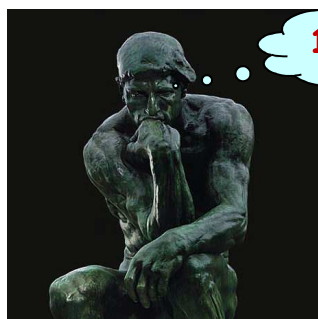
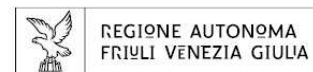


Geotermia e idrotermia

per il riscaldamento e il raffrescamento



1995-'99

IL PROGETTO PILOTA *GEOTERMIA GRADO:* DALL'IDEA ALL'IMPIANTO

Bruno DELLA VEDOVA & Aurélie CIMOLINO



GRADO - 1 28 12 2007



GRADO - 2 28 07 2014



venerdì 20 maggio 2016

Auditorium Biagio Marin

Grado (GO)

Grado Geothermal Pilot Project: Expertise Network and Acknowledgments



- ✓ European Union for providing 77 % of total funding, through DOCUP-2 and POR-FESR Programs
- ✓ FVG Region - Geological Survey and Grado Municipality for Project funding, support and coordination
- ✓ Grado city and inhabitants for their patience and comprehension
- ✓ Dept. of Engineering and Architecture and Dept. of Mathematics and Geosciences, Trieste University
- ✓ Drilling company Fratelli Perazzoli, *for completion Grado-1 and Grado-2 wells*, and Imprese Cicuttin, responsible for the DH network deployment
- ✓ OGS crew for Grado-2 geophysical data acquisition and processing
- ✓ E. Castelli, Project design, work + operations director for both Grado-1 and Grado-2 wells + Idrostudi, TS
- ✓ Several University and free lance experts, Graduate students, PhDs for expertise, cooperation and support in science, drilling and data analyses
- ✓ Scientific/admin. support from: G. Berlasso, G.B. Carulli, F. Cucchi, C. Morelli, I. Marson, R. Nicolich, G. Pellis, R. Petrini, T. Tirelli, others

Della Vedova et al., 2015 – WGC World Geothermal Congress, Melbourne

Della Vedova et al., 2016 - European Geothermal Congress 2016, Strasbourg

<http://www.fondazioneinternazionale.org/en/adriatic-jonian-geothermal-platform/>

- ❑ **Quali risorse in FVG? ...**
- ❑ **Perchè a Grado?**
- ❑ **Dove fare i pozzi?**
- ❑ **Risorsa e che impianto?**
- ❑ **E' conveniente?**
- ❑ **Considerazioni conclusive...**

Risorse a bassa temperatura

Fondi europei + risorsa + utenza

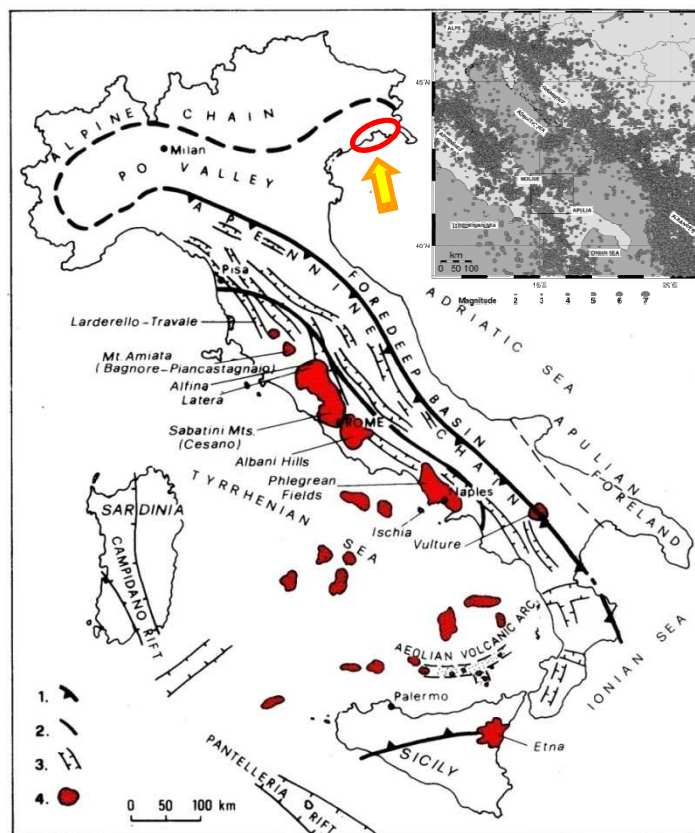
Indagini geofisiche

Due pozzi e teleriscaldamento

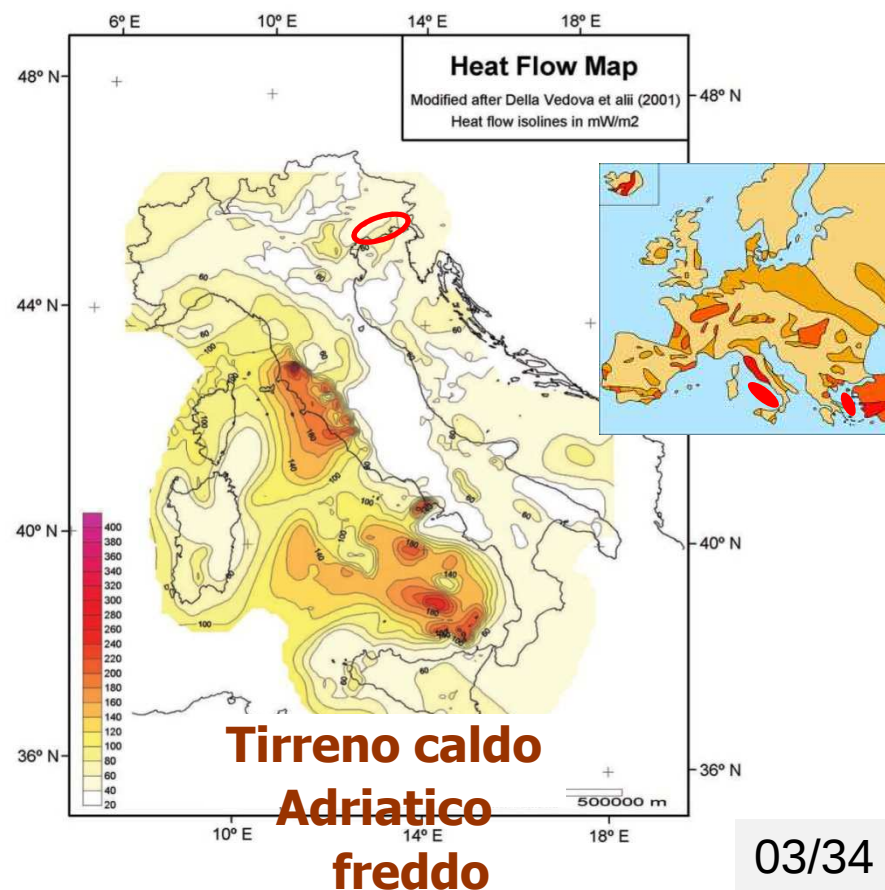
Ottimizzazione e utilizzi estivi

Si può replicare

FLUSSO DI CALORE – SISMICITÀ - GEODINAMICA



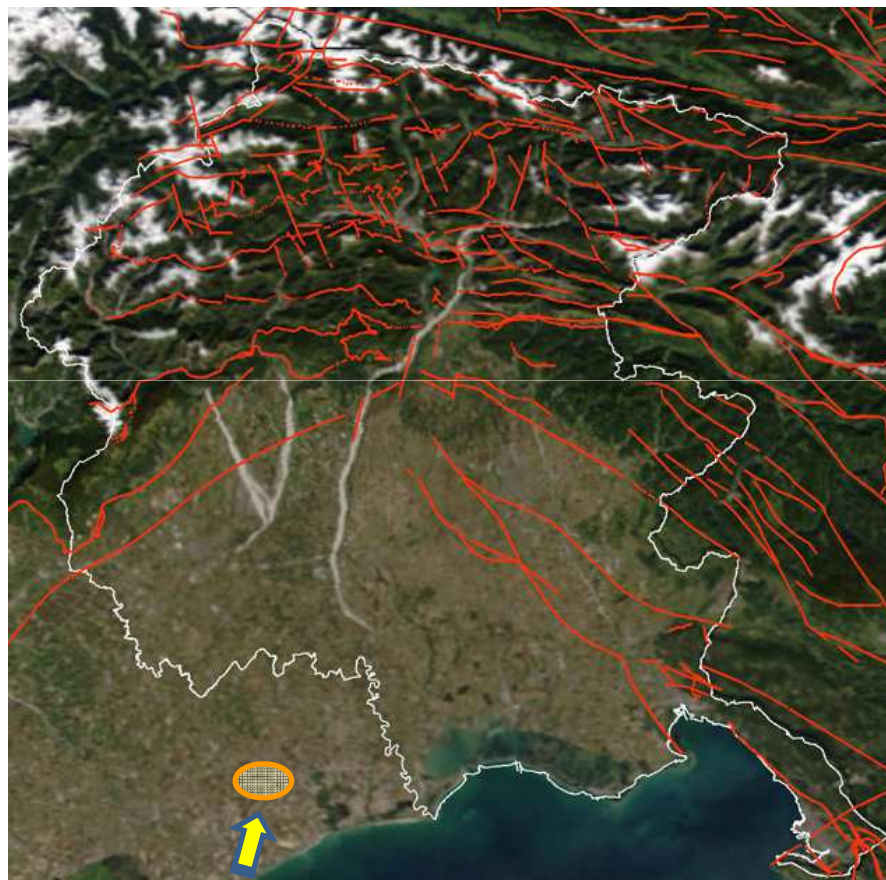
venerdì 20 maggio 2016 Grado (GO)



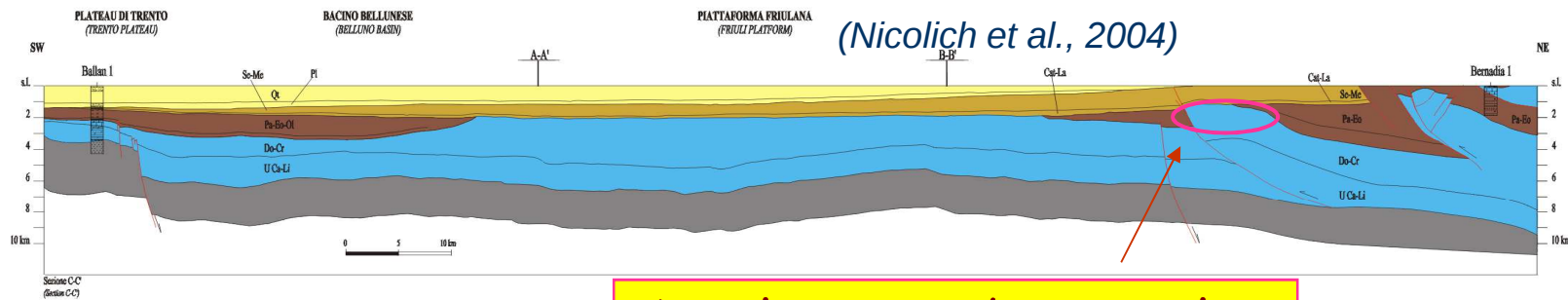
03/34

FLUSSO DI CALORE – SISMICITÀ - GEODINAMICA

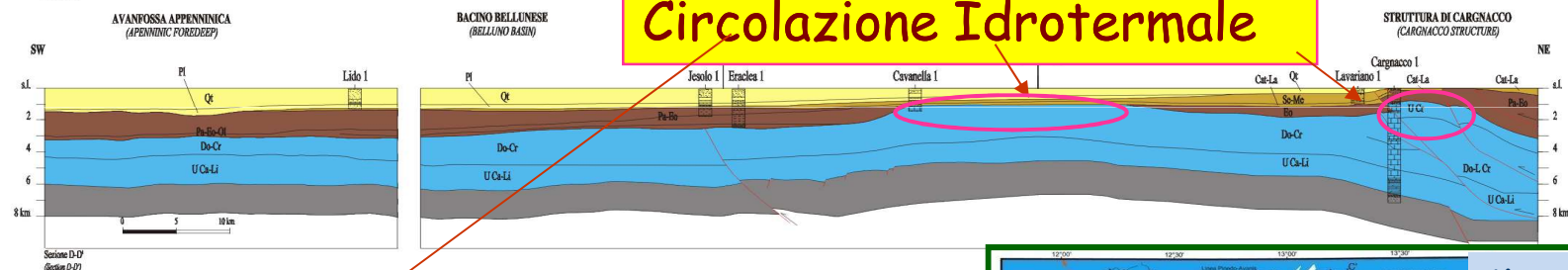
**Catena Alpina e Dinarica
Avampaese Adriatico
Margine attivo di placca**



PIATTAFORMA MESOZOICA ADRIATICA

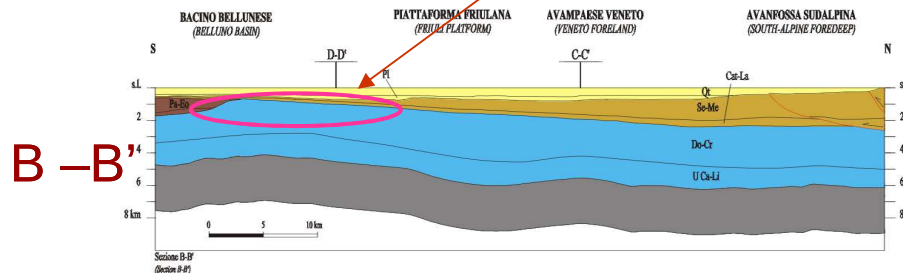


C - C'



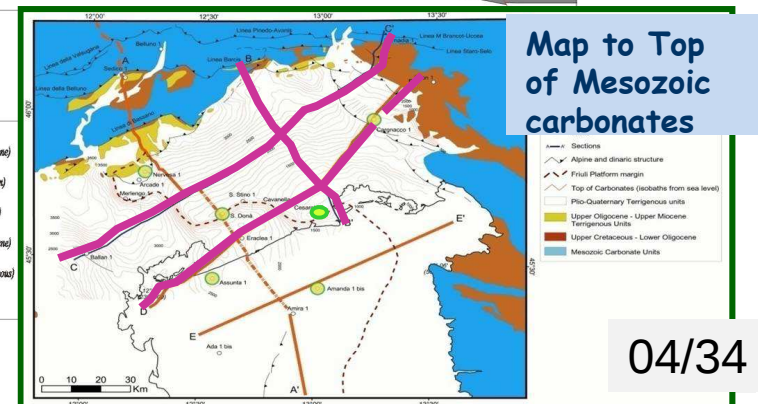
D - D'

Circolazione Idrotermale



B - B'

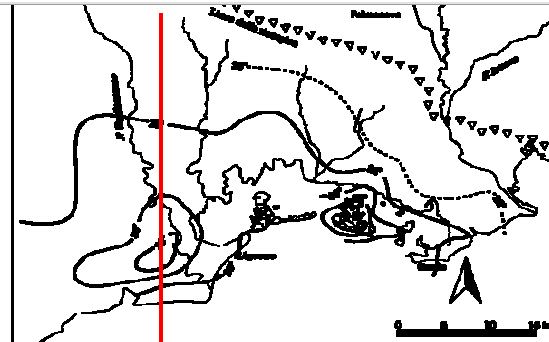
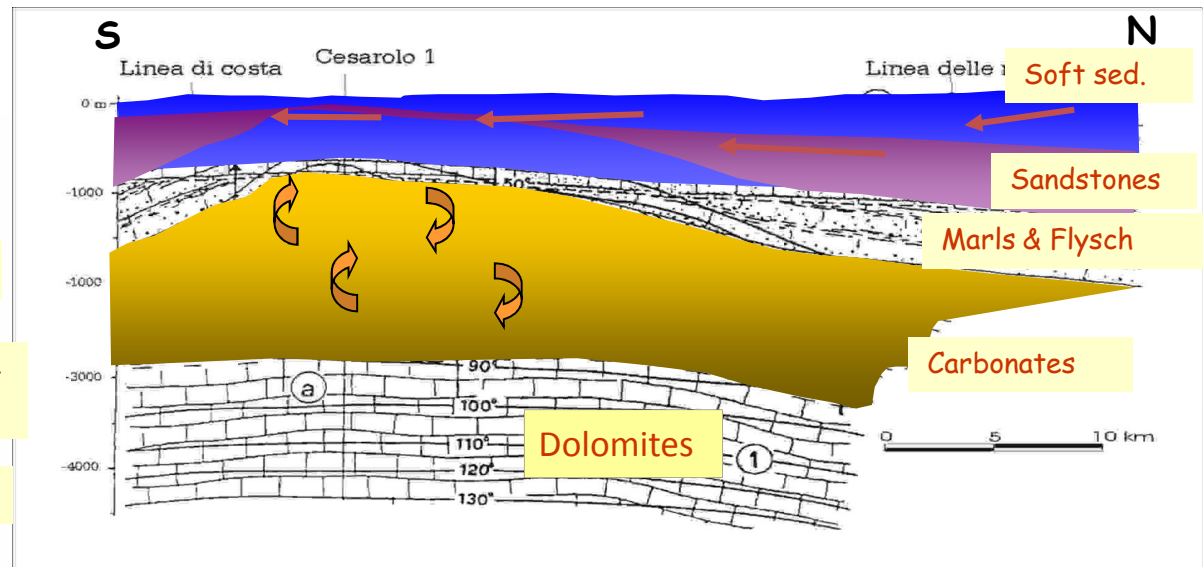
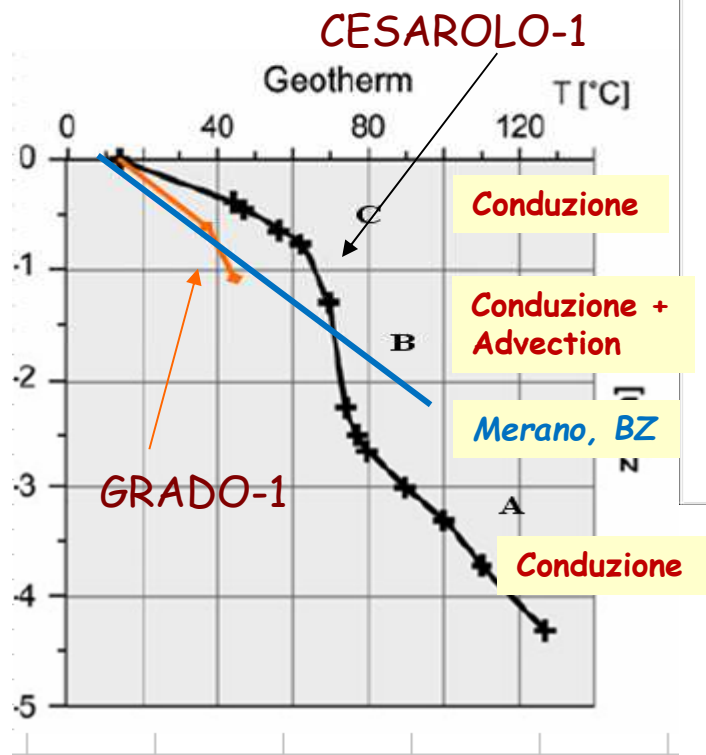
Qt	Quaternario (Quaternary)	(Oligocene)
Pl	Pliocene (Pliocene)	(Chattian)
Me	Messiniano (Messinian)	(Eocene)
To	Tortoniano (Tortoniano)	(Palaeocene)
Se	Serravallo (Serravallo)	(Cretaceous)
La	Langhiano (Langhiano)	(Maie)



venerdì 20 maggio 2016 Grado (GO)

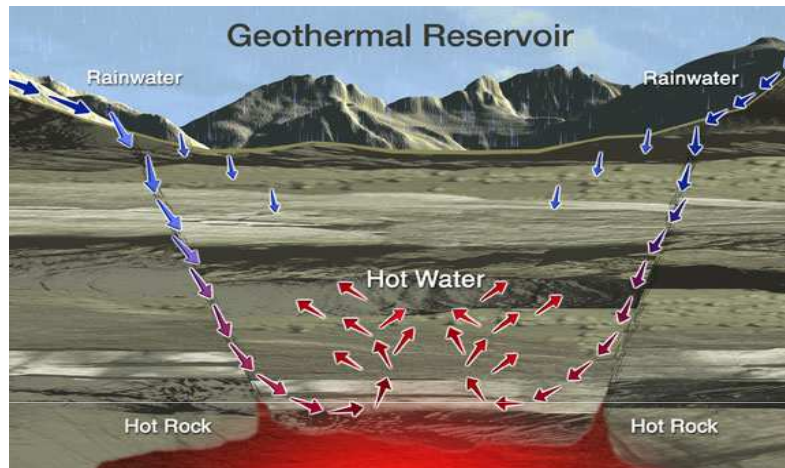
04/34

MODELLO TERMICO 2-D



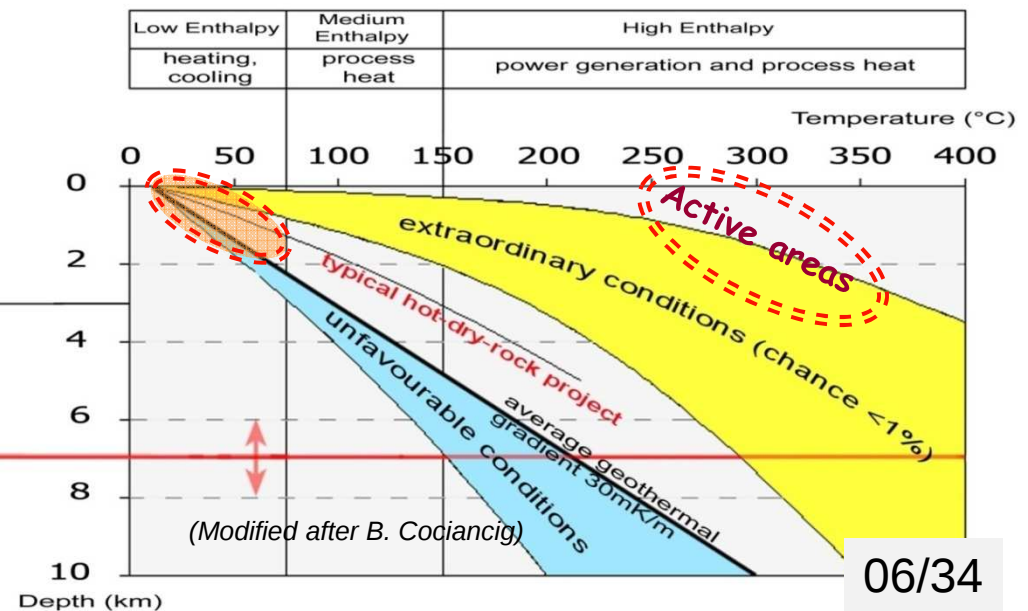
Distribuzione delle temperature ($^{\circ}\text{C}$) a 300 m di profondità (Calore et. al., 1995).

RISORSE GEOTERMICHE & RISERVE



- Potenziale termico enorme
- A bassa prof. in aree attive
- Sorgente costante e rinnovabile

Geothermal Reserves	technically simple, economic
	technically challenging, economic
Geothermal Resources	presently technically inaccessible, uneconomic



INDICE DEGLI ARGOMENTI

- ❑ Quali risorse in FVG? ...
- ❑ Perché a Grado?
- ❑ Dove fare i pozzi?
- ❑ Risorsa e che impianto?
- ❑ E' conveniente?
- ❑ Considerazioni conclusive...

Risorse a bassa temperatura

Fondi europei + risorsa + utenza

Indagini geofisiche

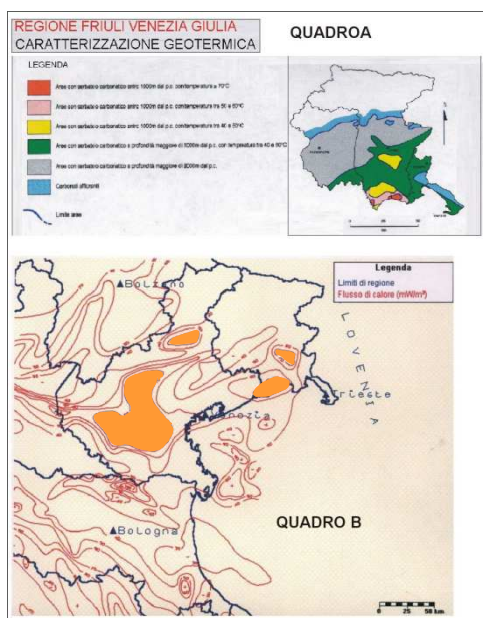
Due pozzi e teleriscaldamento

Ottimizzazione e utilizzi estivi

Si può replicare

L'IDEA È PARTITA DALLE OSSERVAZIONI

.... Dati AGIP, Dal Prà e Stella, 1978; Della Vedova et al., 1987;
Barnaba, 1990; Calore et al., 1995 ...



Inventario Risorse Geotermiche, Min.
Ind., 1994
(CNR Pisa, UniTS)

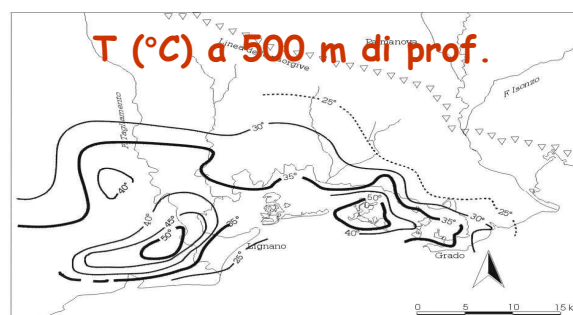


Fig.14 A

(Calore et al. 1995)

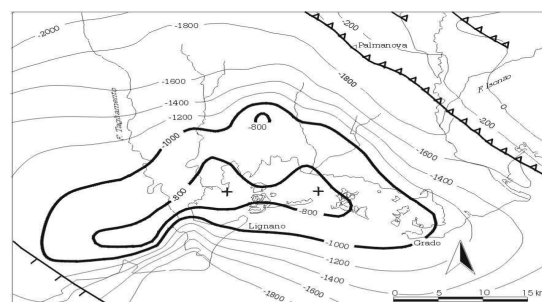
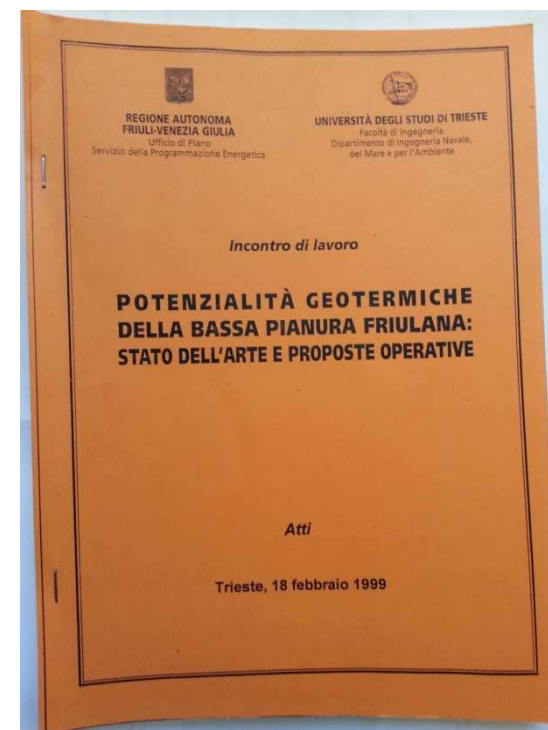
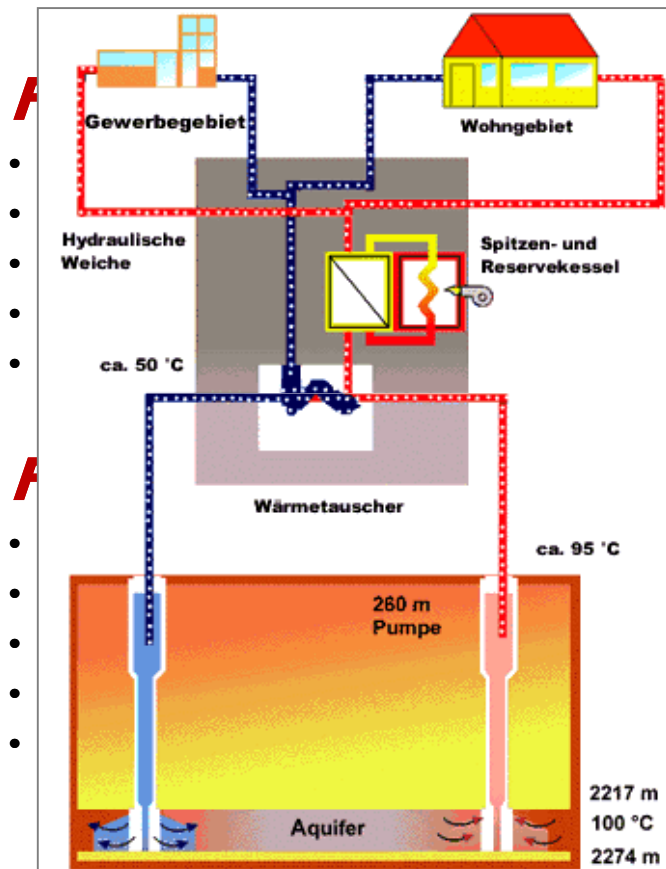


Fig. 14 B

Prof. tetto calcari (m)



IL PROGETTO PILOTA DI GRADO



5 M€):

espl.

Region

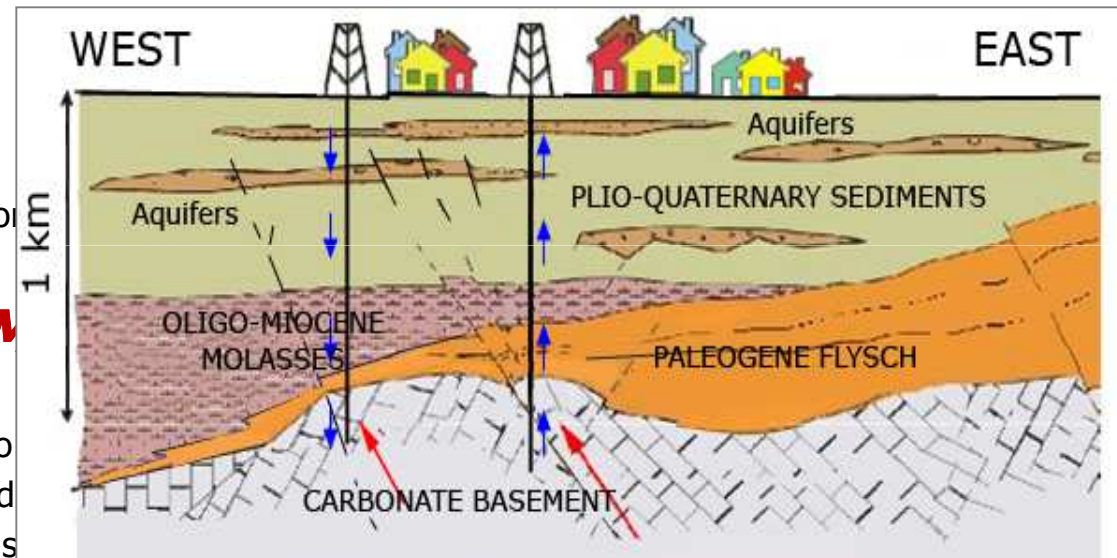
5 M

ianto

prod

, Cas

Comune Grado



venerdì 20 maggio 2016 Grado (GO)

OBIETTIVI SPECIFICI

- Valutare potenziale geotermico della piattaforma carbonatica
- Caratterizzare il serbatoio geotermico
- Valutare sostenibilità e impatti per utilizzi a lungo termine
- Dimostrare fattibilità/convenienza di sistemi geotermici (integrati) per teleriscaldamento in aree fredde come dominio Adriatico
- *Best Practice* da replicare in altre aree favorevoli

STRUTTURA DEL PROGETTO (2004-2015)

Fase	Metodologia	Risultati	Rischi
Esplorazione e ubicaz. pozzo	Sismica, VSP, pozzi, Gravimetria, Geologia,	Modello geol., strutture del serbatoio, faglie	ELEVATO rischio geologico e minerario
Caratterizzazione Serbatoio	Perforazione, logs, acidificazione, pompaggio, geochimica, modelli	Valutazione potenziale, collegamento idraulico fra i 2 pozzi, portata	ALTO rischio perforaz., rischio geol. e minerario
Completamento & rete distrib.	Rivestimento, cementaz. TOC, rete, pompe, scambiatori	Completamento rete DH, collegamento 6 Edifici	LIMITATO rischio in fase di realizzazione
Operativa	Ottimizzazione gestione e utilizzi estivi (?)	Efficienza, risparmio e sostenibilità	BASSO rischio operativo

INDICE DEGLI ARGOMENTI

- ❑ Quali risorse in FVG? ...
- ❑ Perché a Grado?
- ❑ Dove fare i pozzi?
- ❑ Risorsa e che impianto?
- ❑ E' conveniente?
- ❑ Considerazioni conclusive...

Risorse a bassa temperatura

Fondi europei + risorsa + utenza

Indagini geofisiche

Due pozzi e teleriscaldamento

Ottimizzazione e utilizzi estivi

Si può replicare

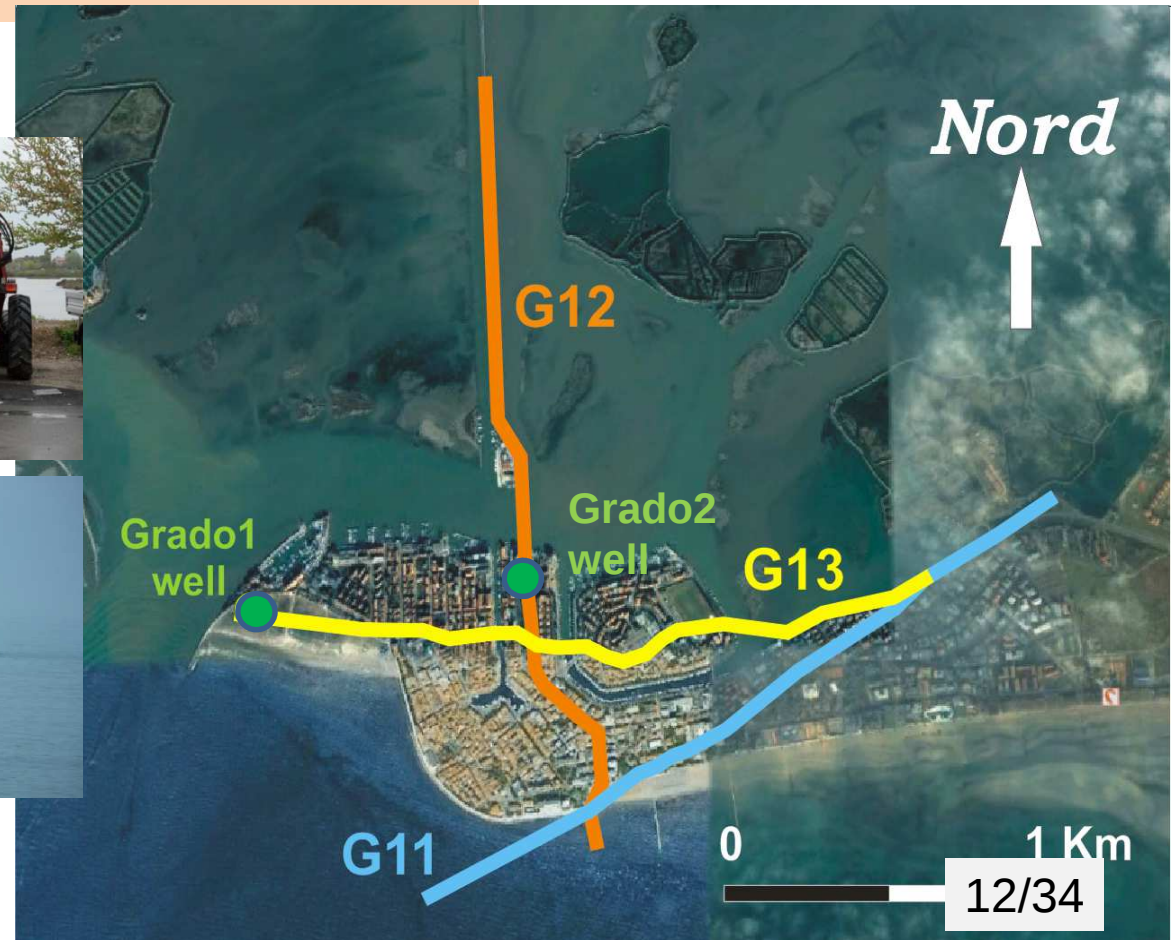
DATI E RISULTATI

- 7 Profili Sismici a Riflessione (circa 12 km) e 4 VSP Multi-offset
- Gravimetria (229 nuove misure + 97 misure disponibili)
- Due pozzi geotermici (1100 e 1200 m), a 1 km di distanza
- Logs geofisici nei 2 pozzi (entro serbatoio carbonatico)
- Prove di portata, monitoraggio e misure geochemiche
- Modellistica termofluido-dinamica
- Valutazione potenzialità e sostenibilità dell'utilizzo

*Della Vedova et al., EGC 2013; Della Vedova et al., WGC 2015
Poletto et al., EGC 2013; Poletto et al., WGC 2015*

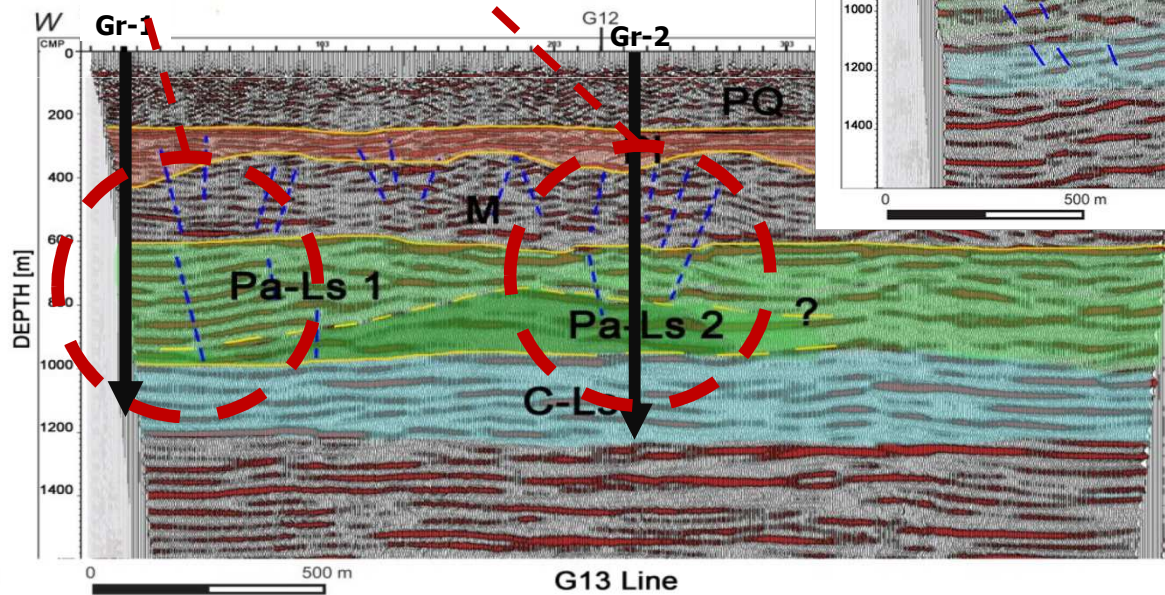
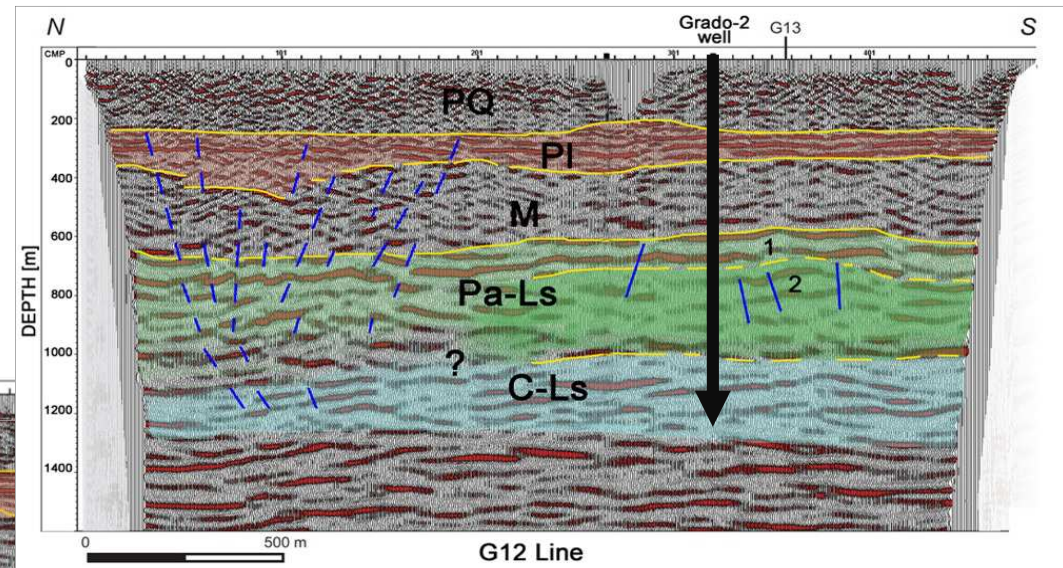
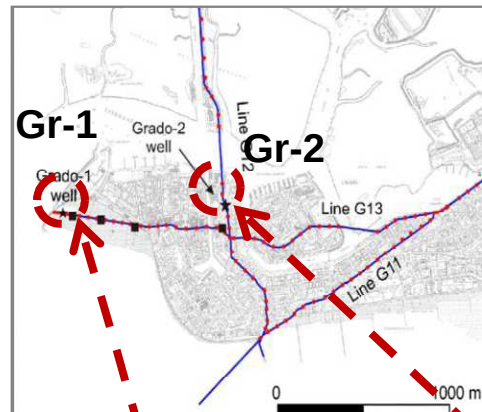
SISMICA A RIFLESSIONE PER UBICARE POZZI

Geotermia e idrotermia
per il riscaldamento e il raffreddamento



venerdì 20 maggio 2016 Grado (GO)

Linee sismiche: Grado-1 e Grado-2



SISMICA DA POZZO IN GRADO-1



| Data length: 4 s

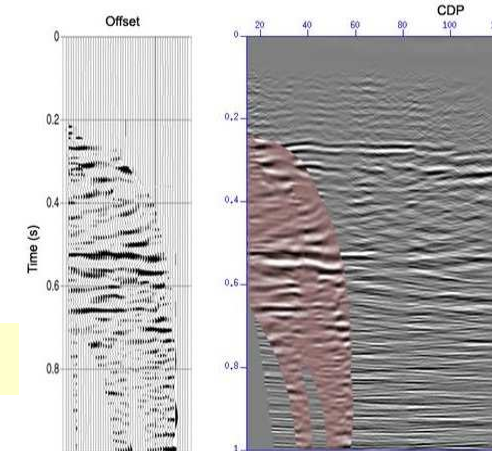
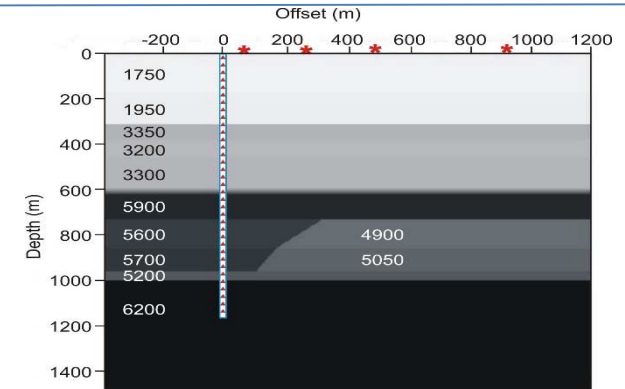
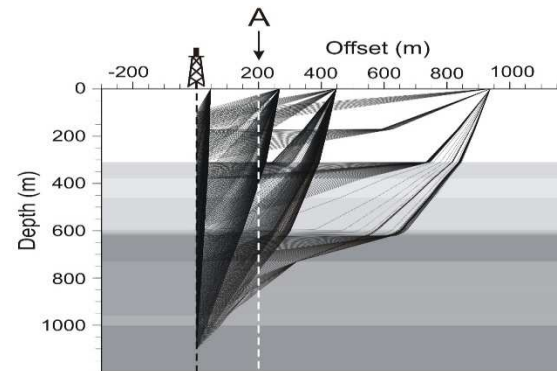
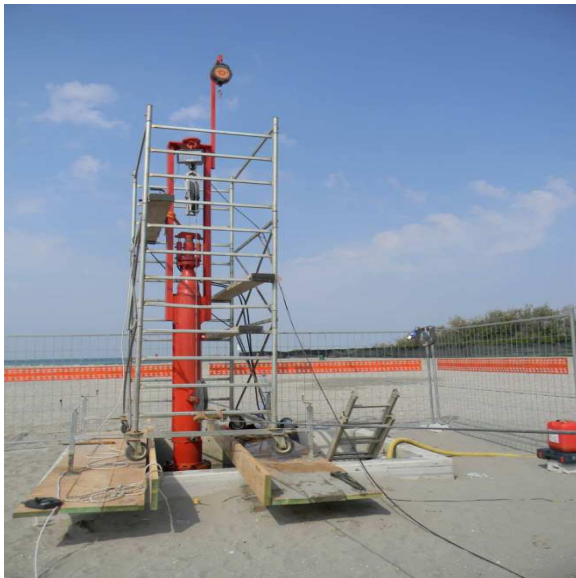
Idea del Vertical Seismic Profile (VSP)

4 VSPs: 1 near offset + 3 offset VSP

OBIETTIVI

- Caratterizzare serbatoio verso est
- Integrare logs con dati sismici
- migliorare modello geologico con modellistica

VSP *vertical seismic profile*



Poletto et al., 2015

venerdì 20 ma

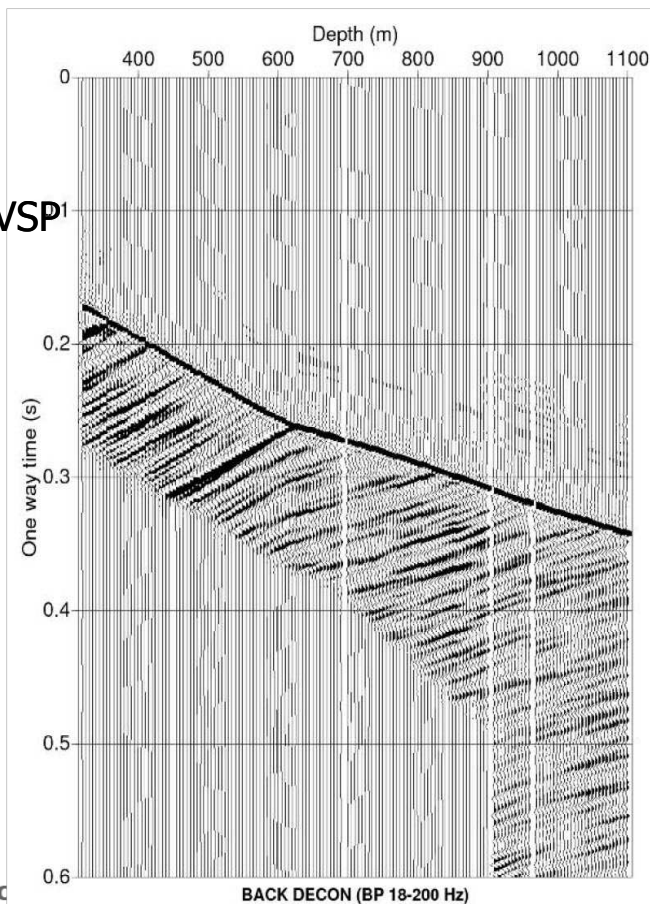


NEAR OFFSET VSP e risultati delle misure in pozzo

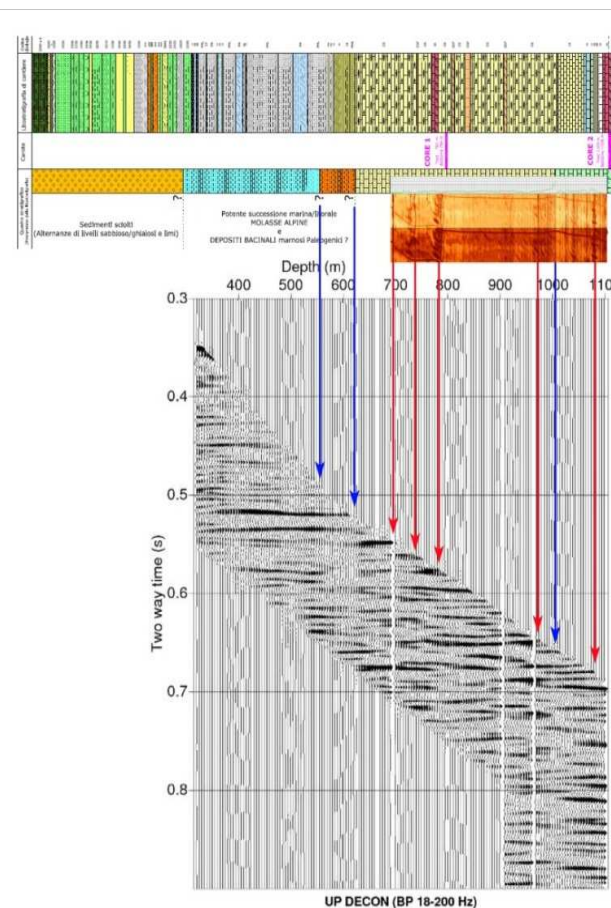
Poletto et al., 2015

COMPONENTE
VERTICALE del
NEAR-OFFSET VSP¹

Frequenze
fino a 200 Hz



venerdì 20 maggio

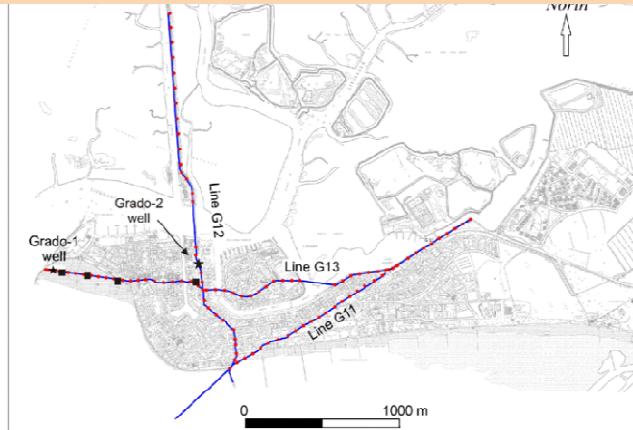


Stratigrafia di
GRADO-1 e
CBIL LOG

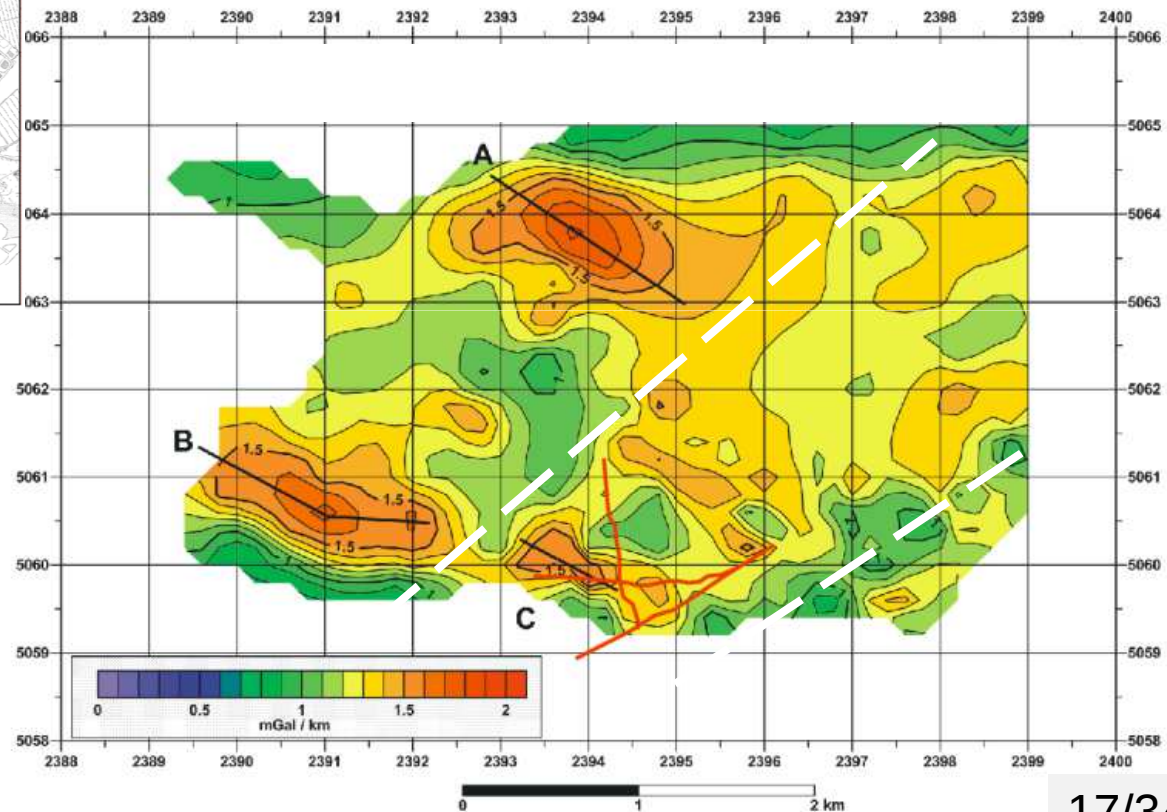
*TWT deconvolved
up-going after
wave separation*

Interpretazione
cambi litologici (blu)
e *faglie sub-verticali (rosso)*

Gradiente Orizzontale dell'Anomalia di Bouguer



Variazioni laterali nella distribuzione di massa, a livello del basamento roccioso (rigetti), suggeriscono posizione e direzione delle faglie e del campo degli sforzi del fronte Dinarico sepolto

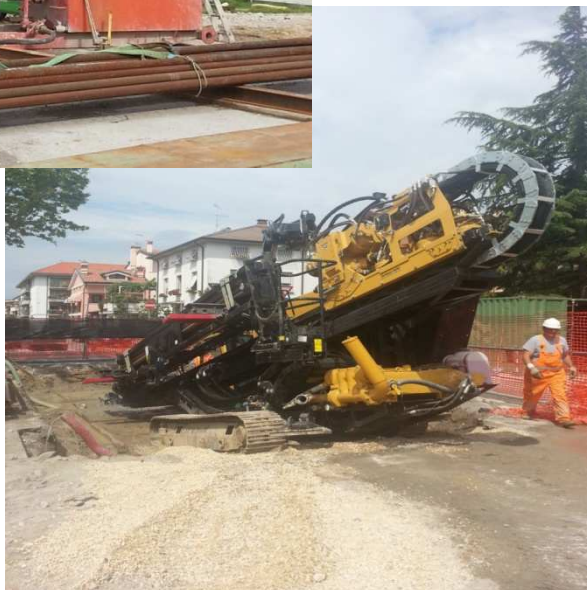


POZZO GRADO-2: PERFORAZIONE E SPURGO



ATTIVITÀ DI CANTIERE

Geotermia e idrotermia
per il riscaldamento e il raffreddamento



venerdì 20 maggio 2016

19/34

INDICE DEGLI ARGOMENTI

- ❑ Quali risorse in FVG? ...
- ❑ Perché a Grado?
- ❑ Dove fare i pozzi?
- ❑ Risorsa e che impianto?
- ❑ E' conveniente?
- ❑ Considerazioni conclusive...

Risorse a bassa temperatura

Fondi europei + risorsa + utenza

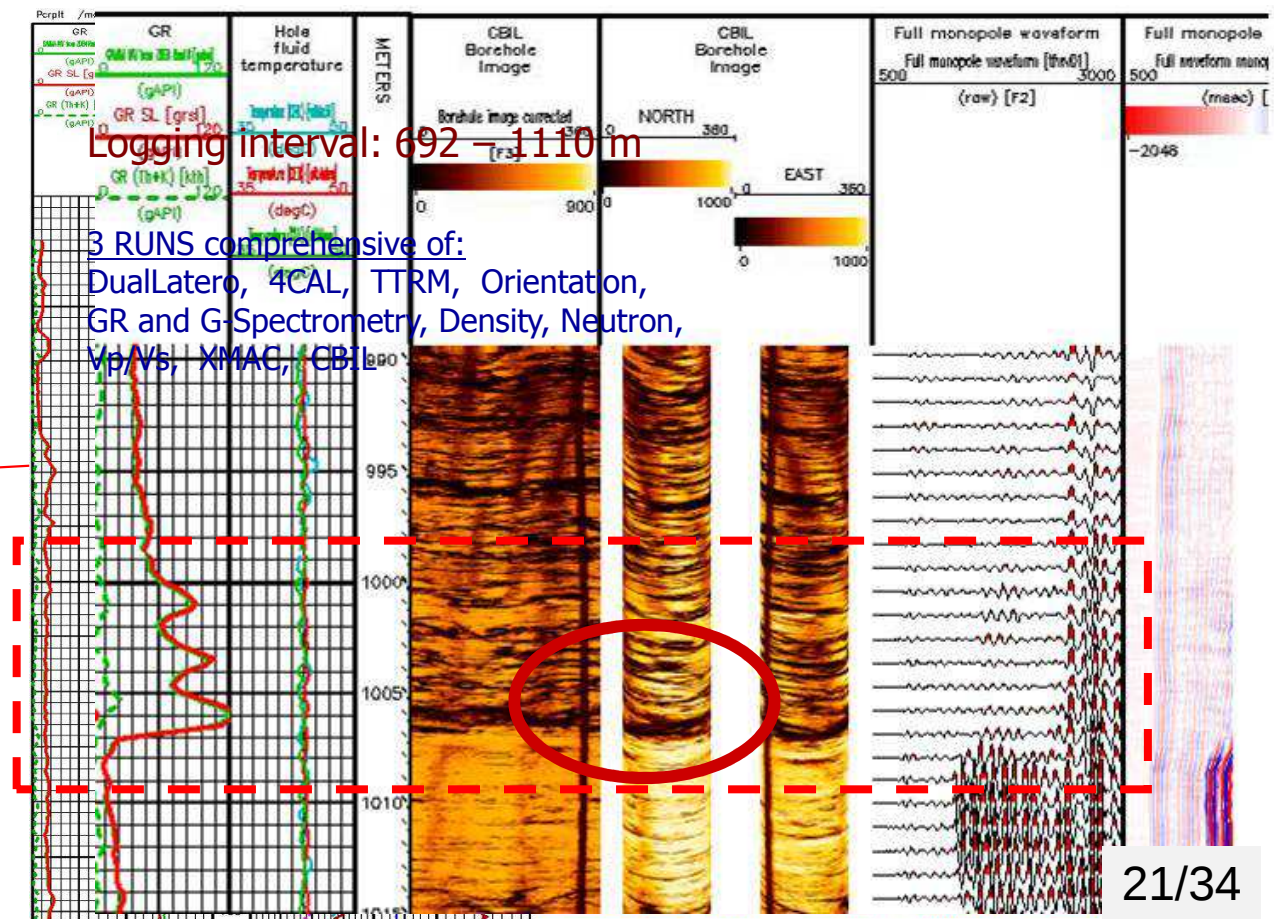
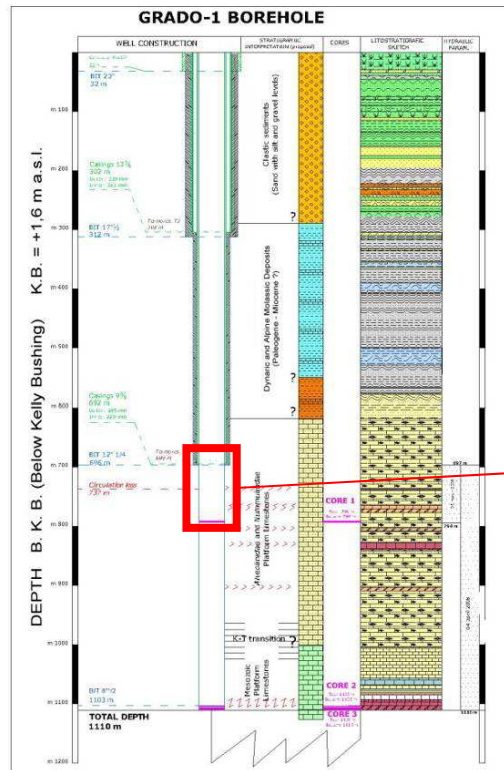
Indagini geofisiche

Due pozzi e teleriscaldamento

Ottimizzazione e utilizzi estivi

Si può replicare

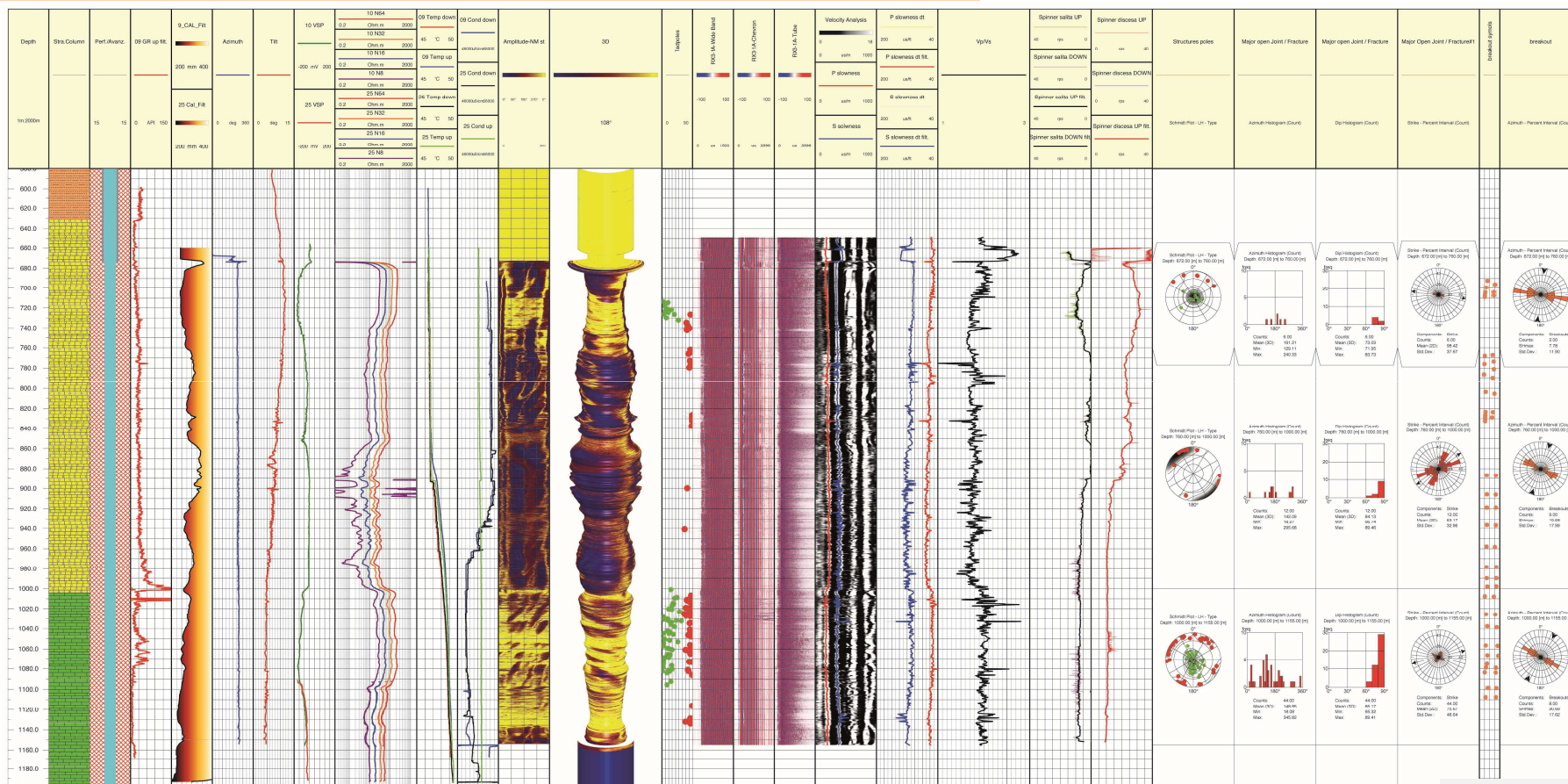
LOGS DI POZZO: GRADO-1



Circolazione fluidi
nelle fratture

LOGS DI POZZO: GRADO-2

Geotermia e idrotermia
per il riscaldamento e il raffrescamento



PROVE DI PORTATA

- ✓ Grado-2: derivazione
- ✓ Grado-1: monitoraggio
- ✓ NO Re-Iniezione

a) Veloce recupero parziale dopo stop (buona T vicino?)

b) 3 gg. di NO recupero (no ricarica efficiente)

c) Recupero con 5 gg ritardo

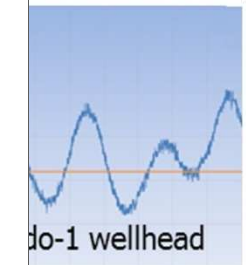
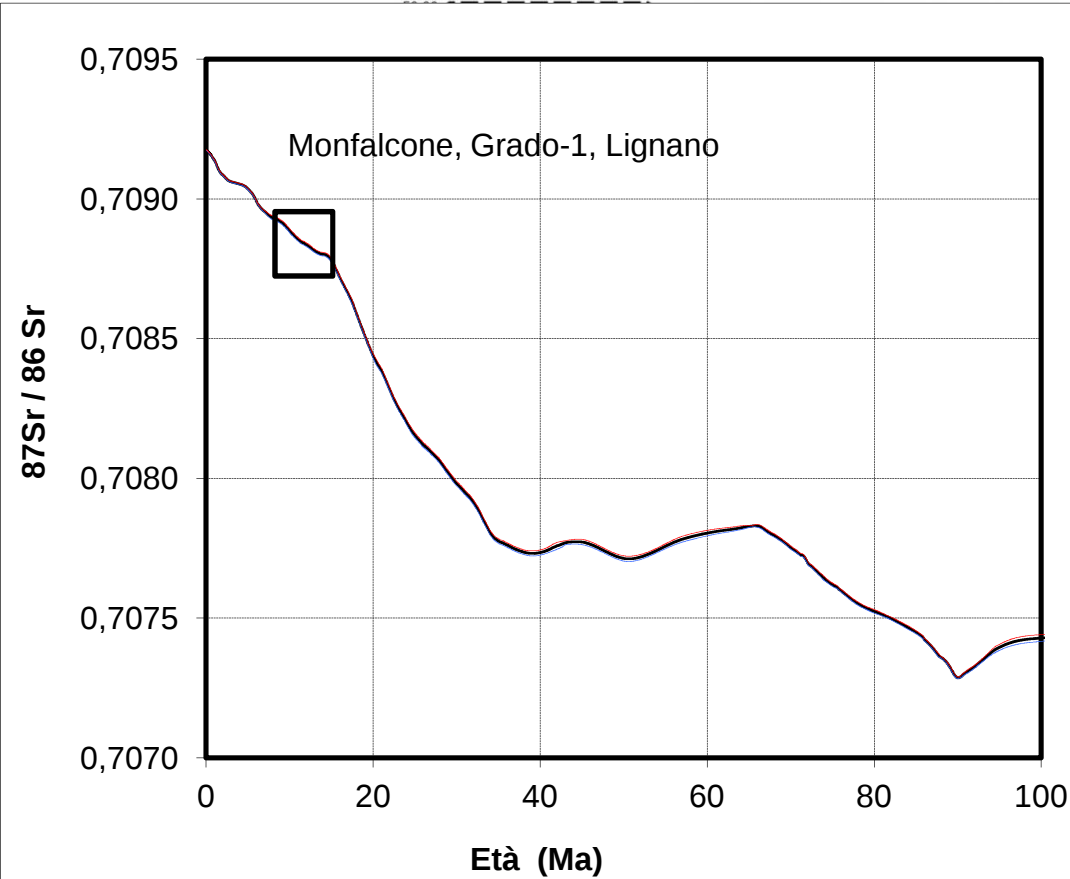
Ricarica non efficiente attraverso rete fratture: sistema chiuso (?)

INTER
betwe
geoth

head [m]

sea level [m]

sea level [m]

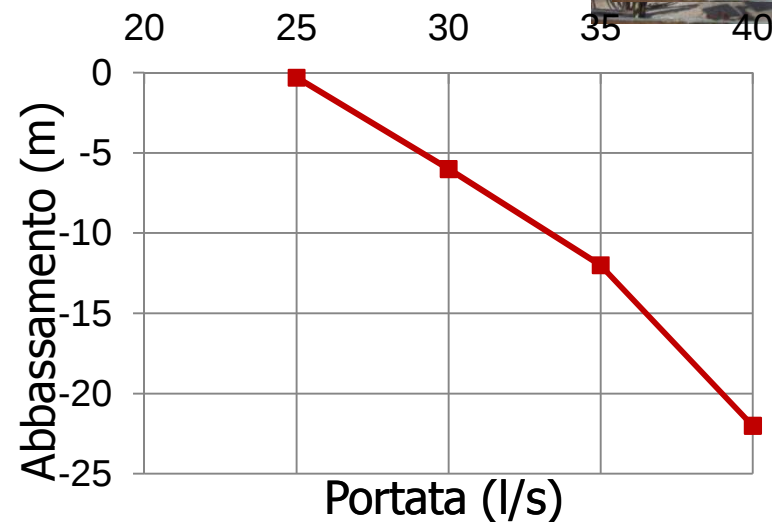


venerdì 20 maggio 2016

POTENZIALE GEOTERMICO DEL SERBATOIO

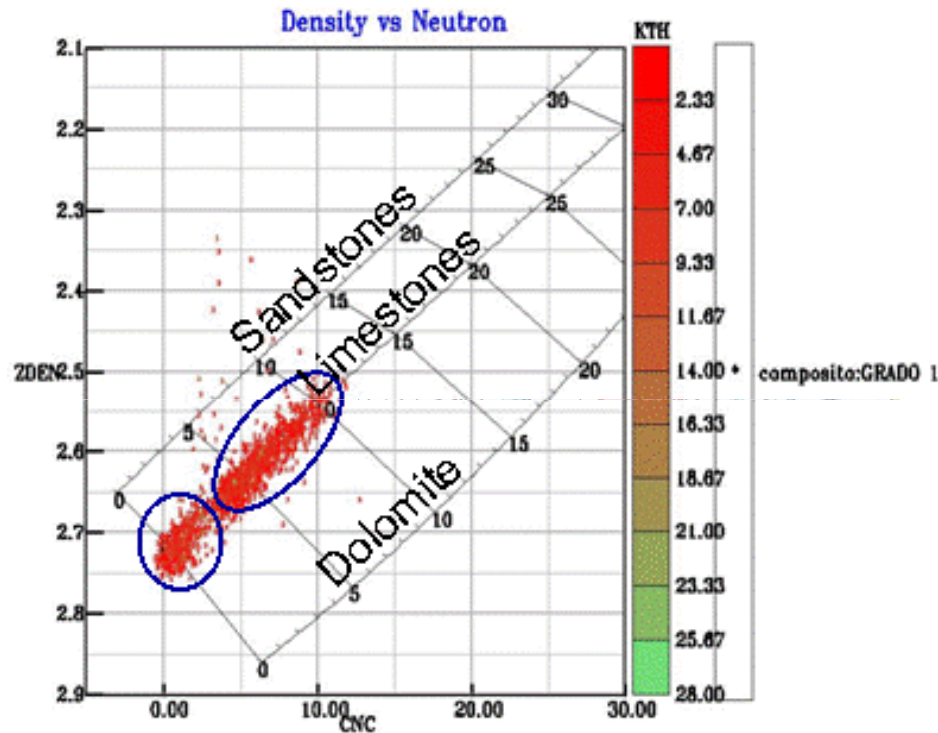
Geoterm
per il riscaldamento

- Portata e Pressione: 27,2 l/s (~100 ton/h), 240 KPa
- Temperatura acqua: 49 °C
- Salinità: 30 g/l (acqua di mare fossile, 10 Ma)
- Potenza termica: 2,3 MW
(per un DT utile di 20 °C)



Con 35 l/s (~126 ton/h):
Potenza Termica → > 3 MW

STIMA N_E + ESTENSIONE DEL SERBATOIO

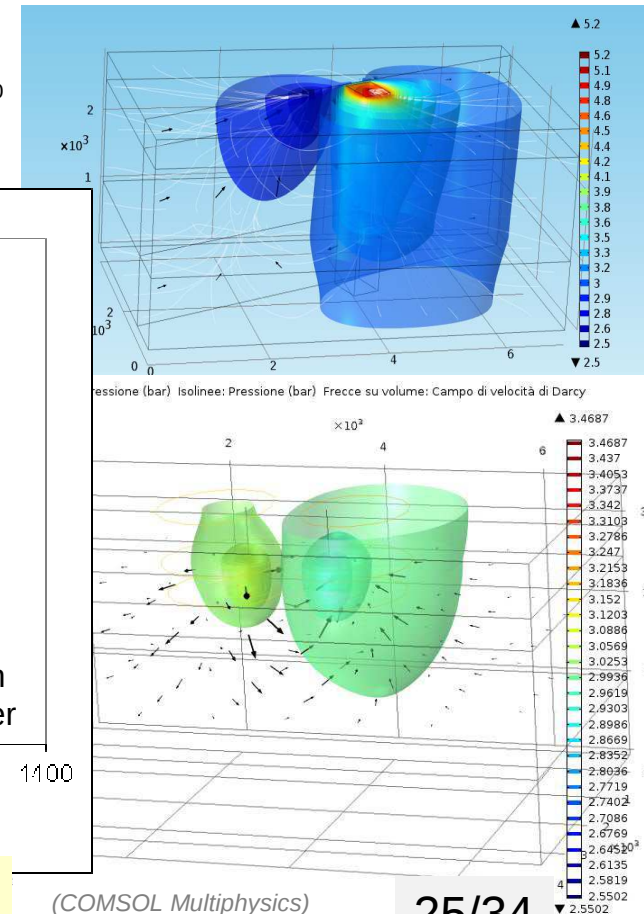
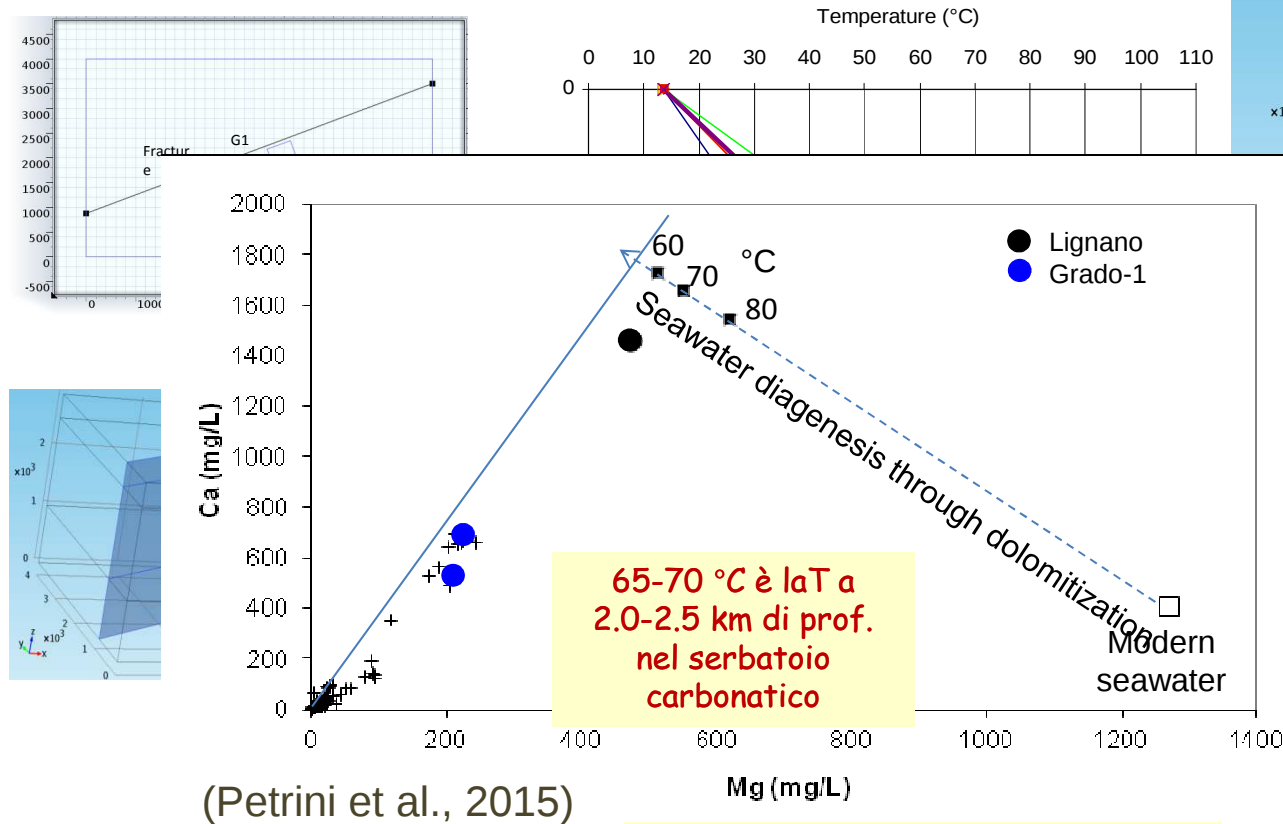


Area	$\approx 50 \text{ km}^2$
Spessore	1,5-2 km
<i>Volume Serbatoio</i>	<i>75-100 km³</i>

<i>Stima porosità efficace</i>	
85 %	$n_e < 1-2 \%$
10 %	$n_e = 2 - 4 \%$
5 %	$n_e = 8 - 10 \%$

Volume approx. acqua mobile = $0,6 \text{ km}^3$ ($6 \times 10^8 \text{ m}^3$)
(che corrisponde a un volume di circa $6 \times 10^6 \text{ m}^3$ per ogni km^3 di serbatoio)

MODELLISTICA NUMERICA

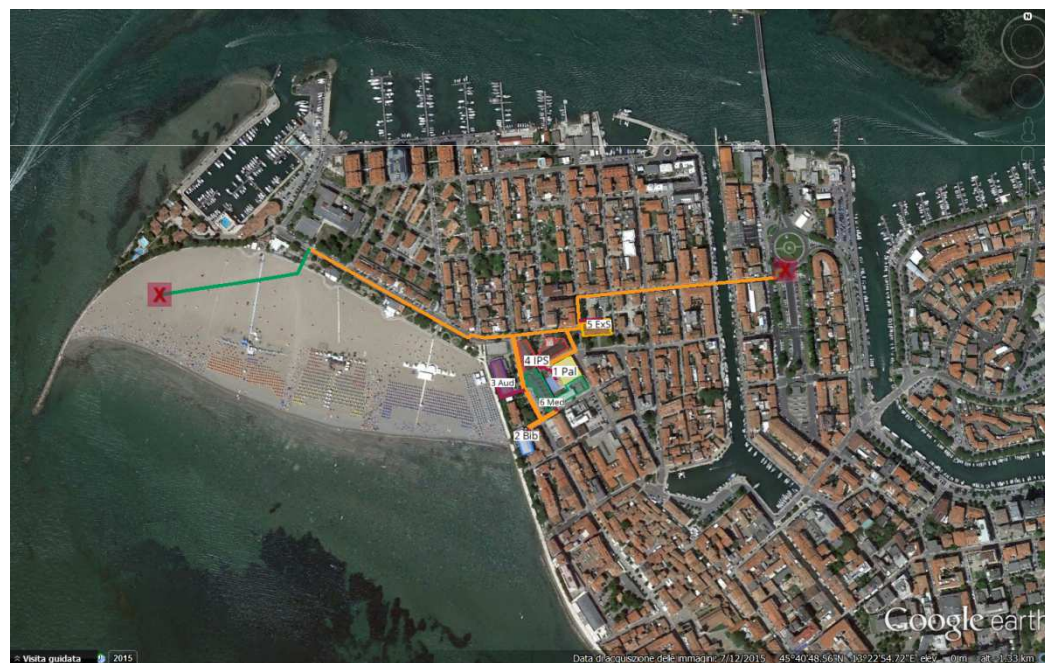


Teleriscaldamento Geotermico di Grado

- Rete completata 2014
- Allacciati 6 edifici pubblici (palestra, ist. alberghiero, auditorium, biblioteca, scuola media, ex-scuola)
- Altri allacciamenti previsti: Edificio Comune, Ospizio Marino, ...
- Utilizzi estivi saranno da valutare

5 Milioni di Euro:

- ✓ 2 indagini geofisiche, logs, carote e prove (0,8 M€);
- ✓ Progettazione (~ 0,2 M€);
- ✓ 1 pozzo produzione e 1 pozzo reiniezione (~ 2 M€);
- ✓ **Rete teleriscaldamento, pompe, scambiatori (~ 2 M€);**



INDICE DEGLI ARGOMENTI

- ❑ **Quali risorse in FVG? ...**
- ❑ **Perchè a Grado?**
- ❑ **Dove fare i pozzi?**
- ❑ **Risorsa e che impianto?**
- ❑ **E' conveniente?**
- ❑ **Considerazioni conclusive...**

Risorse a bassa temperatura

Fondi europei + risorsa + utenza

Indagini geofisiche

Due pozzi e teleriscaldamento

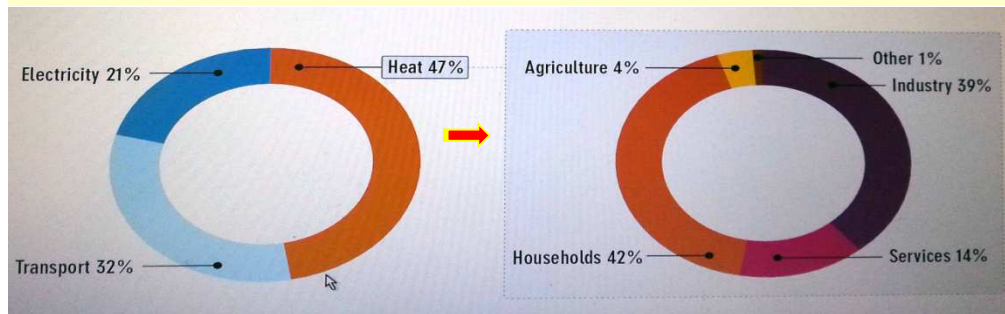
Ottimizzazione e utilizzi estivi

Si può replicare

RISULTATI e PROSPETTIVE

- ❑ Caratterizzazione di una piccola parte della piattaforma carbonatica N-Adriatica sepolta
 - ❑ Approccio geofisico integrato per:
 - ✓ Valutare estensione, strutture e ricarica del serbatoio
 - ✓ Ubicare doppietto geotermico entro il medesimo serbatoio
 - ✓ Identificare sistemi interconnessi di faglie sub-verticali
 - ❑ Potenziale geotermico *2.5–3.0 MW_{th}* (energia disponibile *20.000–25.000 MWh*)
 - ❑ 2 km di rete di teleriscaldamento e collegamento di 6 edifici pubblici
 - ❑ Fattore di carico *per ora di SOLO 0,10* (1 MW x 12 h x 6 months = 2160 MWh)
 - ❑ Necessità di ottimizzare gestione, aumentando fattore di carico, anche utilizzo estivo
- ❑ DA FARE: ottimizzare rete e gestione, valutare sostenibilità e impatti in condizioni operative
 - ❑ Messaggio: *altri doppietti geotermici possono essere realizzati nell'area Adriatica*

Final Energy and Heat Use by EU 27 (2011)



Geotermia e idrotermia
per il riscaldamento e il raffrescamento

IRHC Renewable
Heating & Cooling
European Technology Platform

**Agenda Strategica per Ricerca
E Innovazione nel settore
Renewable Heating & Cooling**

Obiettivi strategici per il 2020

- Ridurre il costo delle tecnologie RHC
(geotermia: ridurre costi espl + perforazione, & rischio geologico)
- Aumentare performance e affidabilità sistemi RHC
- Ridurre RHC tempo di ritorno dell'investimento

venerdì 20 maggio 2016 Grado (GO) Project development

Energia Geotermica

- Pulita
- Rinnovabile
- Sostenibile
- Dovunque...
- Costante H24x7x365!
- Eccellente per base-load

LA SCOPERTA DELL'ACQUA CALDA VIENE DA LONTANO ...

Macachi del Giappone, Miocene ?? A.C.



Tholos S. Calogero, Lipari, 1600 A.C.

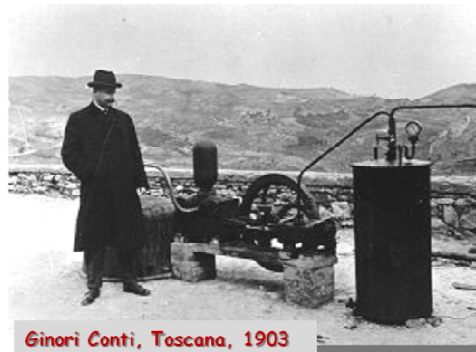
... clarae ante ostia *Timavi* calidorum
fontium cum aestu...
(Plinio il Vecchio, I sec. D.C.)



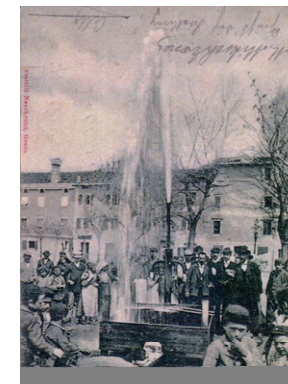
Tabula Peutingeriana (226 d.C.)



Produzione acido borico, inizi '800 in Toscana



Ginori Conti, Toscana, 1903



Pozzo d'acqua a Grado, 1900

... E HA ANCORA MOLTA STRADA DA FARE!

**Fluidi supercritici nel pozzo IDDP-1 Krafla, Islanda,
1050 °C a 2,1 km (2008)**



GRAZIE PER LA VOSTRA ATTENZIONE!

Geotermia e idrotermia
per il riscaldamento e il raffreddamento



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI DI TRIESTE



Bruno Della Vedova

Dept. of Engineering and Architecture, Trieste University,
dellavedova@units.it



<http://www.fondazioneinternazionale.org/geothermalPlatform.php>



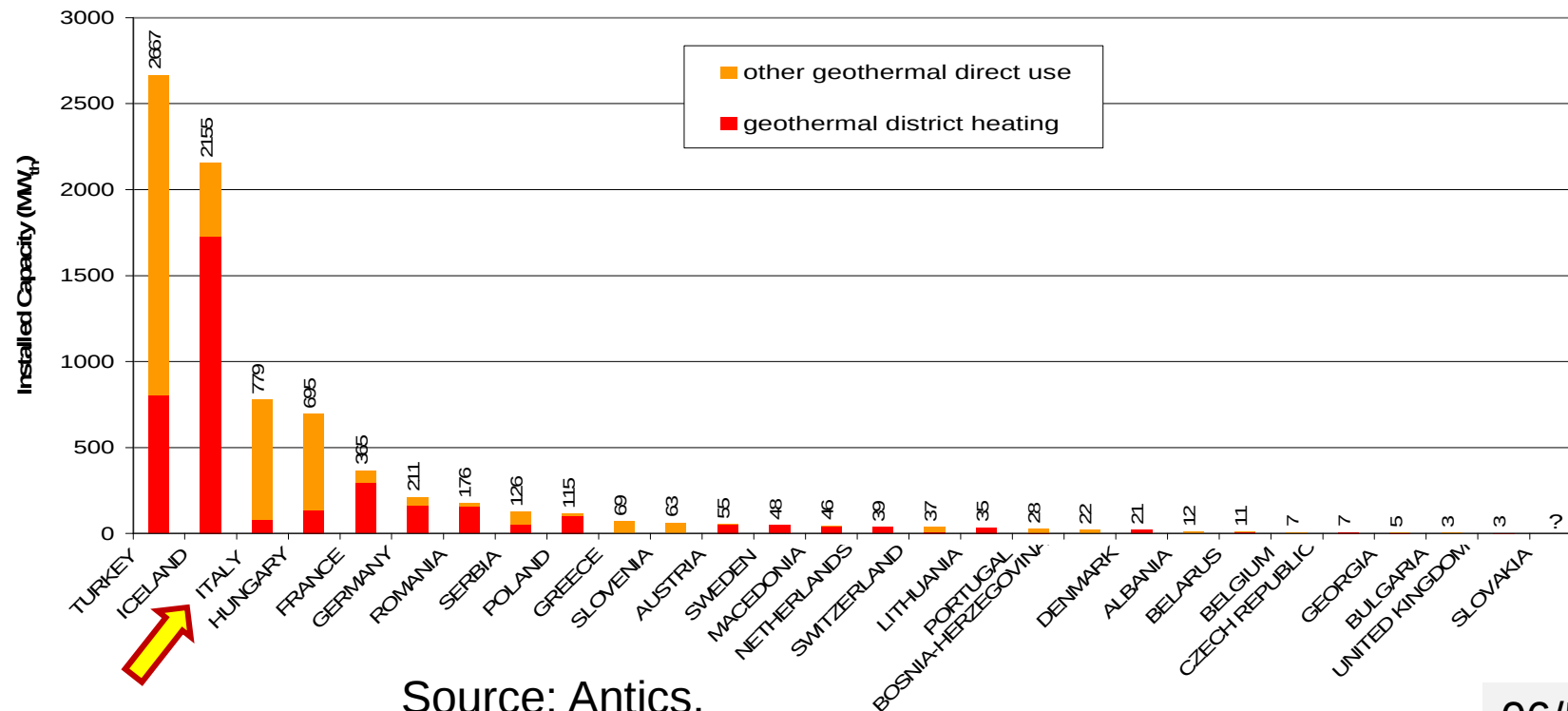
venerdì 20 maggio 2016 Grado (GO)

**RFVG calls for geothermal applications within POR FESR 2007-2013
(EU Funding: 77% of admissible costs to beneficiary public administrations)**

<i>RFVG Calls</i>	<i>Submitted Proposals (N)</i>	<i>Funded Projects (N)</i>	<i>Initial budgets</i>		<i>StartedPro jects (N)</i>
			<i>Admissible costs (€)</i>	<i>Contribution (€)</i>	
Borehole Heat Exchangers + HPs (1)	23	14 (Pontebba)	3.957.237,35	2.656.157,59	10
Geoth. Resources beyond 700 m	2	1 (Grado 2)	2.495.999,20	1.921.920,00	1
Geoth. Resources up to 700 m (1)	3	2	481.932,40	371.087,95	1
Borehole Heat Exchangers + HPs (2)	9	6	1.511.786,12	1.164.075,31	5
Geoth. Resources up to 700 m (2)	2	1	636.548,49	490.142,34	1
Total	39	24	9.083.504,56	6.603.383,19	18

GEOHERMAL DIRECT USES IN EUROPE

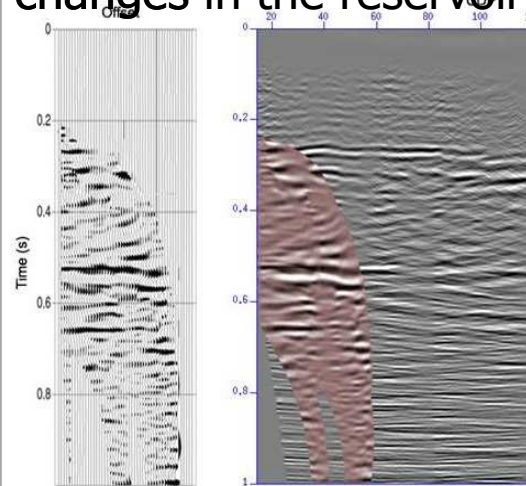
INSTALLED CAPACITY 2012 & SHARE OF GEOHERMAL DISTRICT HEATING
(after EGC 2013 Country updated Reports)



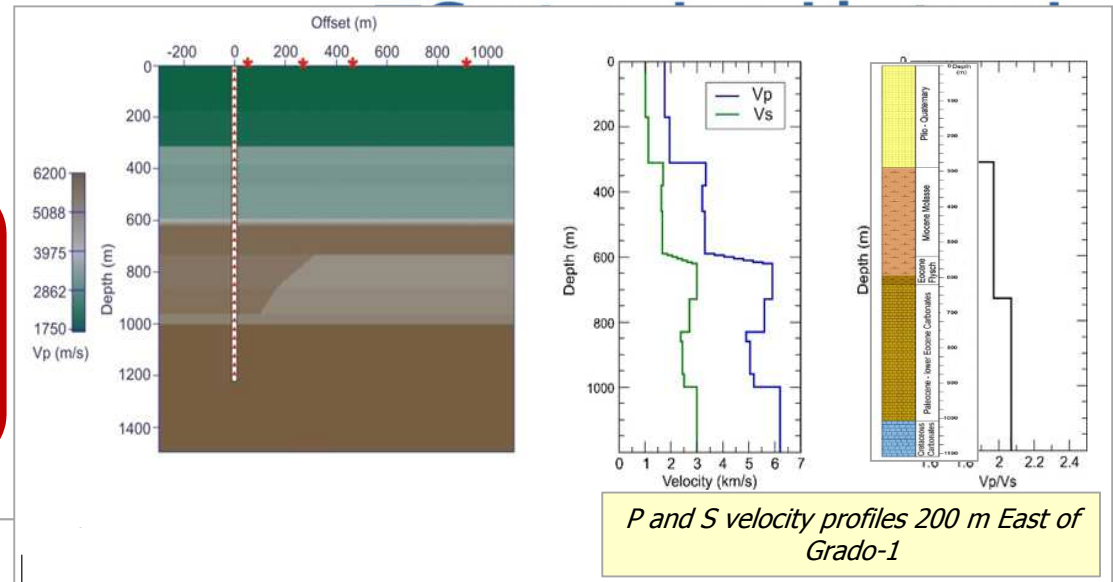
	G11	G12	G13
Seismic source:	Hydrapulse	Hydrapulse	Minivib (18
s, 8 – 200 Hz)			
Sensors:	geophone (6x10 Hz) and hydrophone		
Intertrace:		10 m	
Shot interval:		20 m	
Layout:		fixed spread	
Channels:	236	256	174
Length:	2350 m	2550 m	1730 m
Sampling rate:		1 ms	
Data length:	4 s	4 s	22 s

Lateral changes and Vp/Vs analysis

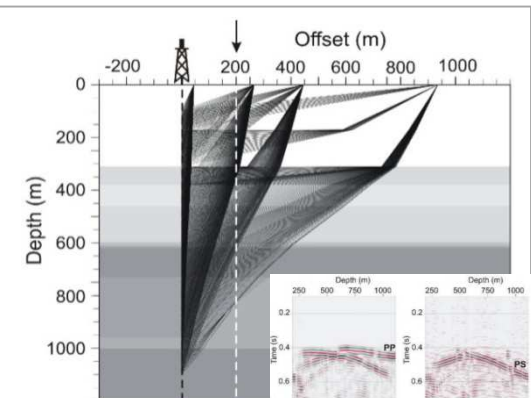
Modelling direct and converted P and S waves, including anisotropy and attenuation, allowed to calibrate local velocity and tune a model showing lateral changes in the reservoir



Multioffset
VSP time
migrated data
superimposed
on MCS G13
passing through
the well



Raypaths of transmitted
PP arrivals through the
limestone interface at
600 m depth, helping to
locate velocity changes



Grado LITHOLOGY



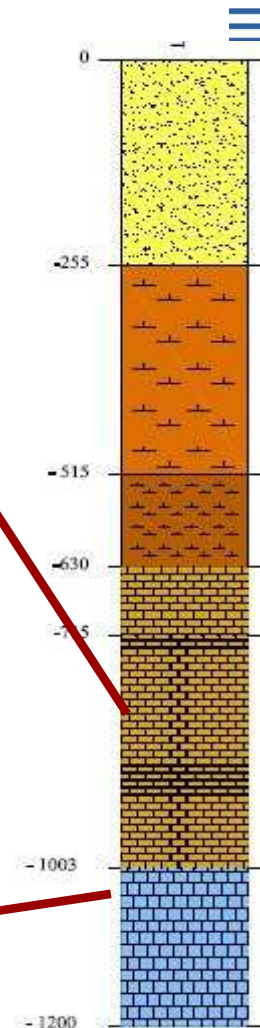
Core 1: 791 m
Paleogene
Limestones



CORE 2: 1005 m
Aurisina Cretaceous
Limestones



venerdì 20 maggio 201



Geotermia e idrotermia
per il riscaldamento e il raffreddamento

0-255 m

Plio-Quaternary
sediments

255-630 m
Miocene marls
and sandstones



630-1200 m
Paleogene and Mesozoic
limestones, geothermal
reservoir