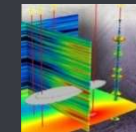


# A Battonya geotermikus koncesszió pre-neogén aljzatának földtani-tektonikai és reservoir viszonyai

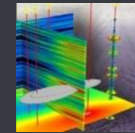
*Koroknai B., Wórum G., Kádi Z., Szántó É., Kóbor M., Koroknai Zs., Tóth T.*

*NosztalGEO 2018:  
"Fókuszban a Pre-neogén aljzat"*

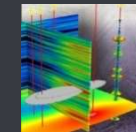
Szeged, 2018. nov. 16.



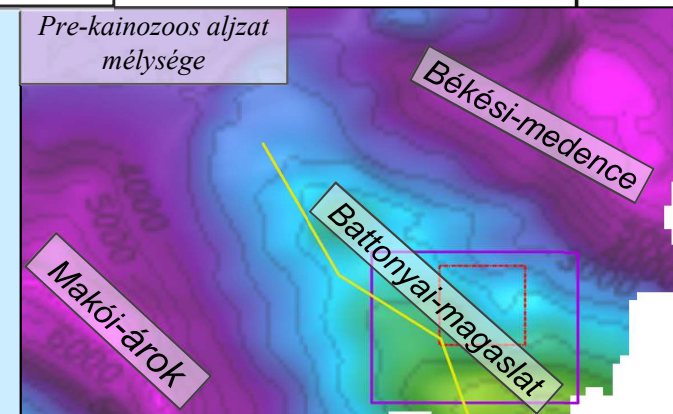
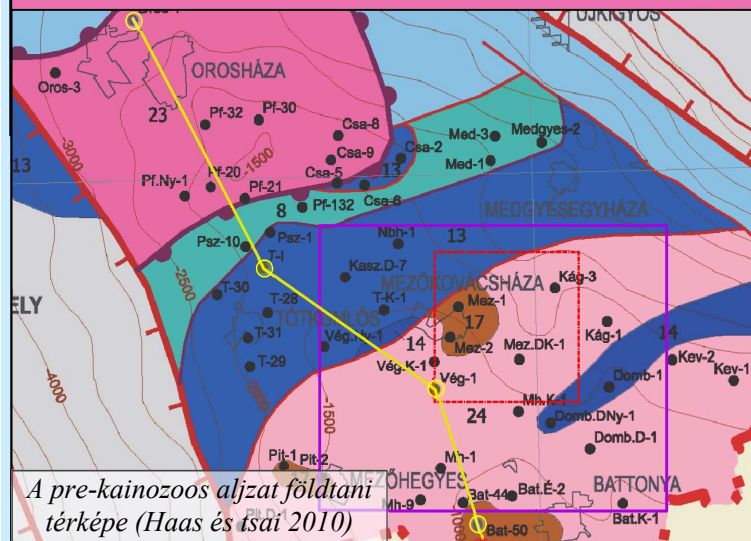
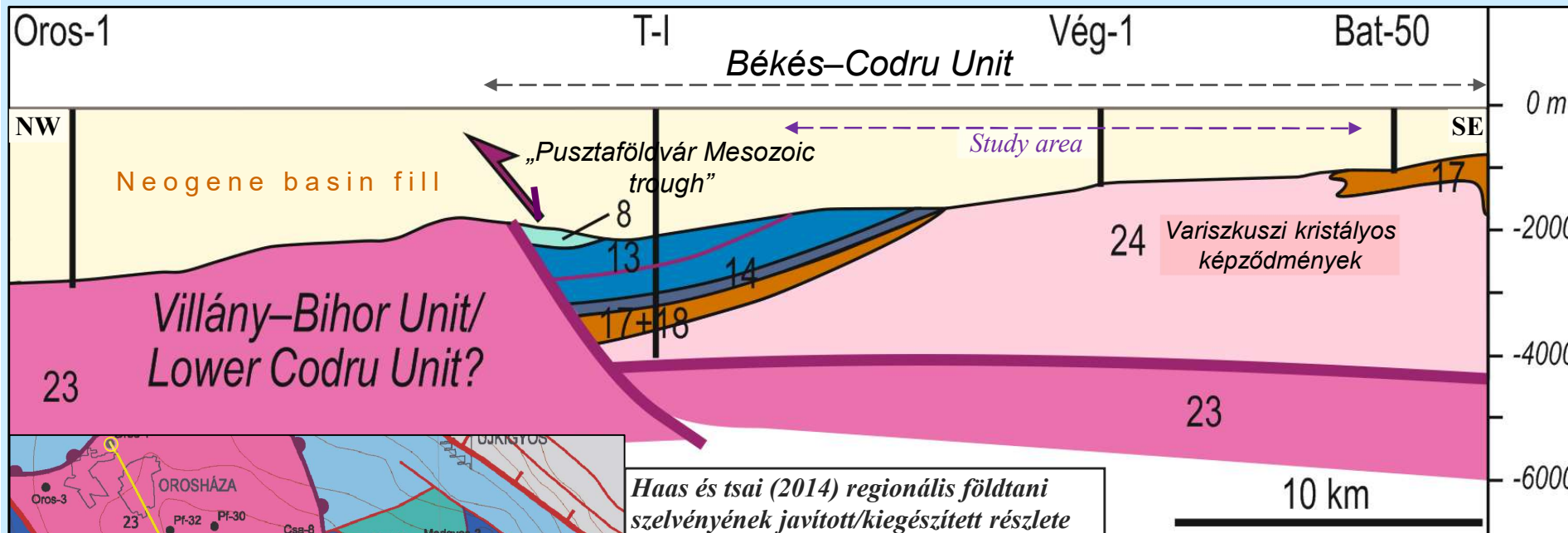
- Az EU-FIRE Kft. az első hazai EGS (Enhanced efficiency Geothermal System) projekten dolgozik partnereivel a Battonya geotermikus koncessziós területen 2014 óta.  
Ezen úttörő projekt végső célja elektromos energia termelése nagy mélységben elhelyezkedő (>2500m), száraz aljzati kőzetek geotermikus energiájának felhasználásával.
- A projekt keretében a Geomega Kft. a kutatási terület pre-kainozoos aljzatának integrált földtani/tektonikai és geotermikus reservoir értékelését végezte el az EU-FIRE Kft. és partnerei számára, felhasználva a Mezőkovácsháza 3D szeizmikus adattömb egy részének általunk újrafeldolgozott változatát is. A kapott eredmények megbízható alapot képeznek
  - i) a jövőbeni fúrásos kutatási tevékenység tervezéséhez, továbbá*
  - ii) a Battonya koncesszió geotermikus kutatási stratégiájának kialakításához*
- Munkánk alapját a Geomega Kft. saját fejlesztésű, Mo teljes területét felölelő geológiai-geofizikai adatbázisa (*DiPex*) képezte.

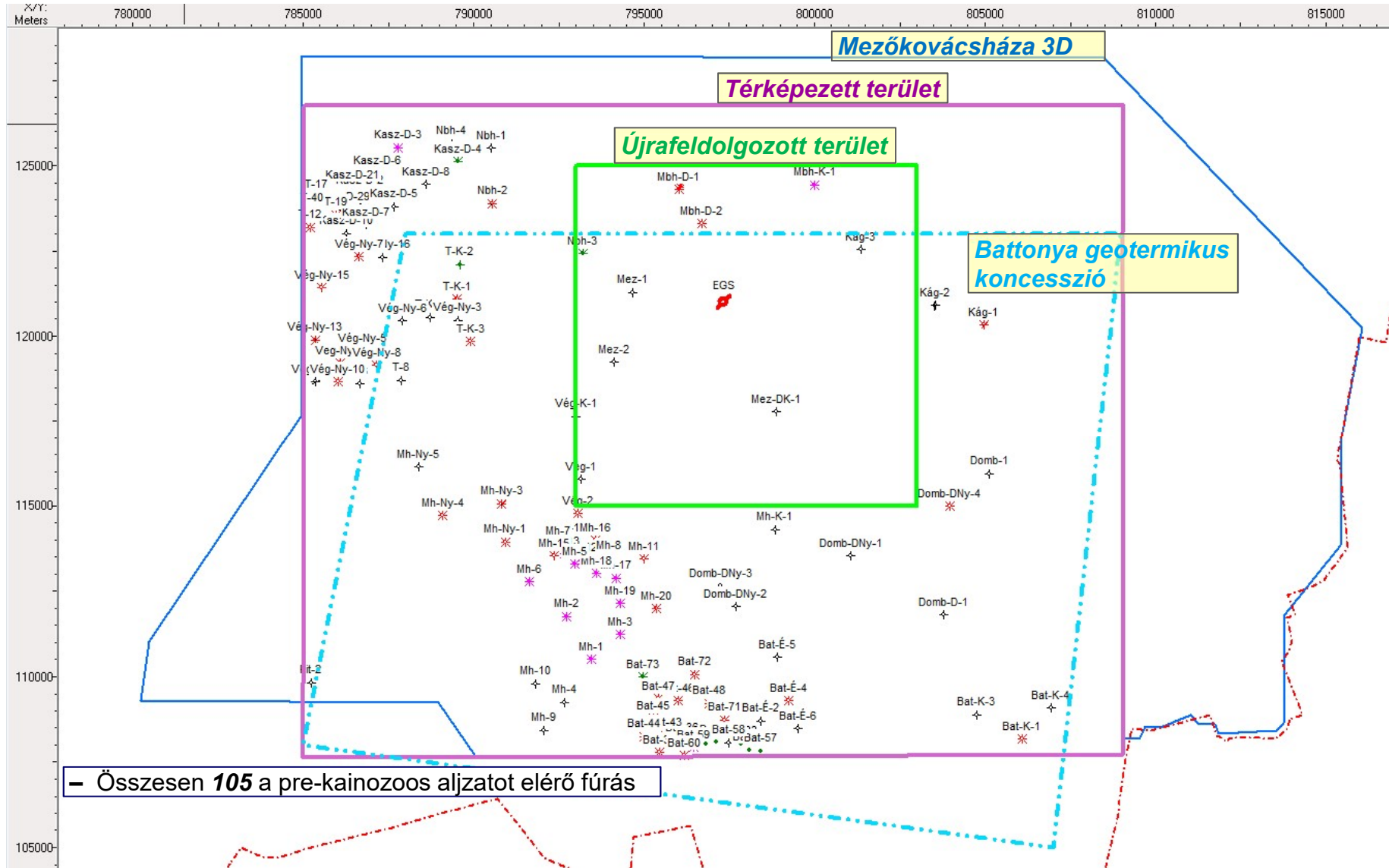
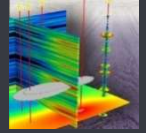


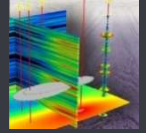
- **Adatbázis építés (a DiPex felhasználásával)**
  - Releváns (aljazatot elérő) kutak adatainak összegyűjtése
    - magadatok: földtan-petrofizika, teszt-adatok, T-D összefüggések, deviáció, LAS fájl-ok
  - A projekt digitális adatbázisának kialakítása
  - A minőség-ellenőrzött fúrási és szeizmikus adatok IHS Kingdom projektbe történő integrálása
- **3D szeizmikus adatok újrafeldolgozása a célterületen >> új PSDM adattömb**
  - **Szeizmikus értelmezés és térképezés**
    - Regionális földtani horizontok és főbb vetők értelmezése,
    - A pre-kainozoos aljazatban észlelt egyéb reflektorok/szerkezetek azonosítása és jellemzése
    - Mélység-konverzió és térképszerkesztés
    - Az eredménytérképek elemzése és értelmezése
  - **Reservoir jellemzés**
    - Magadatok elemzése: földtan/tektonika és petrofizika
    - Releváns aljazati teszteredmények: fluidum beáramlás és P-T viszonyok
    - Kiválasztott kutak karotázsgörbéinek értelmezése (Computer Processed Interpretation – CPI)
      - Összehasonlítás a teszteredményekkel és magadatokkal
  - **Az eredmények integrálása**
    - A kutatási terület előzetes földtani-szerkezeti modellje és annak hatása a reservoir jellemzőkre



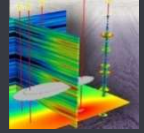
## Tektonikai és földtani viszonyok



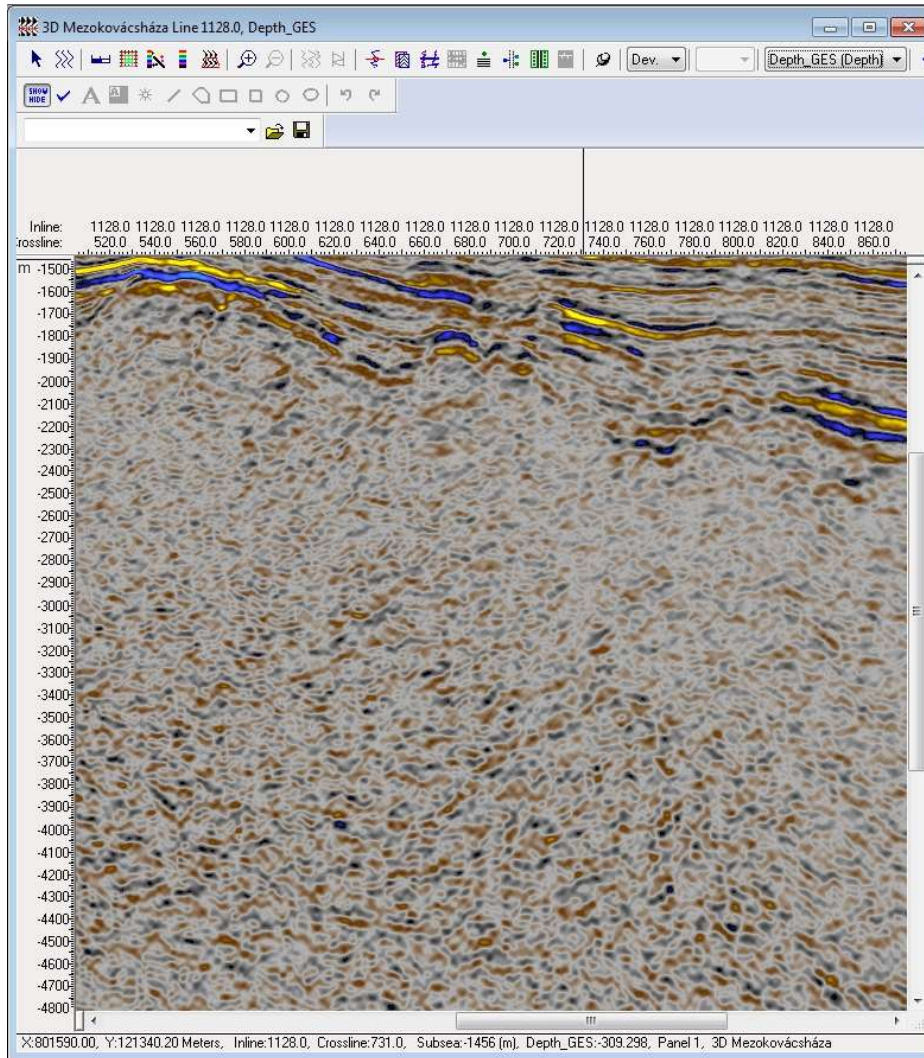




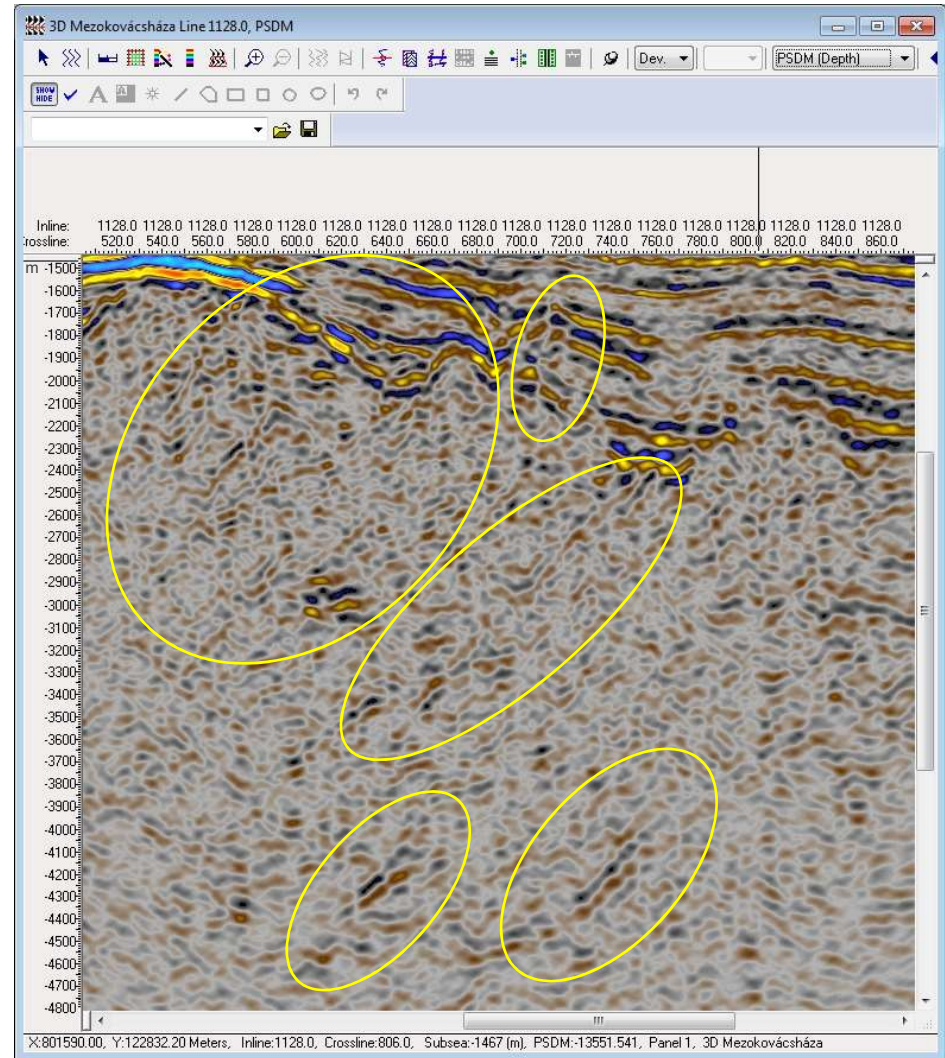
# Szeizmikus analízis: újrafeldolgozás, értelmezés és térképszerkesztés



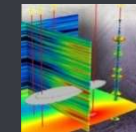
## Mélységkonvertált idő-migrált adattömb (PSTM)



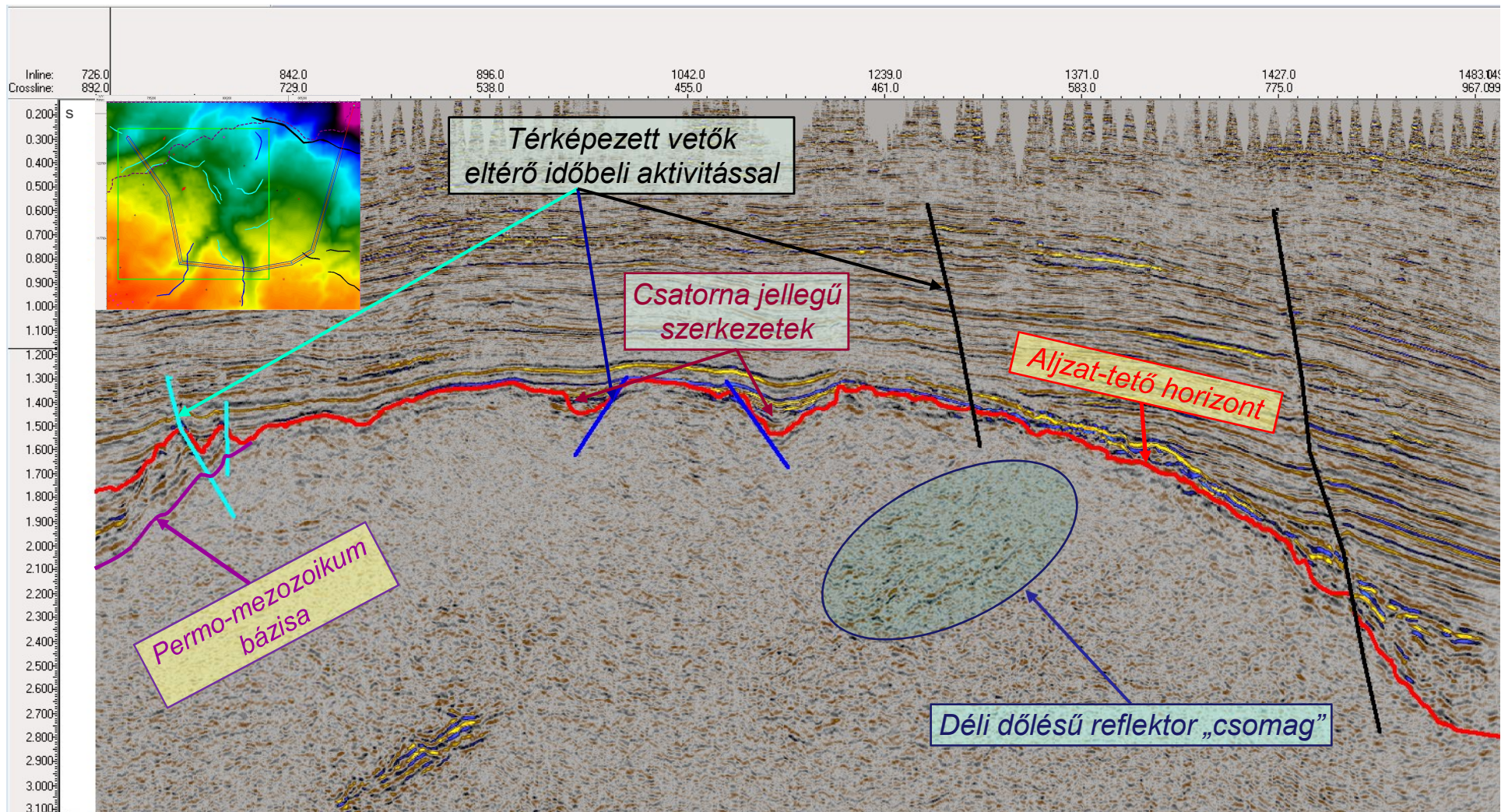
## Pre-stack mélység-migrált adattömb (PSDM)



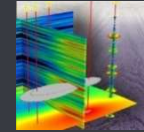
➤ A PSDM adattömbben az aljzat-tető és az aljzat belső szerkezete, főként a meredek dőlésű szerkezetek, szeizmikus leképzése lényegesen jobb



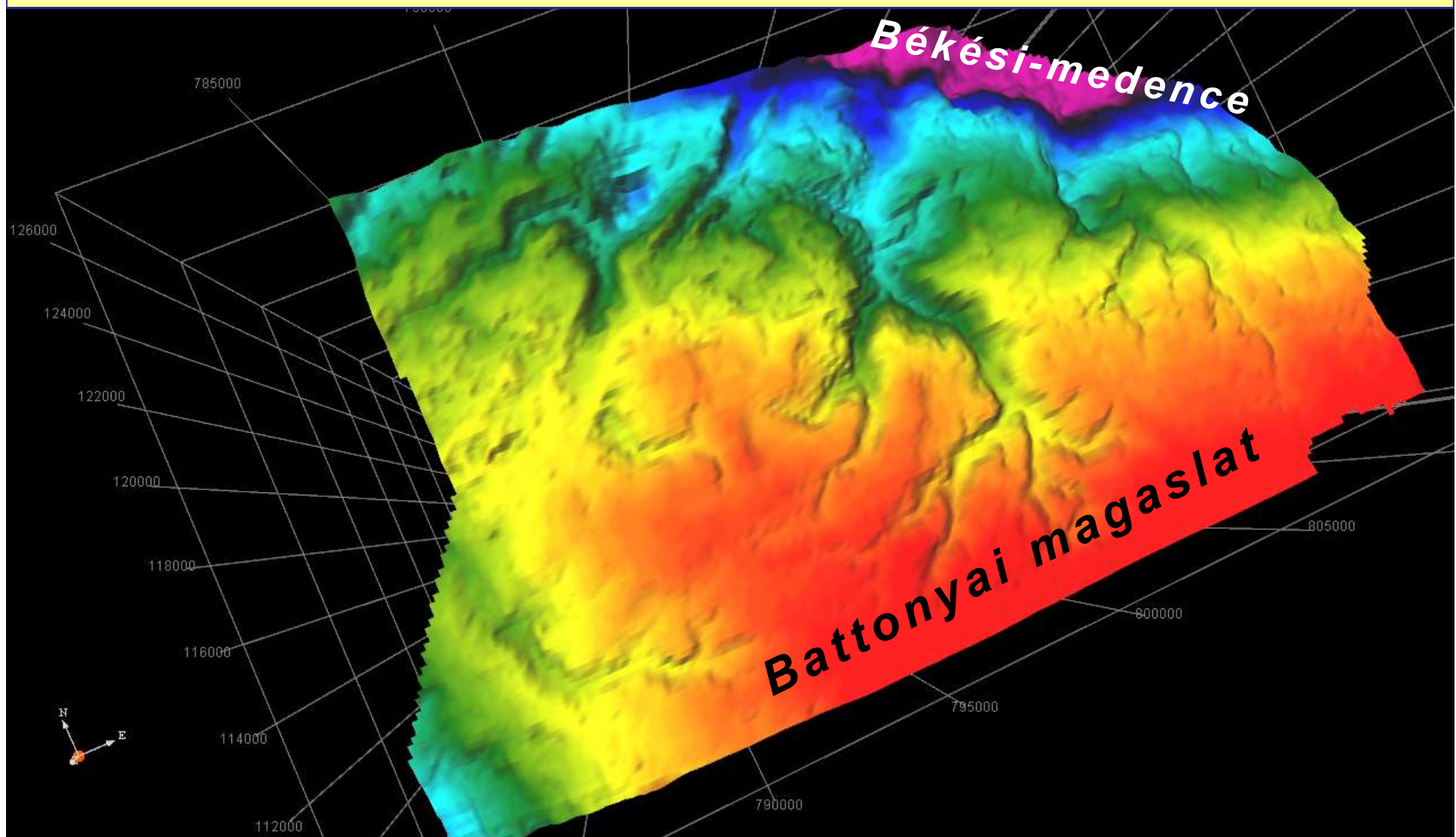
## Vizsgált földtani horizontok/reflektorok és szerkezeti elemek

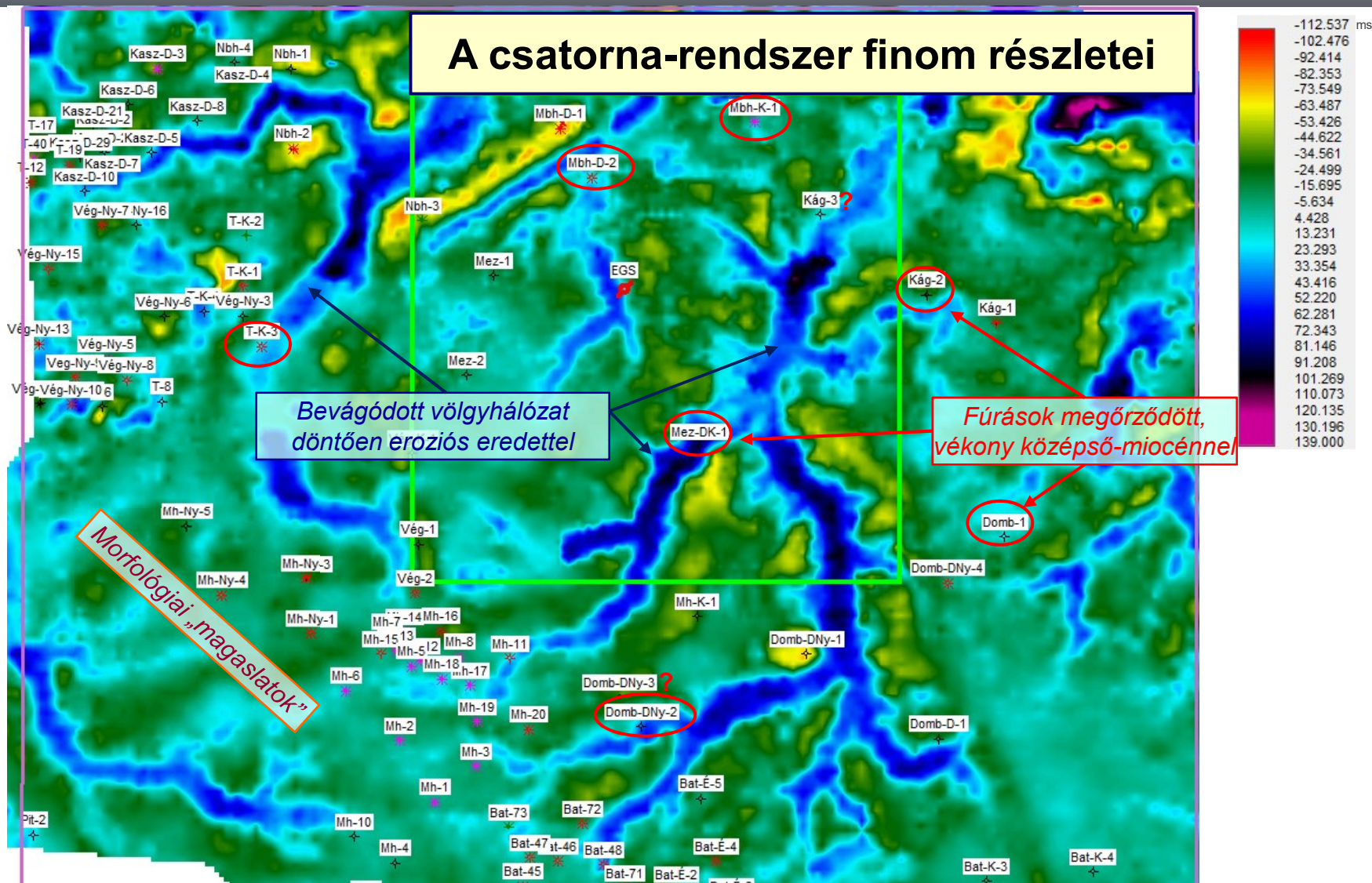
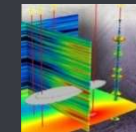




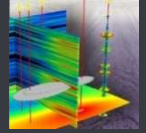


## A pre-kainozoos aljzat új mélységtérképének 3D nézete

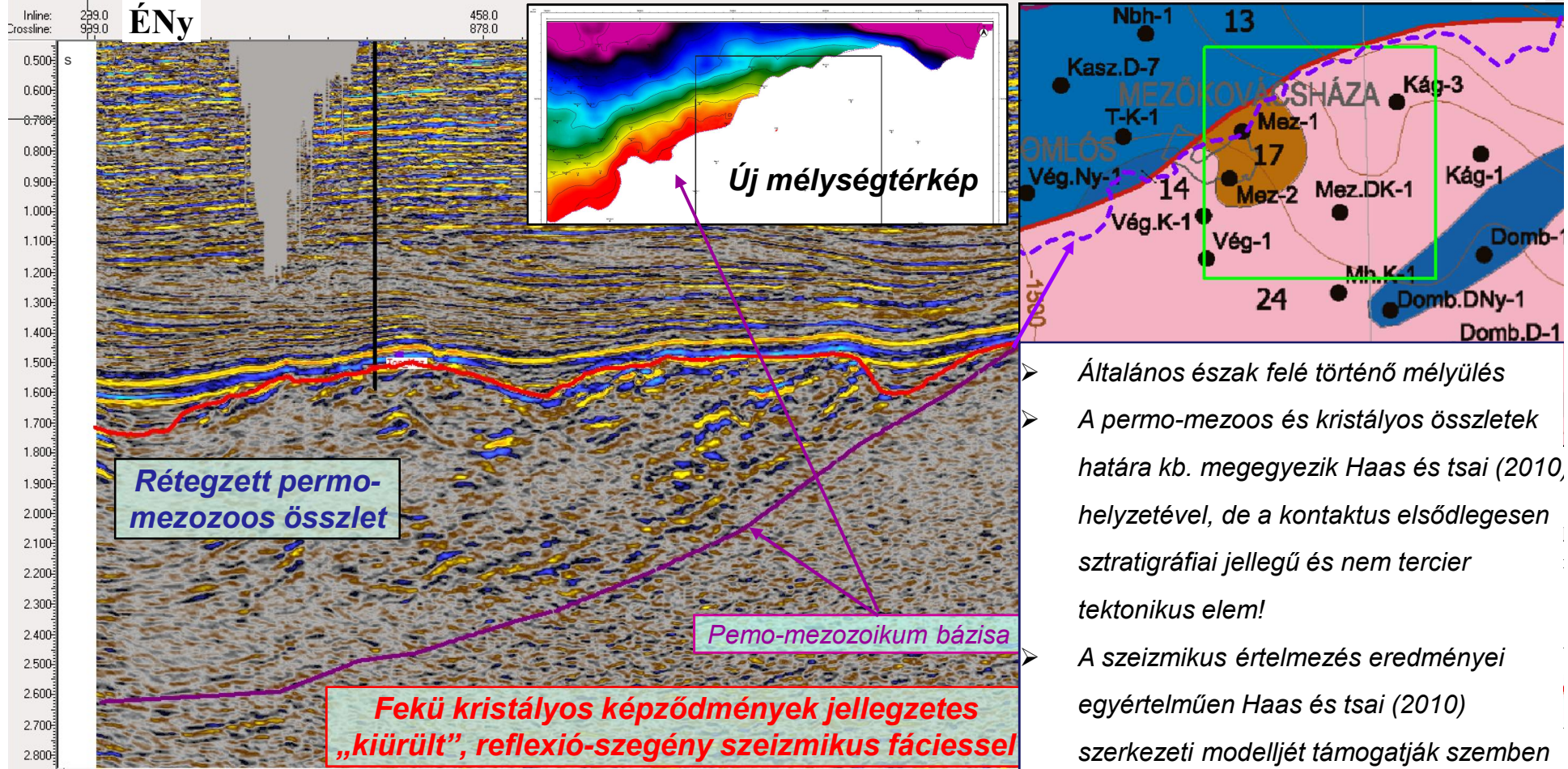




Szűrt aljzat-morfológiai térkép a regionális kis-frekvenciájú trend (észak felé mélyülés) eltávolításával

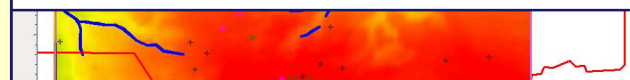


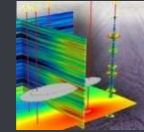
## Permo-mezozoos összlet: új idő- és mélységtérkép



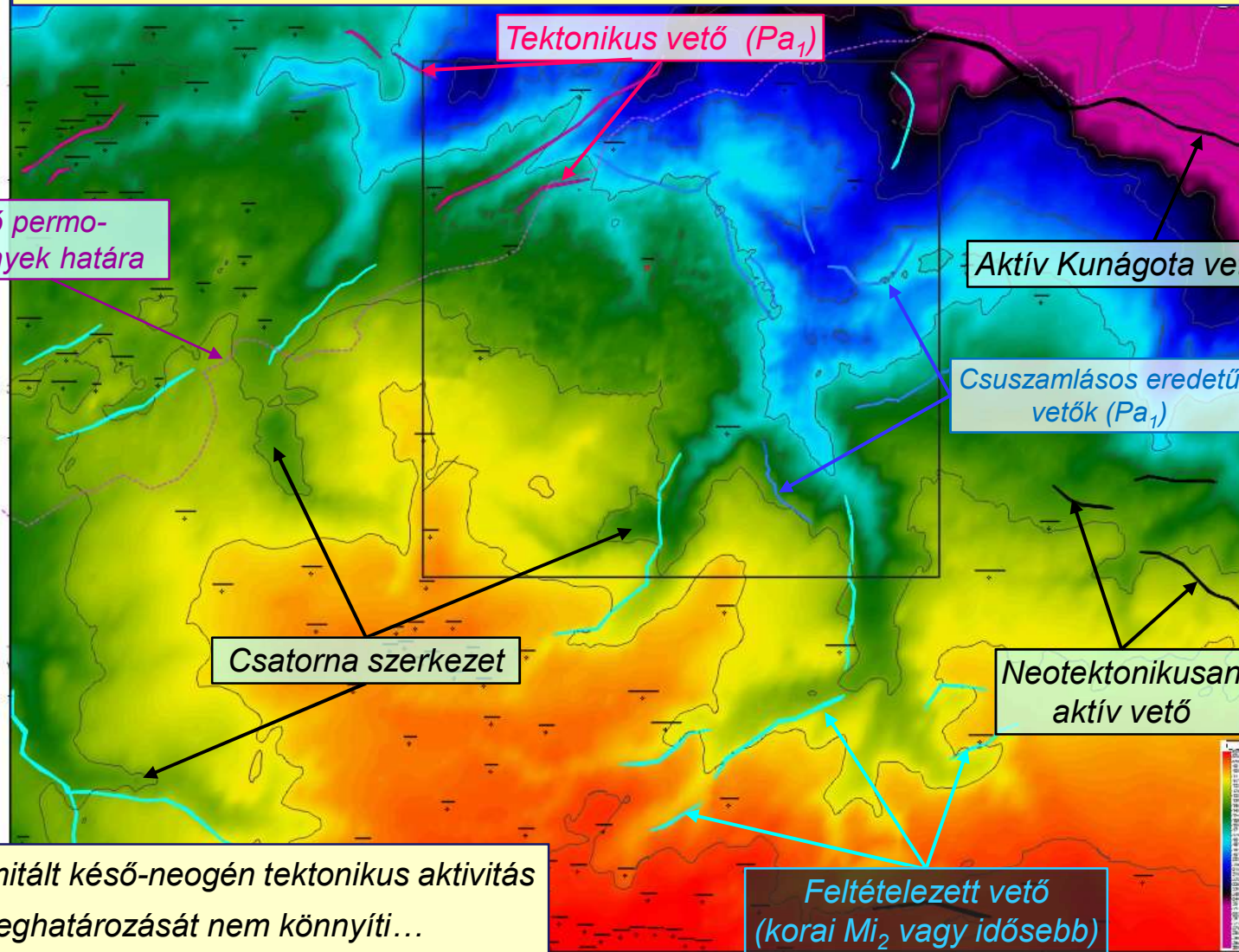
- Általános észak felé történő mélyülés
- A permo-mezoos és kristályos összletek határa kb. megegyezik Haas és tsai (2010) helyzetével, de a kontaktus elsődlegesen sztratigráfiai jellegű és nem terciér tektonikus elem!
- A szeizmikus értelmezés eredményei egyértelműen Haas és tsai (2010) szerkezeti modelljét támogatják szemben Fülöp & Dank (1987, 1990) koncepcióval

➤ A rétegzett permo-mezoikum jellegzetes szeizmikus fáciese a vizsgált célmélységig (~4000m) a kutatási területen máshol nem észlelhető >> aljzat: krist. képződmények





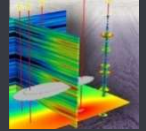
**Vetők a pre-kainozoos aljzat új mélységterképén**



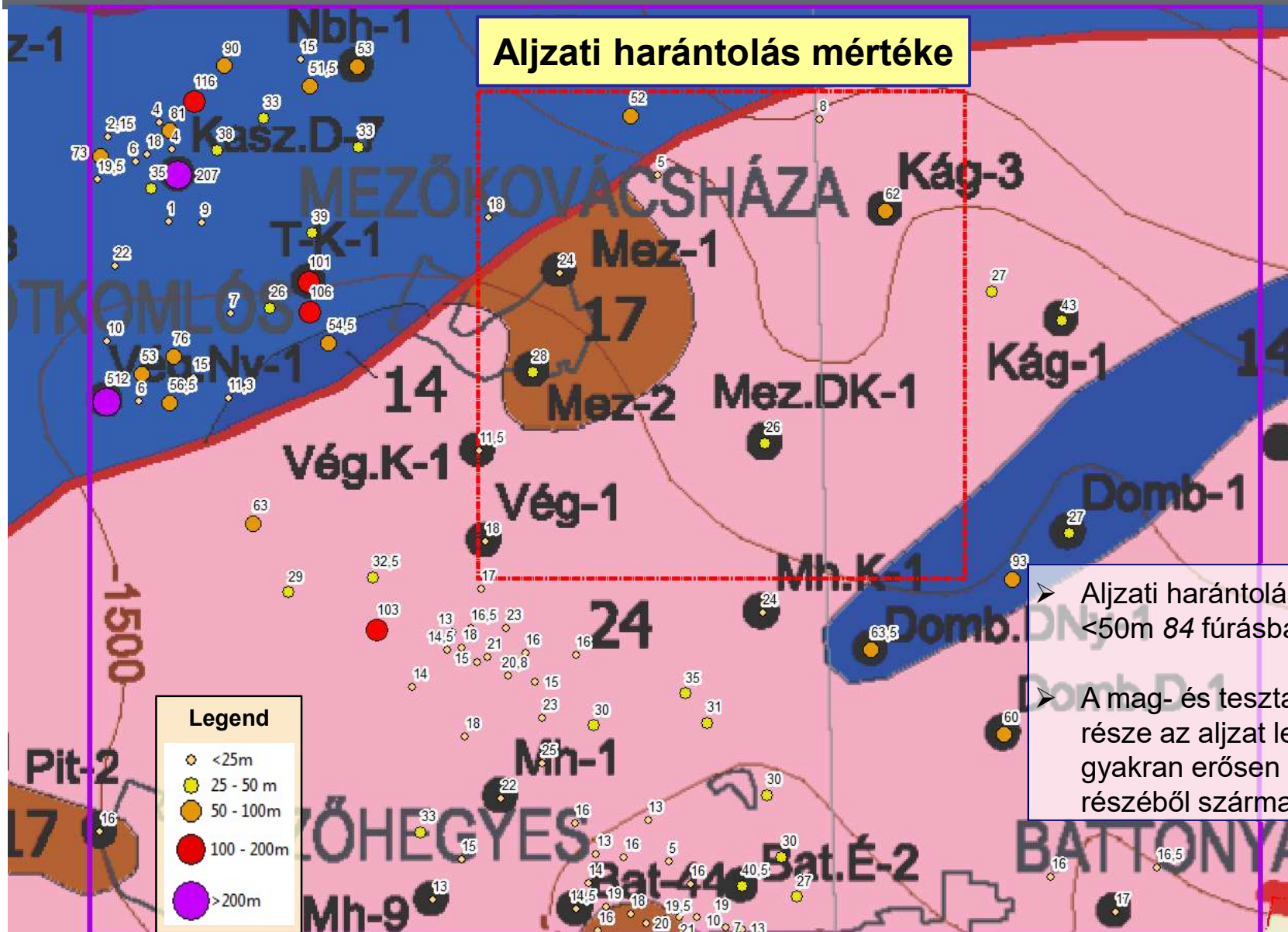
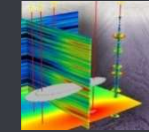
Kristályos és a fedő permo-meozoos képződmények határa

➤ Összességében: limitált késő-neogén tektonikus aktivitás  
> az aljzati vetők meghatározását nem könnyíti...



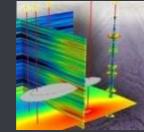


# Aljzati reservoir-ok jellemzése



## Aljzati harántolás mértéke

- Aljzati harántolás hosszúsága <50m 84 fúrásban (80%)
- A mag- és tesztadatok döntő része az aljzat legfelső, gyakran erősen elváltozott részéből származik!



## Az aljzati geotermikus reservoir-ok jellemzése: felhasznált adatok

i) **Magadatok**: különféle geológiai jellemzők és petrofizika



*pontszerű info*

ii) **Teszt adatok**: fluidum típusa, beáramlás mértéke, P & T



*többnyire rövidebb (max. pár 10 m-es) intervallumok*

iii) **Karotázs analízis (CPI)**: effektív porozitás → a töredezettség intenzitása



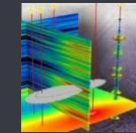
*akár a teljes harántolt aljzati szakasz*

iv) **i-iii integrációja**: a fentiek összevetése/kombinációja



*komplex reservoir jellemzés*

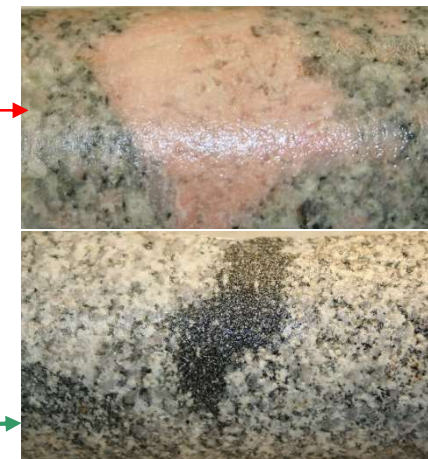


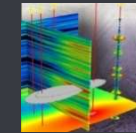


- A terület ÉNy-i részétől eltekintve 67 fúrás döntően
  - Variszkuszi kristályos aljzat vagy annak
  - sztratigráfiai fedője: perm riolit („kvarc-porfír”), ill. T<sub>1</sub> hkő/agyagpala
- Kisebb eltérések a jelentésekben leírt képződmények és a publikált aljzattérkép között

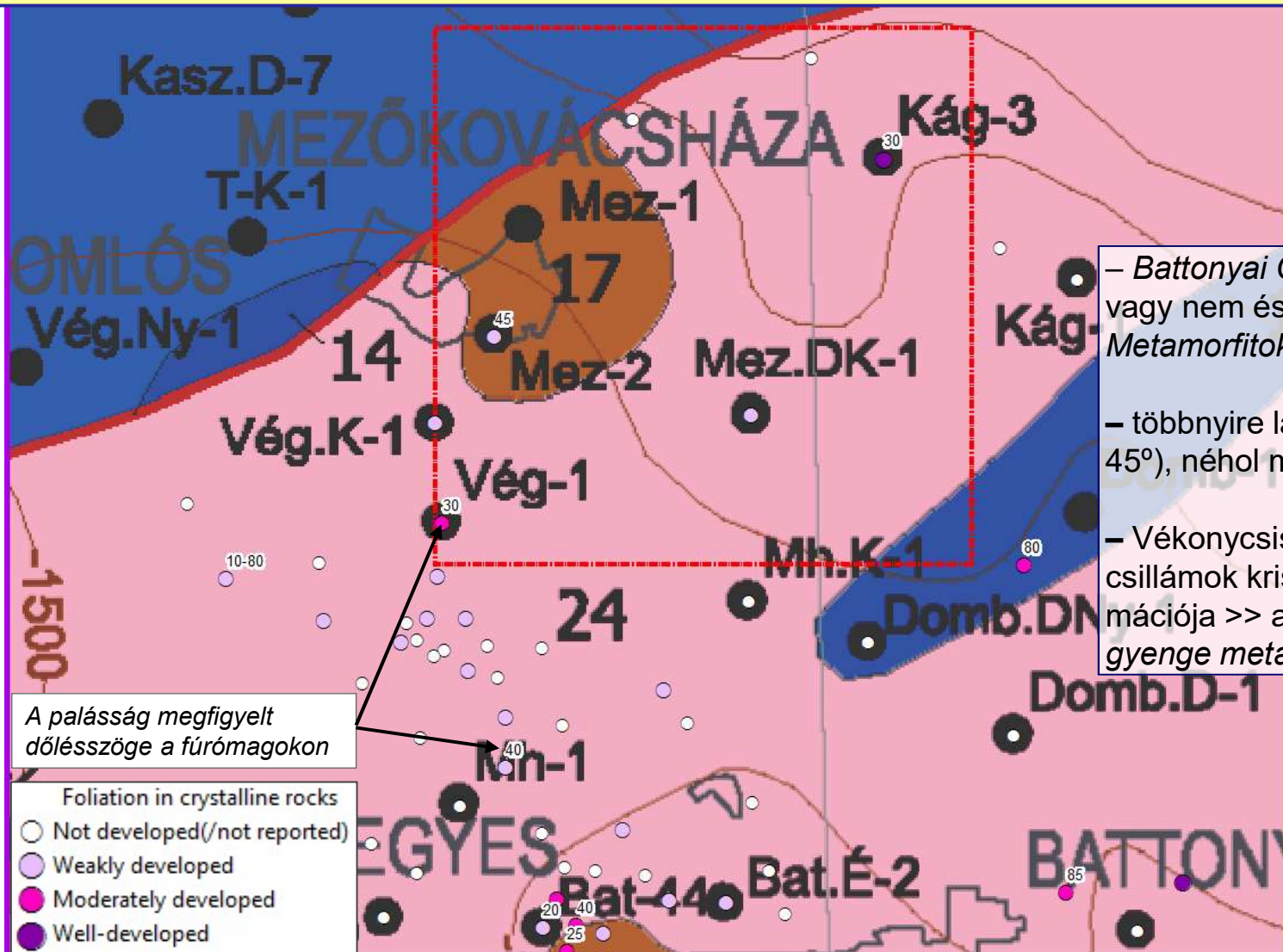
**Variszkuszi kristályos aljzat:**

- alapvetően a **Battonya Gránit Komplexum jelentékeny litológiai heterogenitással**: gránitos (s.s.), hibrid és máfikus kőzetek,
- ritkán: metamorf mellékkőzet





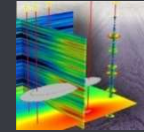
## Szerkezeti elemek a kristályos kőzetekben: foliáció (mag + csiszolatleírás alapján)



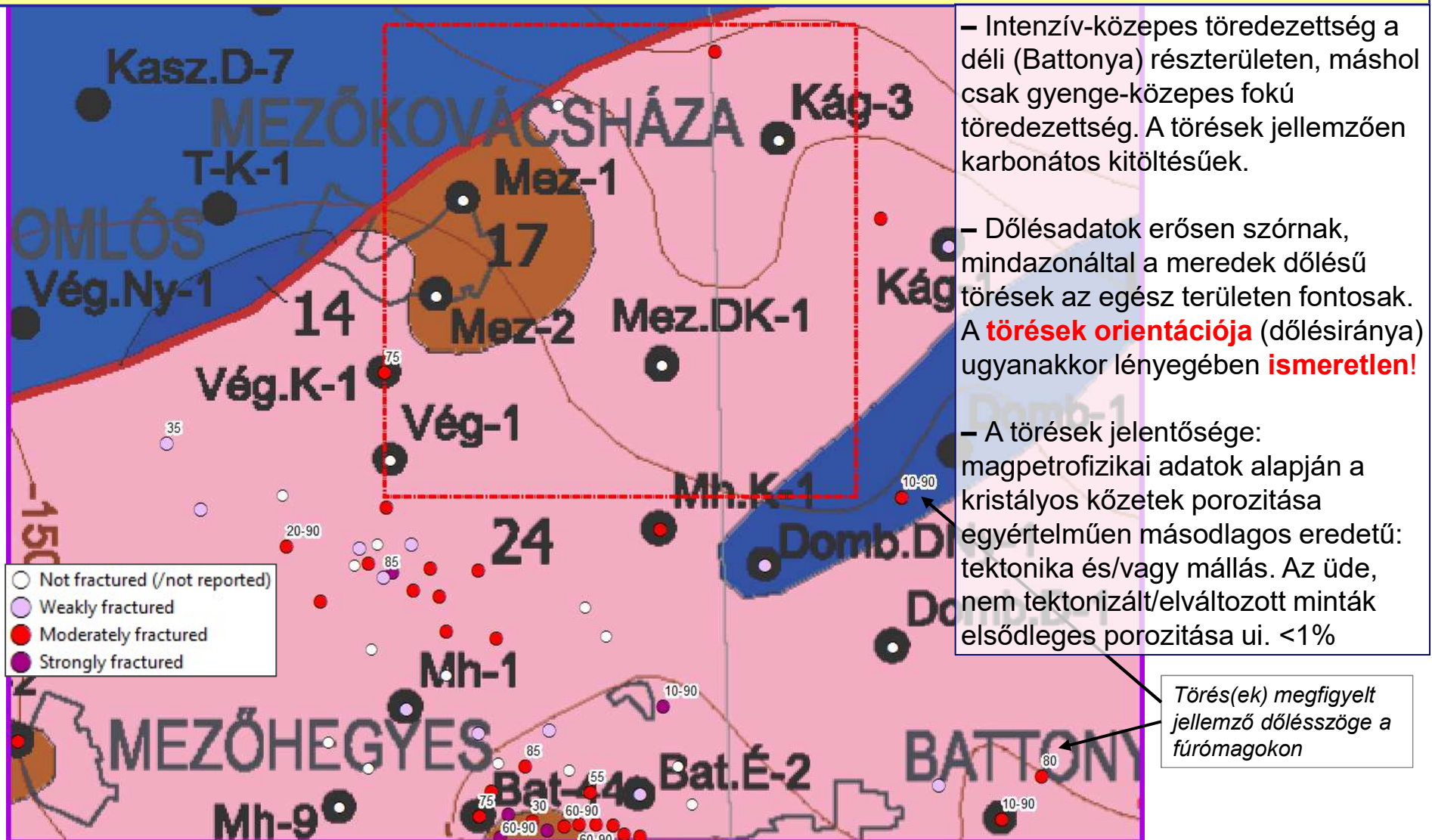
– *Battonyai Gránit*: gyengén fejlett vagy nem észlelhető  
*Metamorfitok*: Közepesen-jól fejlett

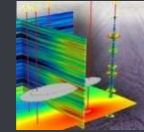
– többnyire lapos-közepes (20–45°), néhol meredek (~80°) dőlés

– Vékonycsiszolatokban a kvarc és csillámok kristályplasztikus deformációja >> a *Battonya Gránit* gyenge metamorf felülbélyegzése



## Szerkezeti elemek a kristályos kőzetekben: törések (magleírás alapján)





## A konkluzív aljzati tesztek áttekintése

(73 teszt 32 kútból)

**Kumulatív beáramlási ráta**  
(m<sup>3</sup>/d)

**Teszt eredmény Beáramlási ráta**  
(m<sup>3</sup>/d)

### Mezozoos kőzetek

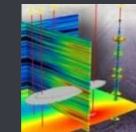
- 1 kút: nincs beáramlás  
9 kút: víz
- Vízbeáramlás mértéke:  
Min: 12 m<sup>3</sup>/d  
Max: 144 m<sup>3</sup>/d  
Átlag: 56,2 m<sup>3</sup>/d
- Szalinitás:  
7,16 – 15,90 g/l  
Átlag: 12,29 g/l

### Kristályos kőzetek

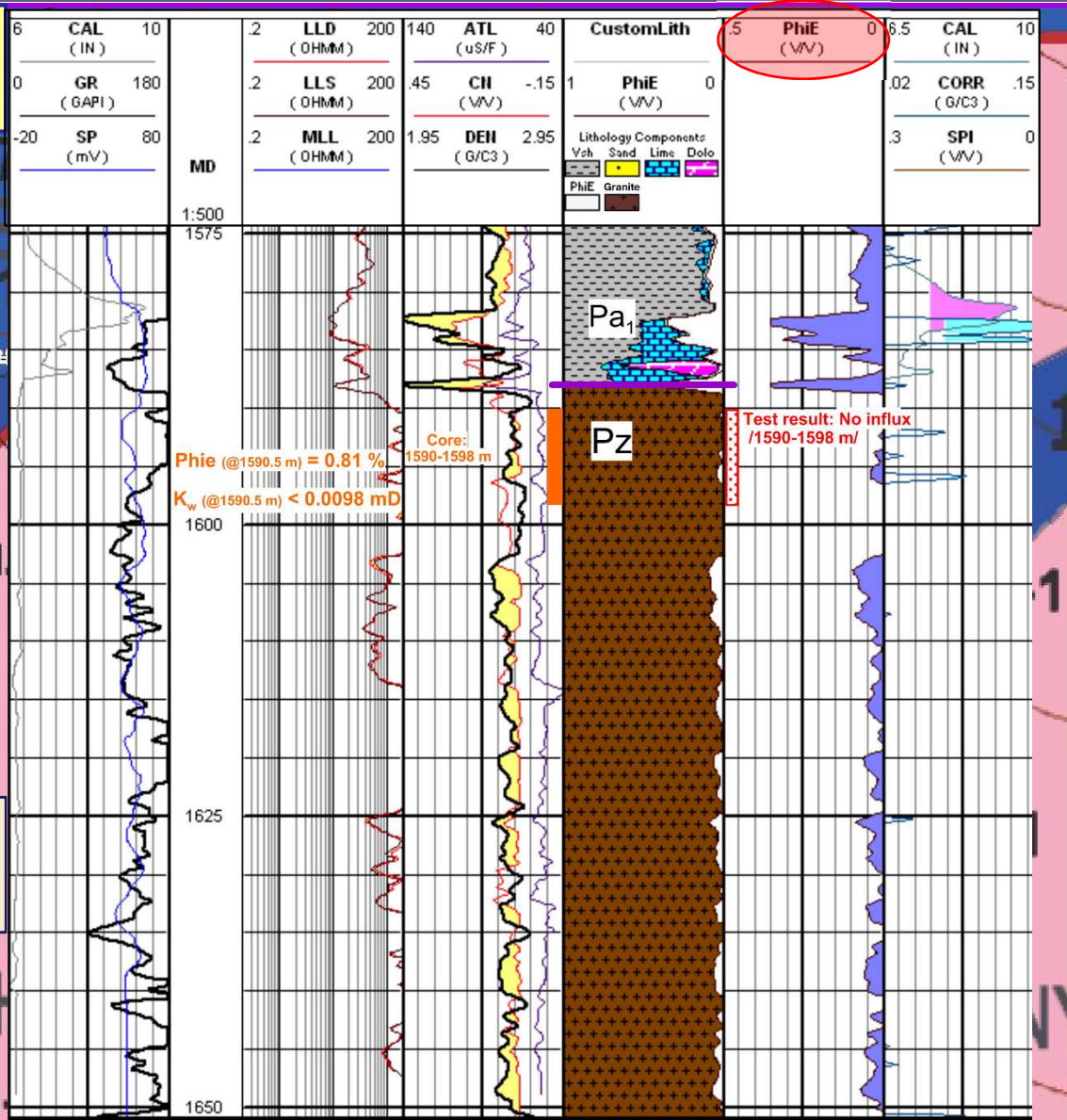
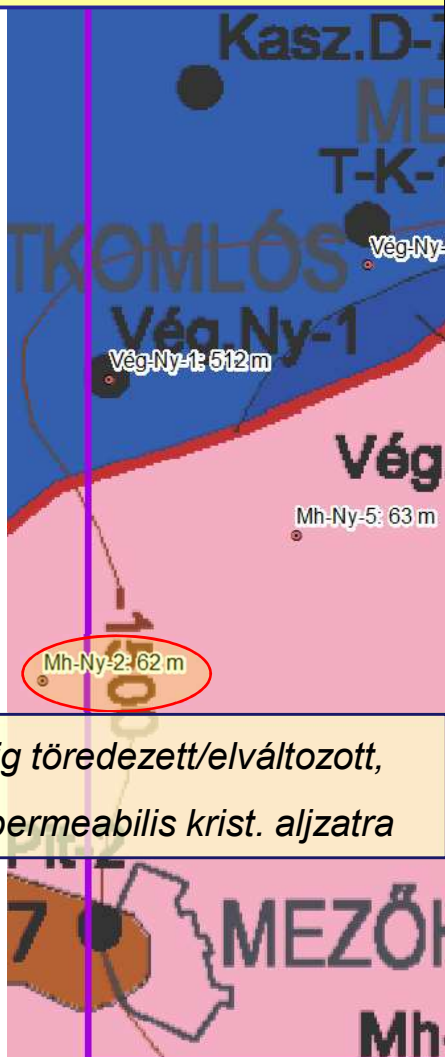
- 14 kút: nincs beáramlás  
7 kút: víz  
1 kút: gáz
- Vízbeáramlás mértéke:  
Min: 1 m<sup>3</sup>/d  
Max: 58 m<sup>3</sup>/d  
Átlag: 18,5 m<sup>3</sup>/d
- Szalinitás:  
4,79 – 13,5 g/l  
Átlag: 9,23 g/l

➤ A legnagyobb hozamok és a szeizmikus anyagban megfigyelhető tektonika közt nincs egyértelmű kapcsolat. Ez arra utal, hogy az aljzati, alapvetően ismeretlen orientációjú, vízáadó/vezető törések/törésszónák jellemzően a szeizmikus felbontás határa alatt maradnak

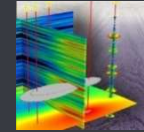
Teszt eredmény Beáramlási ráta (m<sup>3</sup>/d)



## Computeres karoázis-értelmezés (CPI)



➤ Példa a nem/alig töredezett/elváltozott, lényegében impermeabilis krist. aljzatra



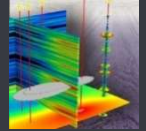
## Computeres karotázs-értelmezés (CPI) eredményeinek összefoglalása

### Kristályos aljzat

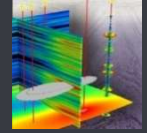
### Mezozoos karbonátos aljzat

	Domb-DNy-4	Mh-Ny-2	Mh-Ny-5	Vég-Ny-1	Vég-Ny-3
<b>Investigated interval:</b>	1427-1470 m	1590-1650 m	1374-1428 m	1487-1970 m	1548-1640 m
<b>Gross:</b>	43 m	60 m	54 m	483 m	92 m
<b>Effective Porosity &gt; 5%</b>	25 m	14 m	3.5	115 m	42 m
<b>Net-to-Gross (5%):</b>	<b>58%</b>	<b>23%</b>	<b>6%</b>	<b>24%</b>	<b>46%</b>
<b>Effective Porosity &gt; 10%</b>	8 m	1 m	2.5 m	19 m	24 m
<b>Net-to-Gross (10%):</b>	<b>19%</b>	<b>2%</b>	<b>5%</b>	<b>4%</b>	<b>26%</b>

- Az elérhető, korlátozott adatrendszer az effektív porozitás nagyfokú változékonyságát jelzi
- Az adatok lényegében csak a gránittest legfelső, vékony részét (~50m) jellemzik, amely többnyire intenzívebben elváltozott a megelőző felszíni kitétség következtében
- A töredezett zónák hidraulikai jellemzői – akárcsak orientációjuk – többnyire ismeretlenek
- Lényegesen nagyobb adatrendszer birtokában is csak számottevő bizonytalansággal lehetne előrejelezni adott helyen (tervezett EGS fúrás) az effektív porozitás (~repedezettség) mértékét

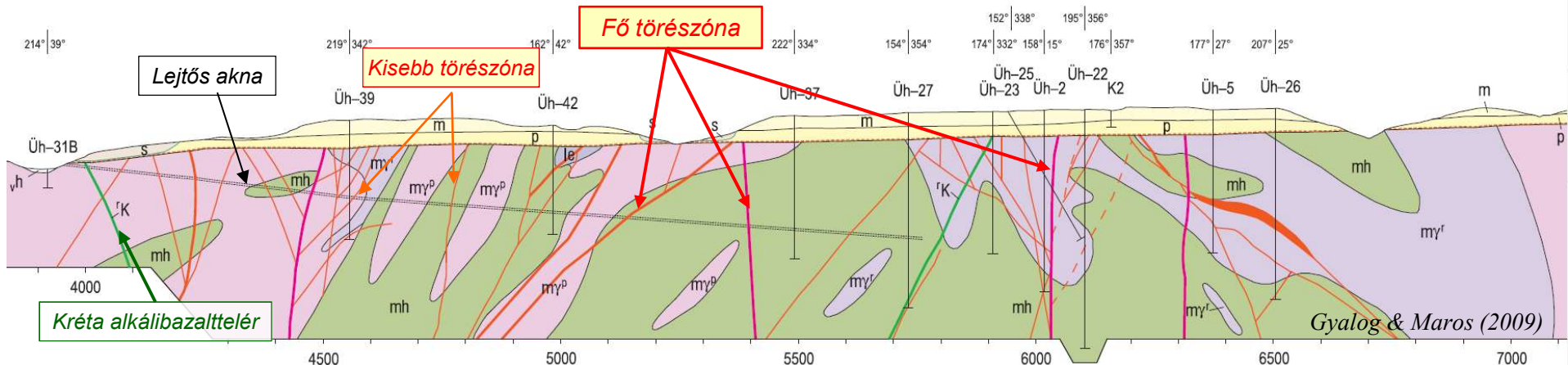
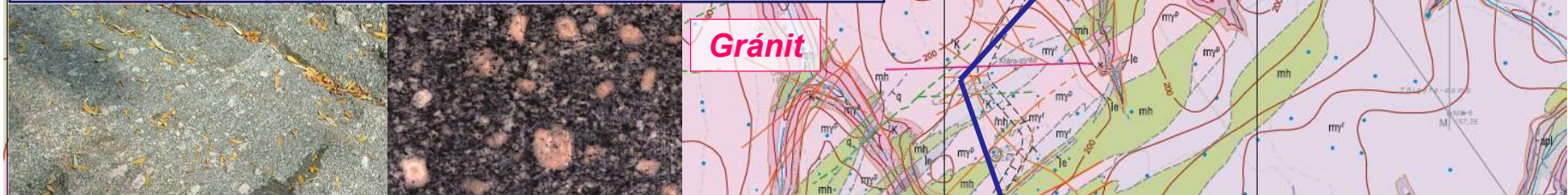


# Földtani-szerkezeti model

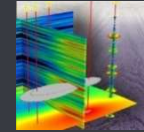


# Litológiai-szerkezeti analógia: a Mórágyi Gránit

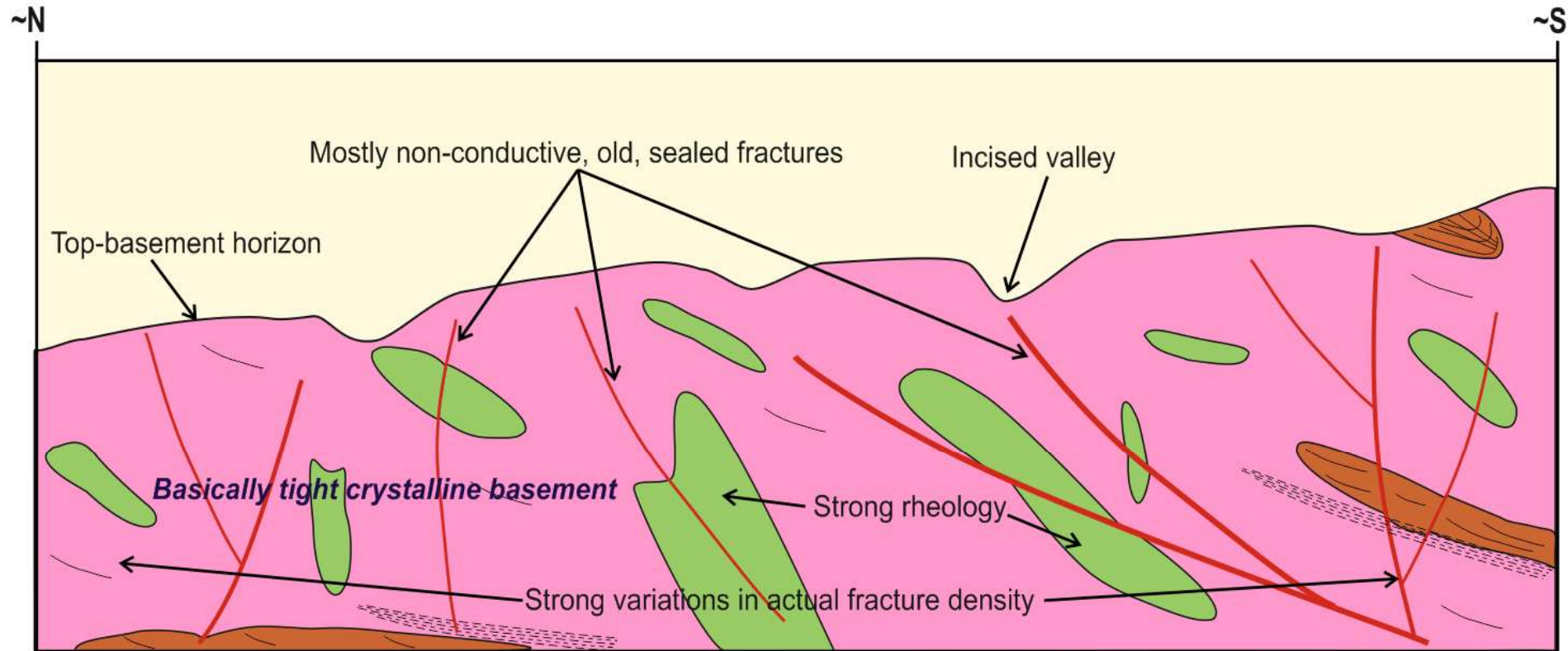
Részlet a Mórágyi-rög pre-kainozoos földtani térképéből












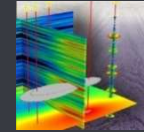


## A kristályos aljzat spekulatív elvi szelvénye



### Legend

- |  |  |  |   |
|--|--|--|---|
|  Neogene basin fill |  Granite        |  Ductile shear zone |  Fault/fault zone of different order |
|  Metamorphic rocks  |  Mafic enclaves |  Foliation          |   |



- Az elvégzett térképezés alapján a pre-neogén aljzatmorfológiát kiterjedt, alapvetően eróziós eredetű völgyrendszer jellemzi, ennek bevágódása a középső-miocén előtti lepusztulás során (paleogén–kora-miocén) történt
- A fúrások és a szeizmikus fácies alapján kiterjedt permo-mezozoos összlet csak a terület ÉNy-i részén azonosítható, amely a kristályos aljzat eredeti fedőjét képezi („Pusztaföldvári mezozoos árok”). Allochthon helyzetű mezozoikum (takarók) előfordulása a vizsgált aljzati célzónában (<4000m) nem valószínű a kutatási területen
- A kristályos aljzatban a variszkuszi, ill. kréta orgonezishoz köthető litológiai/szerkezeti eredetű inhomogenitások feltételezhetők, amelyek eltérő reológiai/hidrogeológiai tulajdonságú blokkokra tagolják a kutatási célzónát. Az elérhető adatok a kristályos aljzat tetőzónájának összességében korlátozott vízáadó/vezetőképességét jelzik.
- A neogén szerkezeti aktivitás összességében csekély. A jelenleg rendelkezésre álló adatrendszer ugyanakkor nem teszi lehetővé a kutatás szempontjából kiemelt jelentőséggel bíró aljzati törések/törészónák helyének, orientációjának és gyakoriságának, ill. azok alapvető hidraulikus tulajdonságainak megbízható előrejelzését. E szerkezetek kiterjedése gyakran a szeizmikus felbontás határa alatt marad.
- Az eredmények és kutatási tapasztalatok alapján a töréses övek csak korlátozottan várhatók vízáadóknak/vezetőnek. Mindenekelőtt azok, amelyek orientációja kedvező — azaz kb. párhuzamos — a recens maximális vízszintes feszültség ( $\sigma_{Hmax}$ ) irányával.  $\sigma_{Hmax}$  a medence-léptékű modellezési eredmények szerint itt kb. ÉK–DNy-i helyzetű.
- A további fúrásos kutatás sikerének kulcseleme a minél szélesebb körű geológiai-geofizikai információszerzés gondos megtervezése és kivitelezése