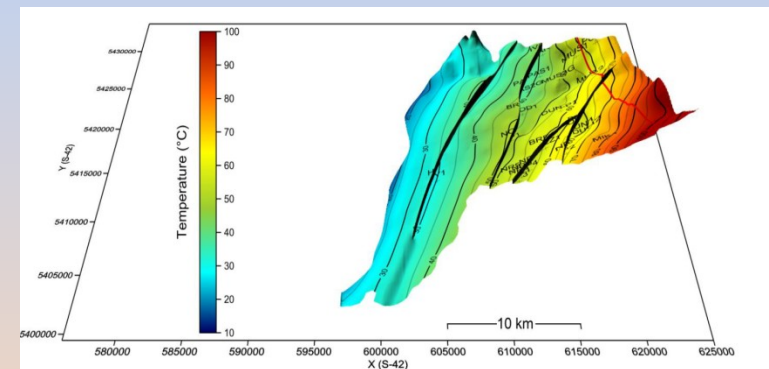
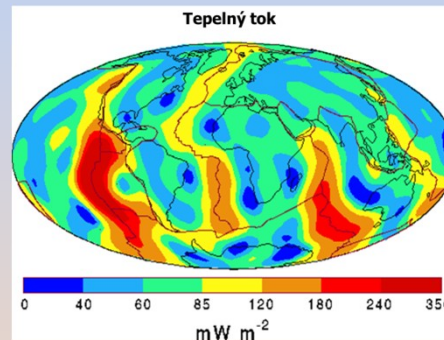
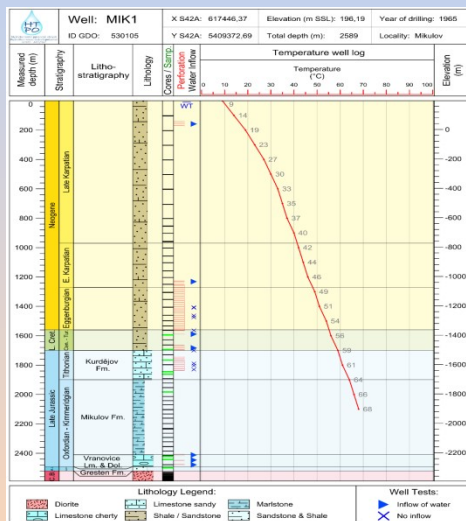
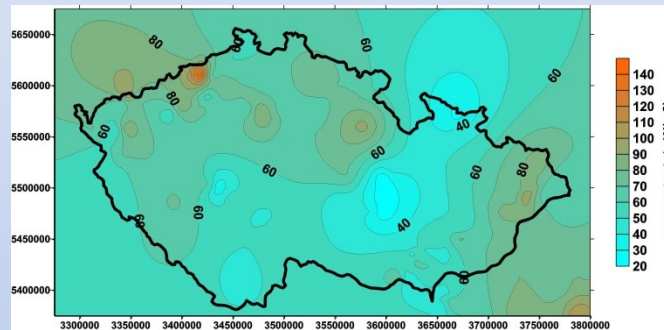


G7261 Geoenergie a obnovitelné zdroje

podzim 2022



Juraj Franců
juraj.francu@geology.cz

Geoenergie a obnovitelné zdroje

Osnova

1. Tradiční a netradiční, fosilní a obnovitelné zdroje energie v horninovém prostředí
2. Geotermie
3. Vylepšené fosilní zdroje energie (EOR)
4. Záchyt a ukládání skleníkových plynů v horninovém prostředí (CCS)
5. Řízená mikrobiální metanogeneze
6. Ukládání vodíku v horninovém prostředí

1a. Tradiční zdroje energie

1. Uhlí – spalování hnědého uhlí
 - výroba koksu z černého uhlí pro železárny
 - výroba dehtu z ču pro chemický průmysl
2. Ropa – výroba pohonných hmot v rafineriích
- 1.3. Plyn – „čisté topení budov“, doprava
4. Uran – jaderné elektrárny
5. Zemské teplo – **geotermální zdroje**



Geotermální elektrárna v islandské Krafla, kde má stát první funkční vrt uzpůsobený pro získání energie z magmatu

1b. Netradiční zdroje energie ze země

6. CBM – coal bed methane = metan z štěpených uhelných slojí
7. Shale Gas – „břidličný“ (jílovcový) plyn – **hydraulické štěpení**
8. Řízená mikrobiální metanogeneze v uzavřených ložiskách uhlí
- 1.9 EOR – enhanced oil recovery – sekundární a terciární metody těžby ropy

1c. Obnovitelné zdroje energie

Směr vývoje – kombinace tradičních a nových technologií

Jednou z nosných myšlenek je **vrácení uhlíku z fosilních paliv do země**

a tím také **snížení hromadění skleníkových plynů v atmosféře**

a zpomalení globálního oteplování

Řešení: CCS ukládání CO₂ do akviferů a dotěžovaných ložisek ropy a plynu.

CCS = carbon capture and storage

Neobnovitelné zdroje – jednoho dne se vytěží a nebudou

Obnovitelné – budou fungovat na cyklickém principu

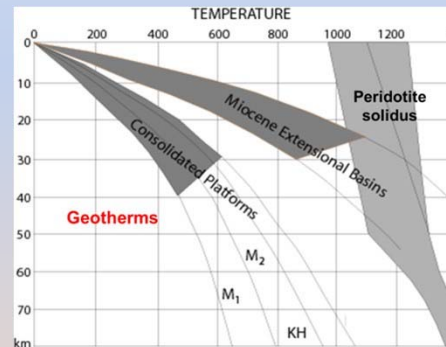
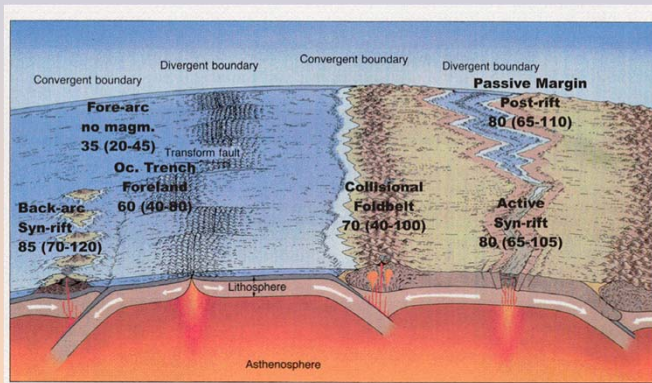
– hlavní naděje = podzemní zásobníky plynu UGS

- **Ukládání vodíku UHS** vyrobeného slunečními panely
a větrníky

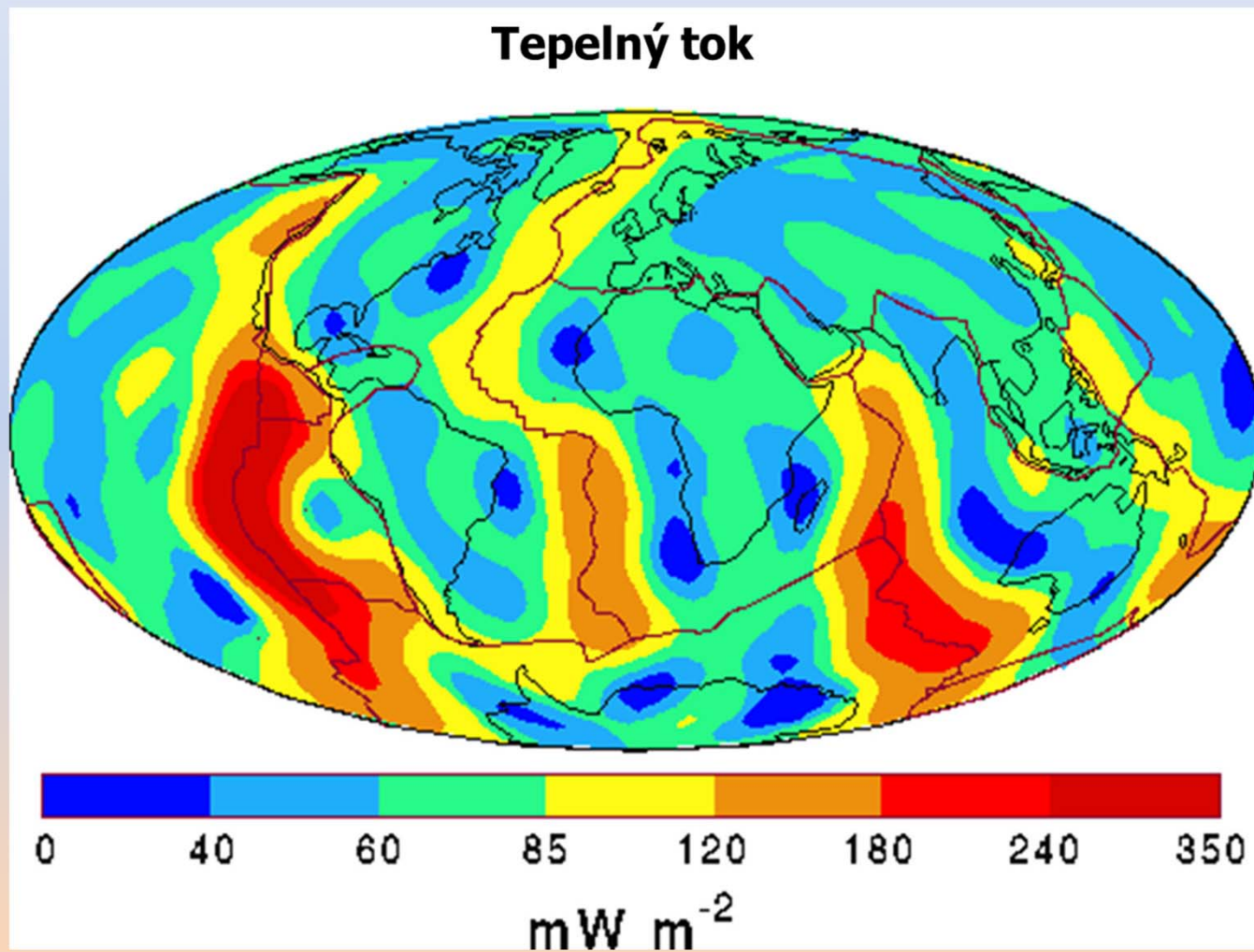
– Řízená metanogeneze v uhelných dolech a zásobnících plynu

2. Geotermální energie

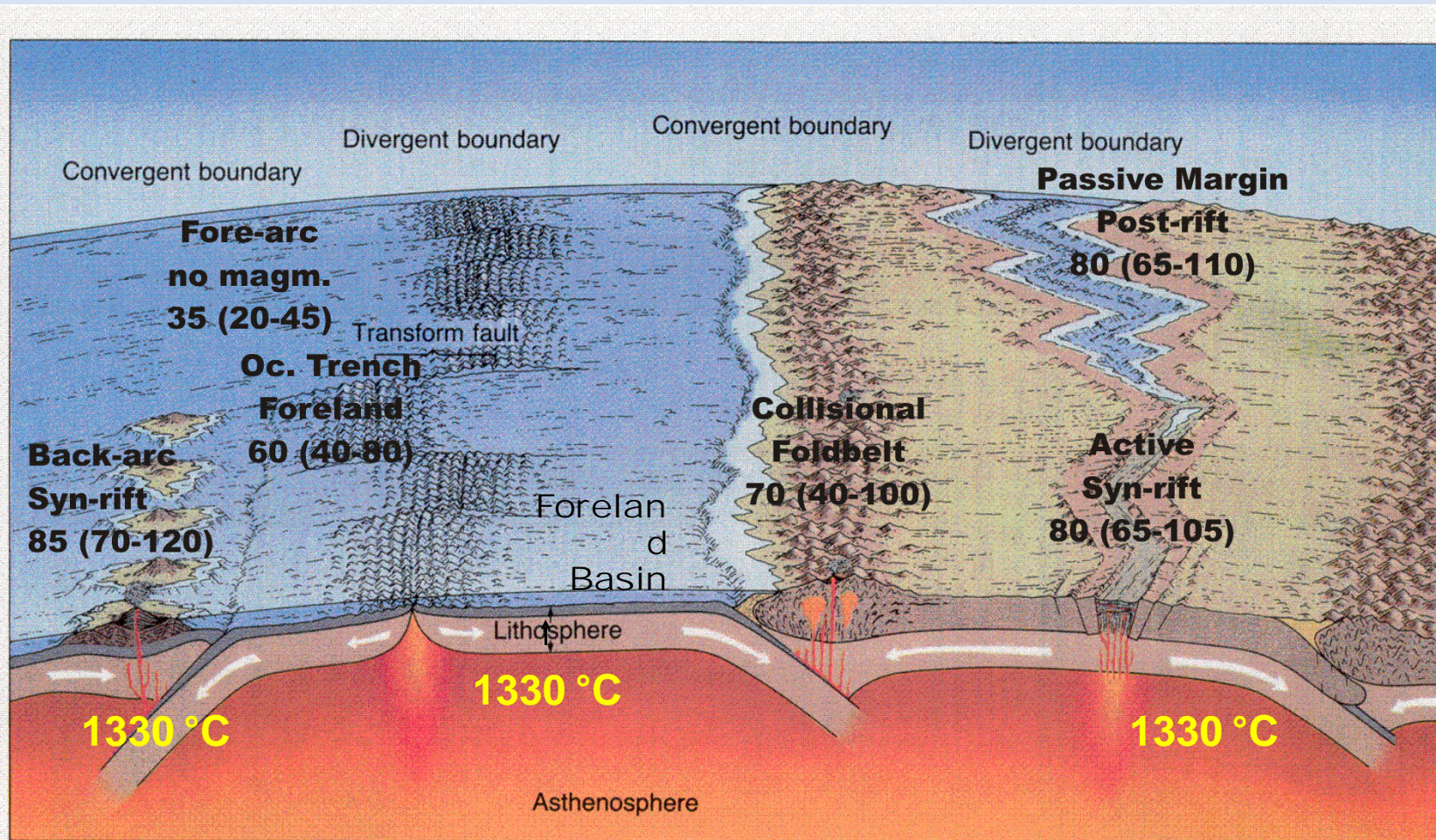
- 2.1 Rozložení teploty v Zemi a litosféře
- 2.2 Tepelný tok a teplotní gradient
- 2.3 Tepelná vodivost, porozita, permeabilita, transmisivita
- 2.4 Těžba geotermální energie, energetický potenciál, ekonomika



Geotermální energie – Tepelný tok na Zemi

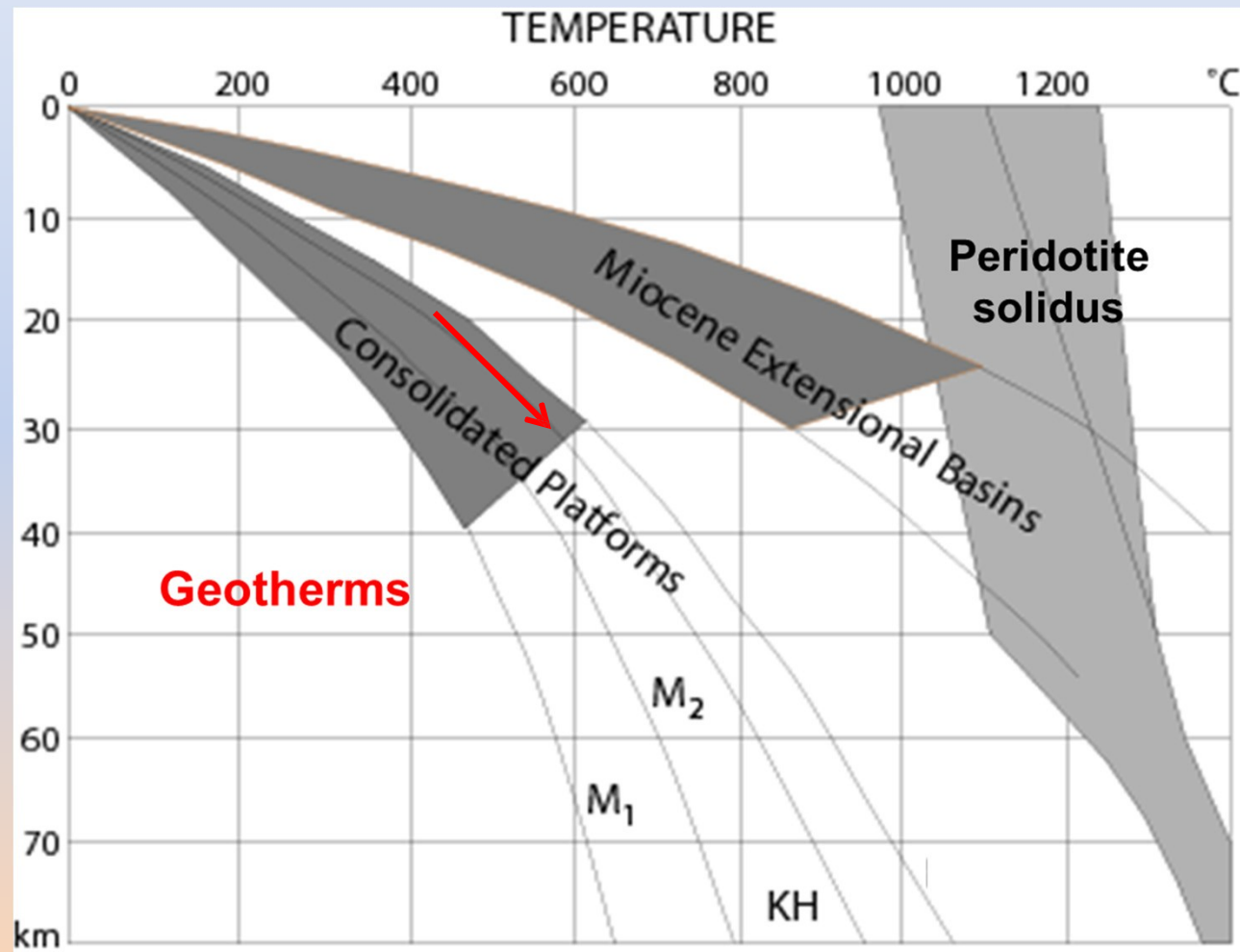


Okrajové podmínky – klimatická teplota a T na rozhraní Litosféra/ Astenosféra

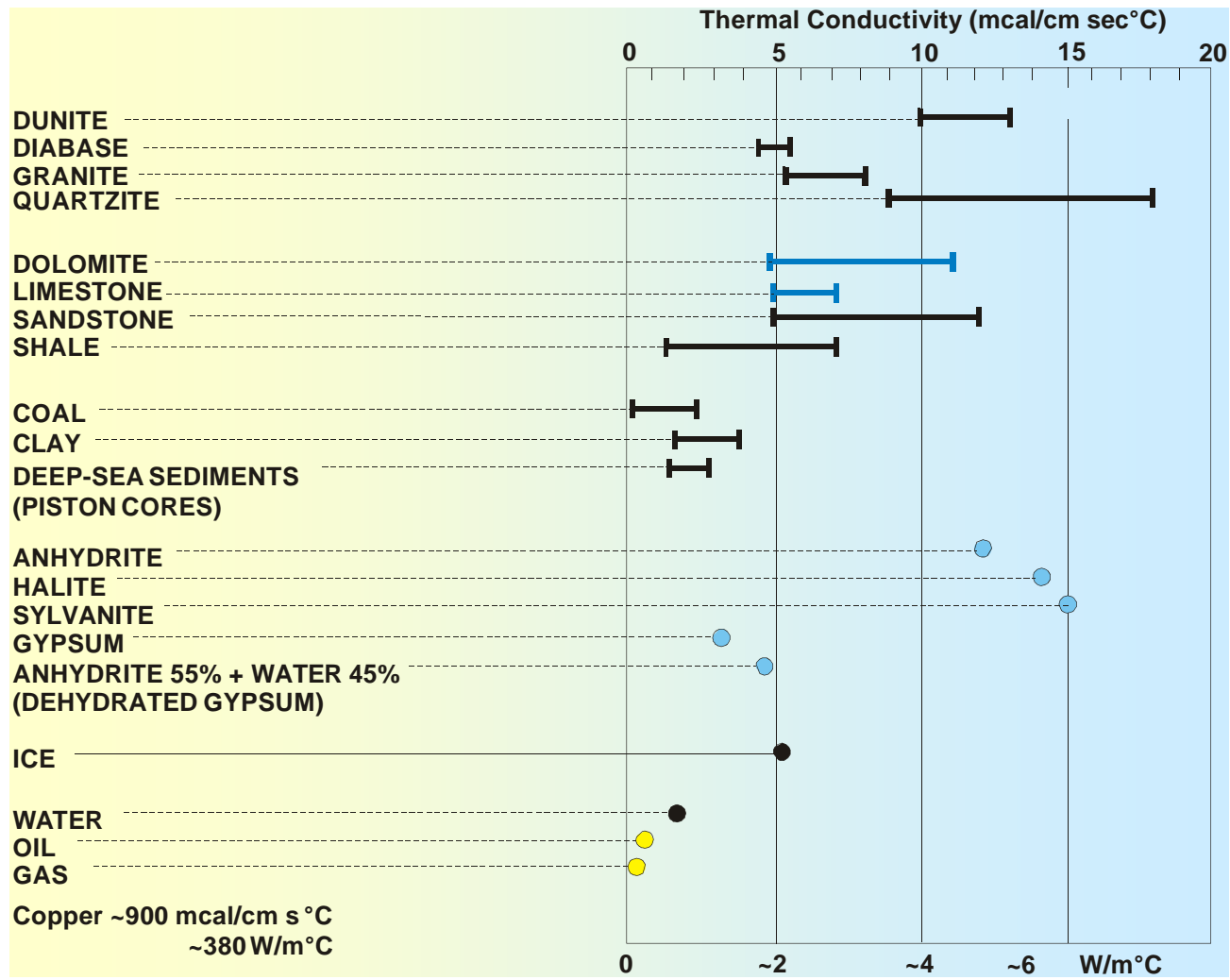


Data from Allen & Allen (1990)

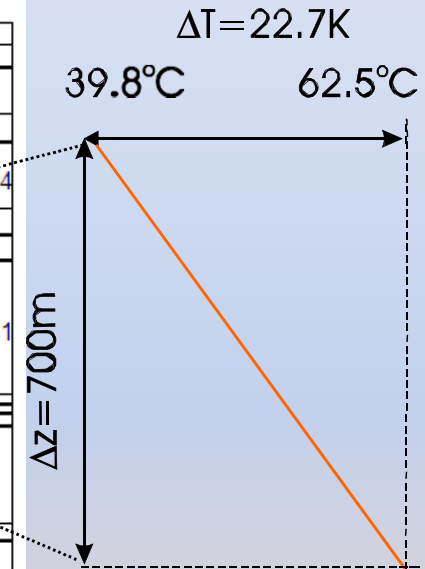
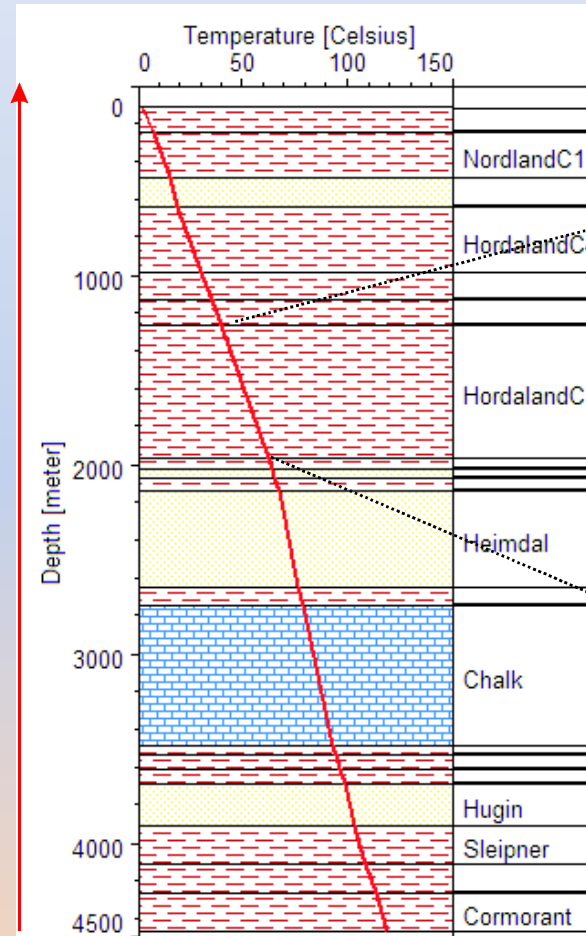
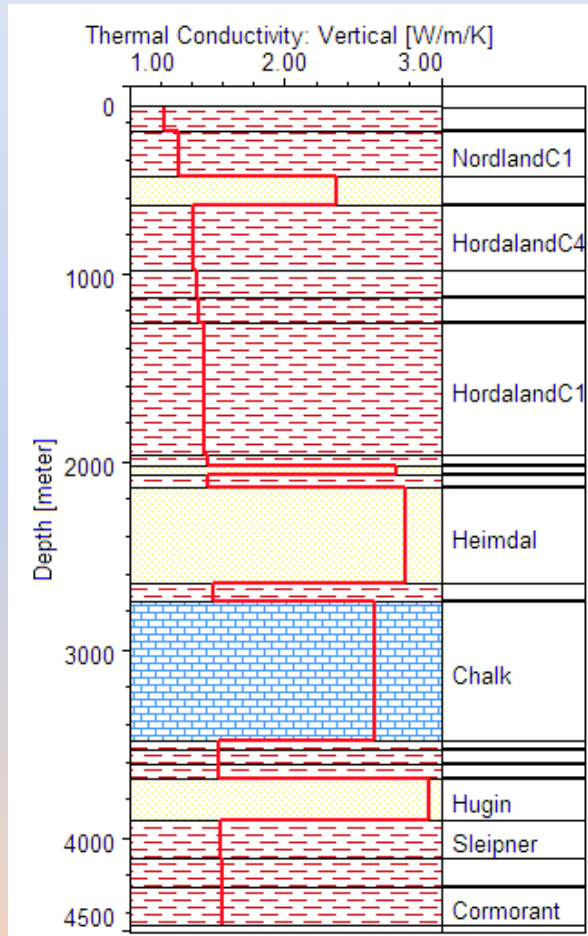
Geotermický gradient $\text{grad}(T) = dT / dZ$ (mK/ m)



Tepelná vodivost = thermal conductivity (W/ m s °C)



Tepelná vodivost a teplota v závislosti na litologii

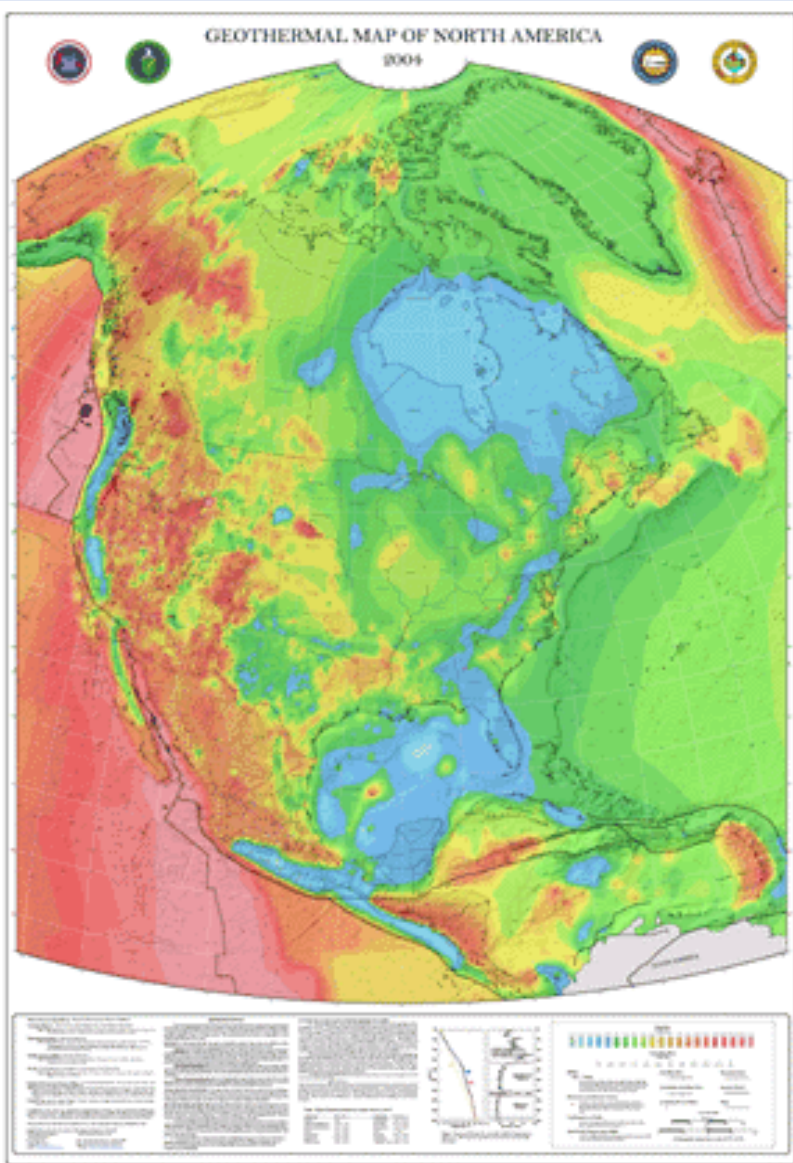


$$q = \lambda \frac{\Delta T}{\Delta z}$$

$$48 \frac{mW}{m^2} = 1.48 \frac{W}{m \cdot K} \cdot \frac{22.7K}{700m}$$

heat flow thermal cond. Grad T

Tepelný tok heat flow $q = 48 \text{ mW/m}^2$



Geotermie

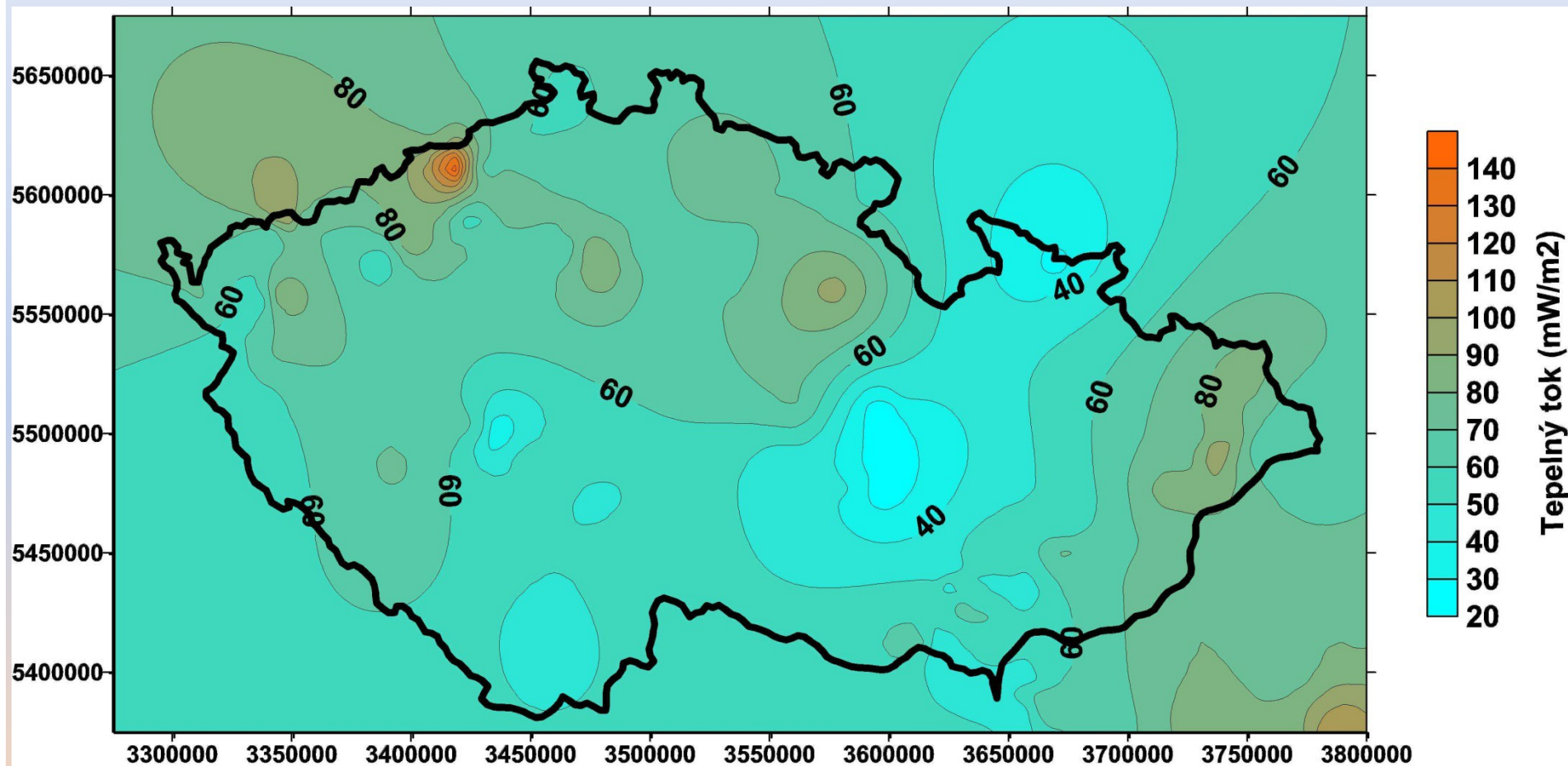
Mapa tepelného toku
Severní Ameriky a Grónska

Heat Flow Map of North America

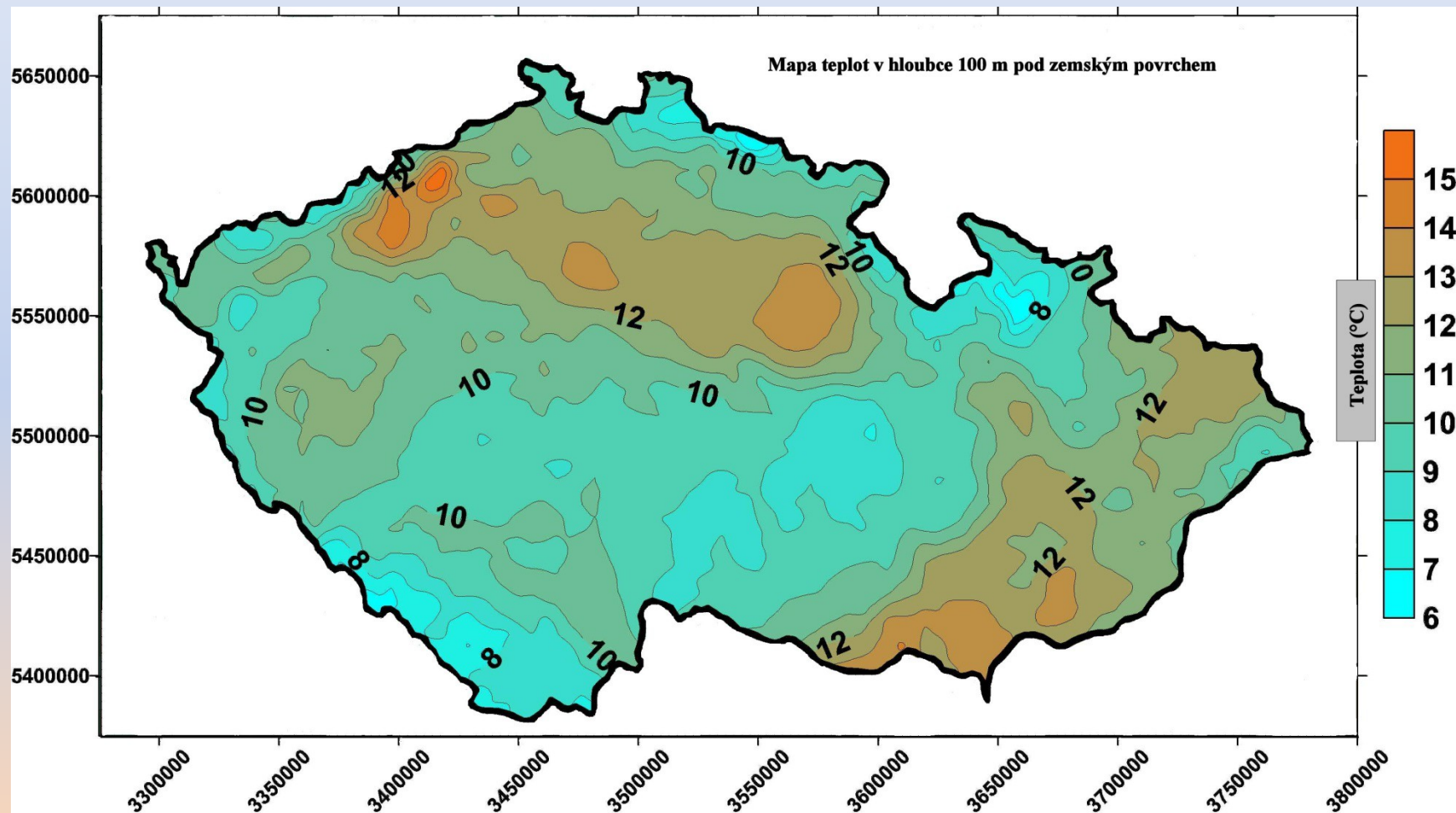
Blackwell, D. D., and Richards, M. 2004. Geothermal Map of North America. American Assoc. Petroleum Geologist (AAPG), 1 sheet, scale 1:6,500,000.

Všimněte si vysokého tepelného toku
na pacifické desce ve srovnání s atlantickou.
Proč má západ Ameriky tak červené barvy?

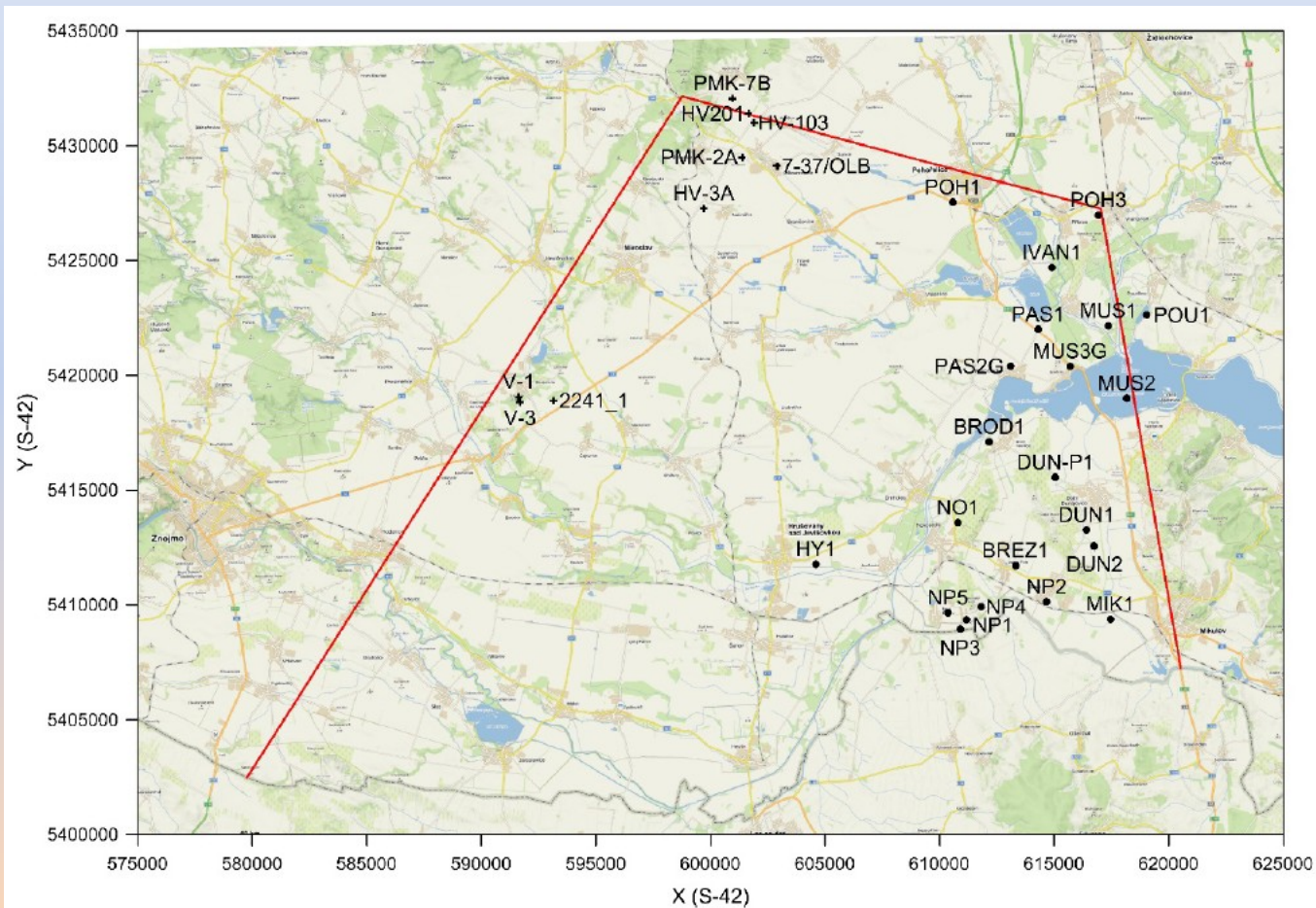
Mapa tepelného toku České republiky



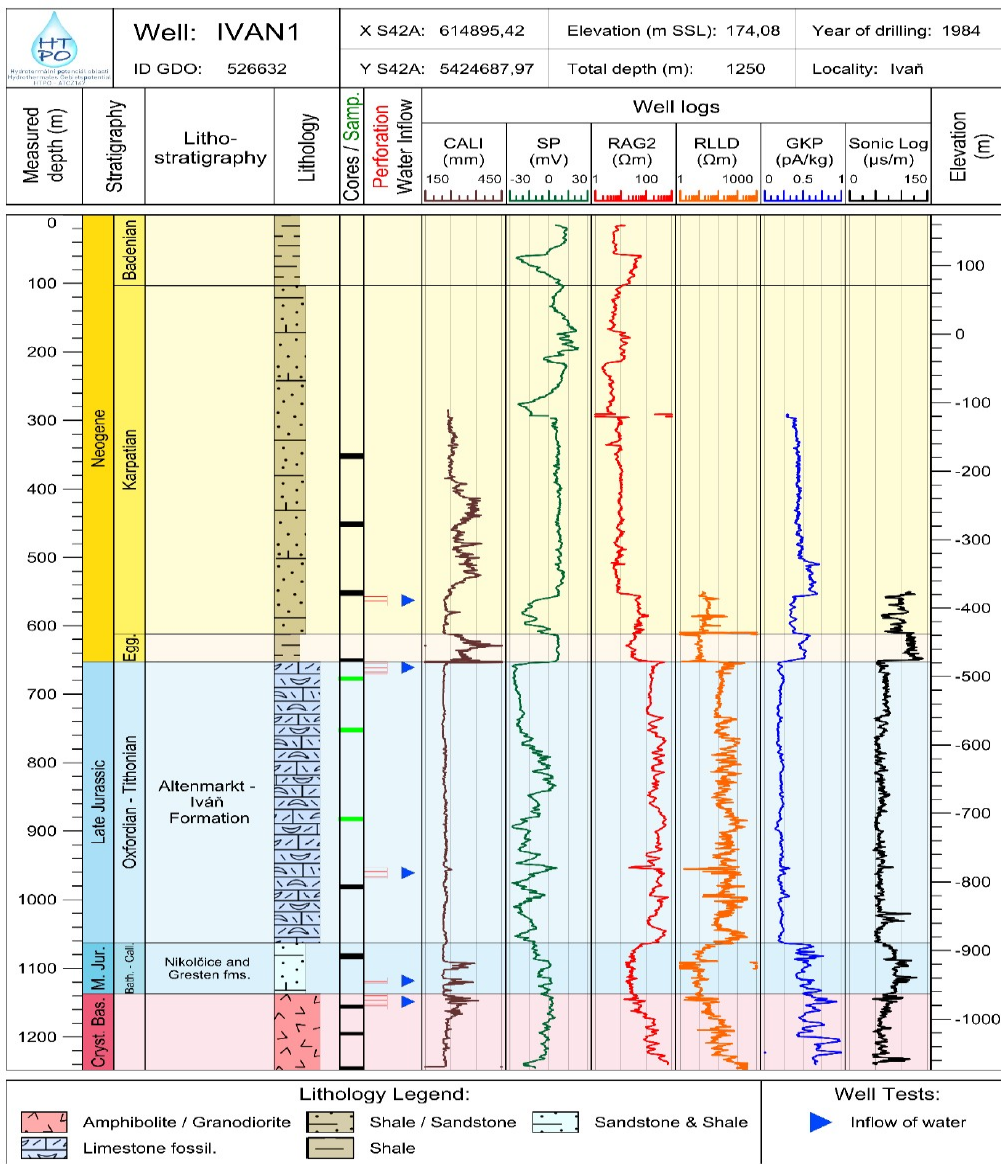
Teplota v hloubce 100 m pod zemským povrchem



Geotermální potenciál pavlovského bloku jižní Moravy a přilehlého území dolního Rakouska



Pro moravskou část byly zpracovány průzkumné vrty na ropu a plyn a tři geotermální vrty (Pasohlávky a Mušov)



Geotermální potenciál pavlovského bloku jižní Moravy

Stratigrafický,
litostratigrafický,
litologický
a karotážní profil
vrtu Ivaň-1:

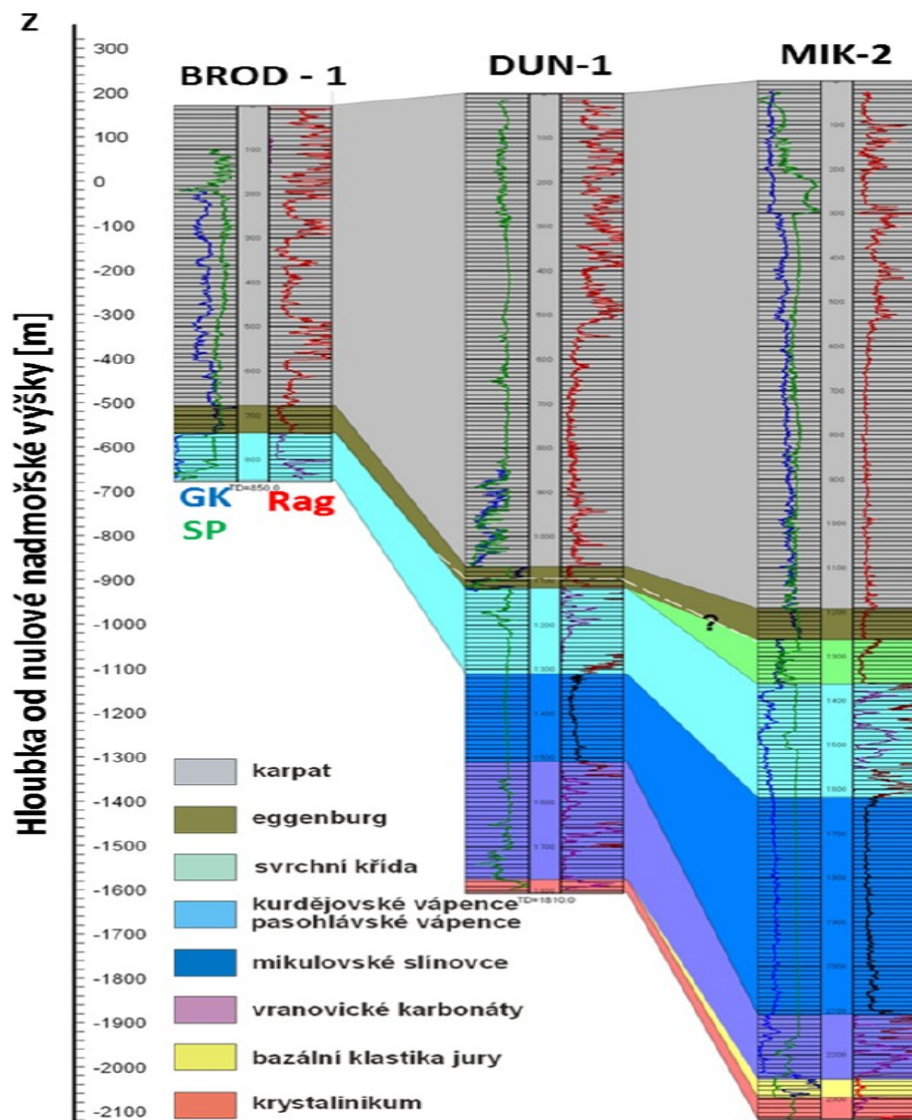
CALI – caliper log

SP – spontánní potenciál

RAG2 a RLLD – odporová kar.

GKP – gamma kar.

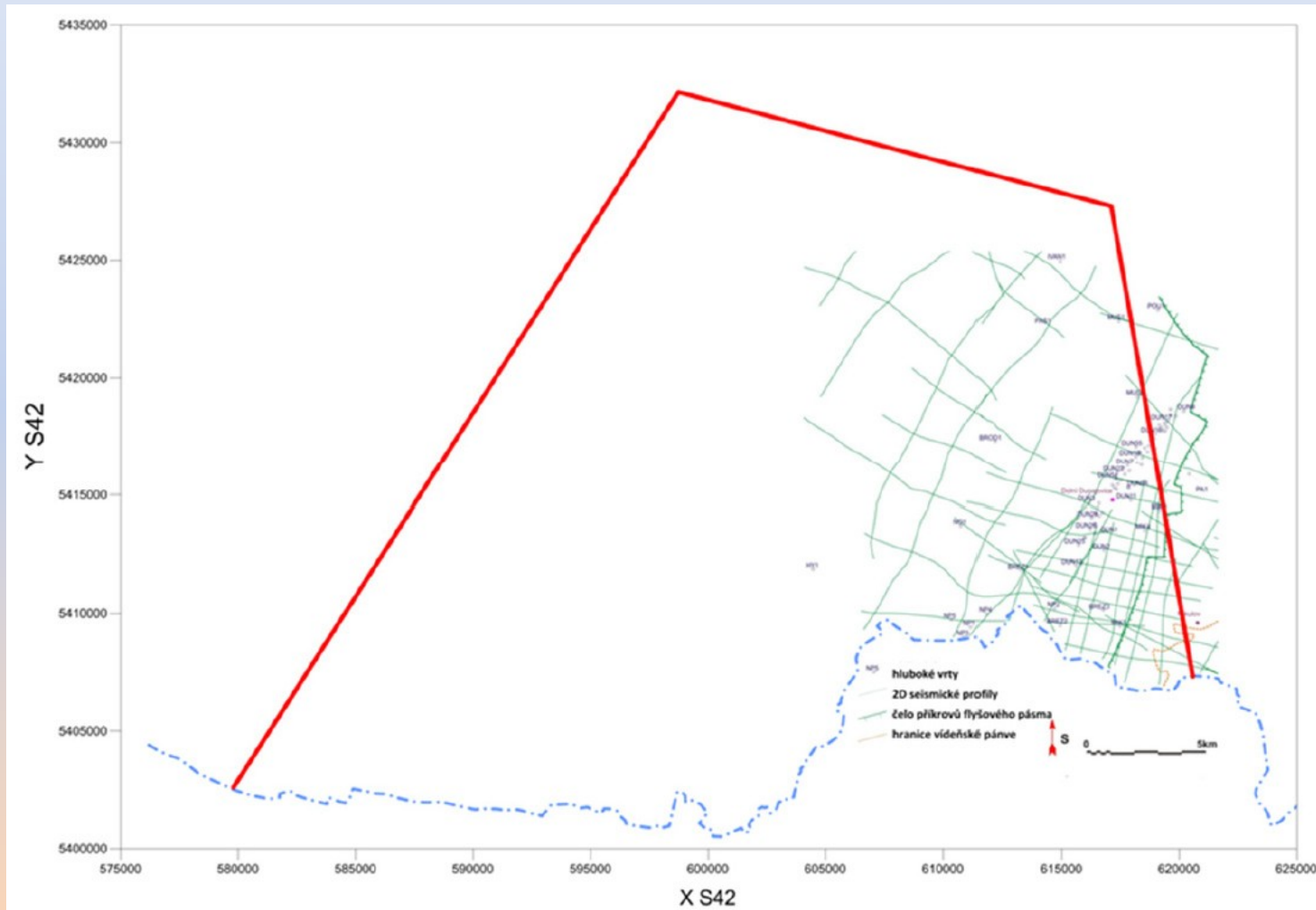
Sonic Log – akustická kar.



Geotermální potenciál pavlovského bloku jižní Moravy

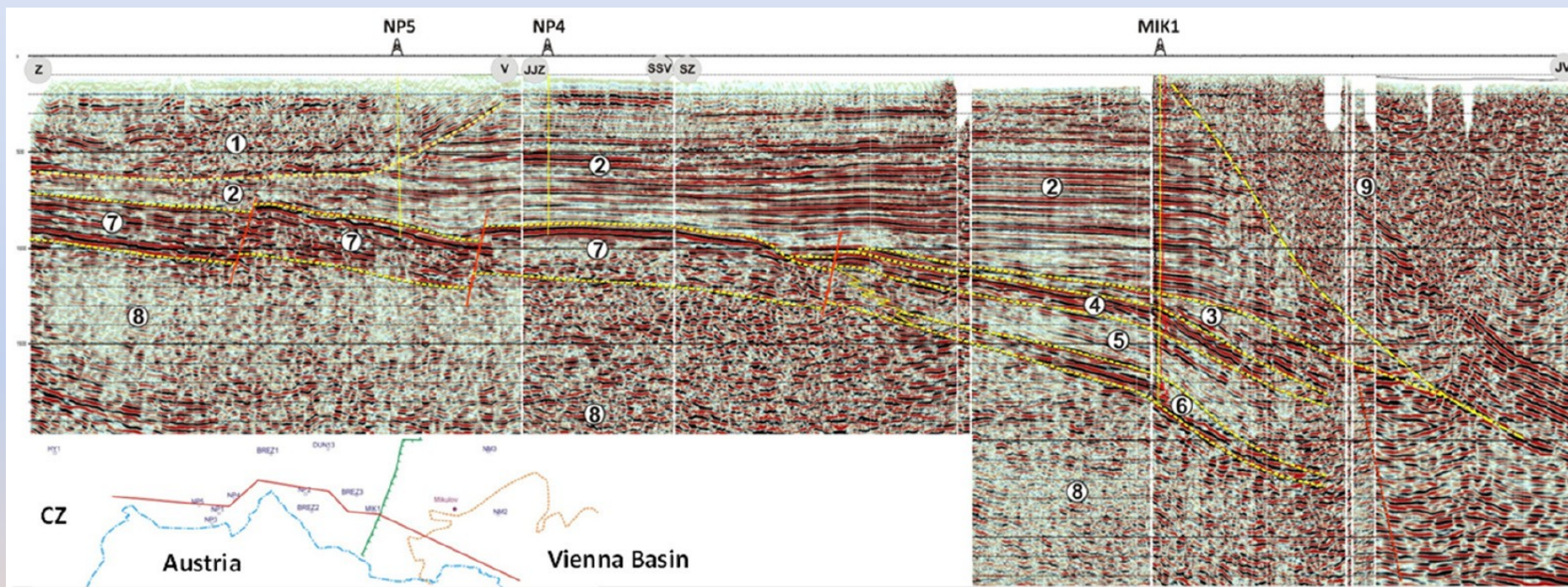
Korelační schéma vrtů
Brod 1,
Dunajovice 1
a Mikulov 2:
GK -gamma karotáž,
SP -spontánní polarizace,
Rag -odporová křivka.
Výsledkem je litologická a
stratigrafická interpretace.

Geotermální potenciál pavlovského bloku jižní Moravy



2D
seismická
prozkou-
manost
(profily)

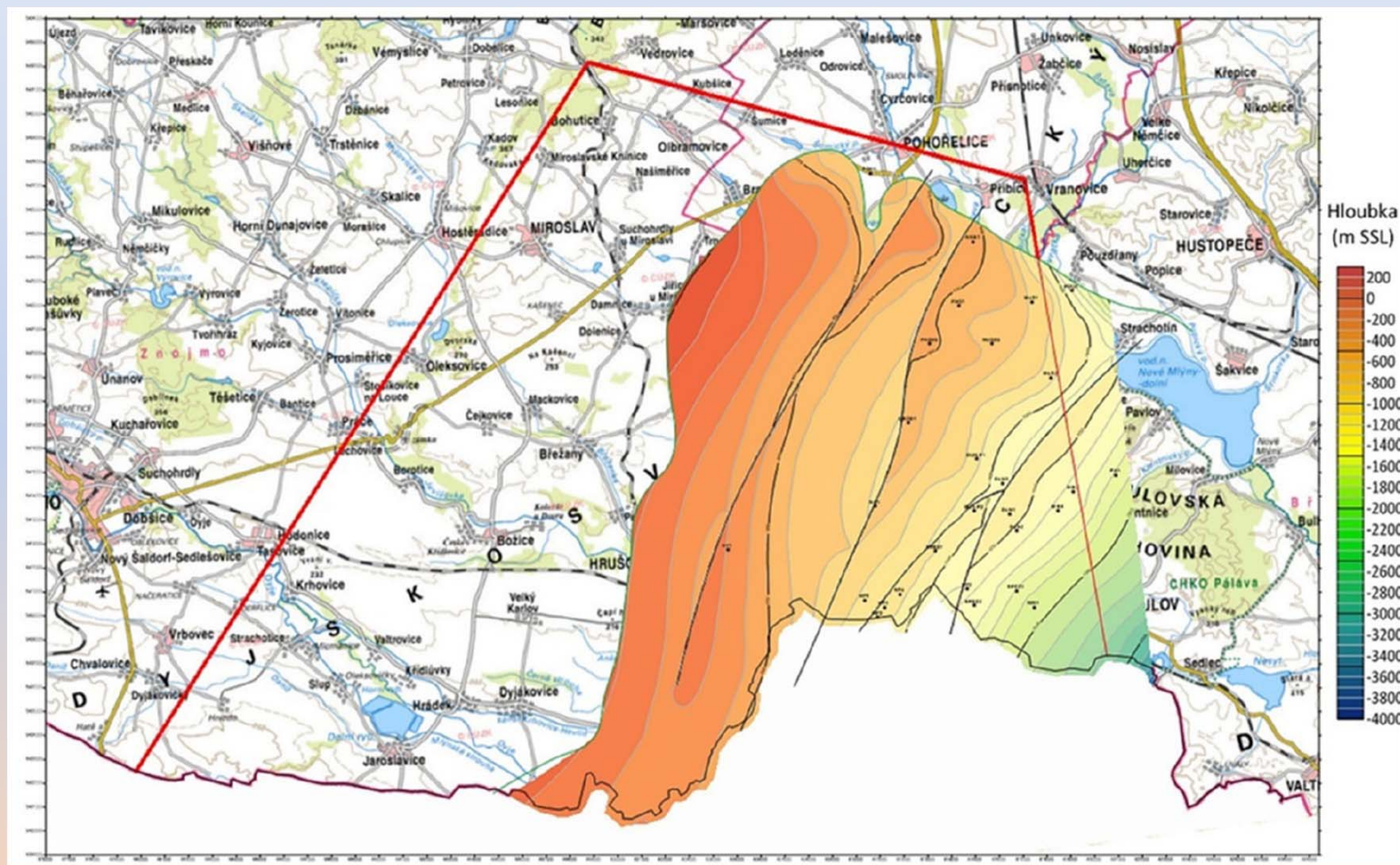
Geotermální potenciál pavlovského bloku jižní Moravy



Kompositní 2D seismický profil v pavlovském bloku: 1 - sp. baden, 2 - karpát, 3 - eggenburg -sv. křída, 4 -sv. jura, malm -kurdějovské s., 5 -malm -mikulovské s., 6 -dogger -Malm -nečleněné vranovické s., nikolčické s., a grestenské s., 7 -ivaňské s., 8 -prekambrium, krystalinické podloží, 9 – příkrovy flyšového pásma Západních Karpat.

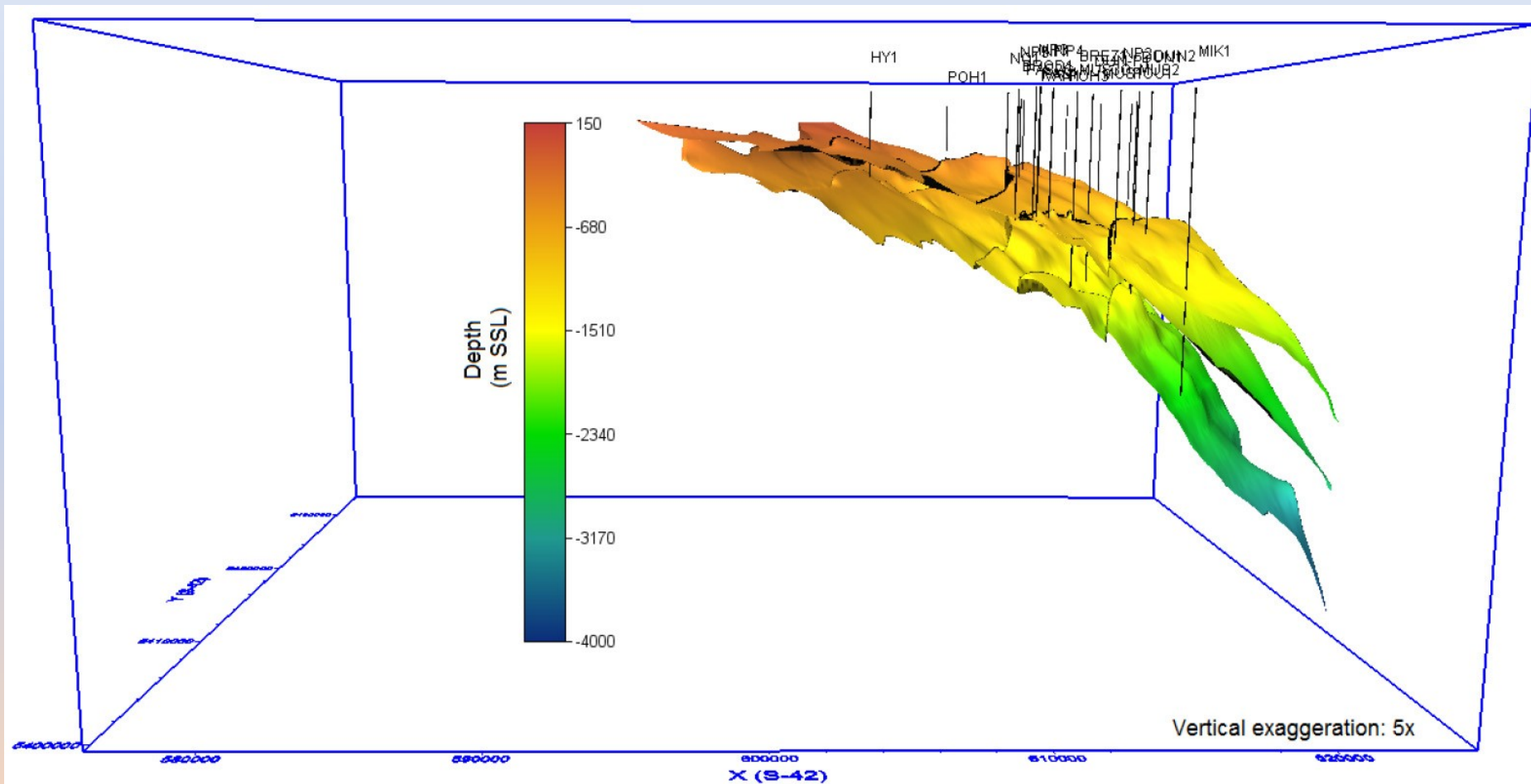
Pereszlényi et al. 2019

Geotermální potenciál pavlovského bloku jižní Moravy



Povrch jury, kurdějovského souvrství. Hloubka je vztažena k nulové nadmořské výšce (m BSL).

Geotermální potenciál pavlovského bloku jižní Moravy

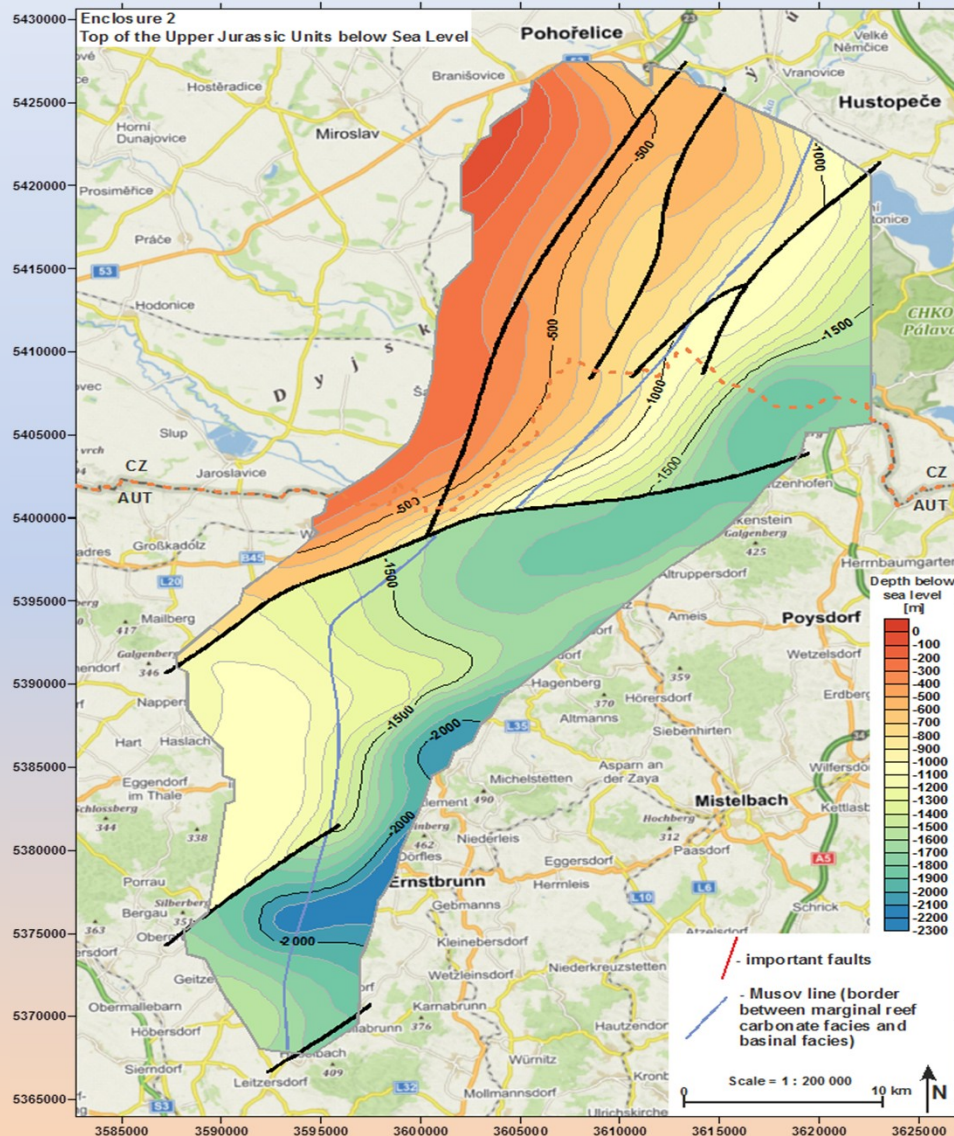


3D model se zobrazenými povrchy jury a mikulovských slánovců a bází jury. 5x převýšeno.

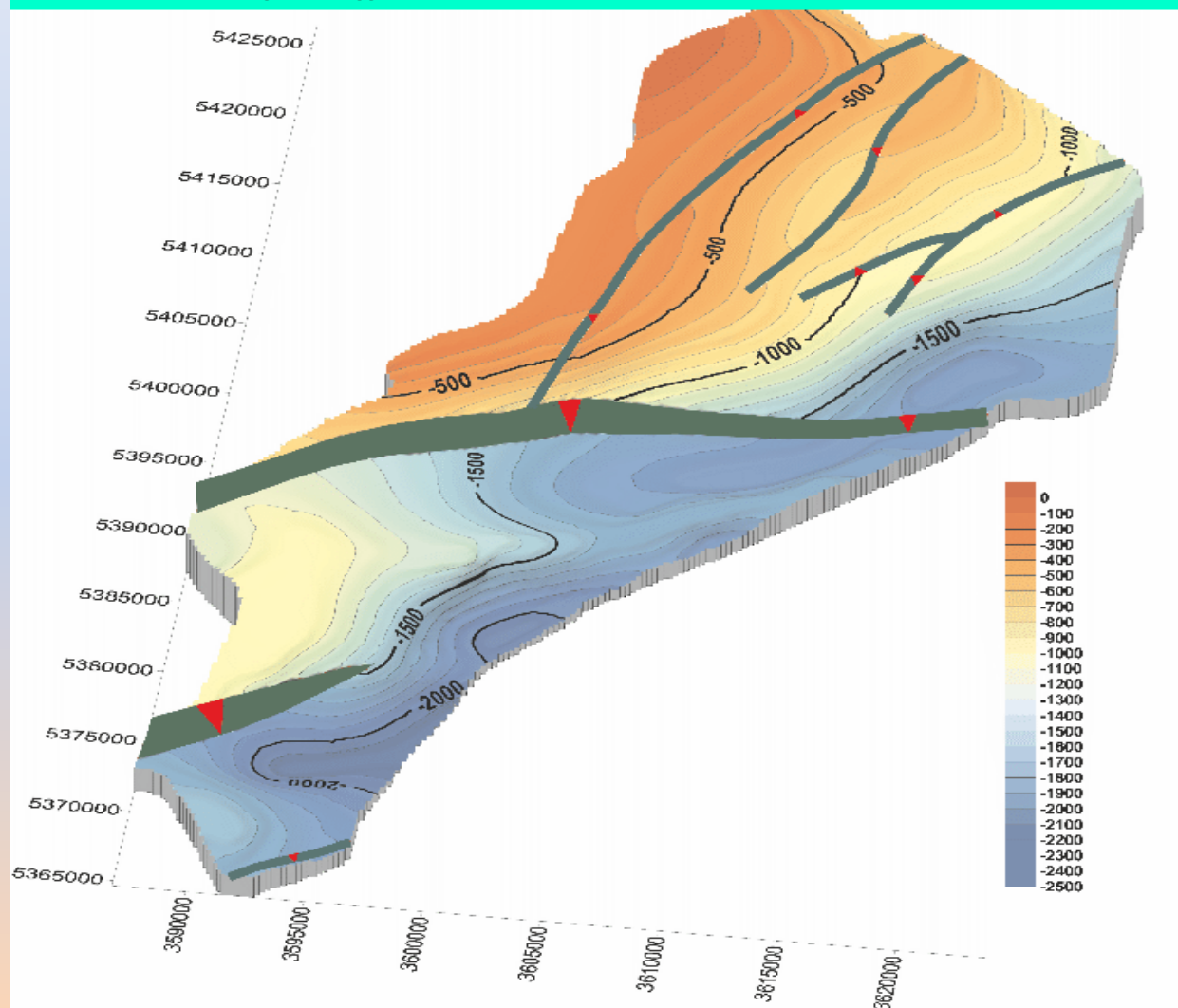
Geotermální potenciál pavlovského bloku jižní Moravy a přilehlého území dolního Rakouska

Základem jsou strukturní
mapy na povrch nebo bázi
kolektorských jednotek

Příklad:
Povrch svrchní jury hloubka
vůči hladině moře



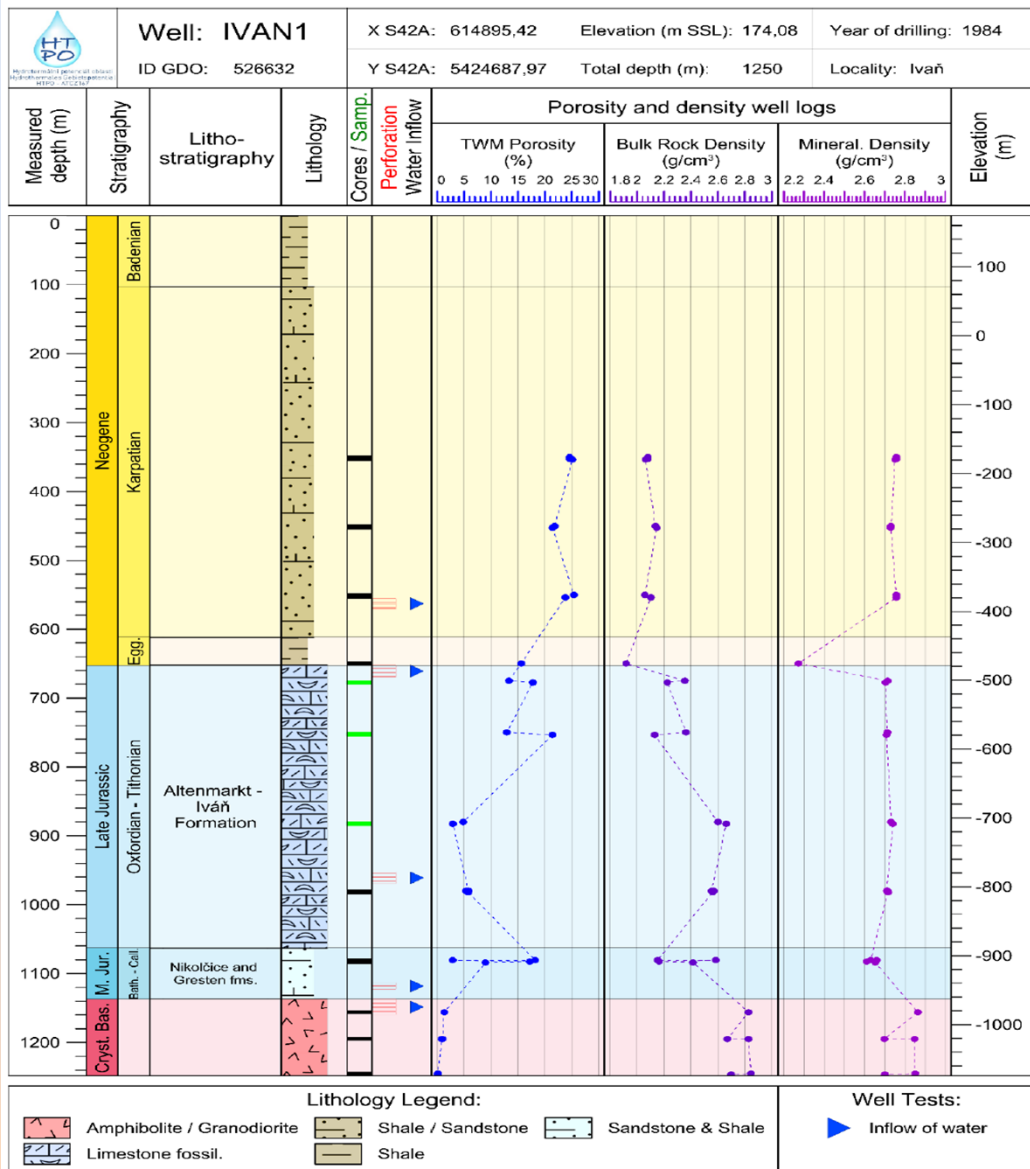
Enclosure 10 Pilot area for the assessment of geothermal resources between Austria and the Czech Republic
3D View - Top of the Upper Jurassic Units below Sea Level



Geotermální potenciál

3D model
Povrch
svrchní jury
hloubka vůči
hladině moře

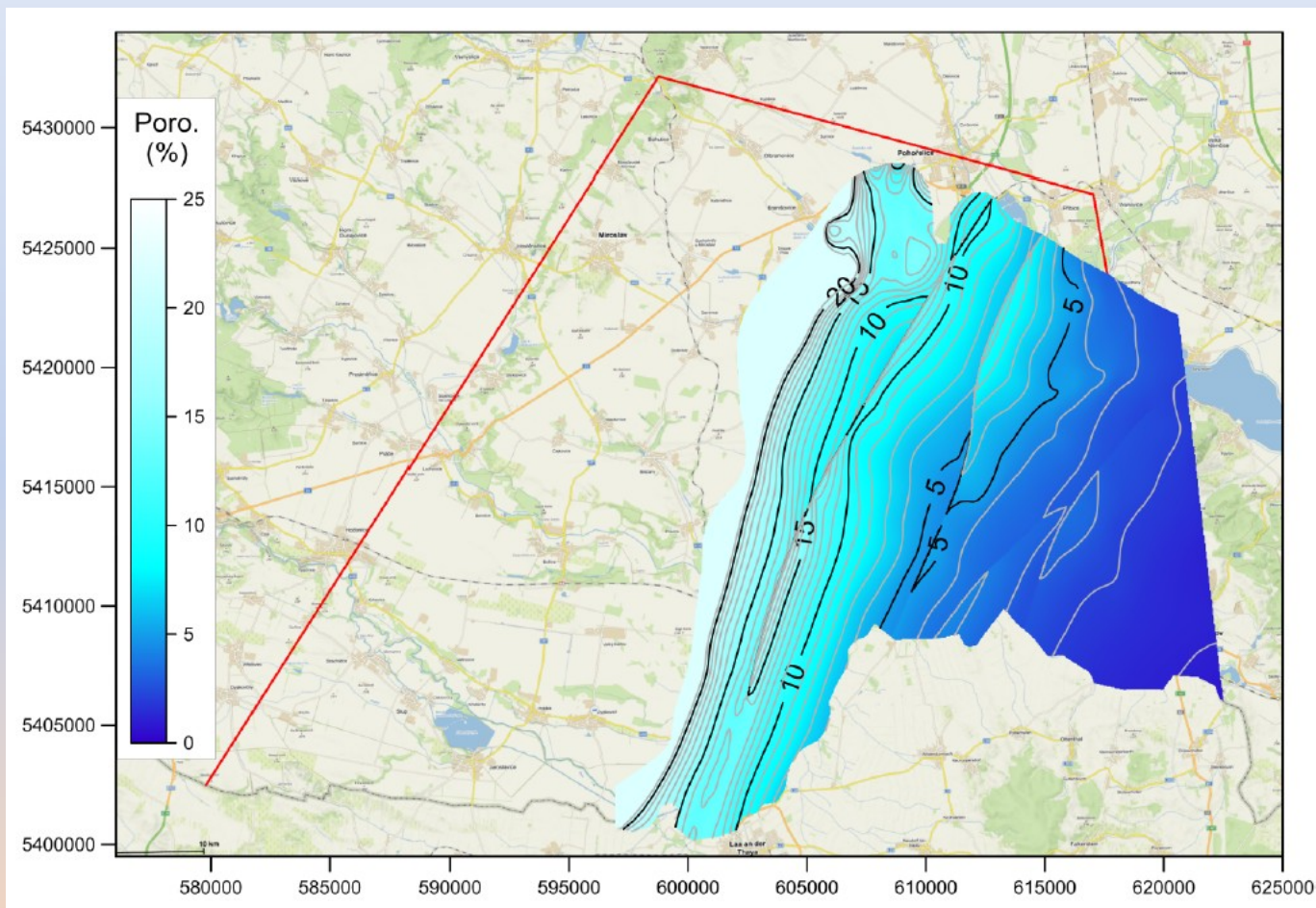
Přihraniční území
jižní Moravy
a Dolního Rakouska



Geotermální potenciál pavlovského bloku jižní Moravy

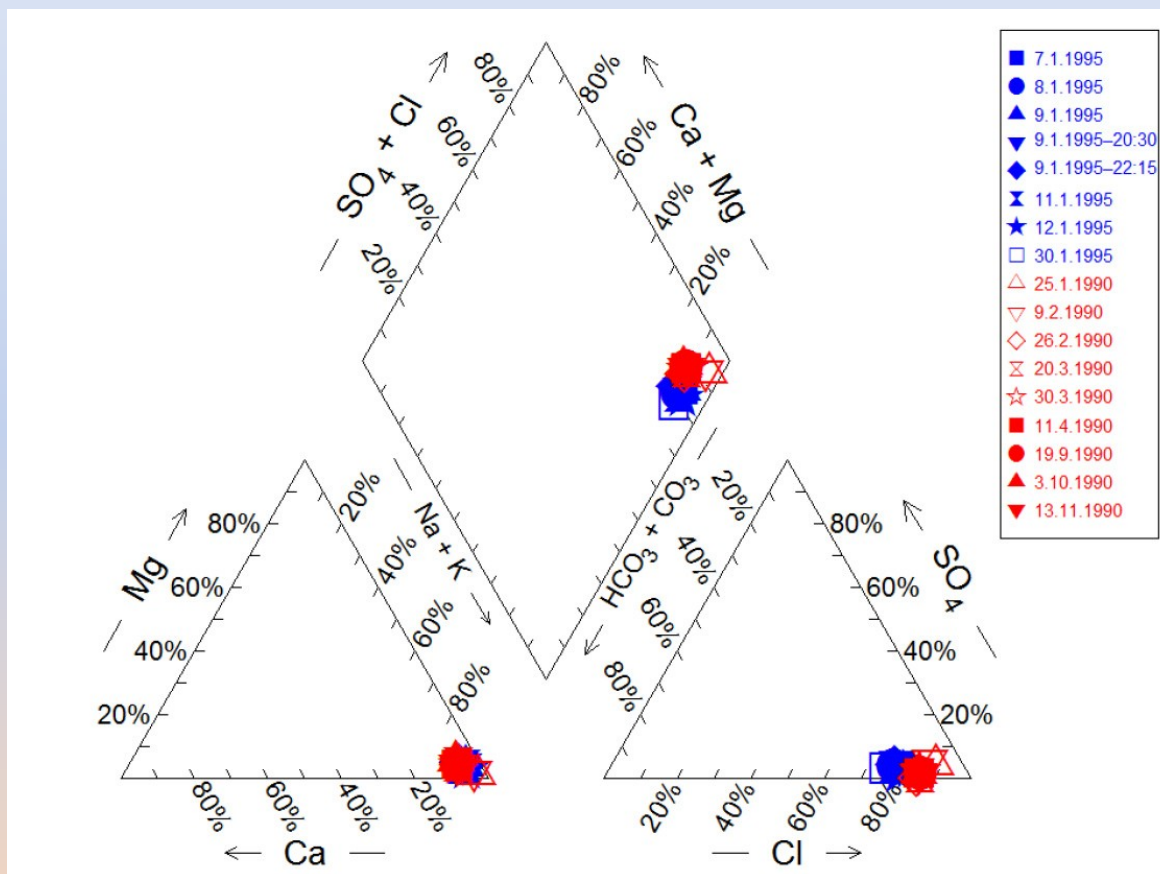
Stratigrafický,
litostratigrafický a
litologický profil
vrtu Ivaň-1:
odvozené petrofyzikální
charakteristiky -
porozita,
objemová a minerální
hustota,
perforace a přítoky.

Geotermální potenciál pavlovského bloku jižní Moravy



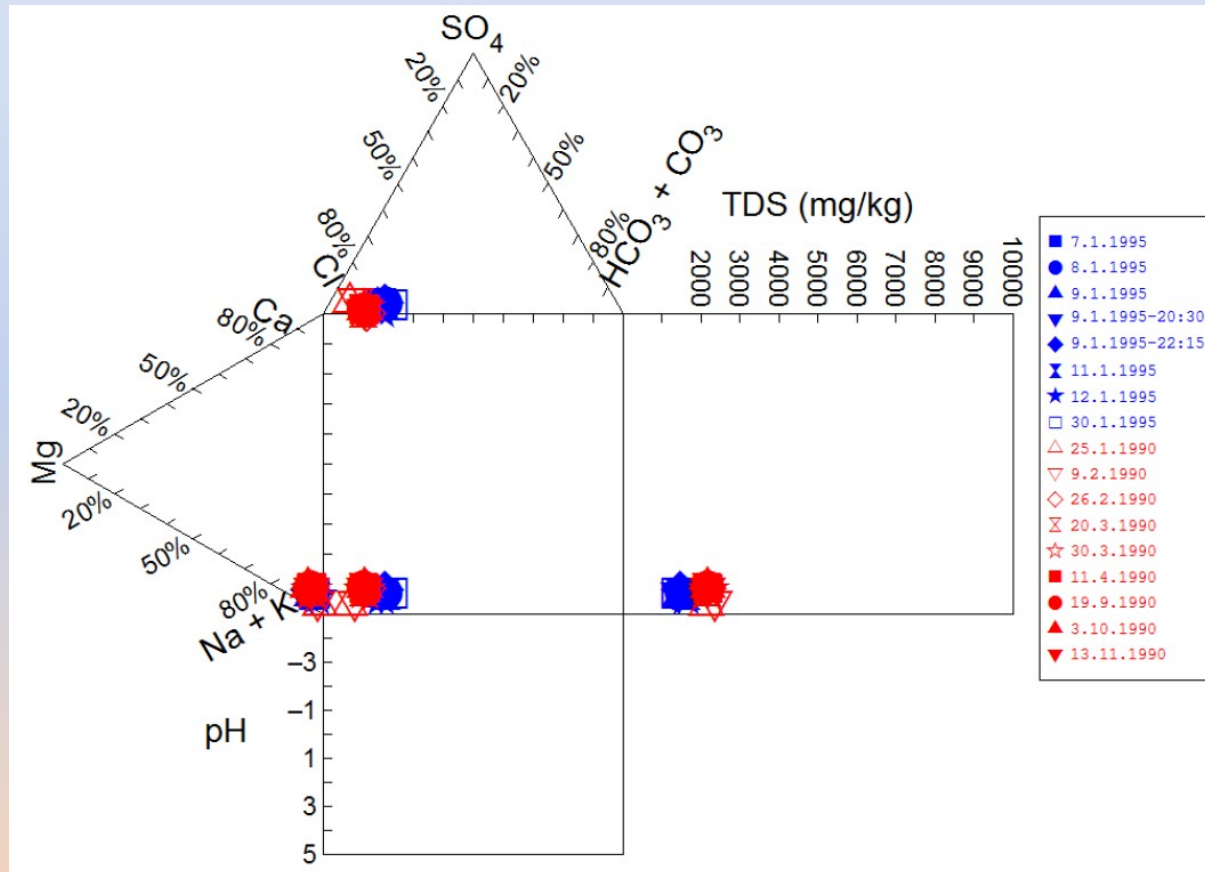
Rozložení porozity na bázi jury na základě metody trojího vážení

Geotermální potenciál pavlovského bloku jižní Moravy

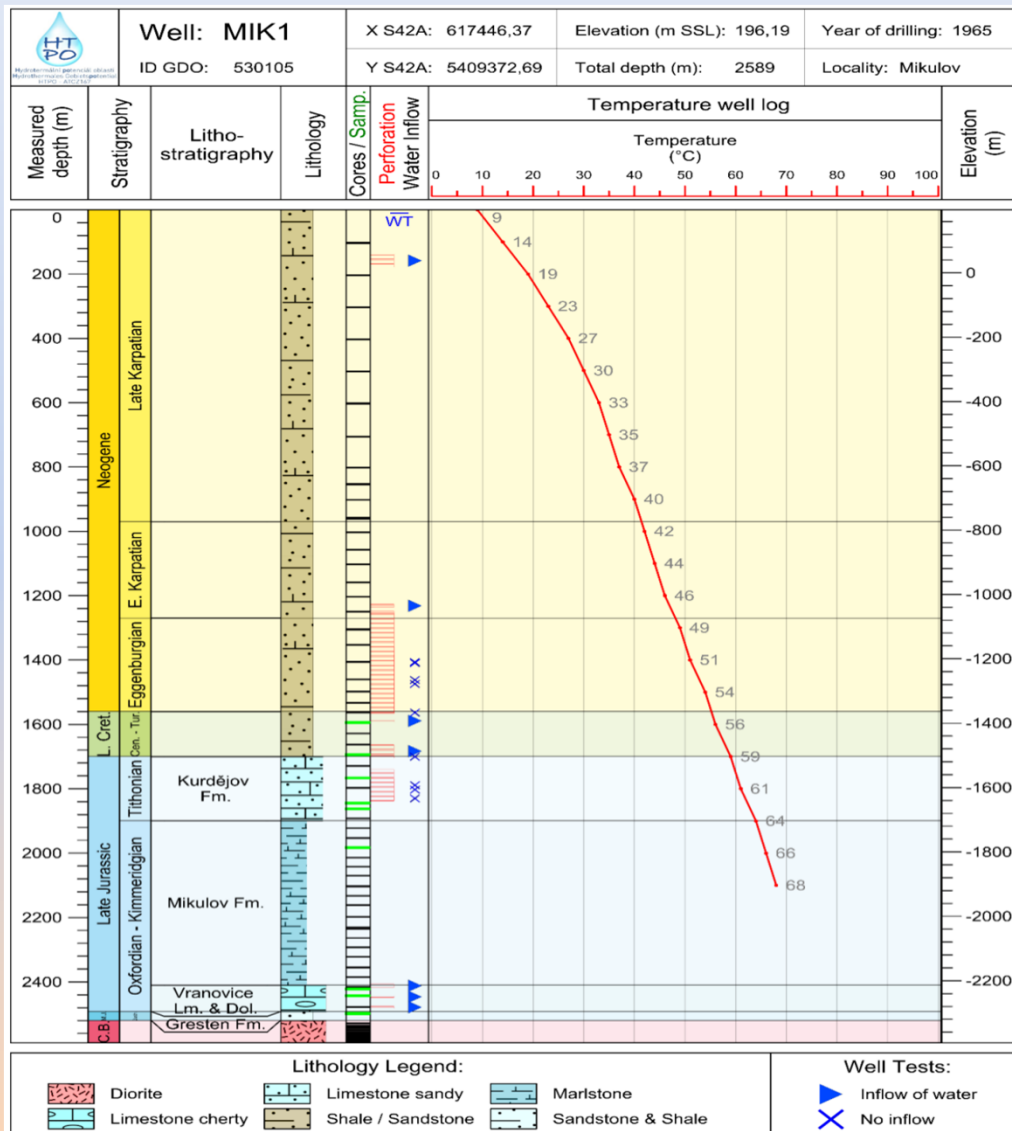


Piperův diagram chemického složení těžené vody ze struktury termální minerální vody Pasohlávky-Mušov (Chladilová a Kuchovský 2013). Vody z Pa2G (modré) a MU3G (červené body) jsou termální, slabě mineralizované, základního výrazného Na-Cl typu, Ca-HCO₃ podtypu.

Geotermální potenciál pavlovského bloku jižní Moravy



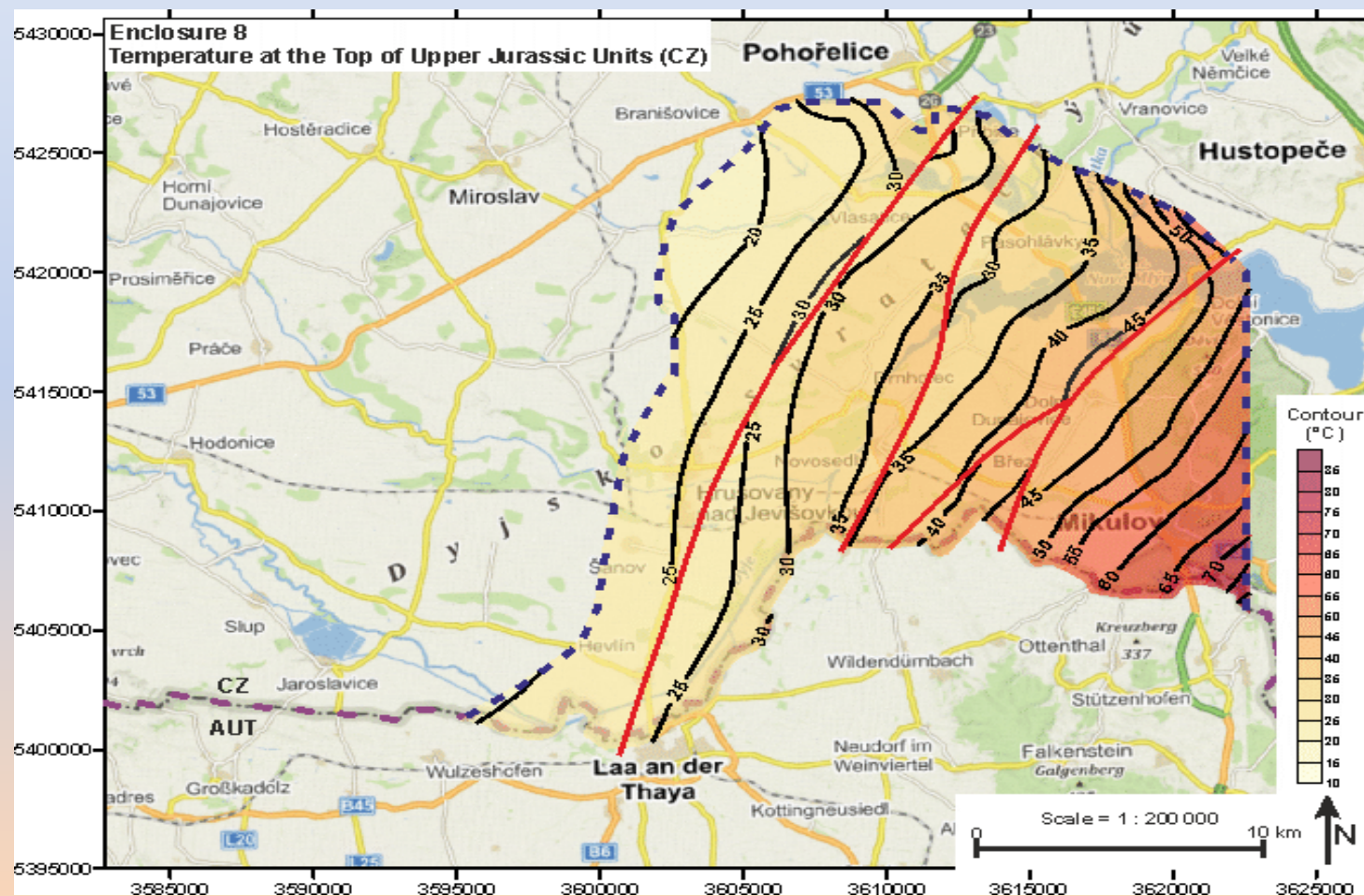
Durovův diagram chemického složení těžené vody ze struktury termální minerální vody Pasohlávky-Mušov (Chladilová a Kuchovský 2013). Vody z Pa2G (modré) a MU3G (červené body) jsou termální, slabě mineralizované, základního výrazného Na-Cl typu, Ca-HCO₃ podtypu.



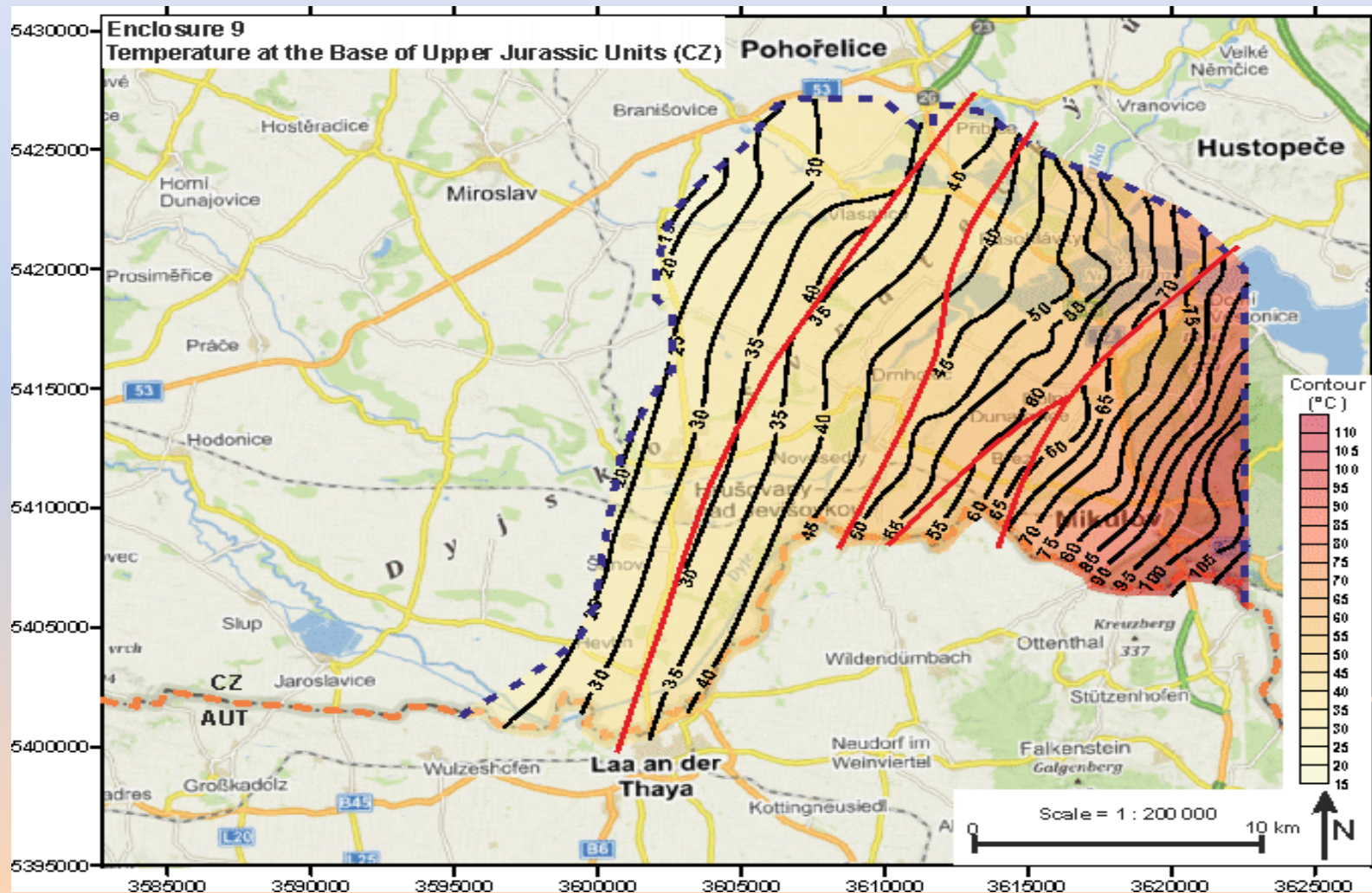
Geotermální potenciál pavlovského bloku jižní Moravy

Stratigrafický,
litostratigrafický
a litologický
profil vrtu
Mikulov-1:
jádra, perforace,
přítoky a
teplota s hloubkou

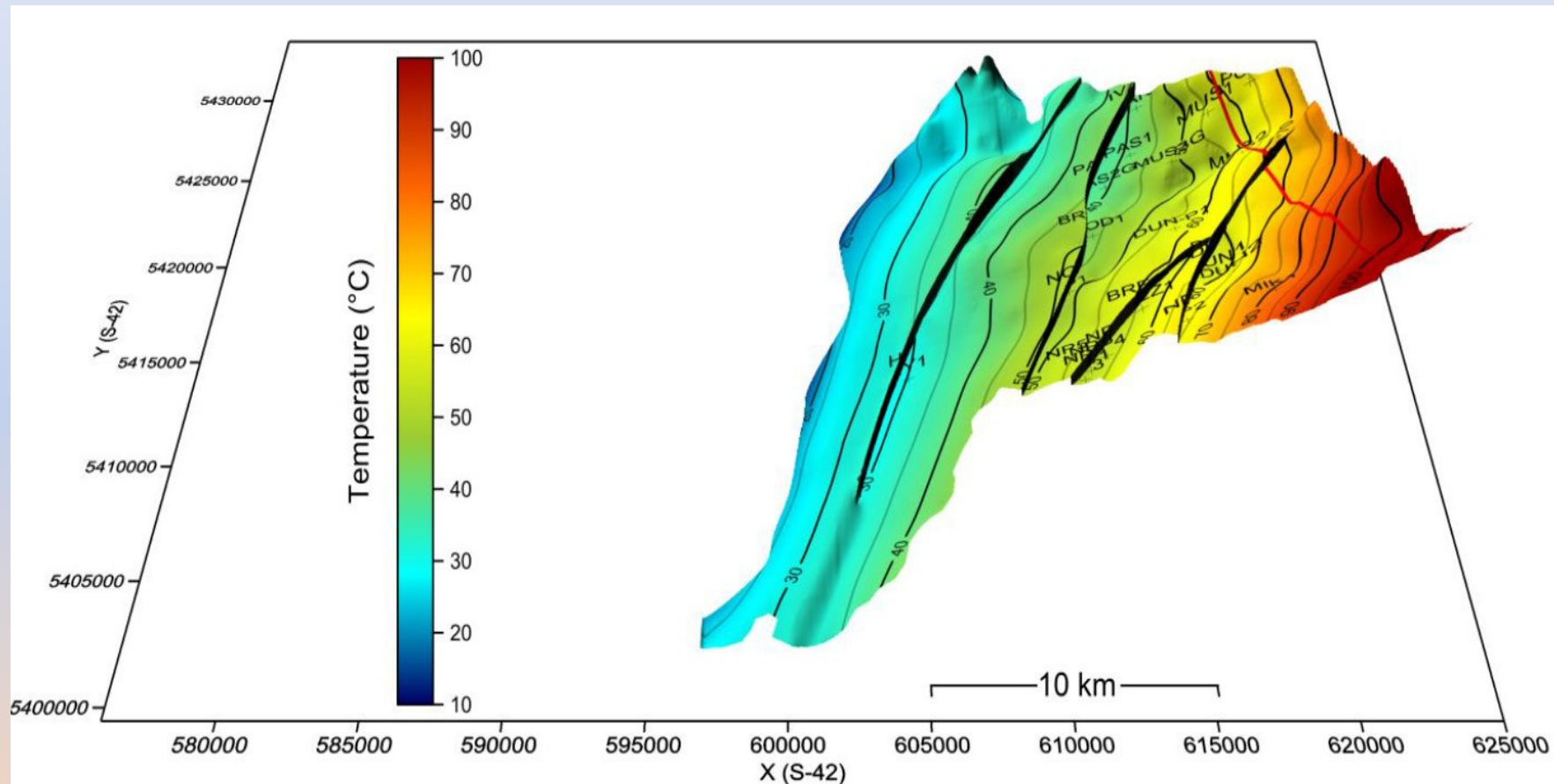
Teplota na úrovni povrchu svrchní jury: 20-75 °C



Teplota na úrovni báze svrchní jury: 20-110 °C



Teplota na úrovni báze jury: 20-110 °C



3D model rozložení teplot na úrovni báze jurských souvrství.