



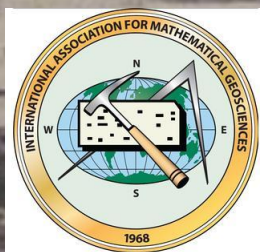
LXIV Corso Nazionale di Formazione per Insegnanti  
20 Aprile 2024  
Montegrotto Terme (PD)

# 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*



DIPARTIMENTO  
DI GEOSCIENZE



UNIVERSITÀ  
DEGLI STUDI  
DI PADOVA





# RISPONDIAMO A QUESTE DOMANDE

**Perchè c'è il calore terrestre**



**Cos'è un Sistema Geotermico**

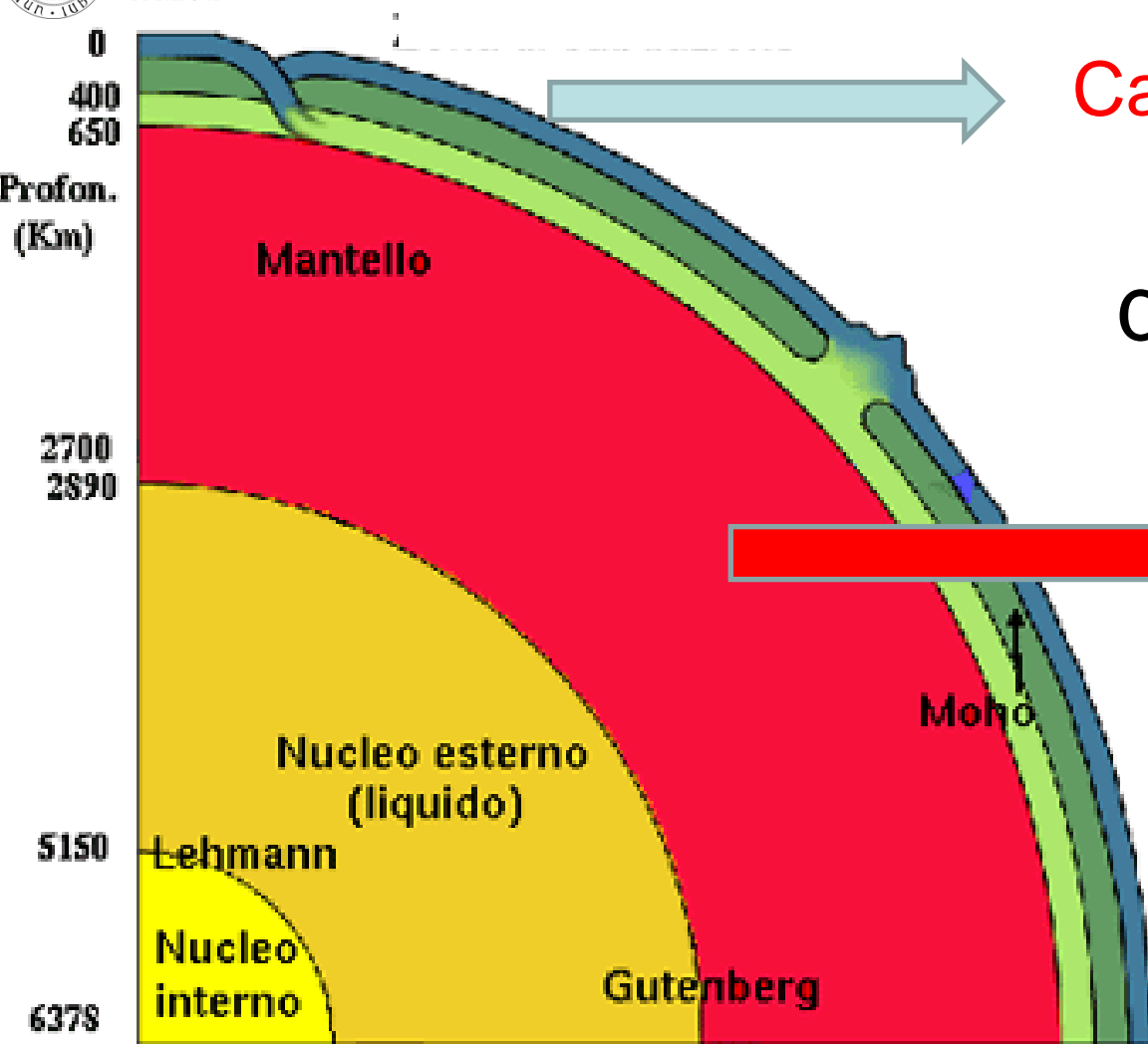


**Come si è sviluppato nel tempo  
il pensiero scientifico sul  
CALORE delle acque euganee**



**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**

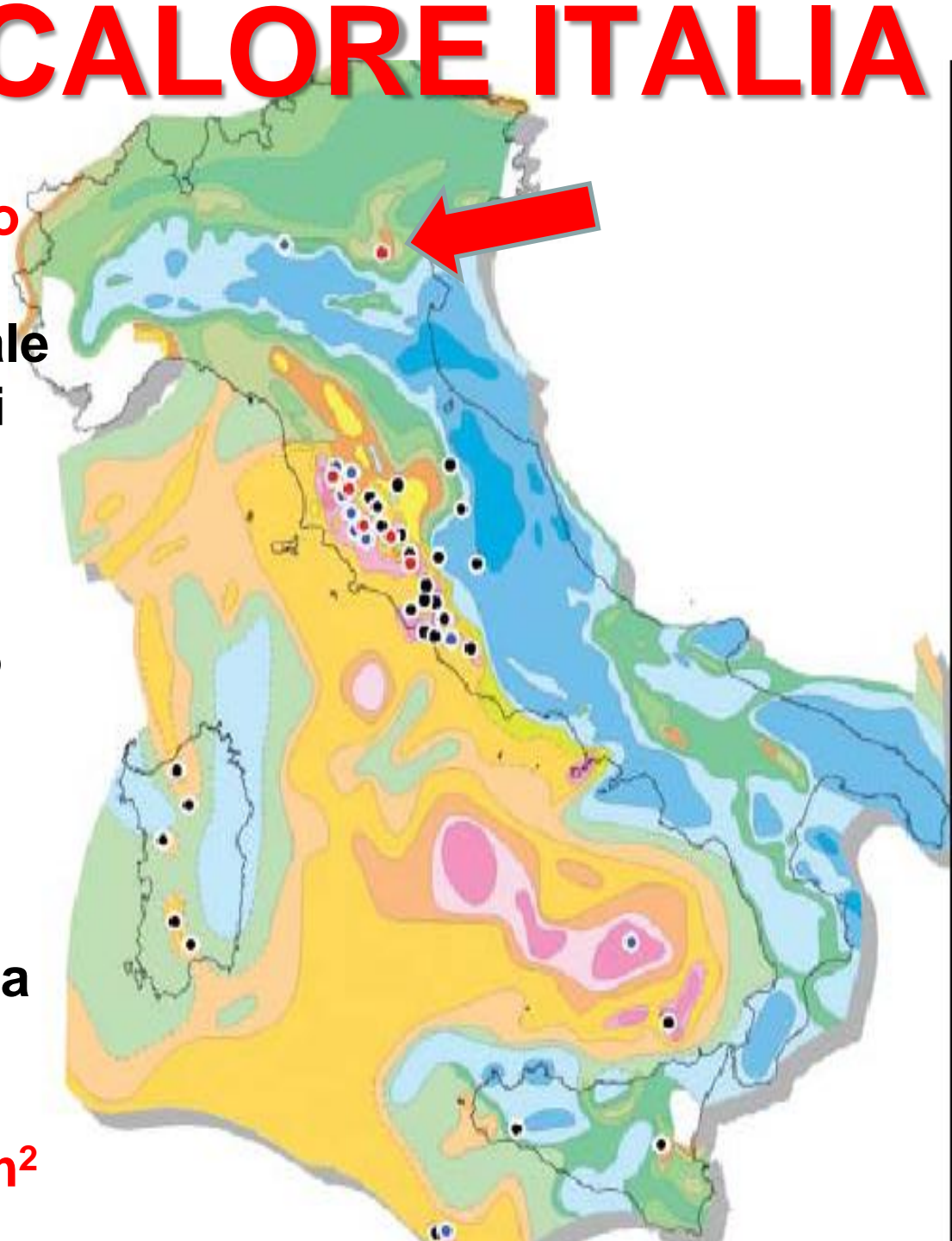
**$100 \text{ a } 450 \text{ mW/m}^2$**

**Moderati valori di flusso**

**( $100 \div 150 \text{ mW/m}^2$ ) si**

**trovano nel Canale di Sicilia ed in Sardegna**

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





# 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

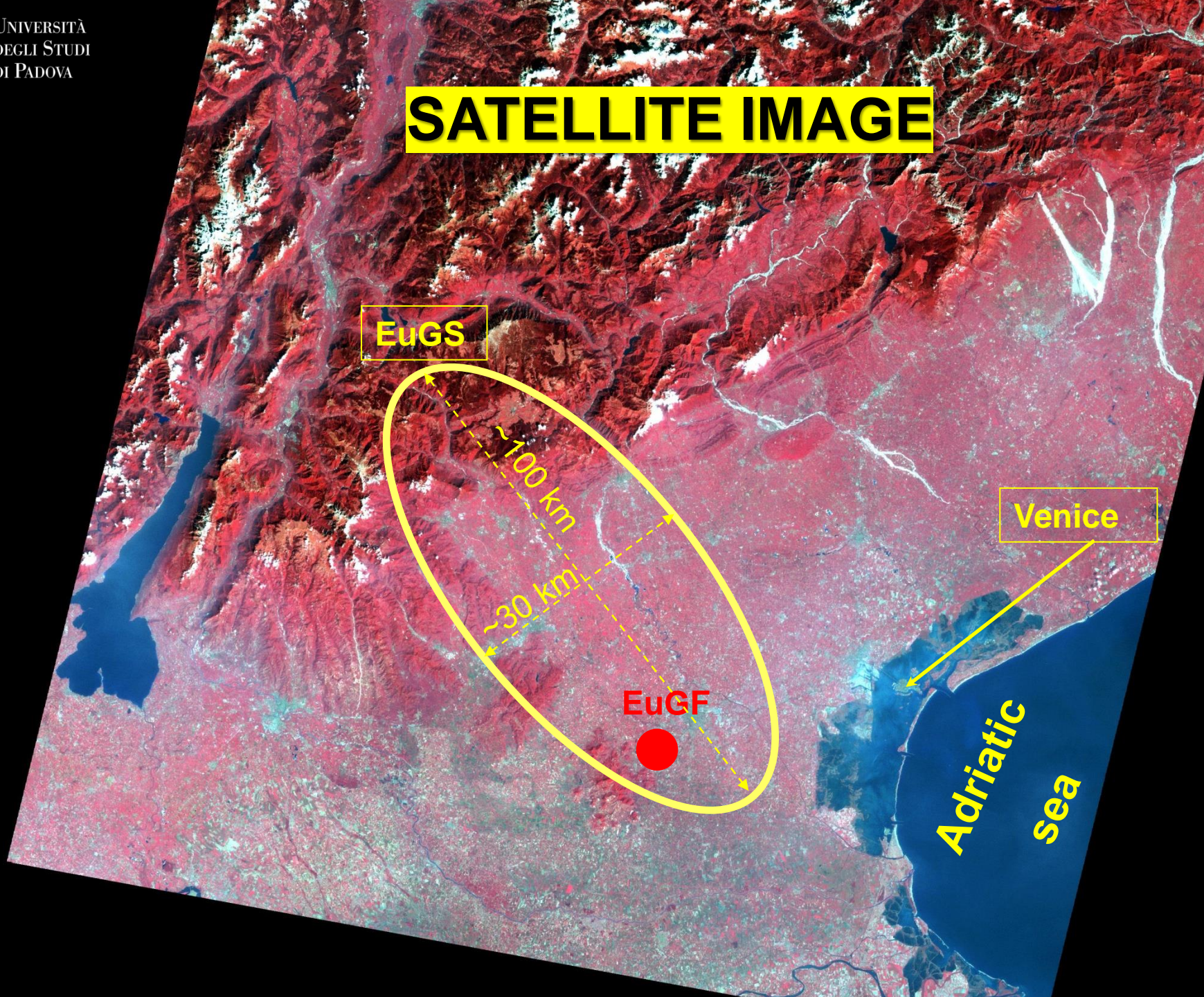
*Flusso geotermico anomalo* (camera), i fluidi non devono raggiungere di grandi profondità ( e.g. **Larderello**)

**Vapore dominante**





# SATELLITE IMAGE







# GEOLOGICAL MODEL

Quaternary

Eocene - Miocene

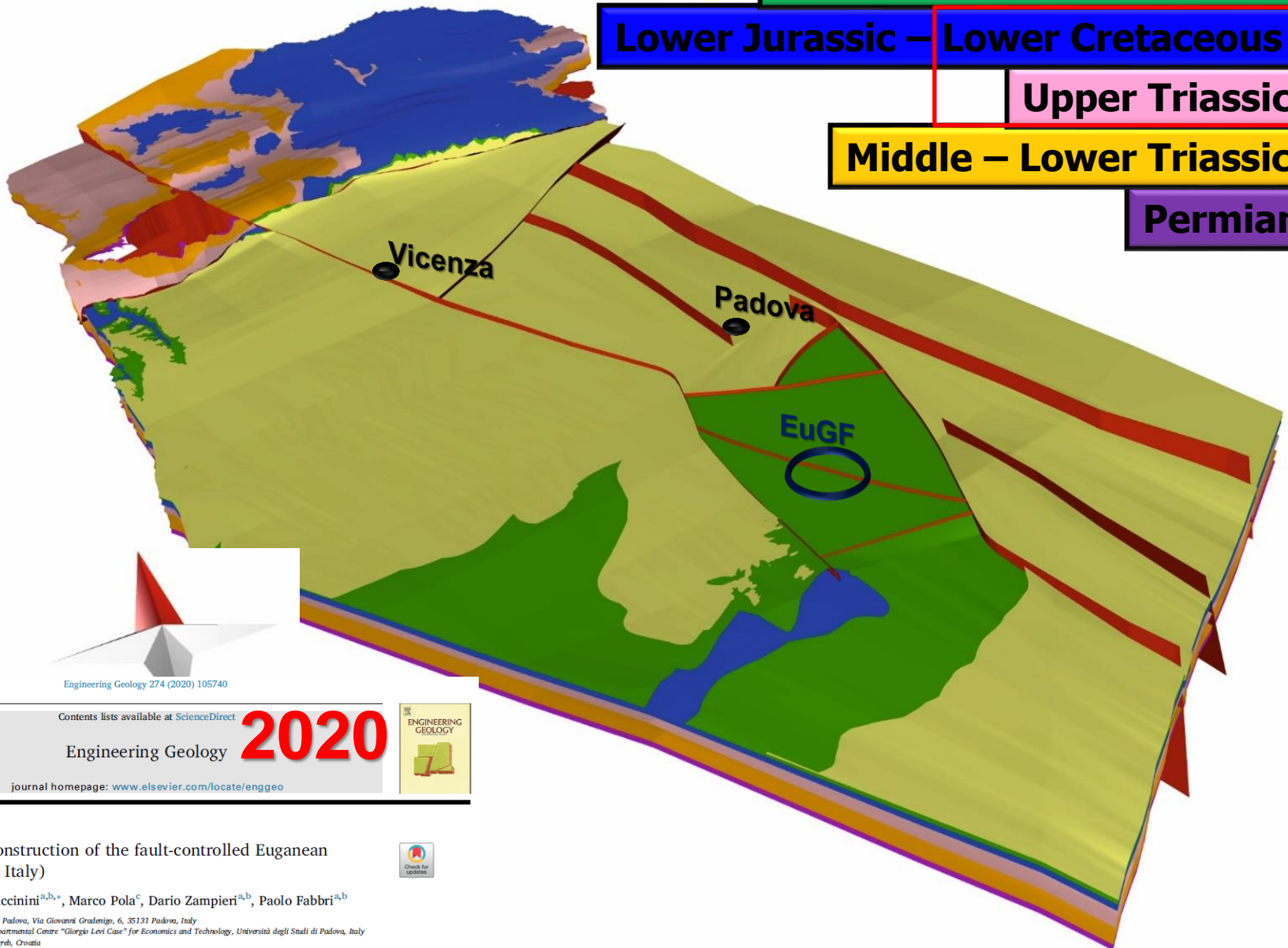
Upper Cretaceous - Eocene

Lower Jurassic – Lower Cretaceous

Upper Triassic

Middle – Lower Triassic

Permian



Engineering Geology 274 (2020) 105740

Contents lists available at ScienceDirect

Engineering Geology

2020

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



3D hydrogeological reconstruction of the fault-controlled Eugean 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 Dardenigo, 6, 35131 Padova, Italy

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

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



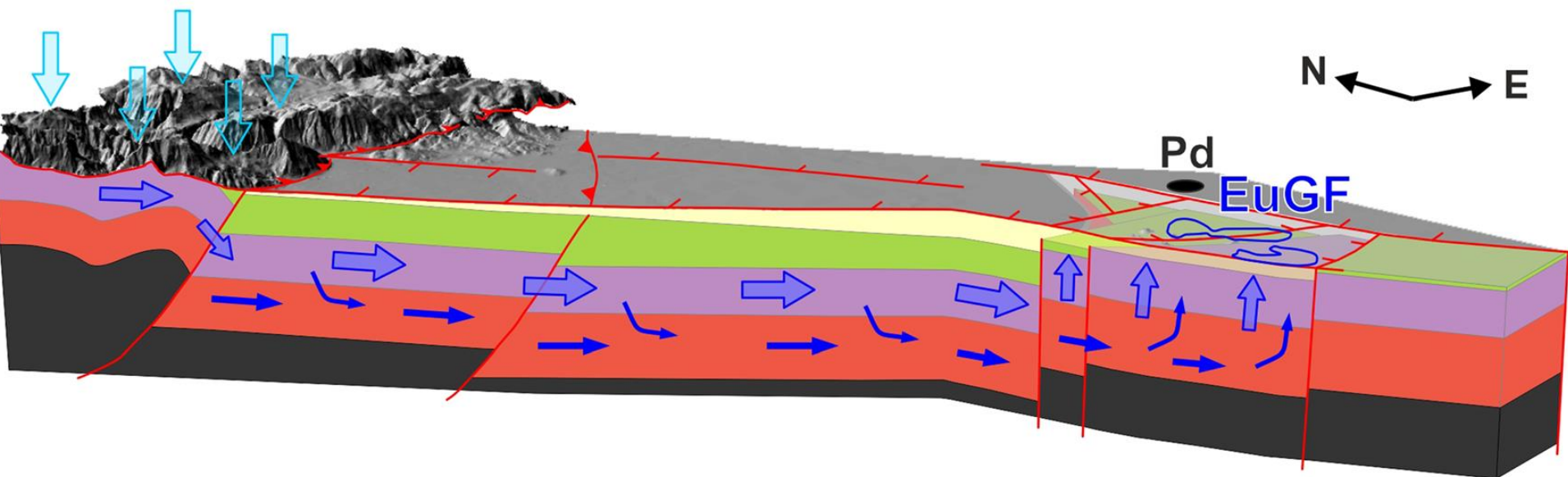
# ***Euganean Geothermal System CONCEPTUAL MODEL***

## **Legend**

- Pliocene - Pleistocene
- Early Cretaceous - Miocene
- Late Triassic - Early Cretaceous

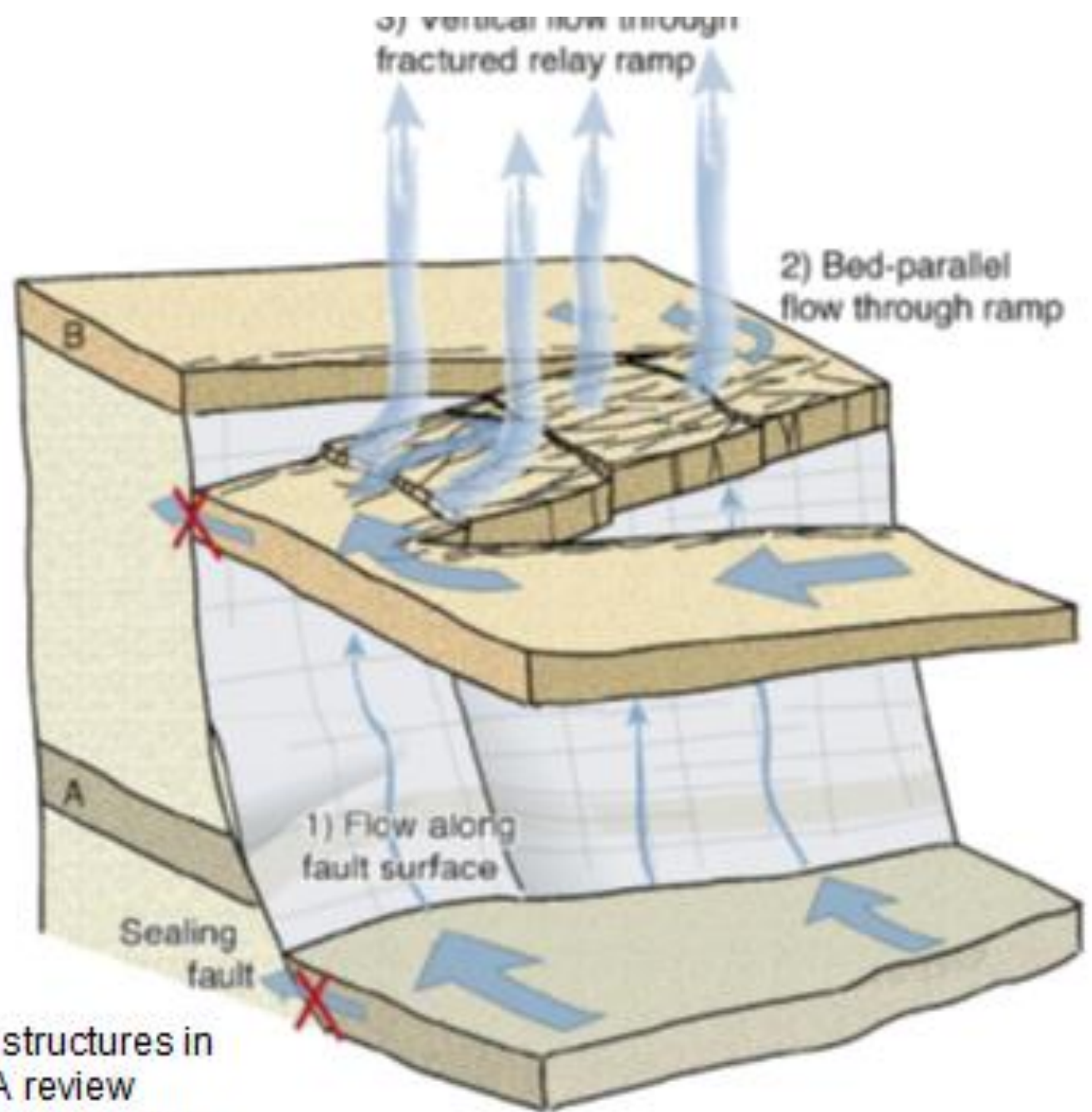
- Early Permian - Middle Triassic
- pre - Permian
- High angle fault
- Thrust fault

- Precipitation
- Principal fluid flow
- 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 Rotevatn a





*Abano Terme - Stabimento Orologio*



# TERME D'ABANO

SOCIETÀ ANONIMA



CONCESSIONARIA ESCLUSIVA:

**SORGENTE MONTIRONE**

(87° CENT.)

APRILE - NOVEMBRE

**GRANDI STABILIMENTI**

HÔTELS:

## ROYAL-OROLOGIO

PENSIONI DA L. **45** A L. **58**

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

_____ Giorni successivi	{	con cura .. .. . da L.	<b>65</b> a L.	<b>75</b>
		senza cura .. .. . da L.	<b>52</b> a L.	<b>60</b>

## SAVOIA-TODESCHINI

PENSIONI DA L. **36** A L. **44**

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

_____ Giorni successivi	{	con cura .. .. . da L.	<b>58</b> a L.	<b>63</b>
		senza cura .. .. . da L.	<b>45</b> a L.	<b>50</b>





pag. 1. A

S. Daniele

Monti Euganei

Monte Arton

Pragia

La Fontega

Ostena

BAGNI DE ABANO

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



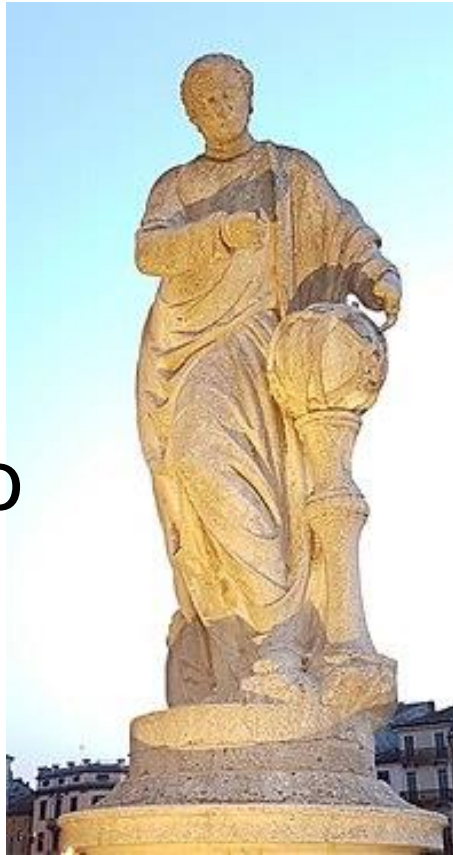
Il cratere gassoso **Darvaza** (Turkmenistan) noto anche come **Porta dell'Inferno** o **Cancelli degli Inferi**



# 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 Patavini  
consideratio,  
Ad magistrum Iacobum Vicentinum.



Vanquam vir egregie & amice præci-  
pue, eo semper in te animo fui, ut quic-  
quid facultatis in me esset, si quid mo-  
do esse aliquando contigisset, id to-  
tum ad voluntatem tuam conferre atque accom-  
modare desiderarem: tamen id præstare non-  
dum potui, ac ne tentavi quidem. Neque ta-  
men est, quod putes me obliuisci aut posse, aut, si  
possim, velle veteris illius nostræ sodalitatis &  
suauissimæ consuetudinis: quam studiorum simi-  
litudo tum conciliavit, cum ad easdem artes ac fa-  
cultates pariter contenderemus, ac plerumque eo-  
dem etiam magistro uteremur: totamque discipli-  
næ scholasticæ militiam atque adeo etiam vigiliarum  
labores unâ perferremus. Huc accedit quod ami-  
citæ honestissimis de causis initæ, tam constans

lux cœlesti-  
rit, mentem  
dem ut vult  
te possim  
quod magis  
me tam a  
rem fore  
magna in  
leuissimam  
bi fore, si  
ac dilucida  
scēda ingre-

Hęc  
tionis no-  
stulare, to-  
ctatum f  
tato exp  
dum & d  
peditiore



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**, giudicando che l'azione di questa potesse contribuire alla formazione del fenomeno.

1789

DEI BAGNI

DI ABANO

TRATTATO

DEL DOTTOR

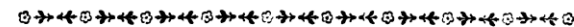
SALVATOR MANDRUZZATO

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

PARTI PRIMA.



PADOVA CIOICCLXXXIX.



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

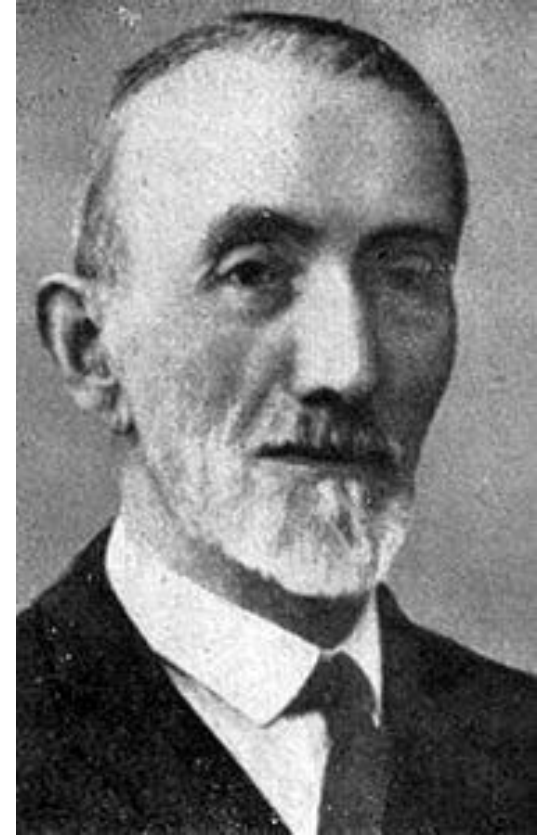
Q.1405.





## Luigi De Marchi nel 1927:

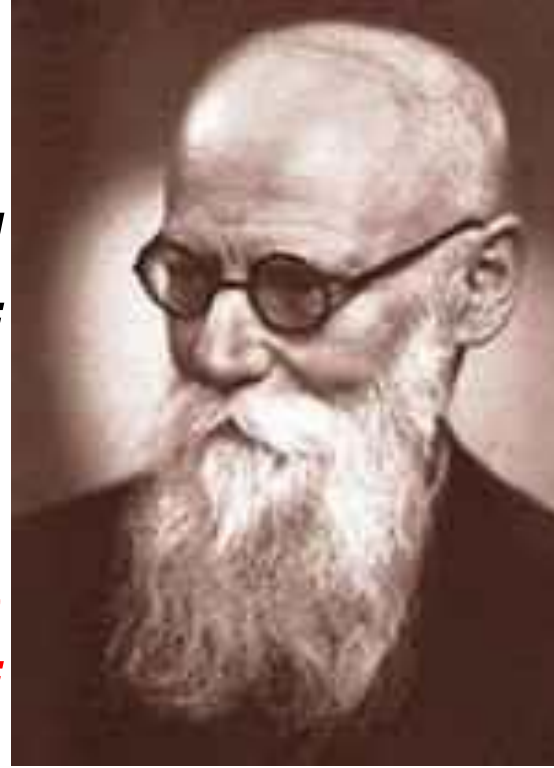
*"....Il processo di mineralizzazione e di alto riscaldamento dev'essere dovuto ad **emissione di gas, vapori, ed acqua ad altissima temperatura da fessure della roccia eruttiva** sottostante all'alluvione, lungo la base orientale dei colli Euganei..... Dobbiamo quindi ammettere l'esistenza, sotto il 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 vadoze, 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 intracrostali, 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

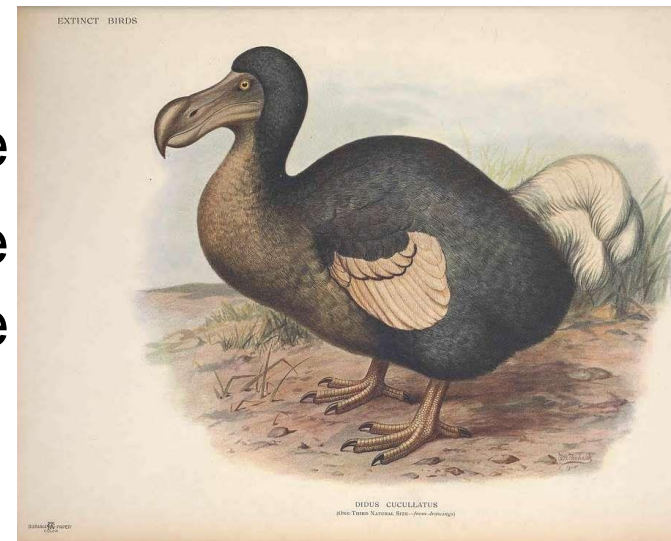
Beneo, E. 1963. Considerazioni sul Bacino Termale Euganeo. *Giornale di Geologia*, II serie, 31, 27-37, Bologna



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. SCHIESARO, 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. SBETTEGA  
(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



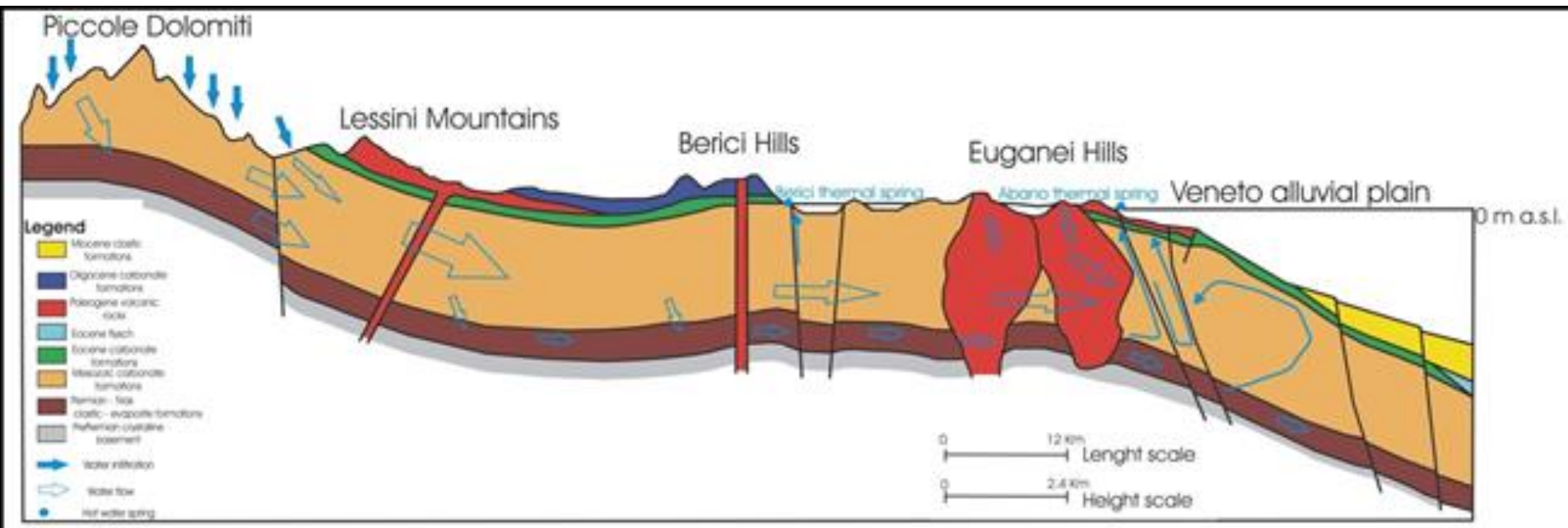
# MODELLO IDROGEOLOGICO DI CIRCUITO GEOTERMICO

(i) area di ricarica

(ii) un serbatoio permeabile nel sottosuolo

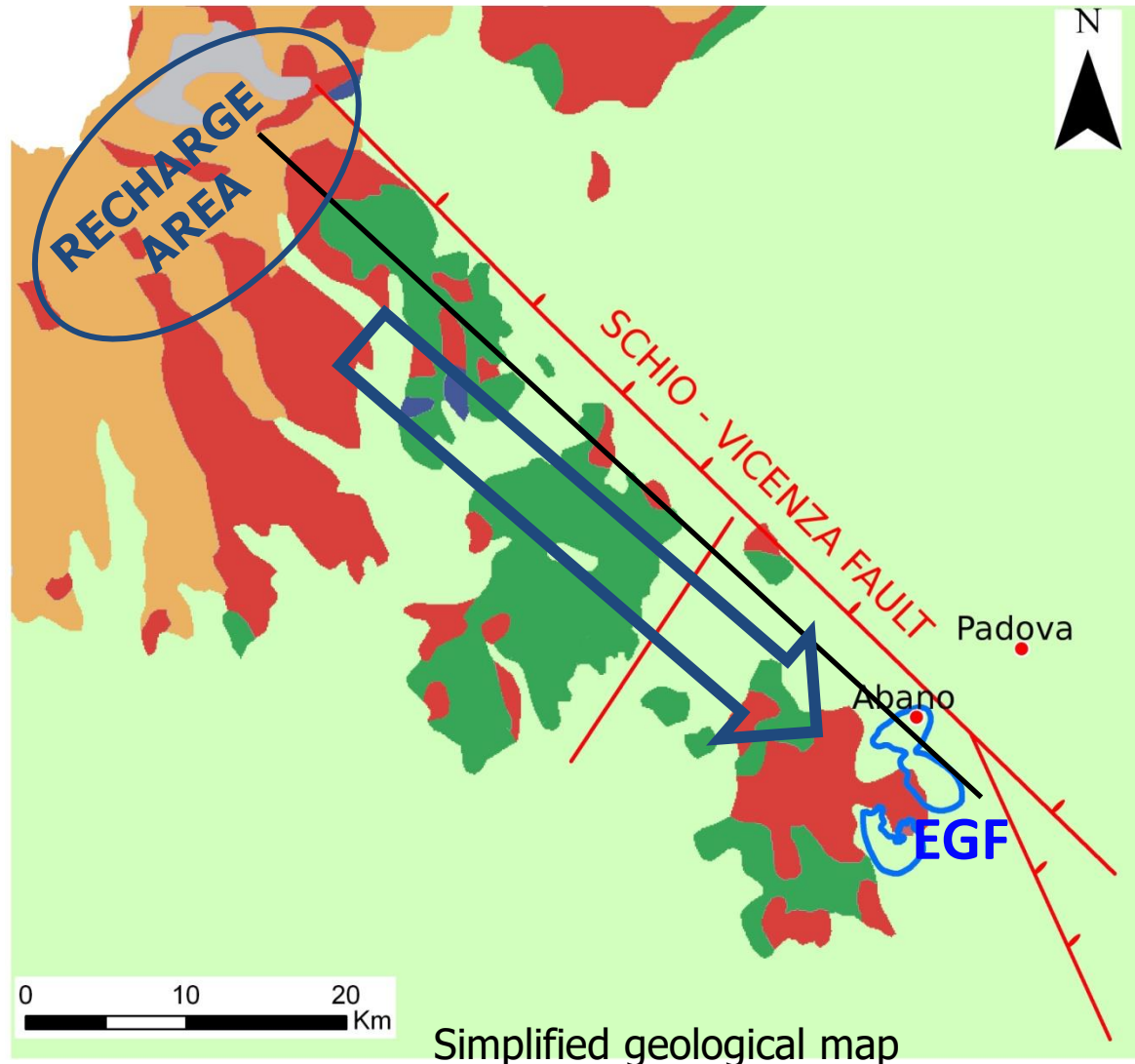
(iii) sorgente di calore

(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



A P O N U S 2

### LEGEND



*Silty clay*



*Sandy silt*



*Peaty layer*



*Medium-fine sand*



**Volcanic coarse debris**



### *Biancone formation*

Rosso ammonitico  
formation

*Calcarei grigi  
formation*



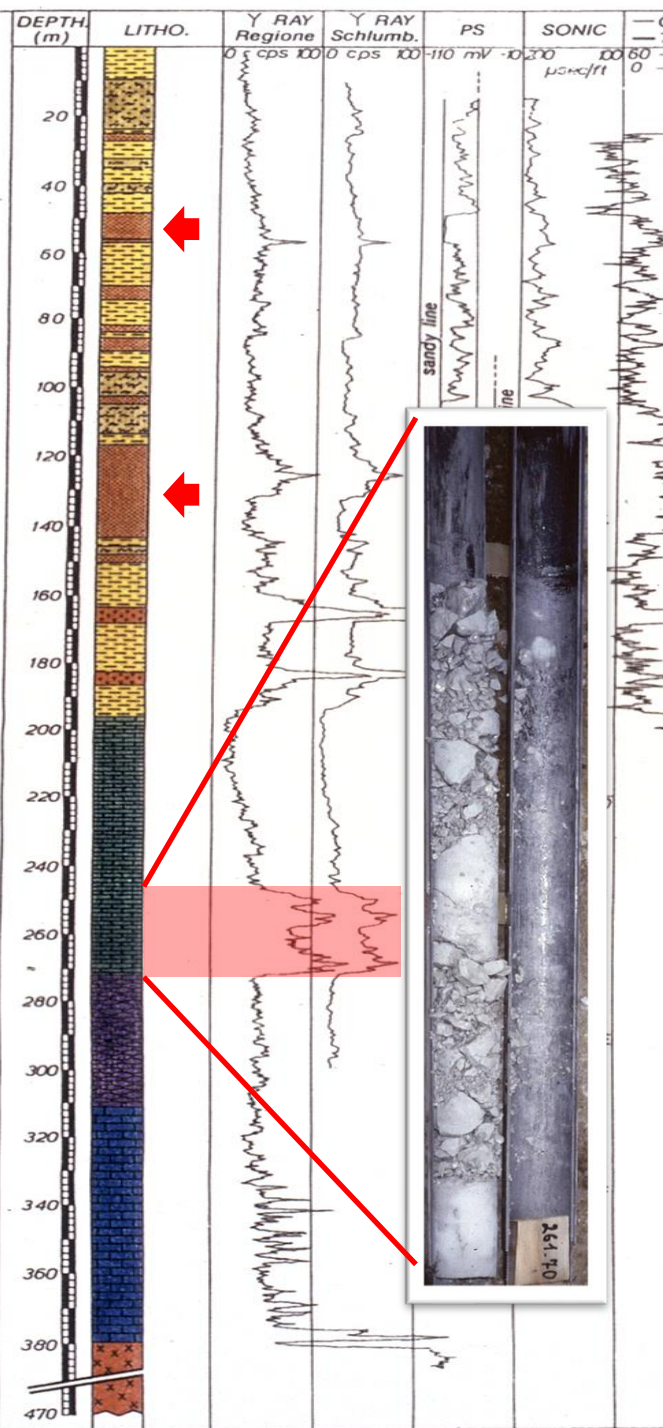
**Volcanics (trachites)**

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.

## APPLICAZIONI 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).

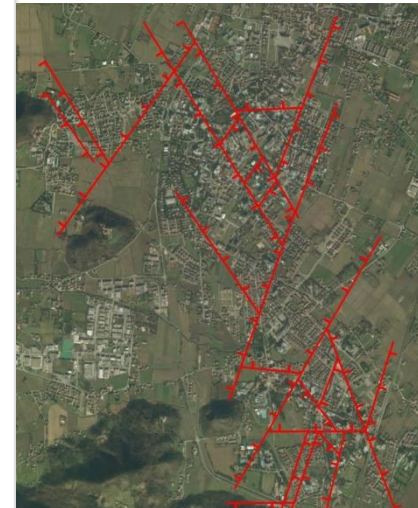
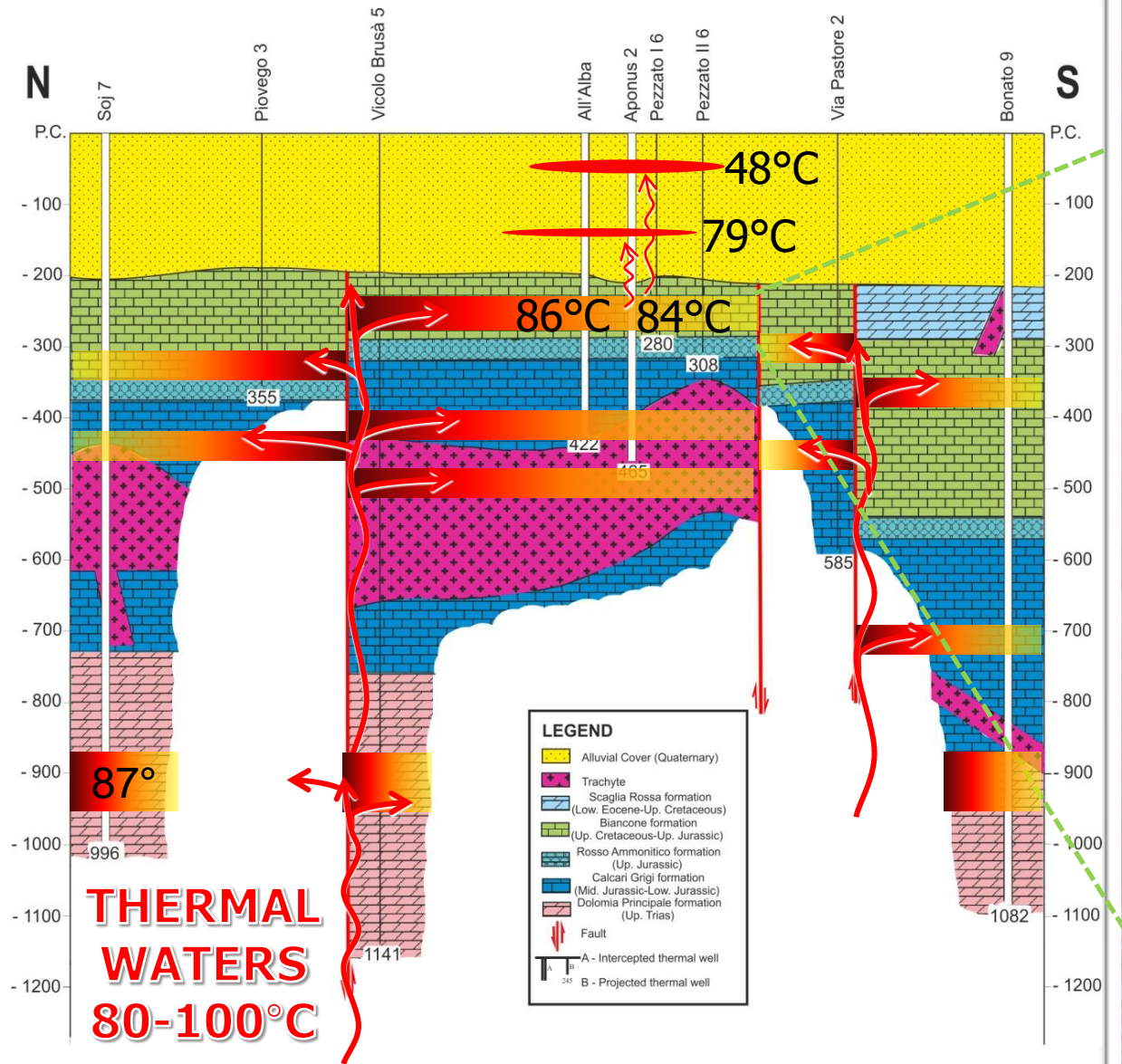








# Modello Campo Termale Euganeo

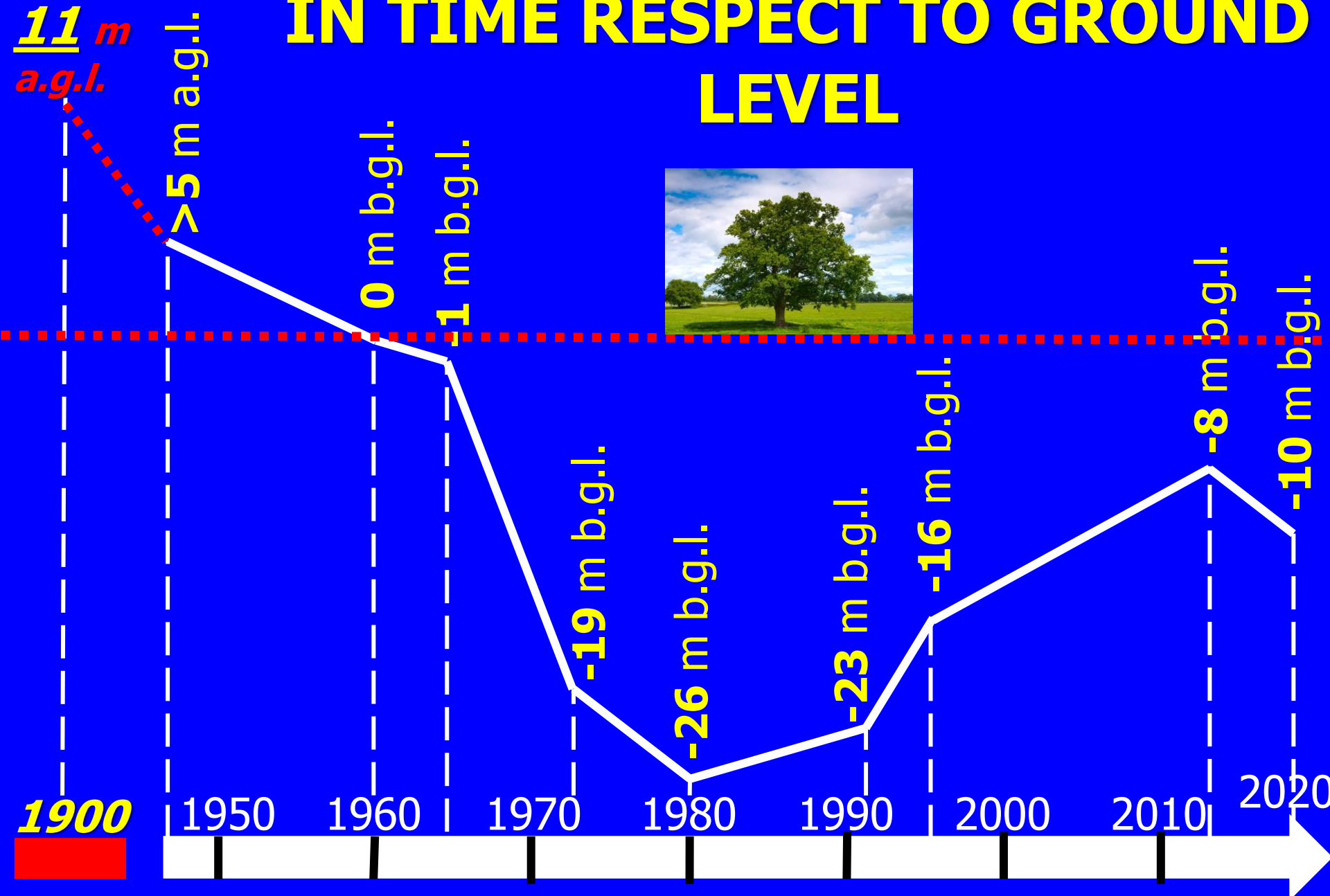




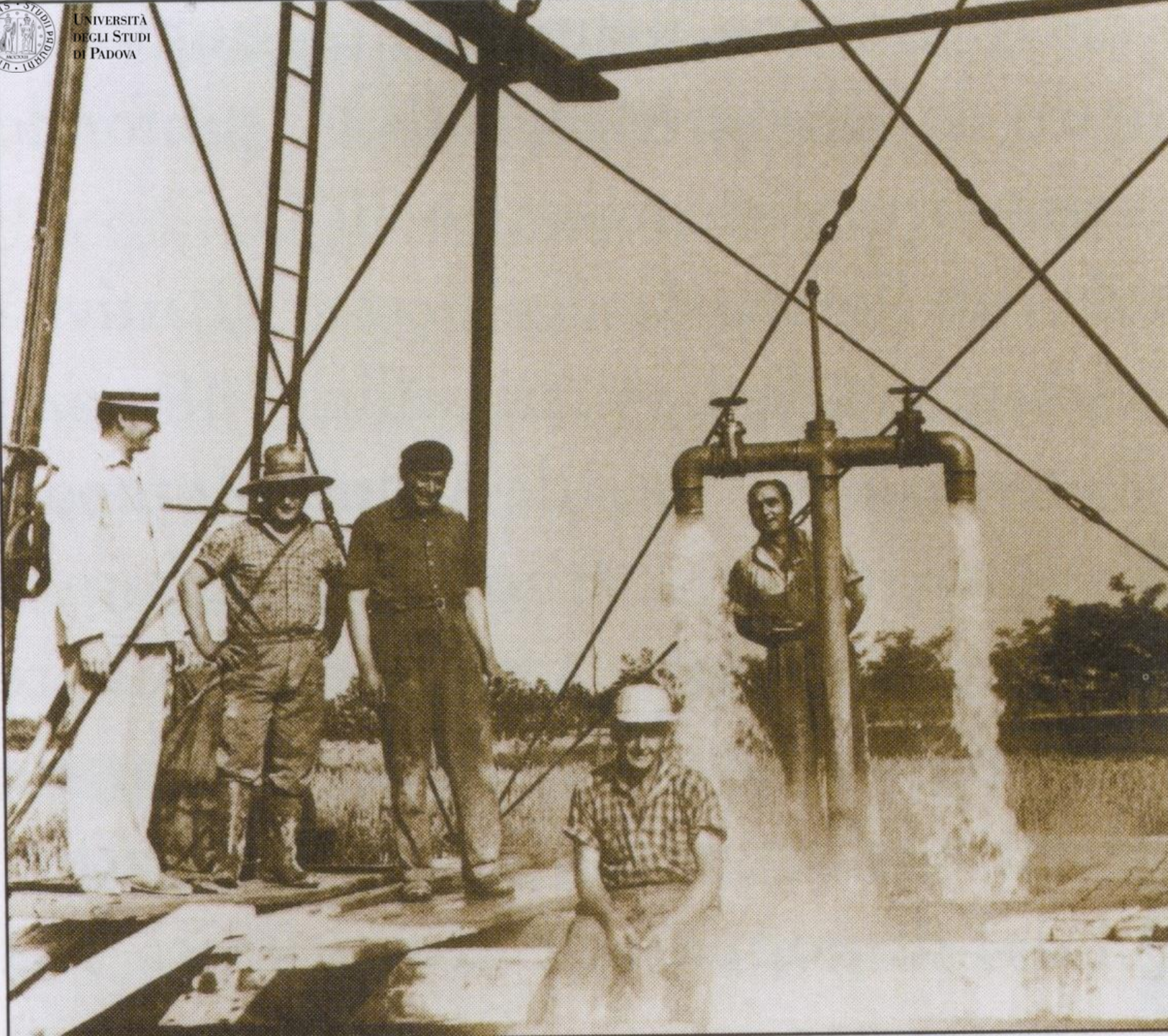


UNIVERSITÀ  
DEGLI STUDI  
DI PADOVA

# 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>

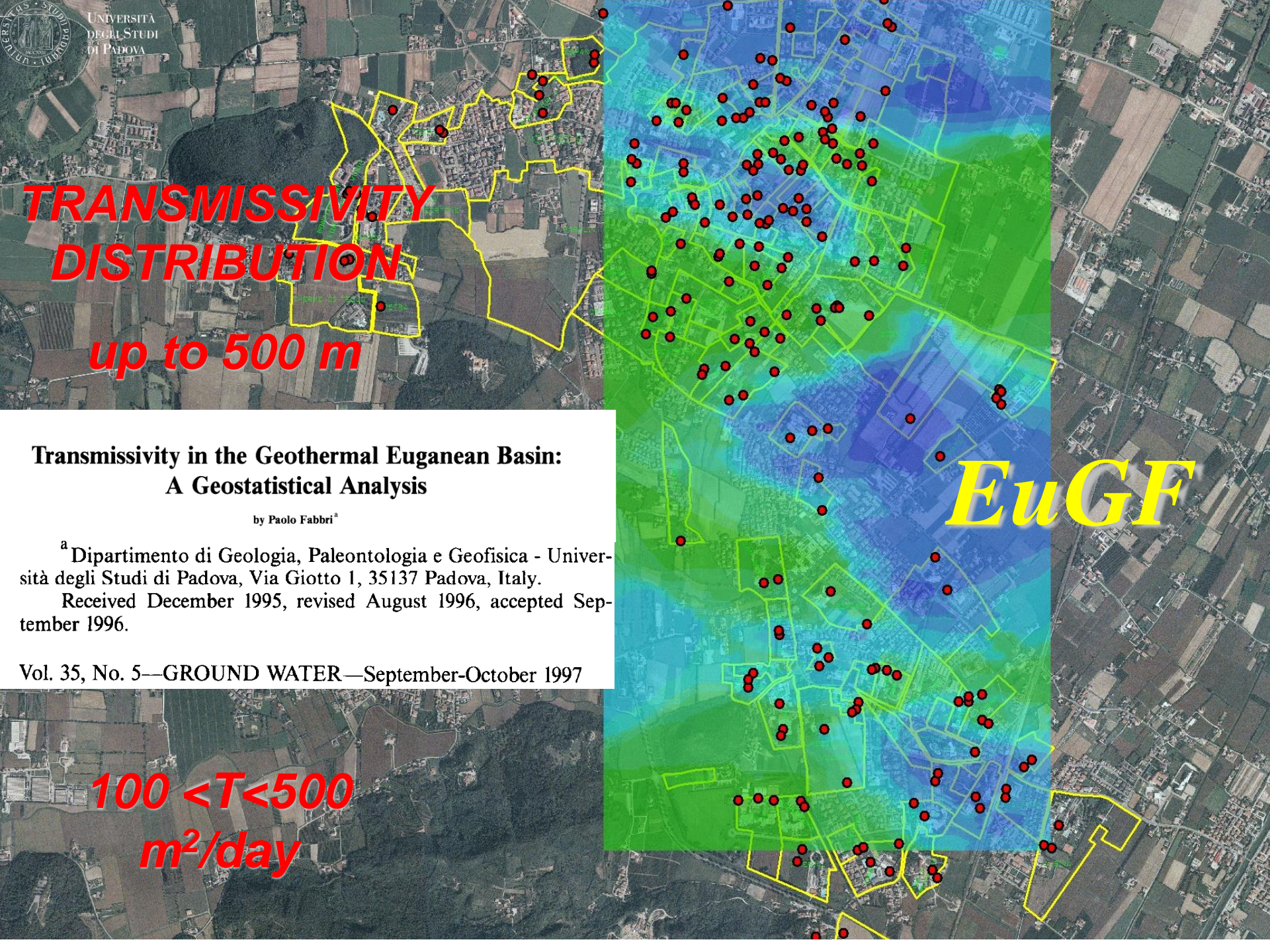
<sup>a</sup> Dipartimento di Geologia, Paleontologia e Geofisica - Università degli Studi di Padova, Via Giotto 1, 35137 Padova, Italy.

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

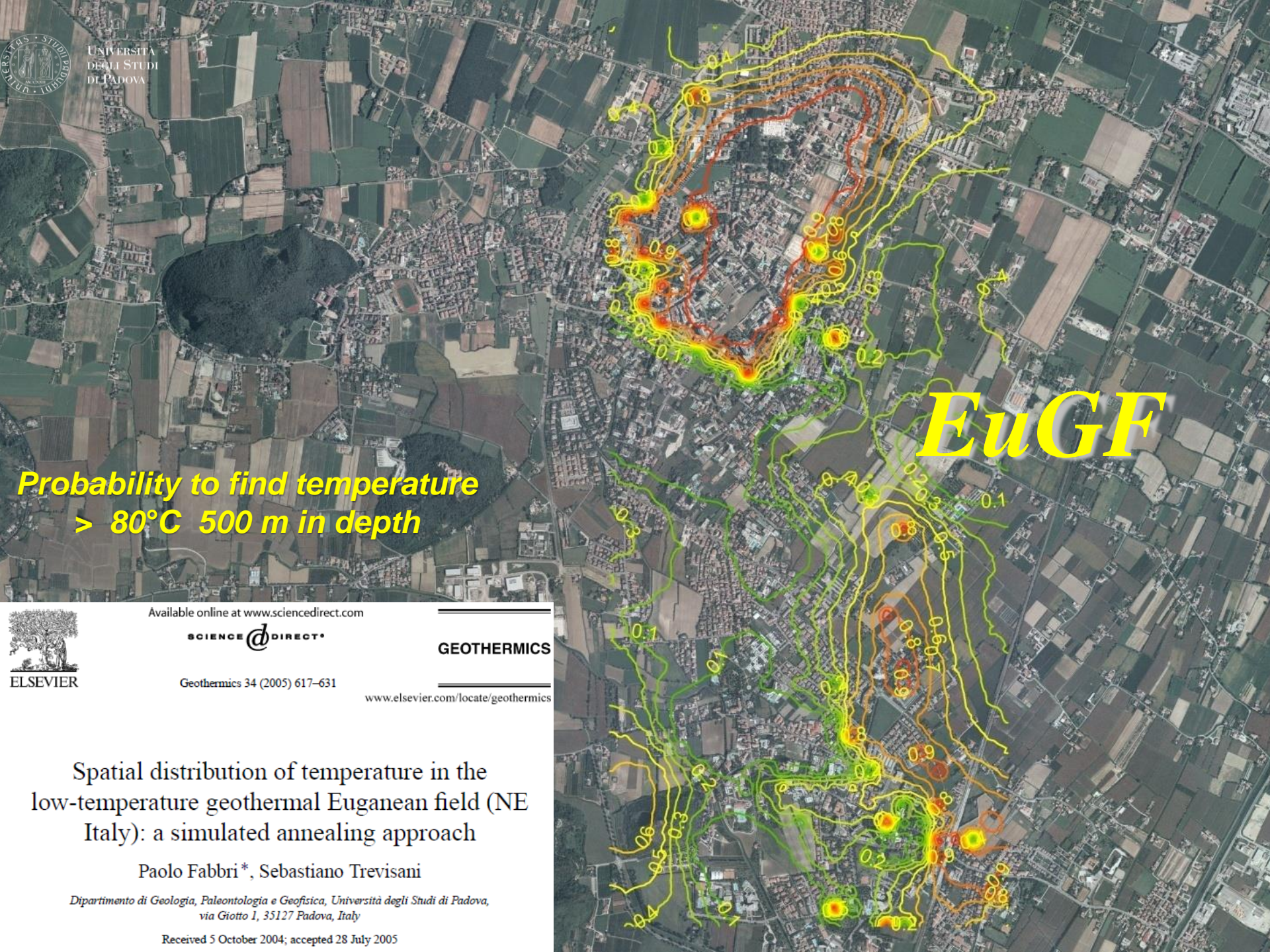
Vol. 35, No. 5—GROUND WATER—September-October 1997

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

***EuGF***







*EuGF*

*Probability to find temperature  
> 80°C 500 m in depth*

# Spatial distribution of temperature in the low-temperature geothermal Euganean field (NE Italy): a simulated annealing approach

Paolo Fabbri\*, Sebastiano Trevisani

Dipartimento di Geologia, Paleontologia e Geofisica, Università degli Studi di Padova,  
via Giotto 1, 35127 Padova, Italy

Received 5 October 2004; accepted 28 July 2005



# 2011 - 2020



UNIVERSITÀ  
DEGLI STUDI  
DI PADOVA



REGIONE DEL  
VENETO



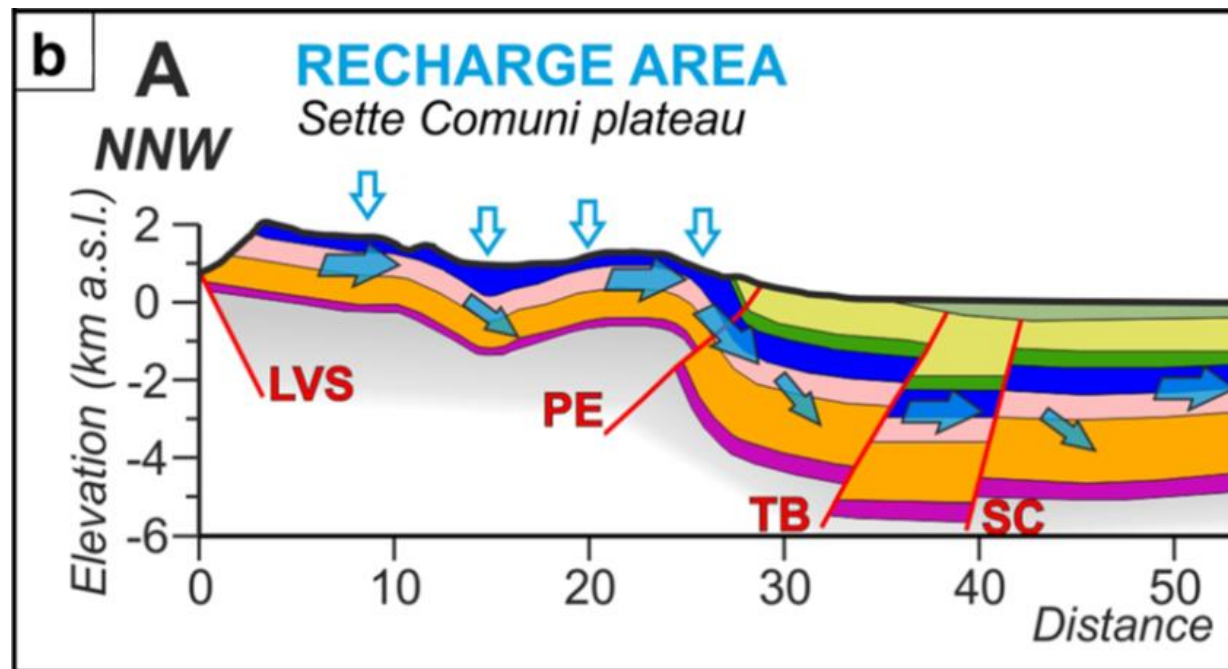
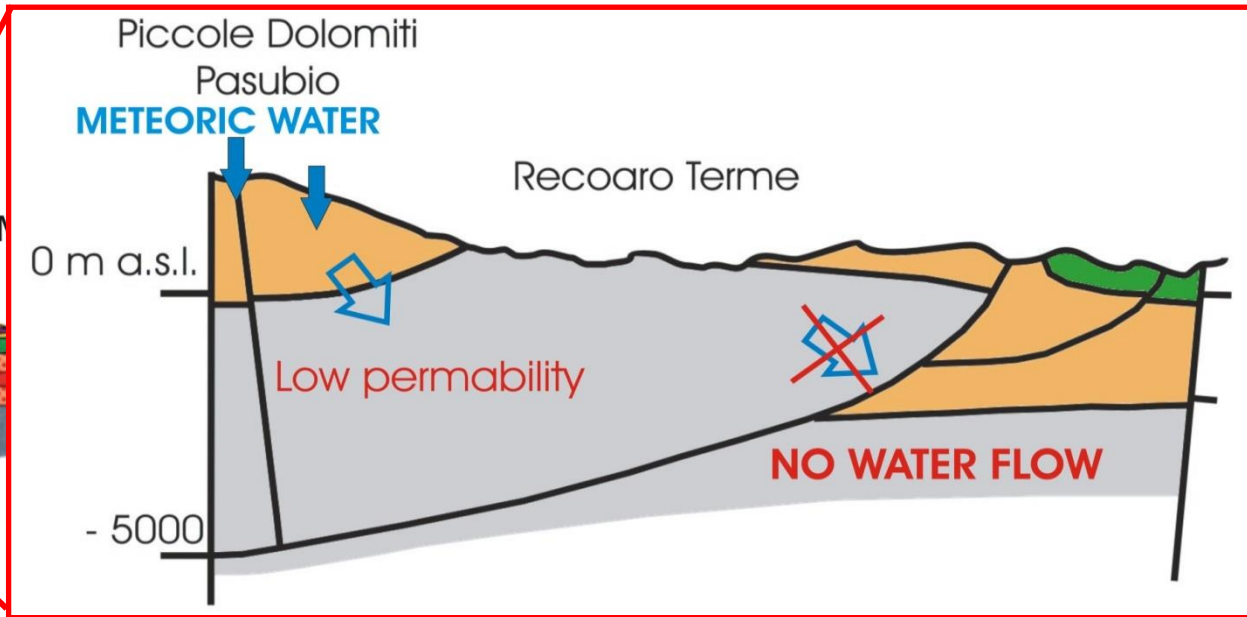
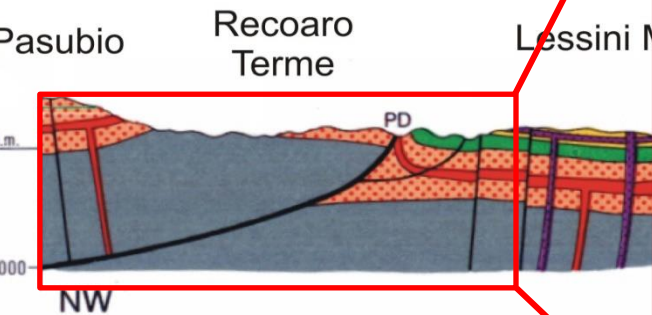
DIPARTIMENTO  
DI GEOSCIENZE



GESTIONE UNICA  
del Bacino Idrominerario Omogeneo dei Colli Euganei

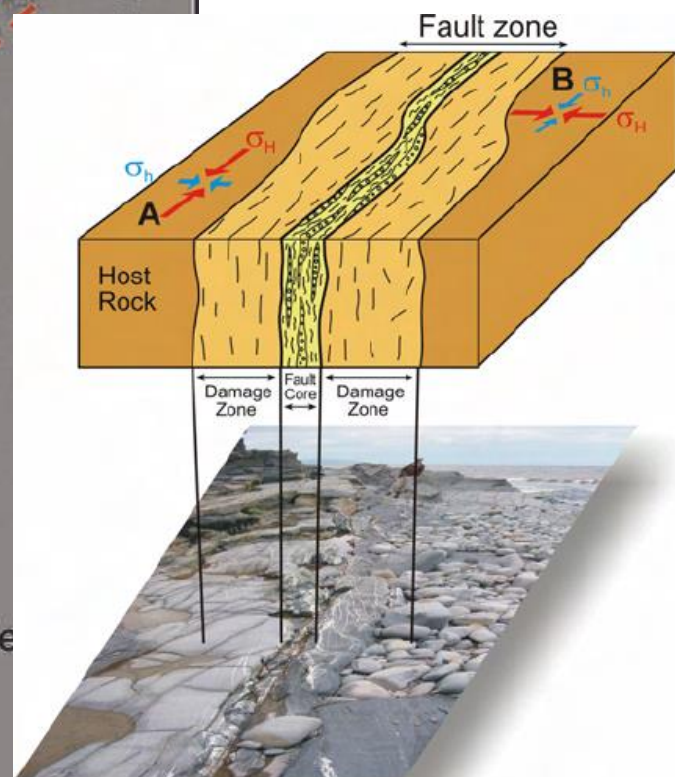
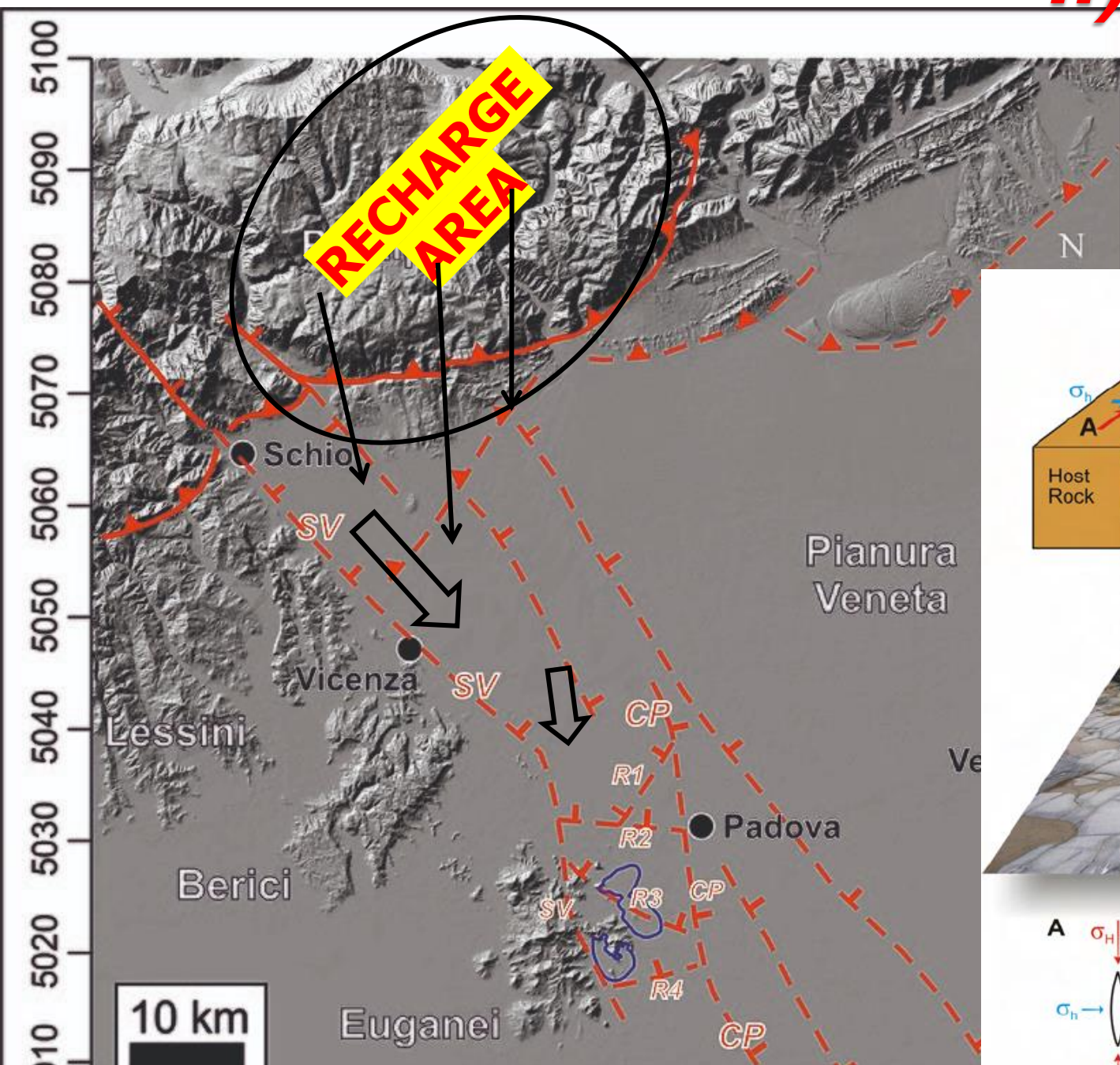
## **Nuovo modello idrogeologico concettuale del Sistema Geotermico Euganeo (EuGS)**

# *i) Area di ricarica*

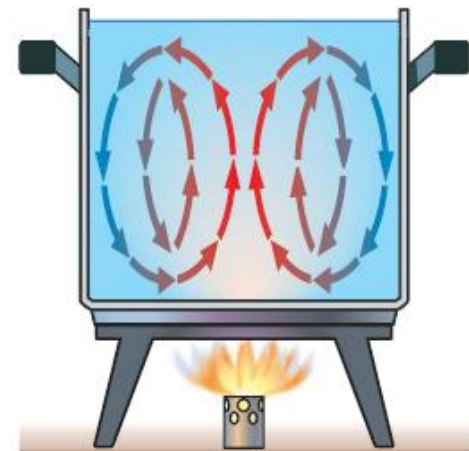
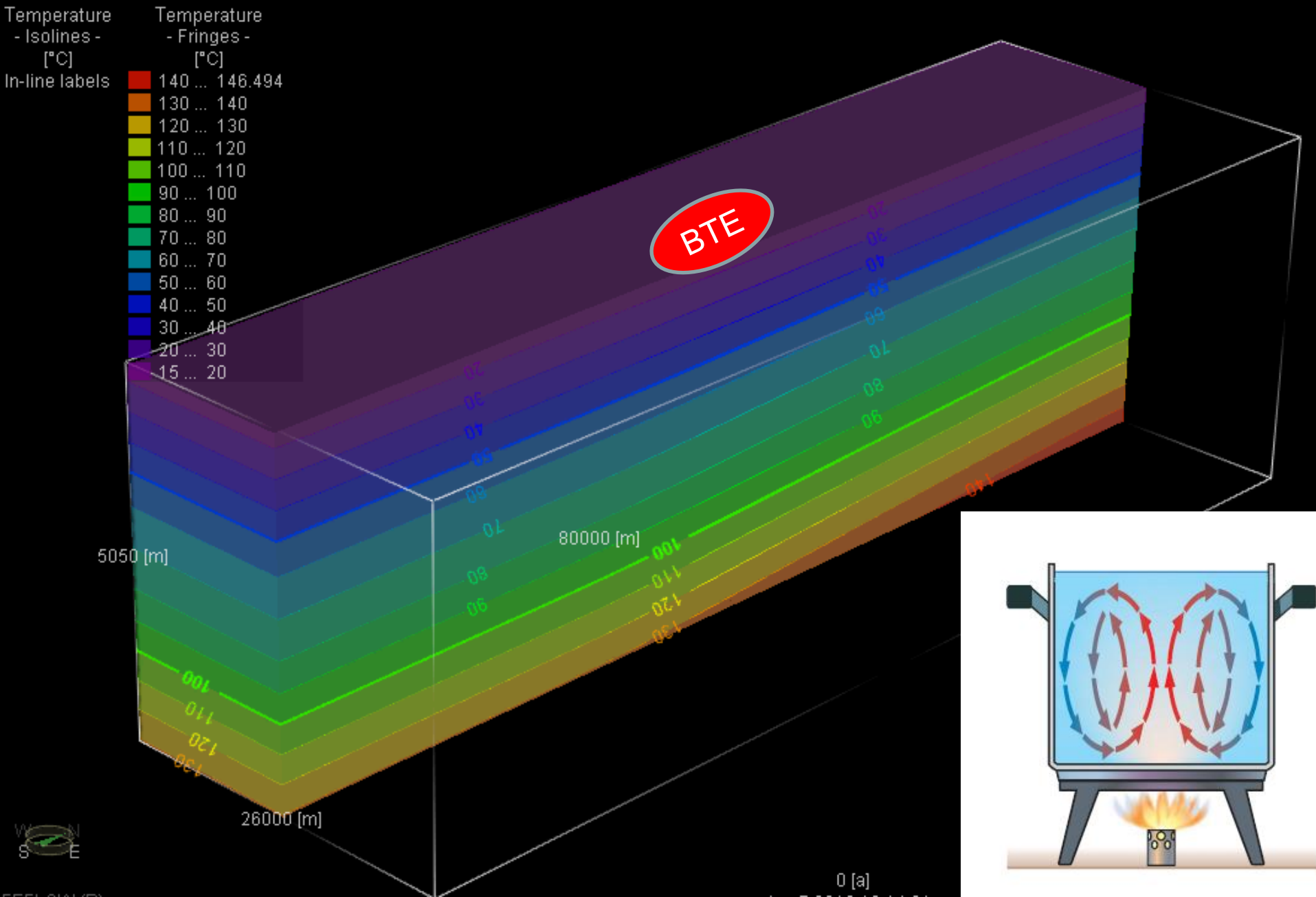




## ii) Serbatoio

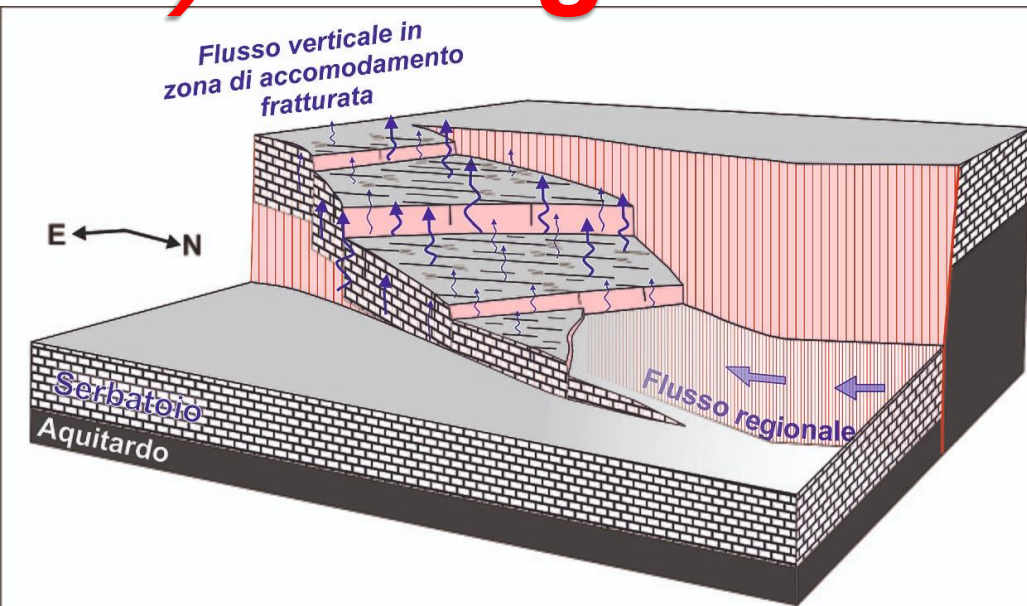


### iii) Fonte di calore

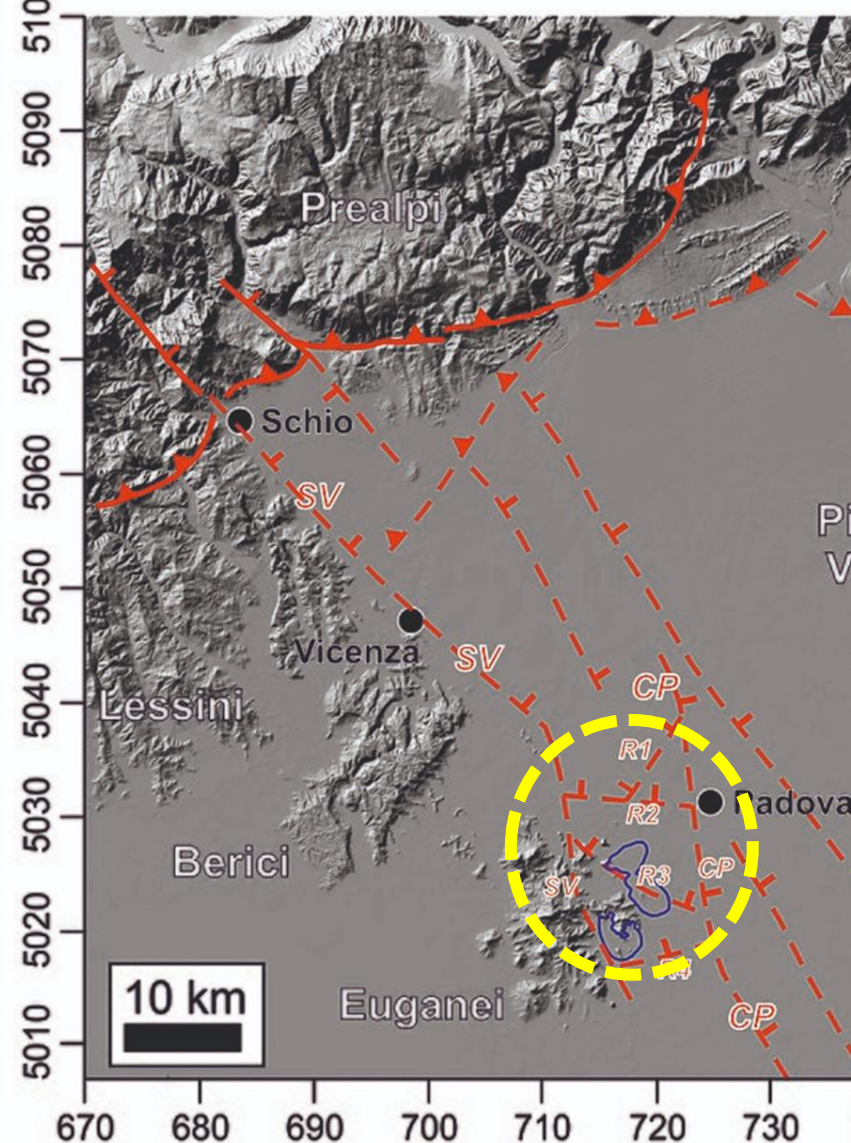




# iv) Emergenza



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 sepo
- Aree

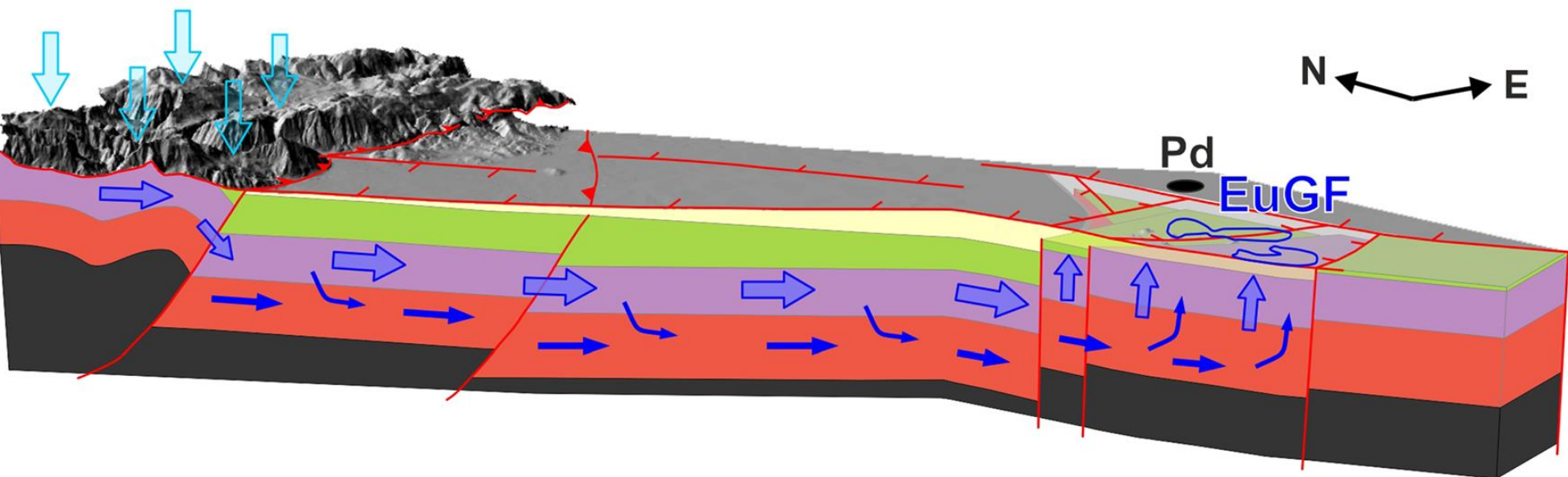
# ***Euganean Geothermal System CONCEPTUAL MODEL***

## **Legend**

- Pliocene - Pleistocene
- Early Cretaceous - Miocene
- Late Triassic - Early Cretaceous

- Early Permian - Middle Triassic
- pre - Permian
- High angle fault
- Thrust fault

- Precipitation
- Principal fluid flow
- Secondary fluid flow



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

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



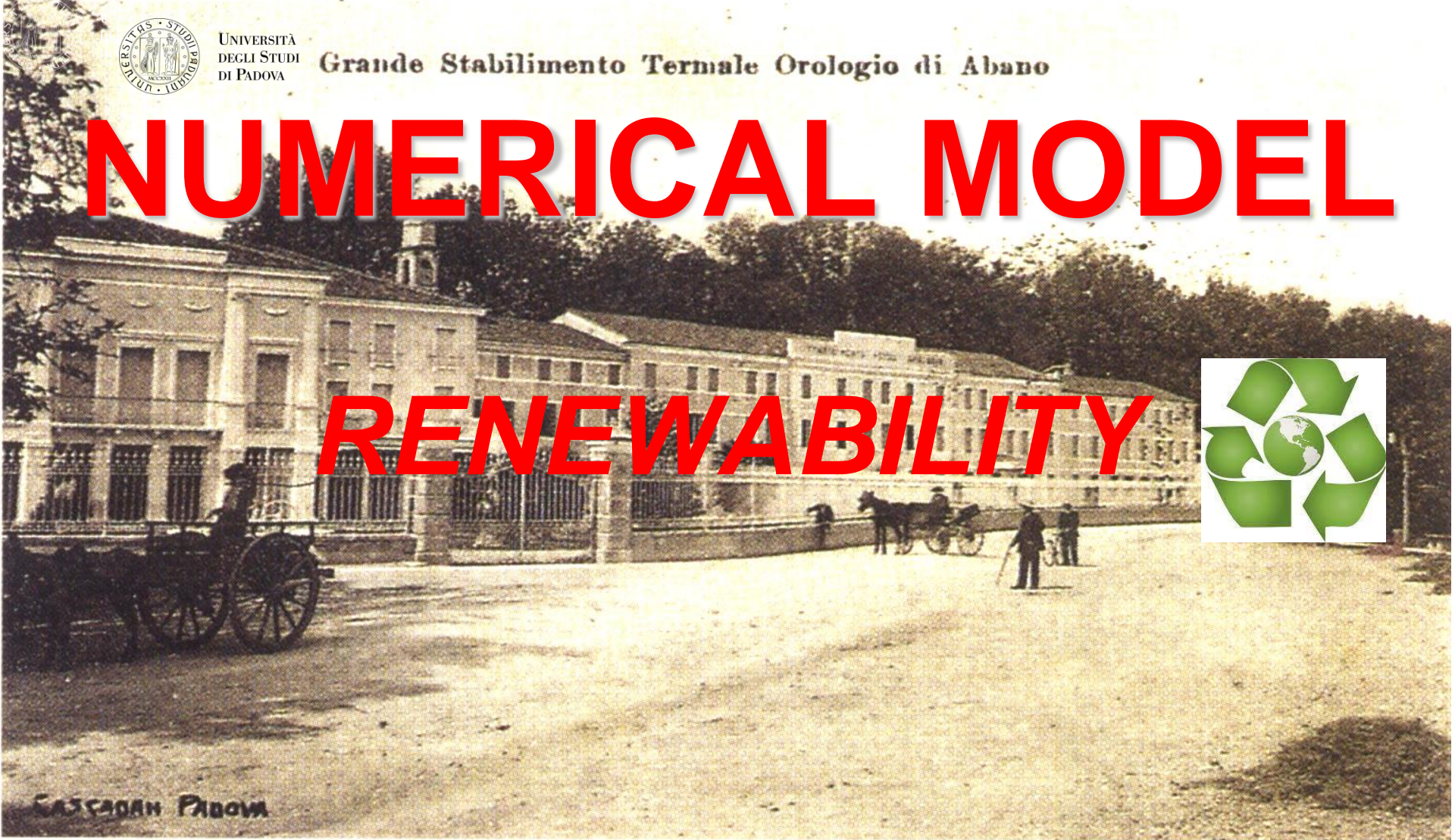


UNIVERSITÀ  
DEGLI STUDI  
DI PADOVA

Grande Stabilimento Termale Orologio di Abano

# NUMERICAL MODEL

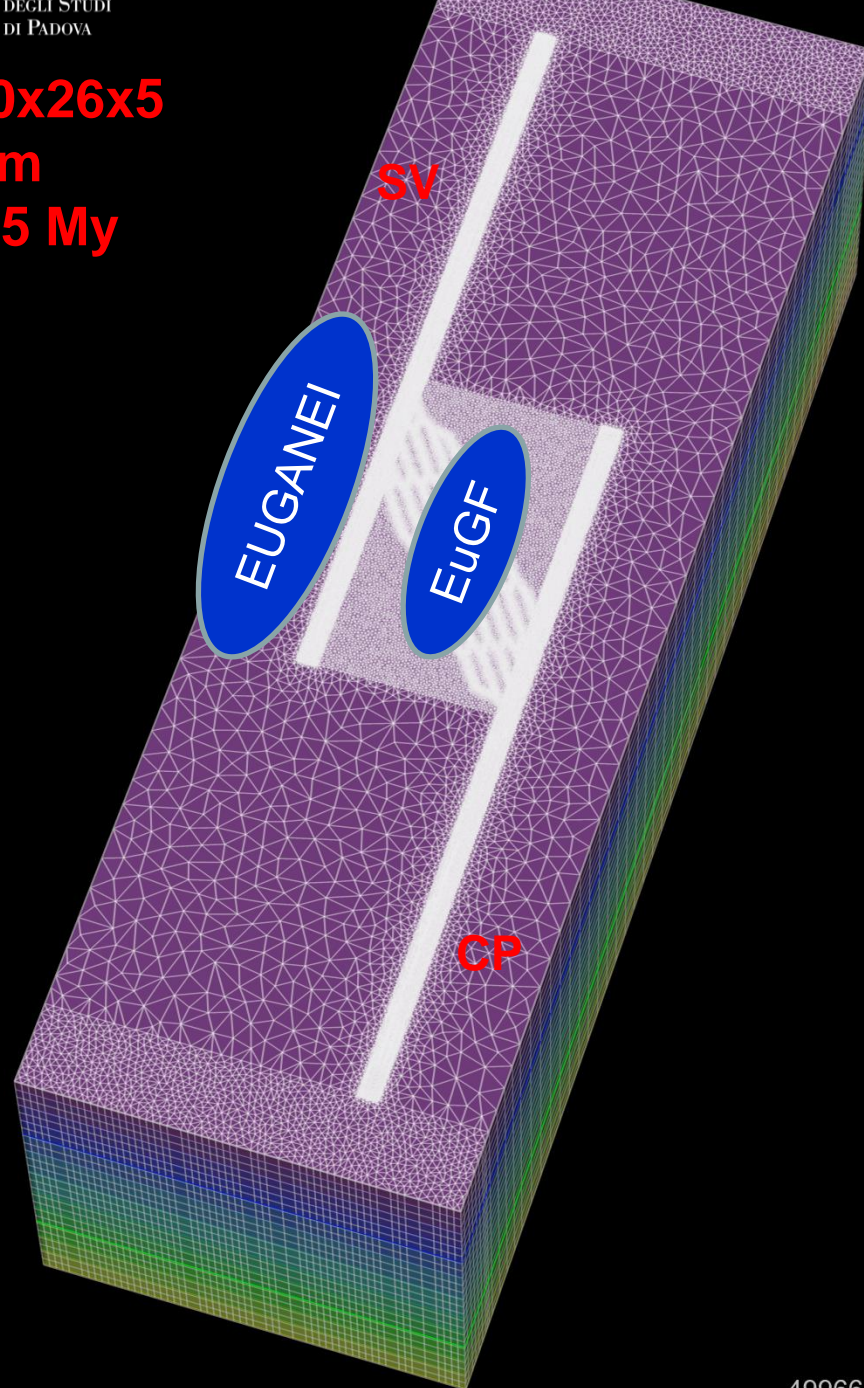
# RENEWABILITY



*Stabilimento Termale Orologio (1906)*



80x26x5  
Km  
2.5 My



JGR Solid Earth

2020

RESEARCH ARTICLE  
10.1029/2019JB017394

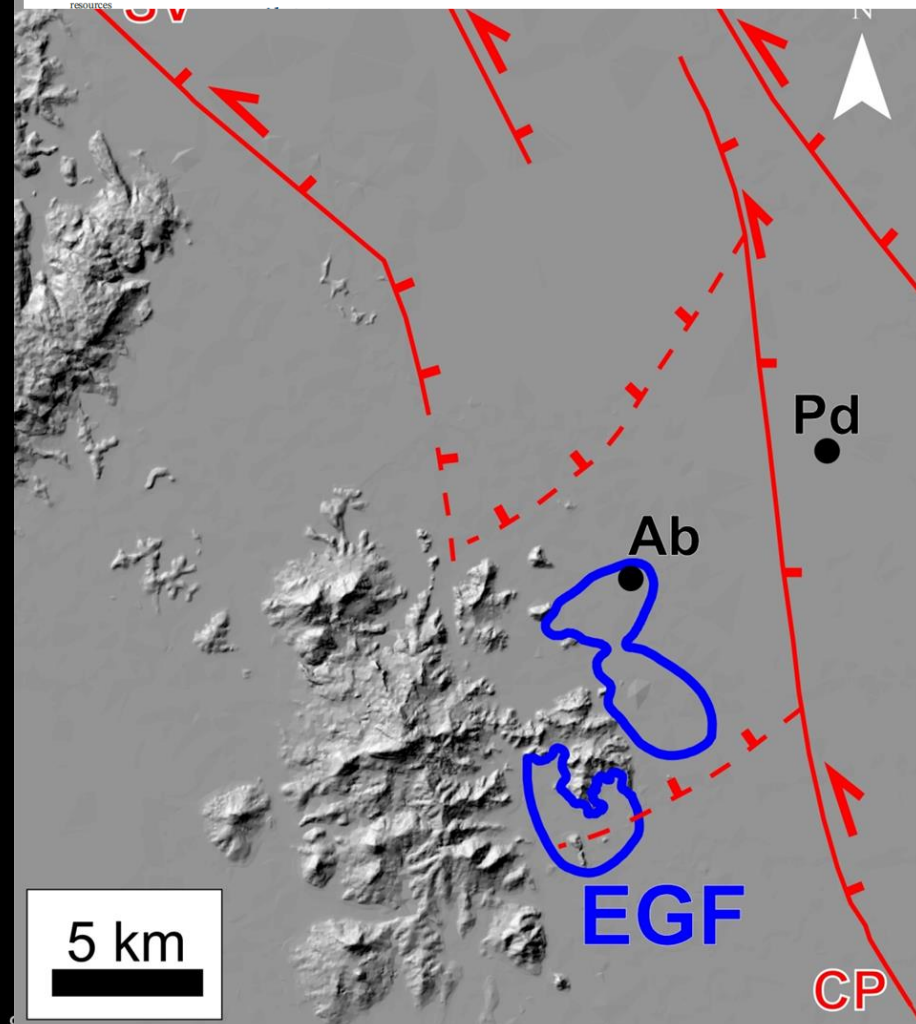
# Fault Control on a Thermal Anomaly: Conceptual and Numerical Modeling of a Low-Temperature Geothermal System in the Southern Alps Foreland Basin (NE Italy)

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>1</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

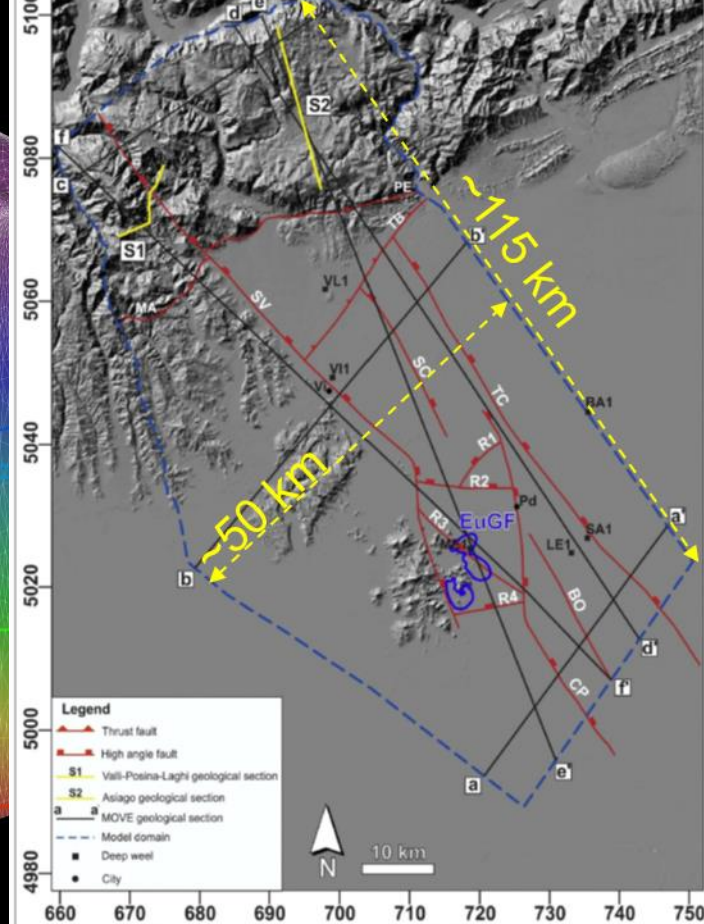
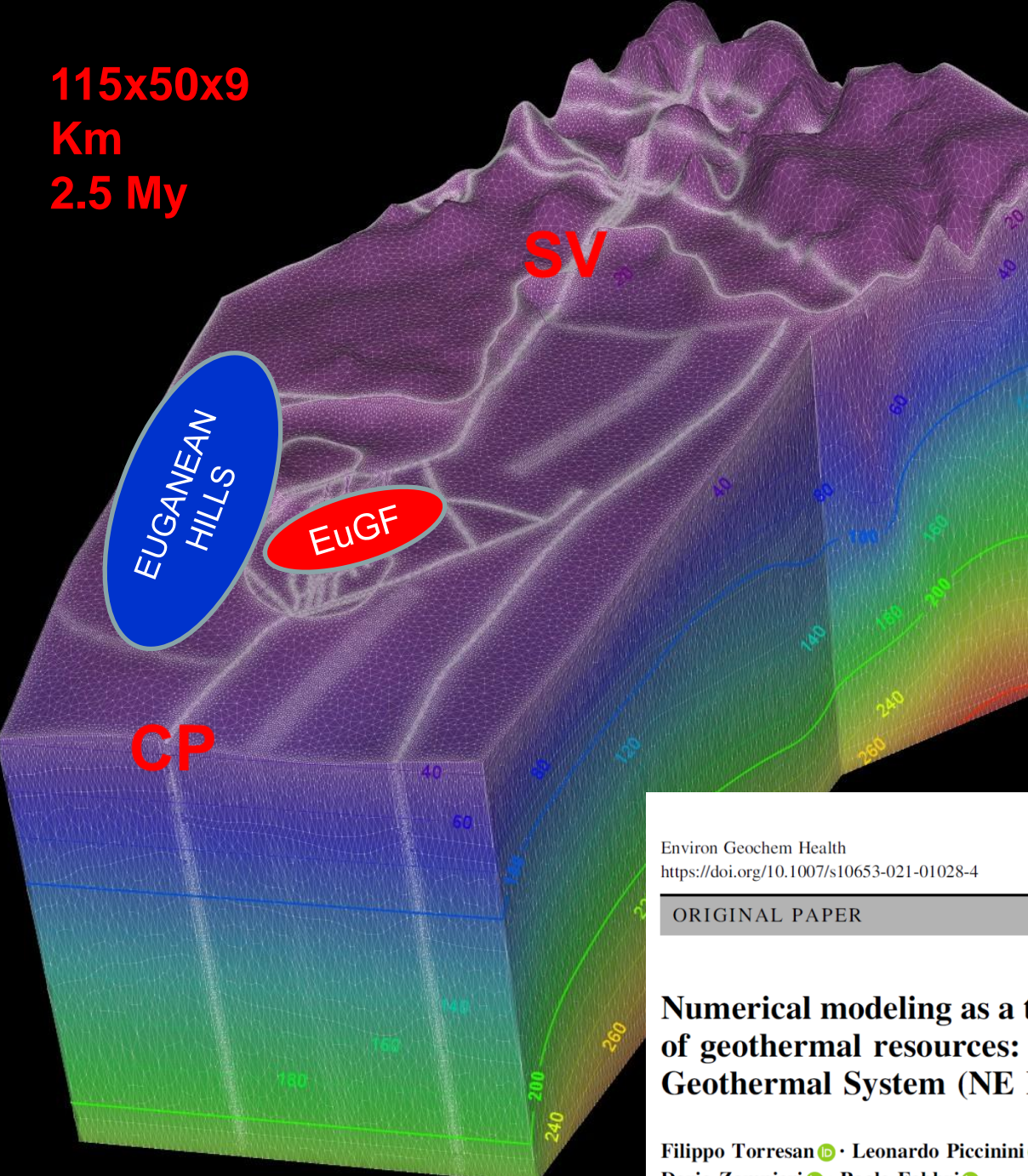
## Key Points:

- 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





115x50x9  
Km  
2.5 My



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

ORIGINAL PAPER

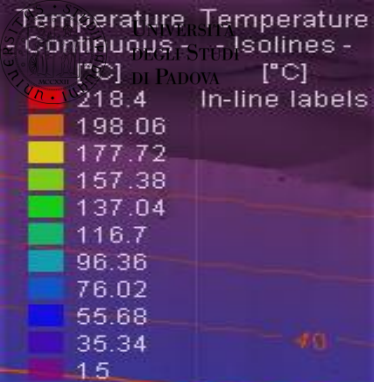
2022



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

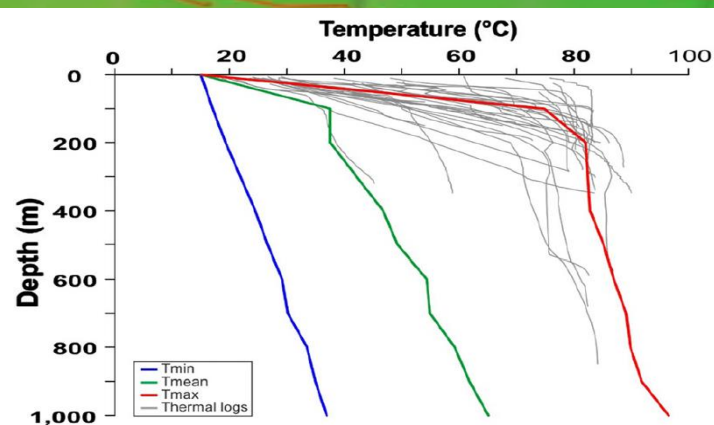
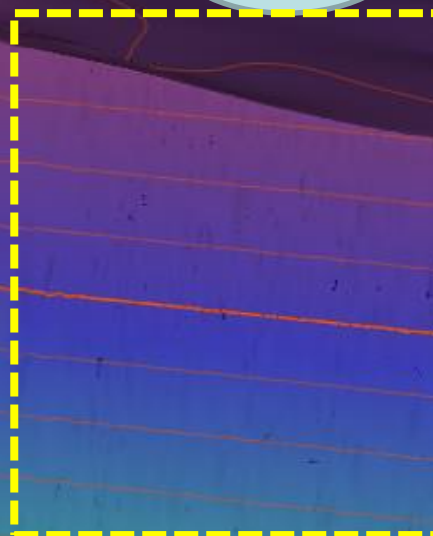
Filippo Torresan · Leonardo Piccinini · Mauro Cacace · Marco Pola · Dario Zampieri · Paolo Fabbri





UNIVERSITÀ  
DEGLI STUDI  
DI PADOVA

EuGF



**RENEWABILITY**



# AL CORTESE LEGGITORE.

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

1789



PADOVA CIOCCCLXXXIX.  
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.

# 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*

