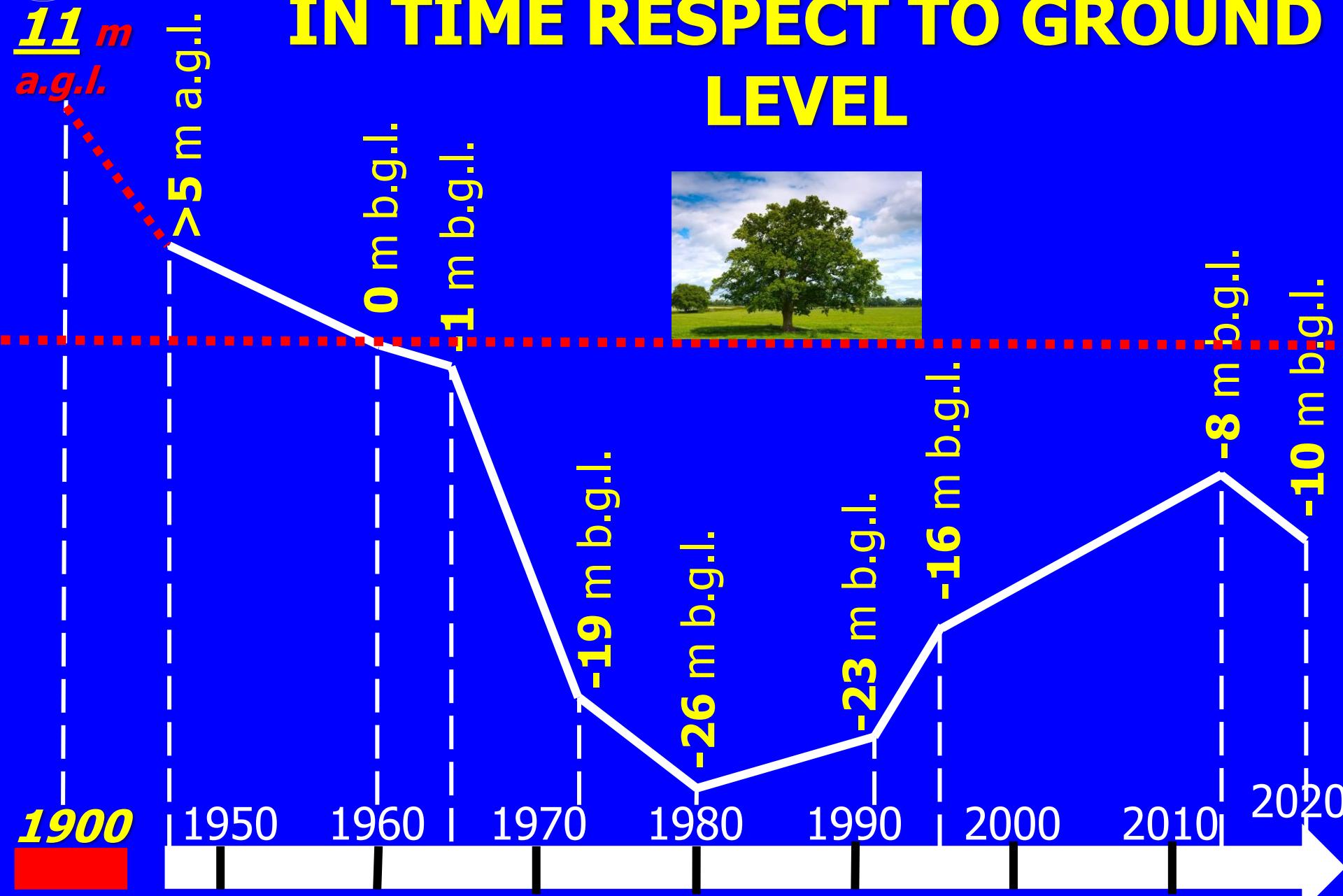
UNIVERSITÀ  
DEGLI STUDI  
DI PADOVA

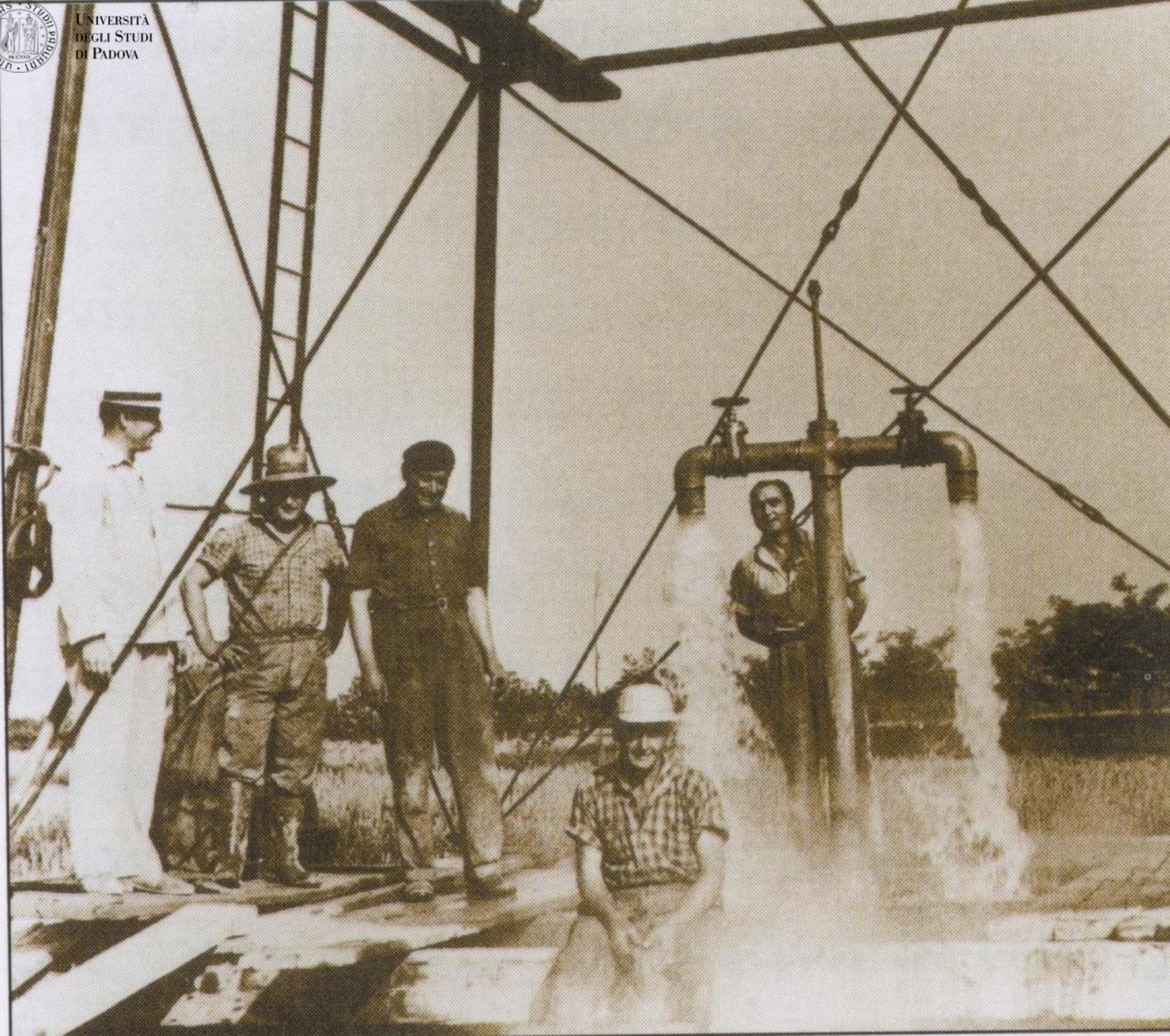


# Modello Campo Termale Euganeo



# POTENTIOMETRIC CHANGES IN TIME RESPECT TO GROUND LEVEL





# TRANSMISSIVITY DISTRIBUTION

up to 500 m

Transmissivity in the Geothermal Euganean Basin:  
A Geostatistical Analysis

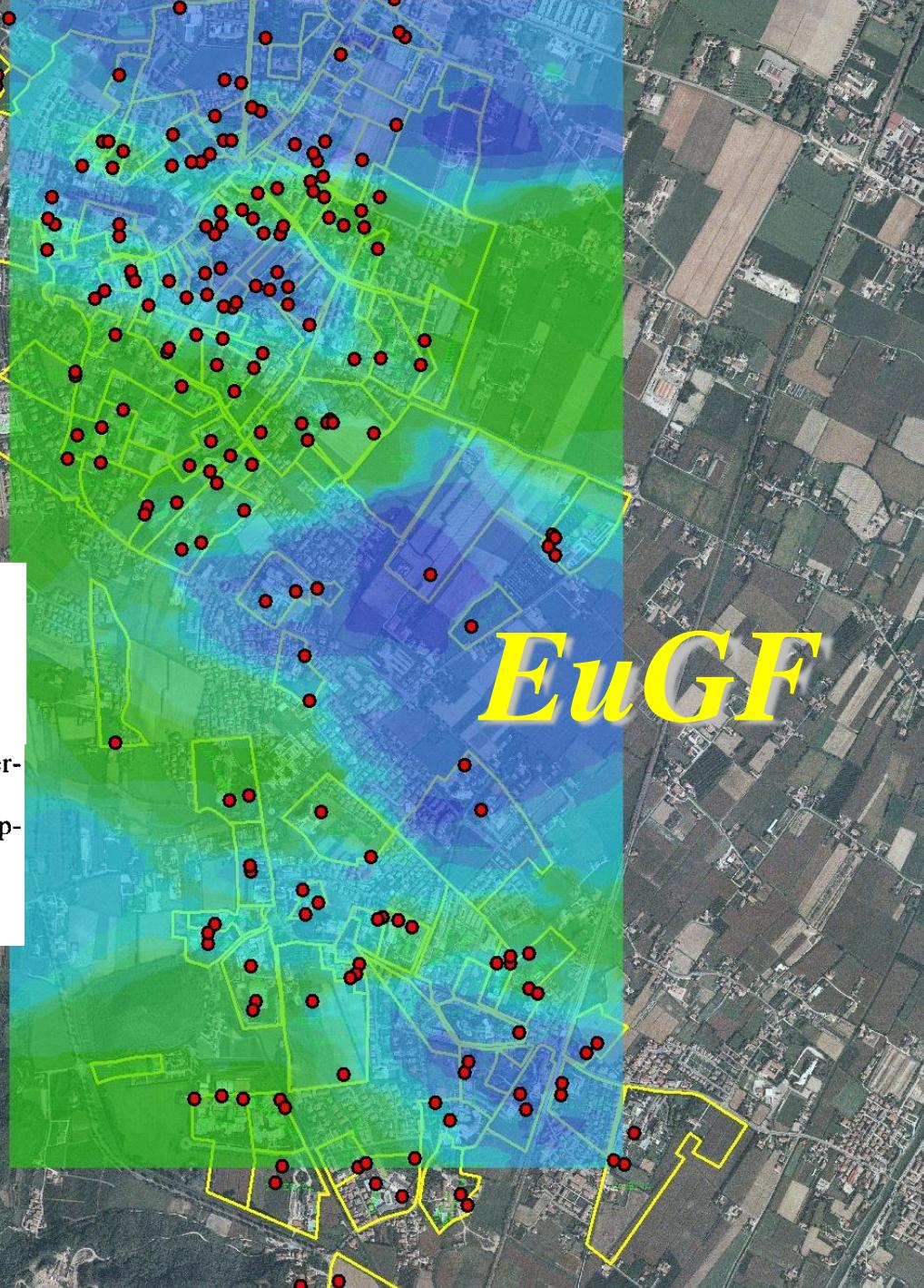
by Paolo Fabbri<sup>a</sup>

<sup>a</sup> Dipartimento di Geologia, Paleontologia e Geofisica - Università degli Studi di Padova, Via Giotto 1, 35137 Padova, Italy.

Received December 1995, revised August 1996, accepted September 1996.

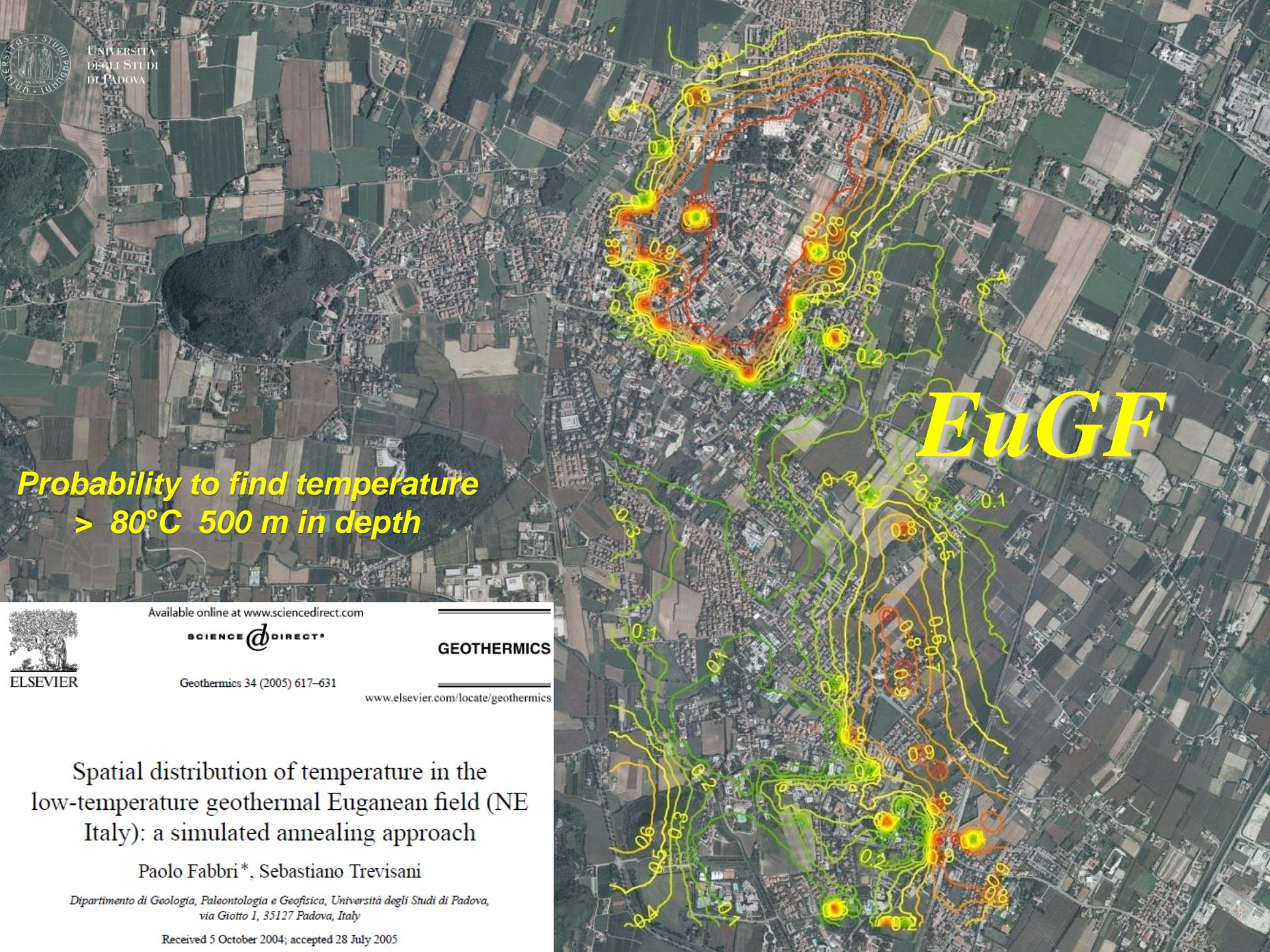
Vol. 35, No. 5—GROUND WATER—September-October 1997

$100 < T < 500$   
 $m^2/day$





UNIVERSITÀ  
DEGLI STUDI  
DI PADOVA



# 2011 - 2020



UNIVERSITÀ  
DEGLI STUDI  
DI PADOVA



REGIONE DEL  
VENETO



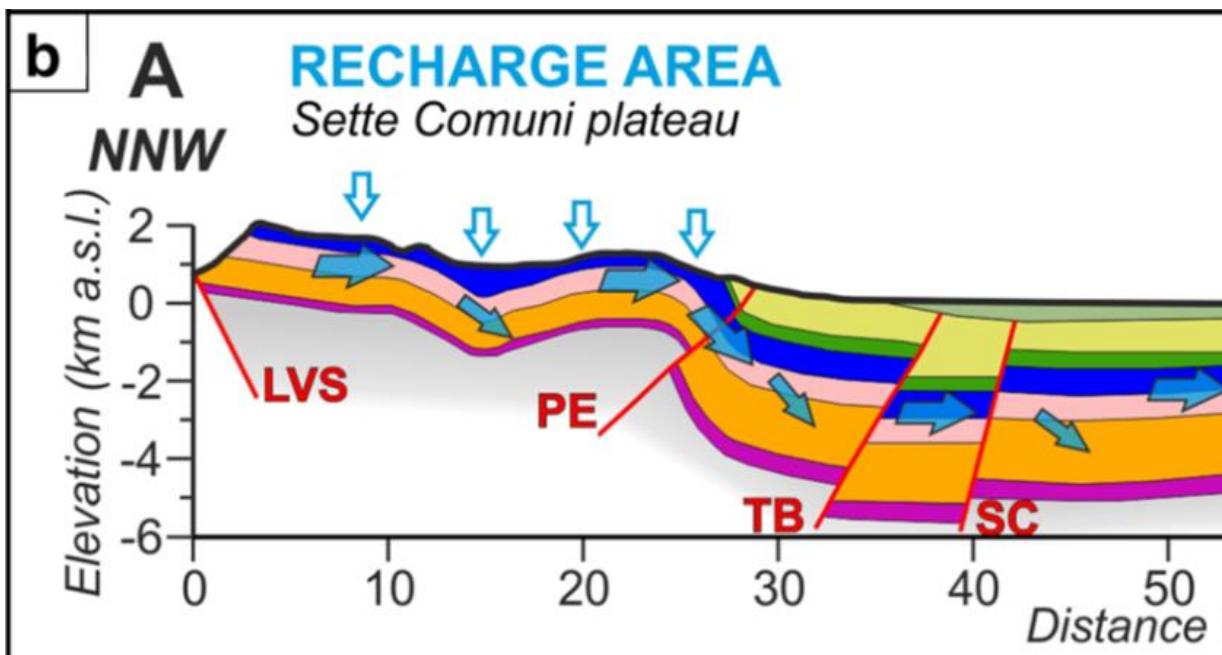
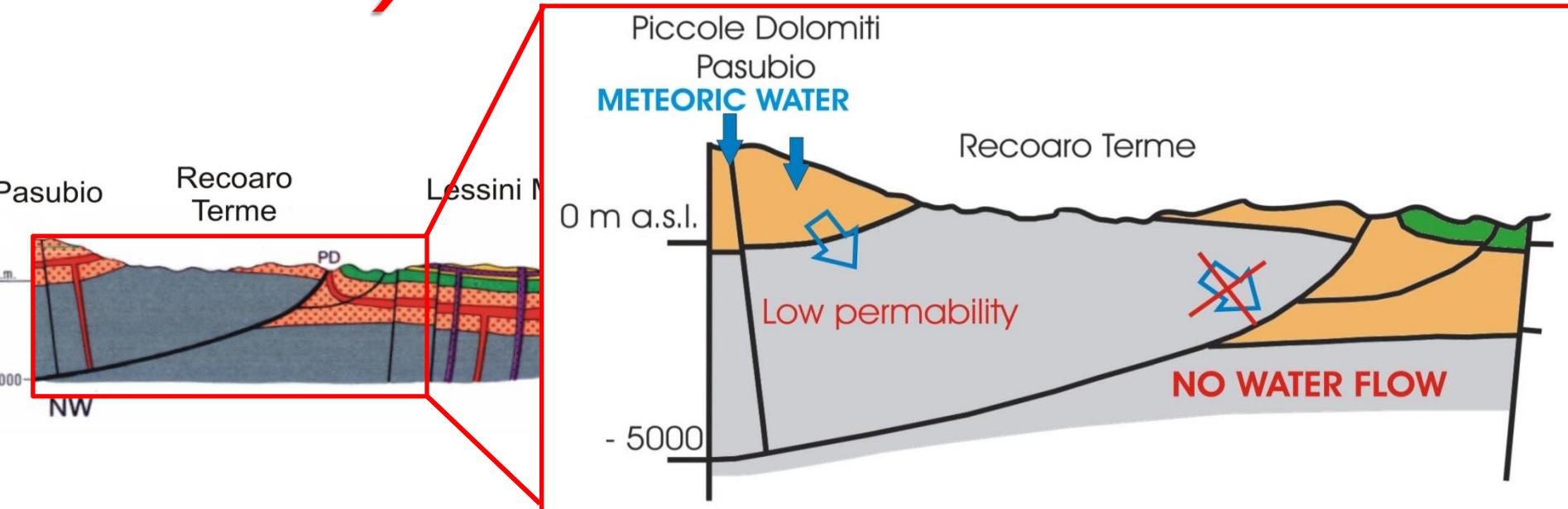
DIPARTIMENTO  
DI GEOSCIENZE



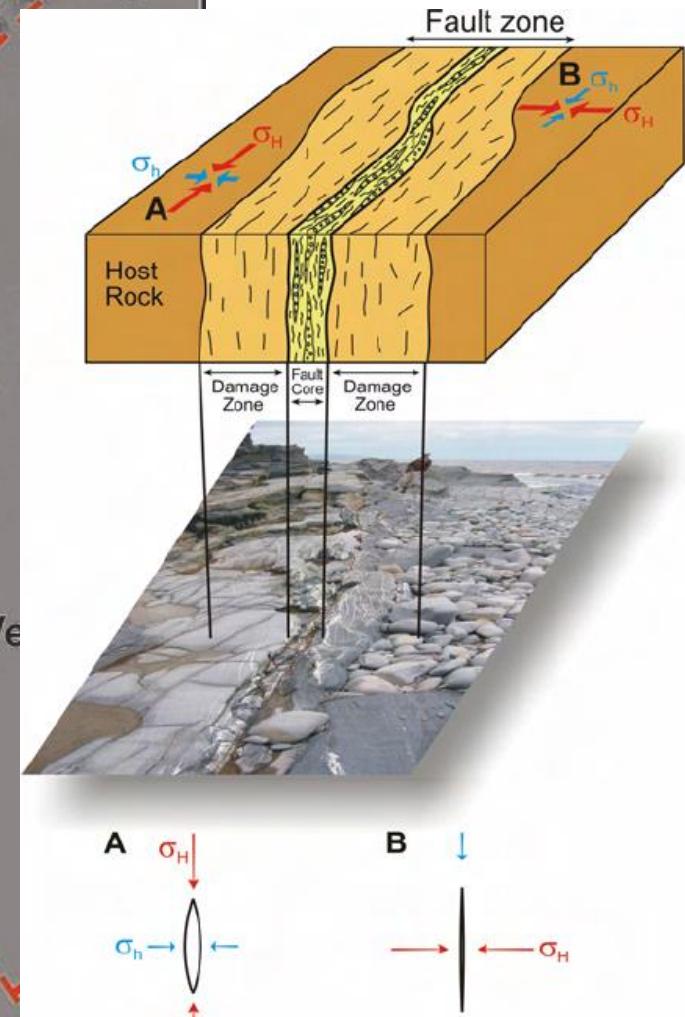
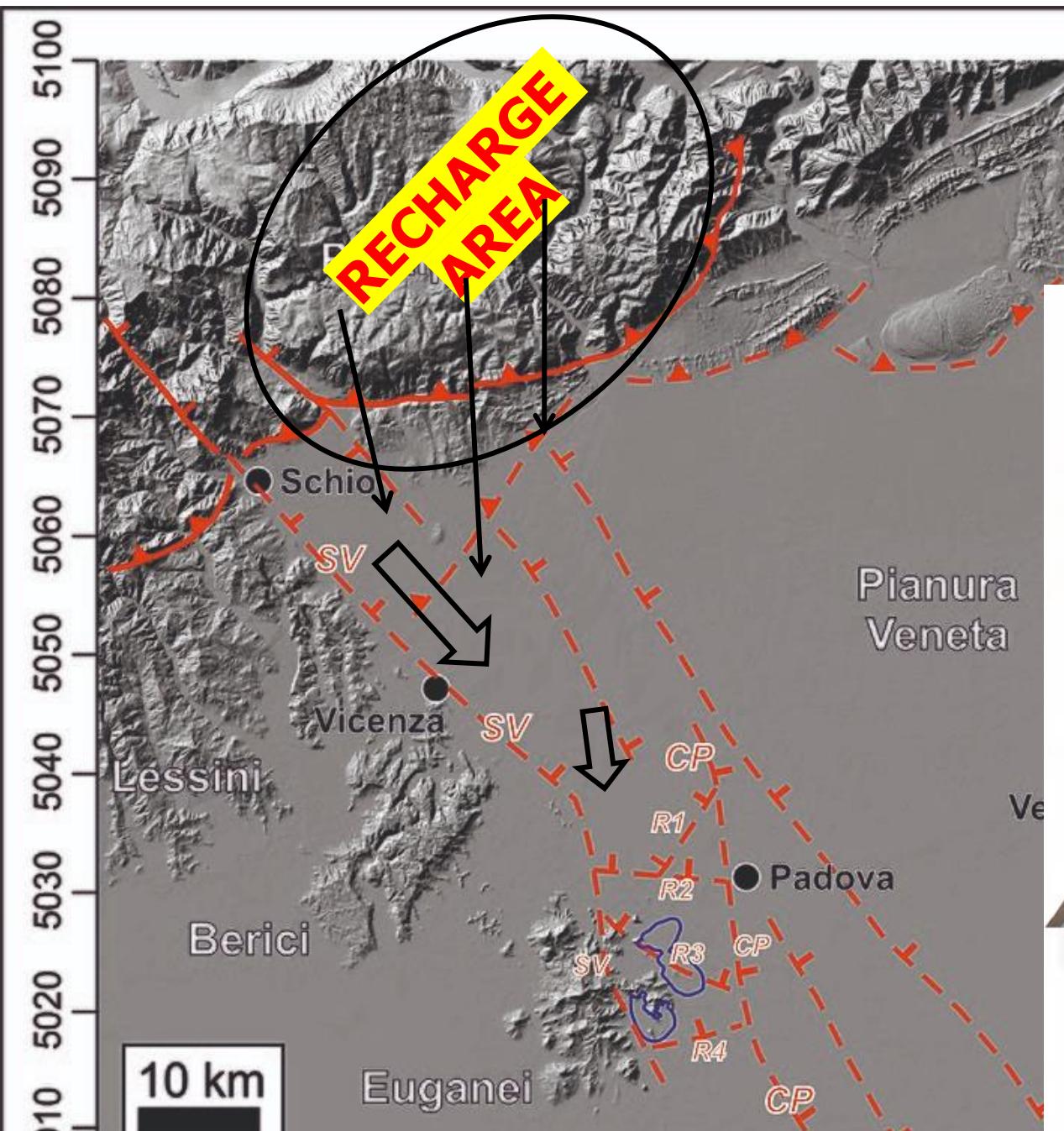
GESTIONE UNICA  
del Bacino Idrominerario Omogeneo dei Colli Euganei

## Nuovo modello idrogeologico concettuale del Sistema Geotermico Euganeo (EuGS)

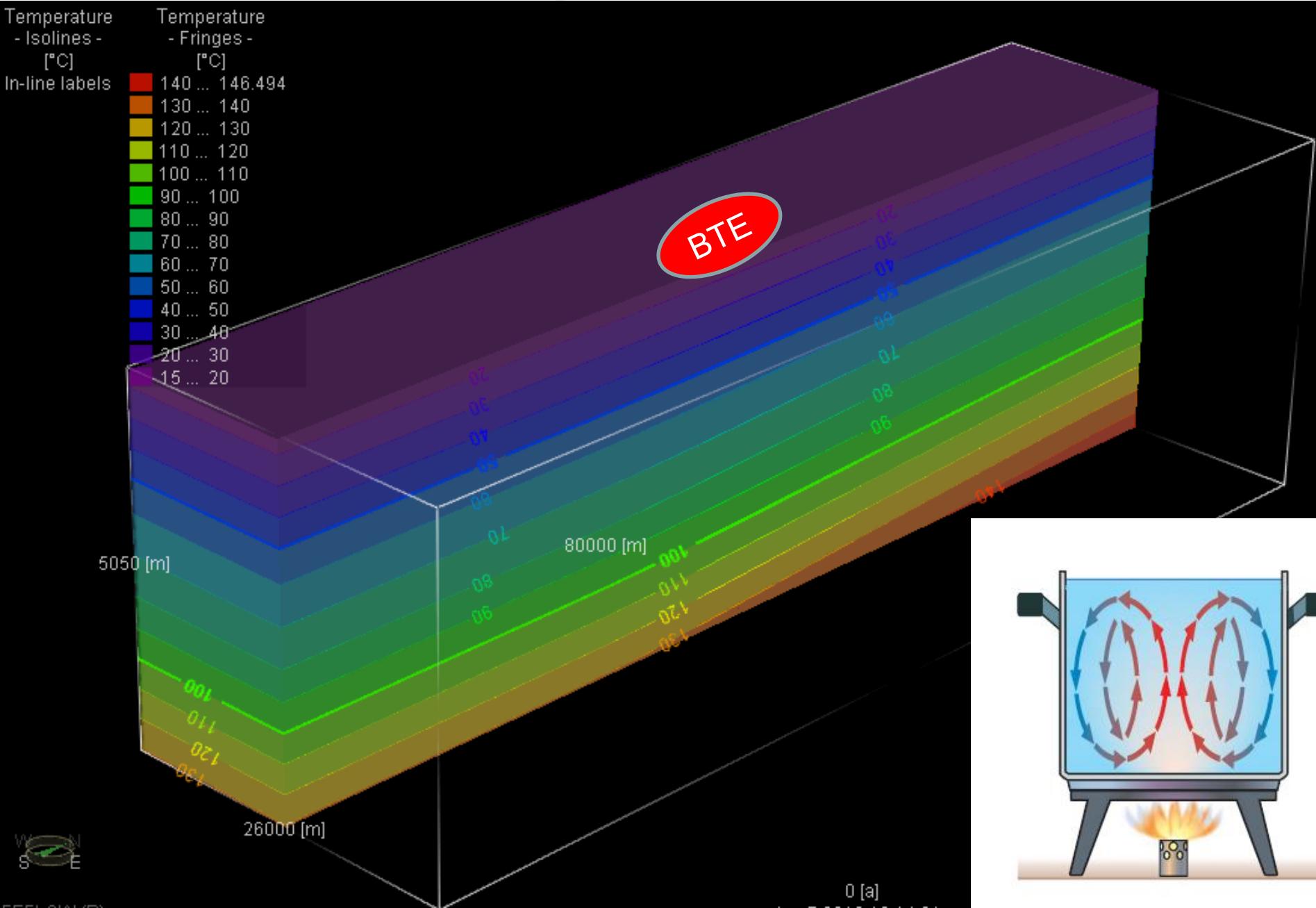
# i) Area di ricarica



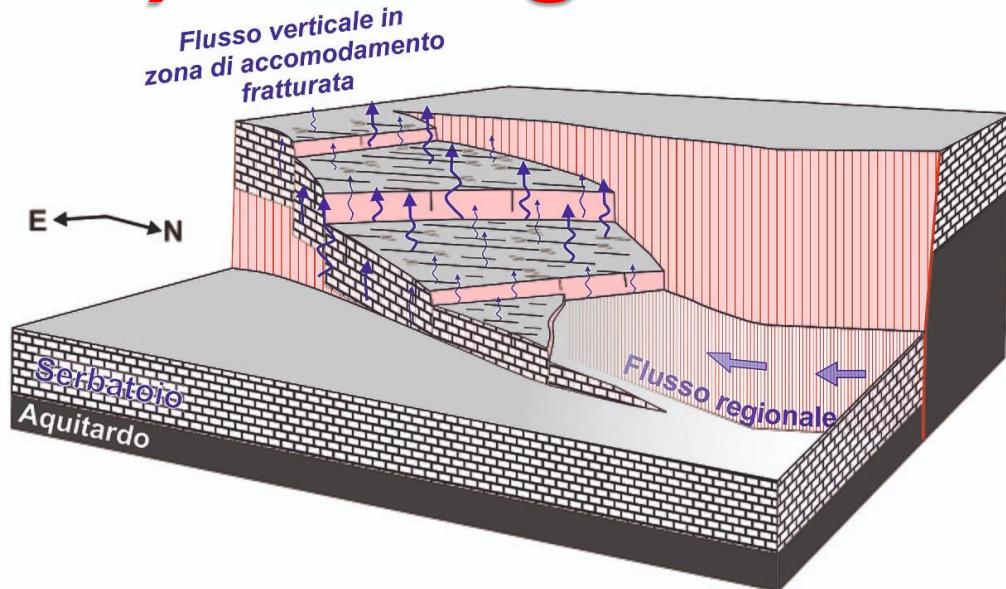
## ii) Serbatoio



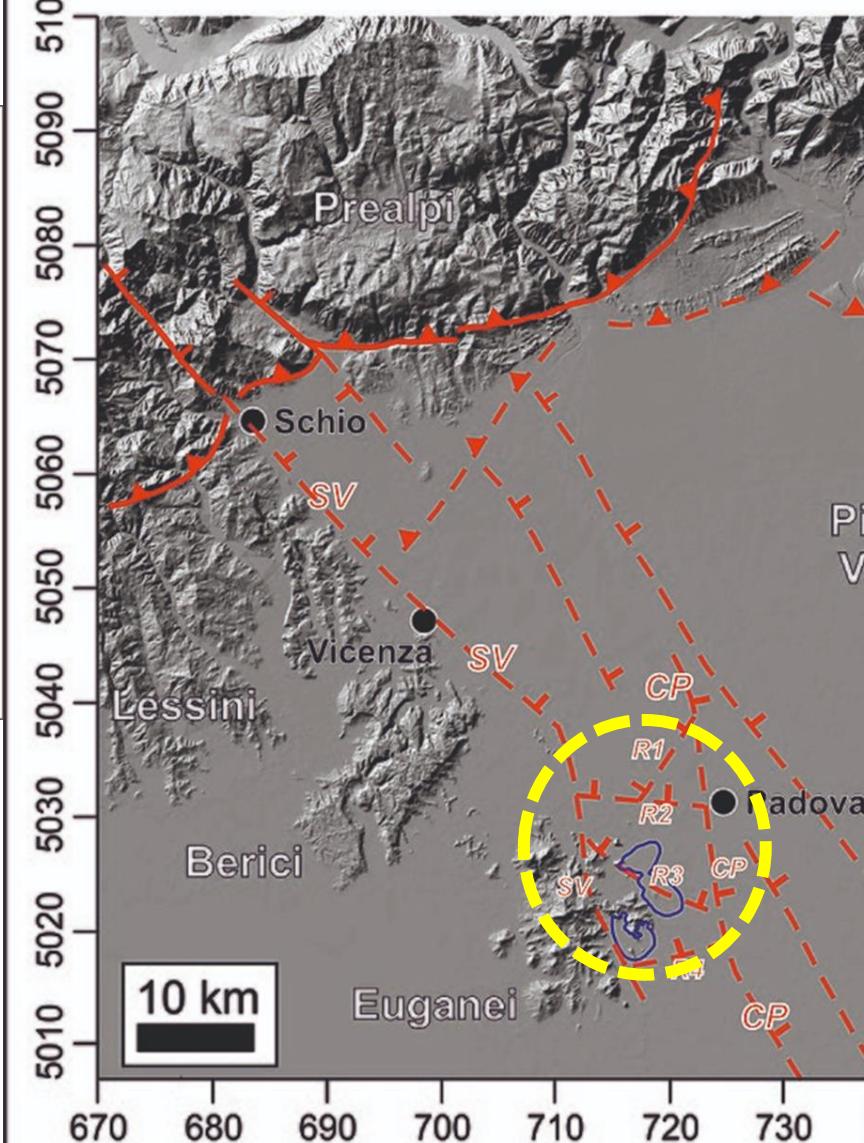
### iii) Fonte di calore



# iv) Emergenza



L'analisi delle sezioni sismiche portò, casualmente, all'individuazione di una zona di accomodamento (transfer zone; relay ramp) tra la faglia **Schio-Vicenza** e la **Conselve-Pomposa**, esattamente coincidente con la zona euganea di emergenza delle acque termali, zona scientificamente definita come Campi Geotermici Euganei (Euganean Geothermal Fields; EuGF), **zona di emergenza**.



## Legenda

- ▲ Faglie ad alto angolo
- ▲ Faglie sepolte ad alto angolo
- Città

▲ Sovr.  
▲ Sovr.  
sepolte  
Area

# Euganean Geothermal System

## CONCEPTUAL MODEL

### Legend

- [Yellow] Pliocene - Pleistocene
- [Green] Early Cretaceous - Miocene
- [Purple] Late Triassic - Early Cretaceous

[Red] Early Permian - Middle Triassic

[Black] pre - Permian

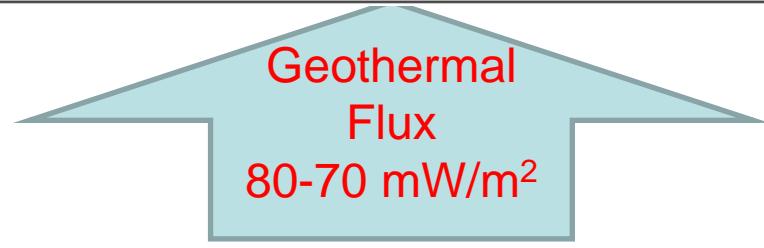
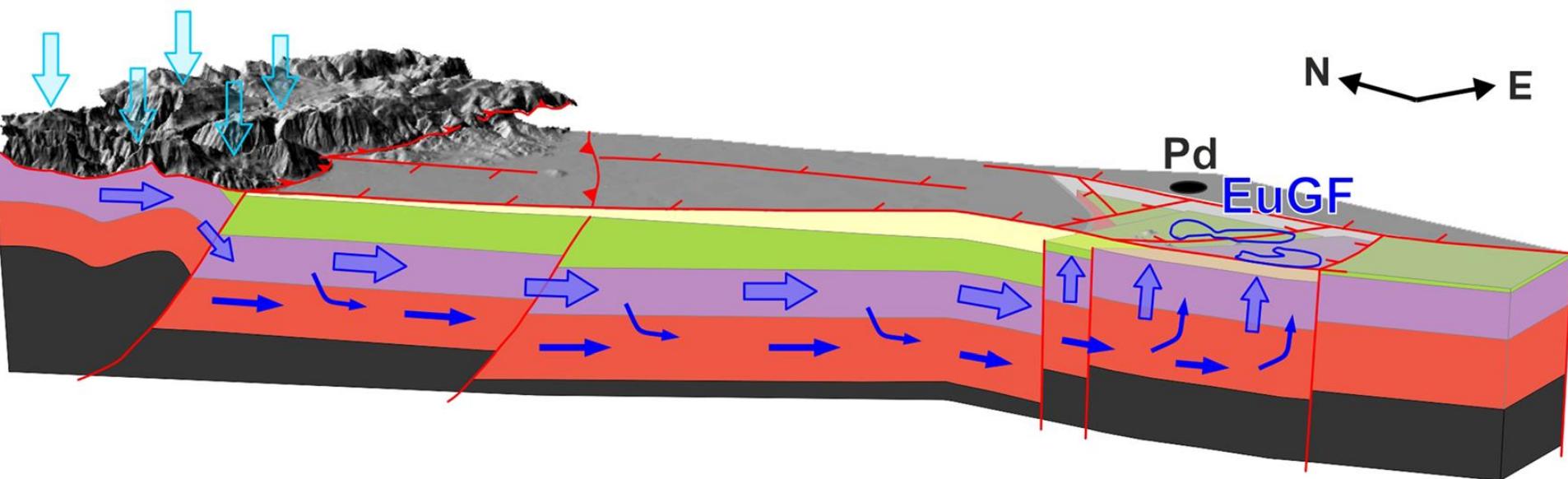
[Red line] High angle fault

[Red triangle] Thrust fault

[Blue arrow] Precipitation

[Blue arrow] Principal fluid flow

[Blue arrow] Secondary fluid flow



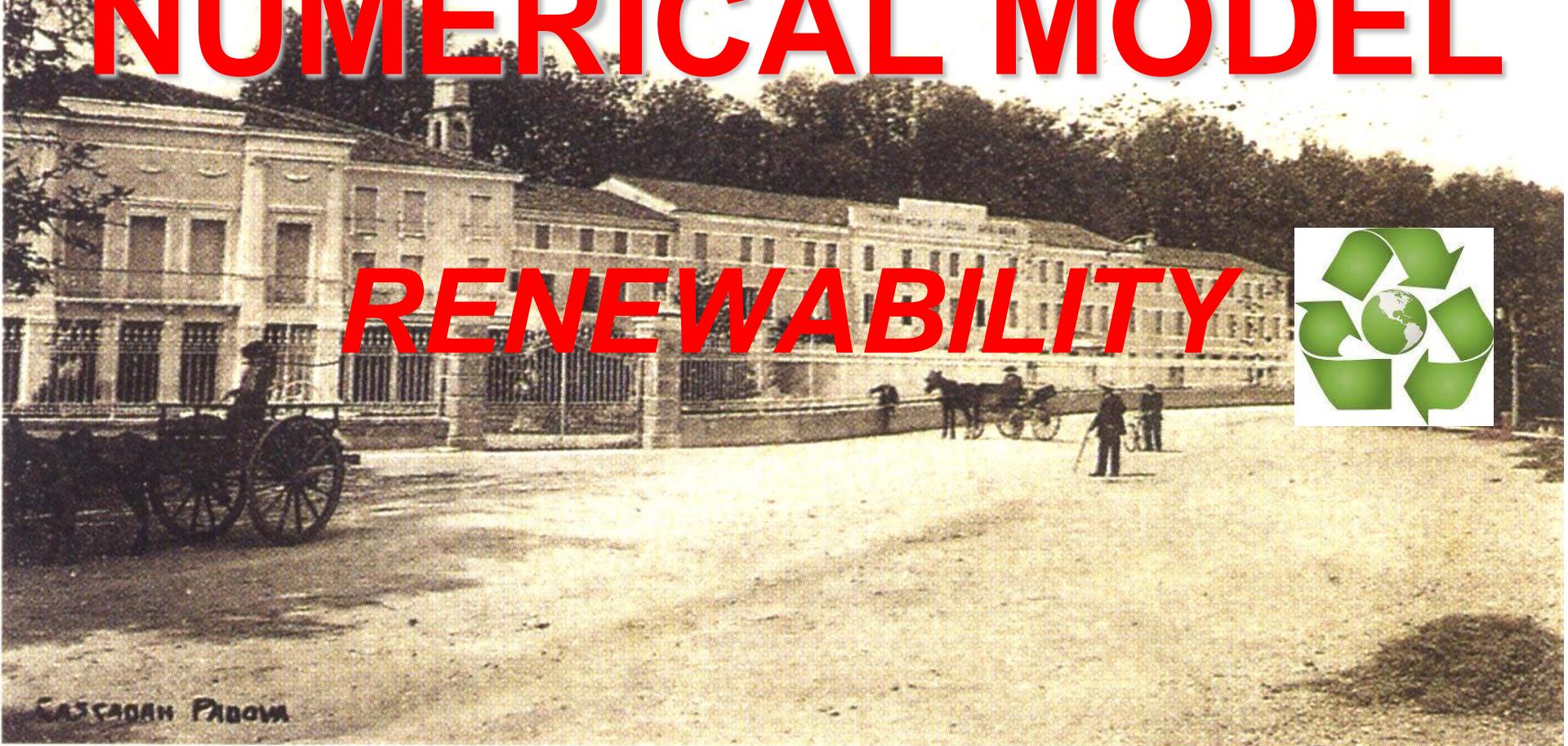


UNIVERSITÀ  
DEGLI STUDI  
DI PADOVA

Grande Stabilimento Termale Orologio di Abano

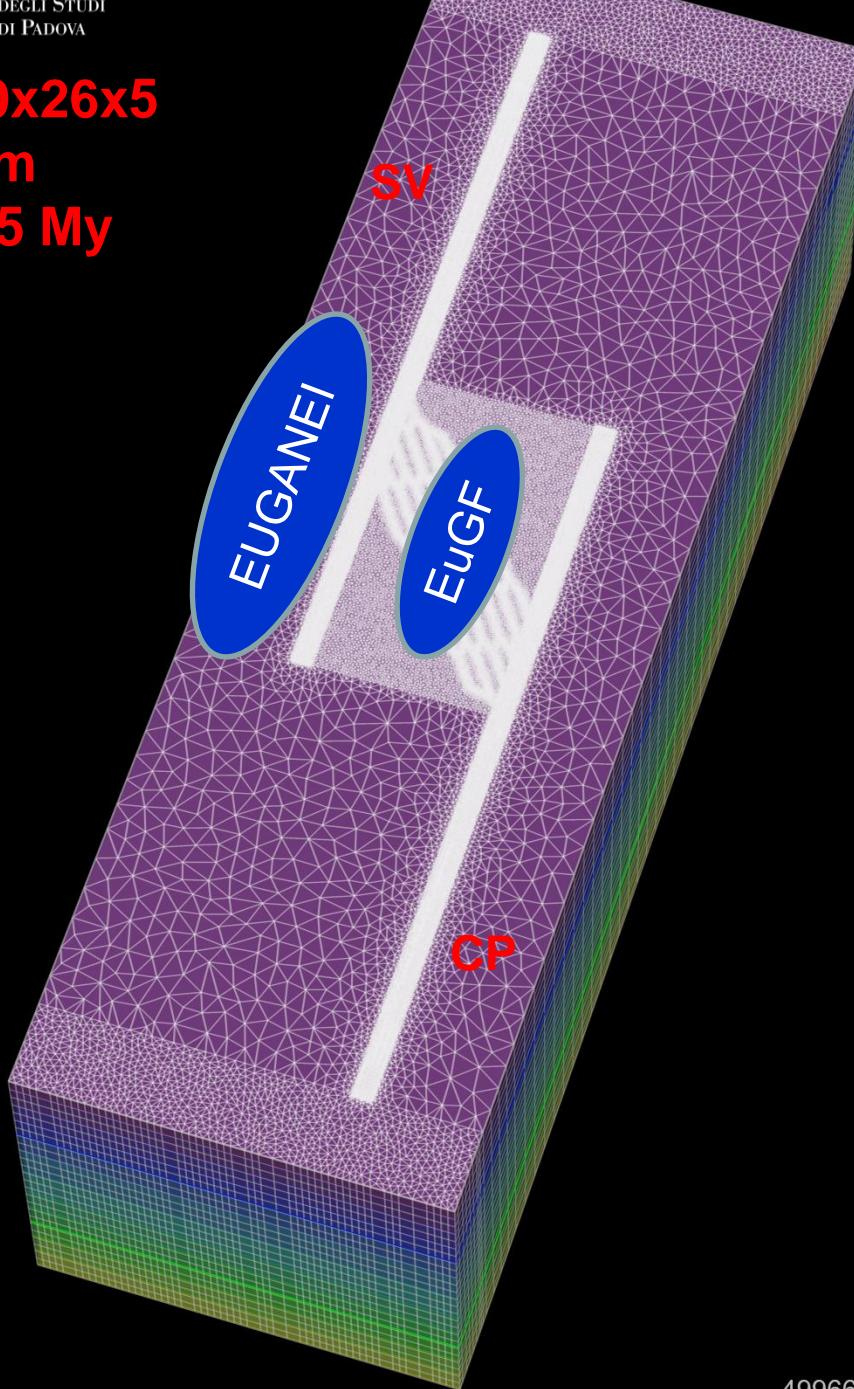
# NUMERICAL MODEL

## RENEWABILITY



*Stabilimento Termale Orologio (1906)*

80x26x5  
Km  
2.5 My



## JGR Solid Earth

RESEARCH ARTICLE  
10.1029/2019JB017394

### Key Points:

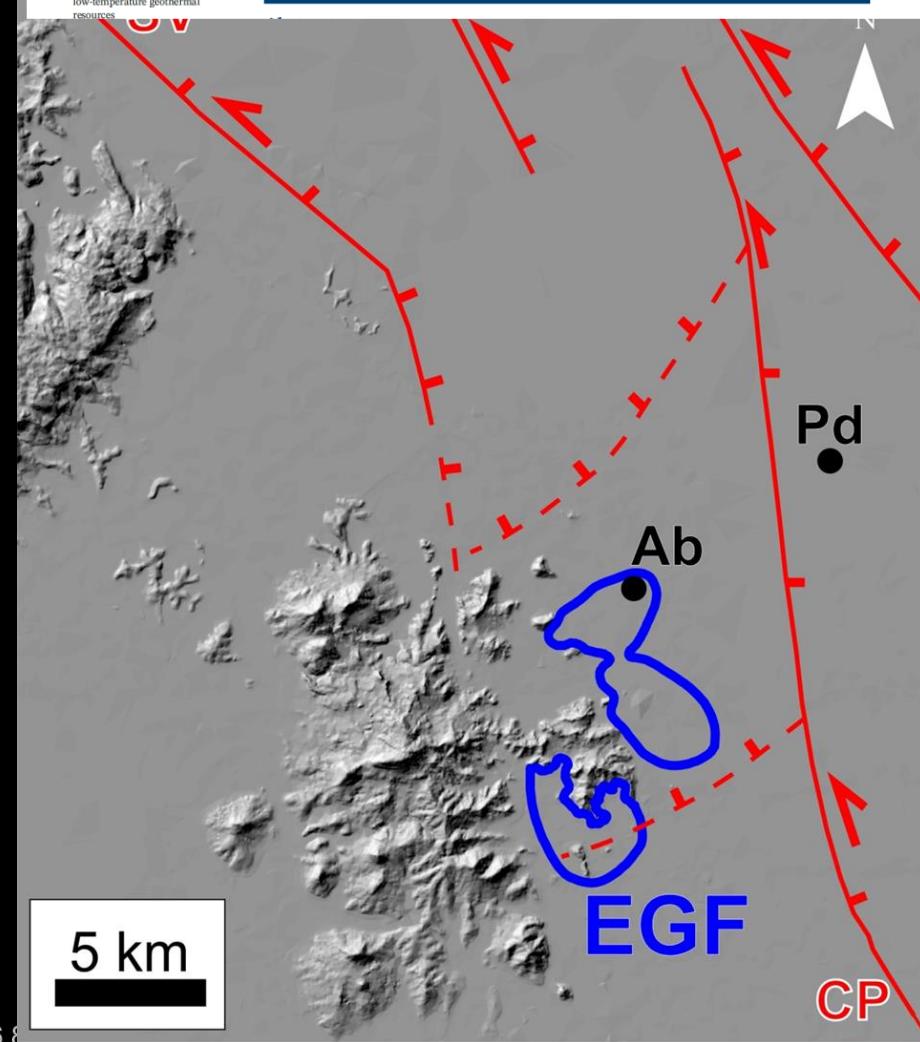
- Fracturing related to local extension by fault interaction in a convergent regional setting controls fluid flow in a geothermal system
- Numerical simulations corroborate the impact of structural process driving a local increase in convection and the rising of thermal waters
- Convection enhanced by fracturing can result in temperature values profitable for energy production in low-temperature geothermal resources

# 2020

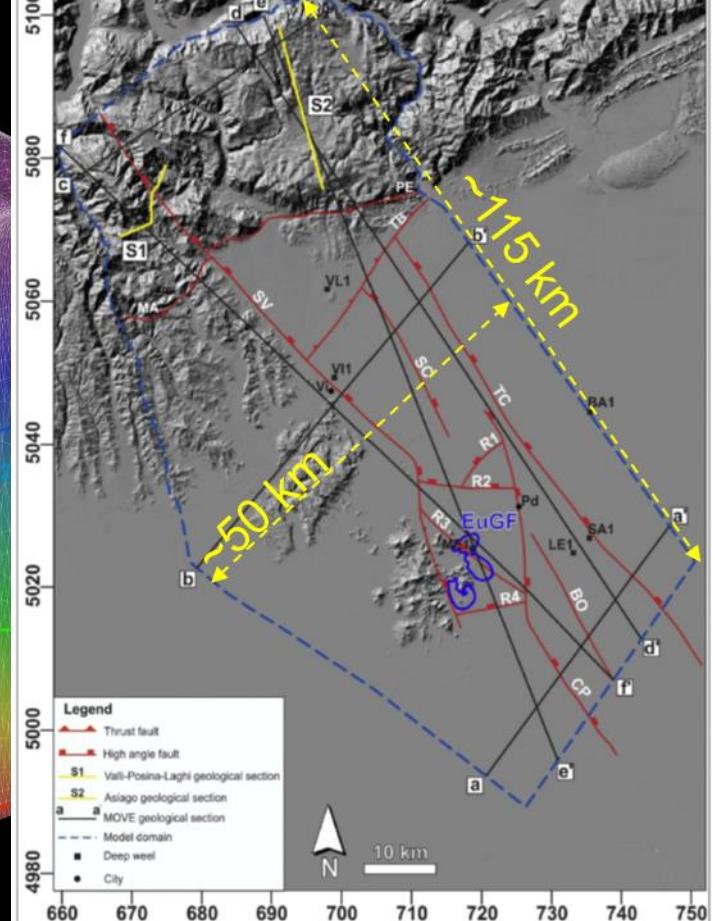
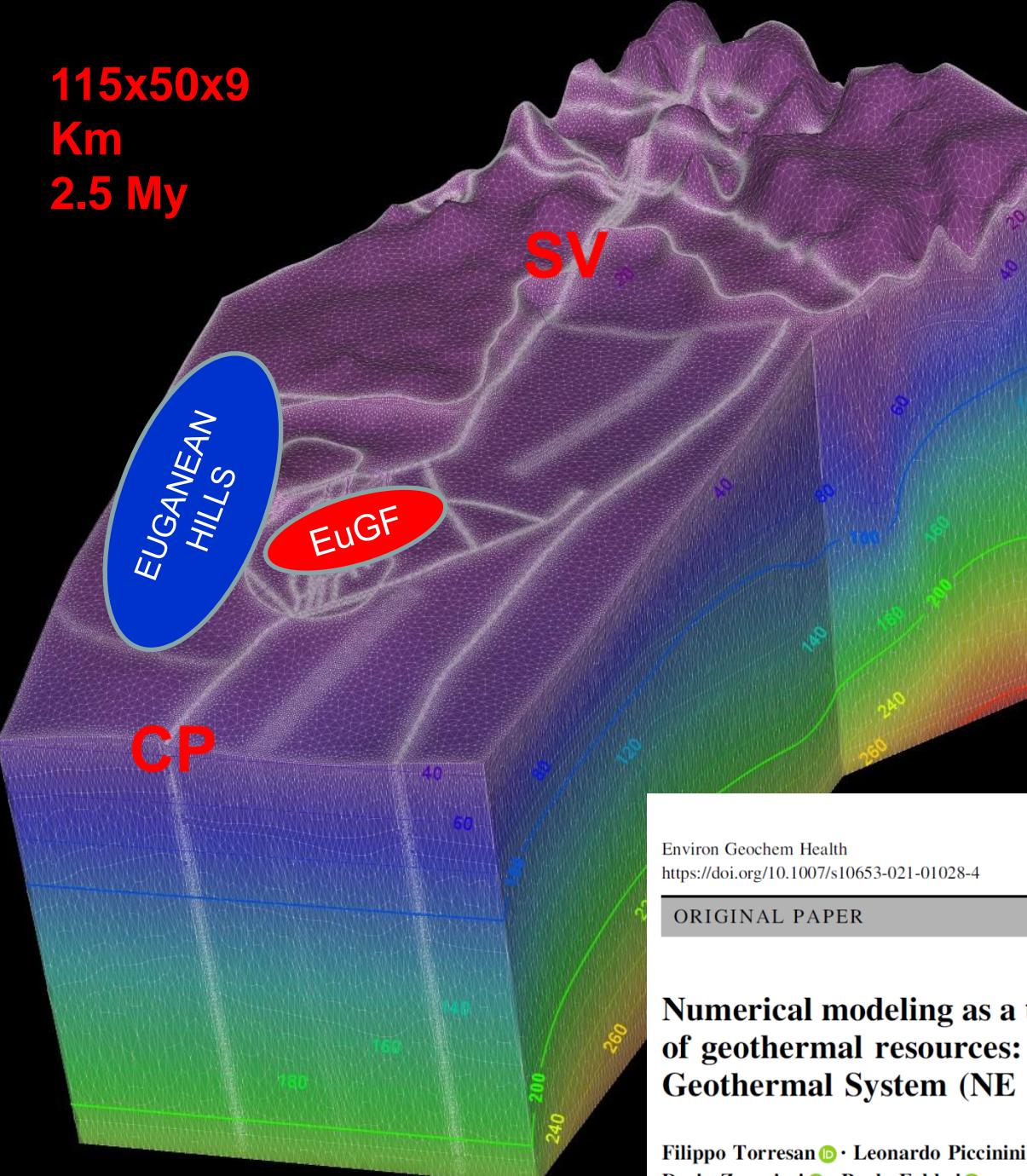
## Fault Control on a Thermal Anomaly: Conceptual and Numerical Modeling of a Low-Temperature Geothermal System in the Southern Alps Foreland Basin (NE Italy)

Marco Pola<sup>1</sup>, Mauro Cacace<sup>2</sup>, Paolo Fabbri<sup>3,4</sup>, Leonardo Piccinini<sup>3,4</sup>, Dario Zampieri<sup>3,4</sup>, and Filippo Torresan<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Croatian Geological Survey, Zagreb, Croatia. <sup>2</sup>Helmholtz Centre Potsdam, GFZ German Research Centre for Geosciences, Telegrafenberg, Potsdam, Germany. <sup>3</sup>Department of Geosciences, Università degli Studi di Padova, Padova, Italy. <sup>4</sup>Geothermal System Hydrostructures (GSH), Interdepartmental Centre "Giorgio Levi Cases" for Energy Economics and Technology, Università degli Studi di Padova, Padova, Italy



115x50x9  
Km  
2.5 My



Environ Geochem Health  
<https://doi.org/10.1007/s10653-021-01028-4>

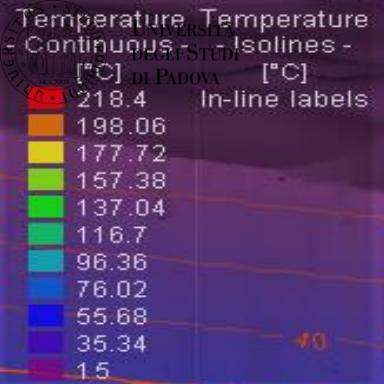
ORIGINAL PAPER

2022

## Numerical modeling as a tool for evaluating the renewability of geothermal resources: the case study of the Euganean Geothermal System (NE Italy)

Filippo Torresan · Leonardo Piccinini · Mauro Cacace · Marco Pola · Dario Zampieri · Paolo Fabbri

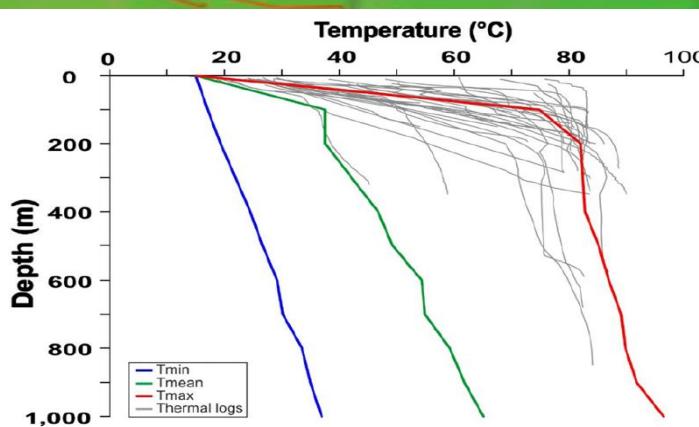




EuGF



UNIVERSITÀ  
DEGLI STUDI  
DI PADOVA



RENEWABILITY



# AL CORTESE LEGGITORE.

DEI BAGNI  
DI ABANO  
TRATTATO  
DEL DOTTOR  
SALVATOR MANDRUZZATO  
DELL'ACADEMIA DI LETTERE, SCIENZE,  
ED ARTI DI PADOVA  
PARTE PRIMA.



PADOVA CICLOCCCLXXXIX.  
PER GIOVAMBATTISTA, E FIGLI PENADA  
CON LICENZA DE' SUPERIORI.

Q.1405.



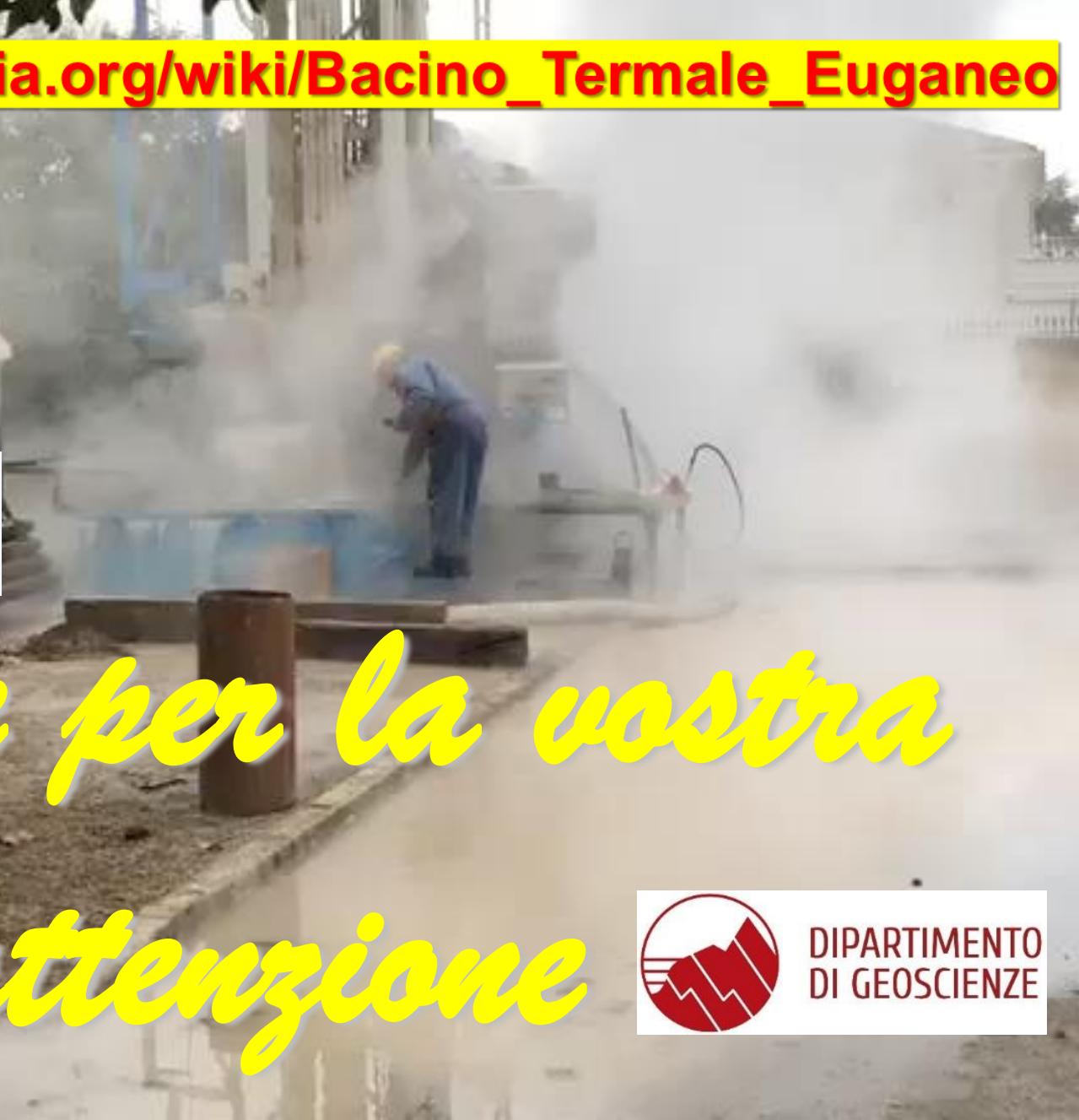
*E* Così universale il costume di dare i caratteri d'importanza alle cose le più triviali, e comuni che, se per avventura succede che talora una ne comparisca alla luce veramente utile, ed importante, ella può essere di leggieri o non curata o riputata degna della sorte dell'altre da chi stanco di avere perduto inutilmente il suo tempo non si ferma alcun poco a considerarla.

1789



# QUESTO è IL NOSTRO TESORO

[https://it.wikipedia.org/wiki/Bacino\\_Termale\\_Euganeo](https://it.wikipedia.org/wiki/Bacino_Termale_Euganeo)



Grazie per la vostra  
attenzione



UNIVERSITÀ  
DEGLI STUDI  
DI PADOVA



DIPARTIMENTO  
DI GEOSCIENZE