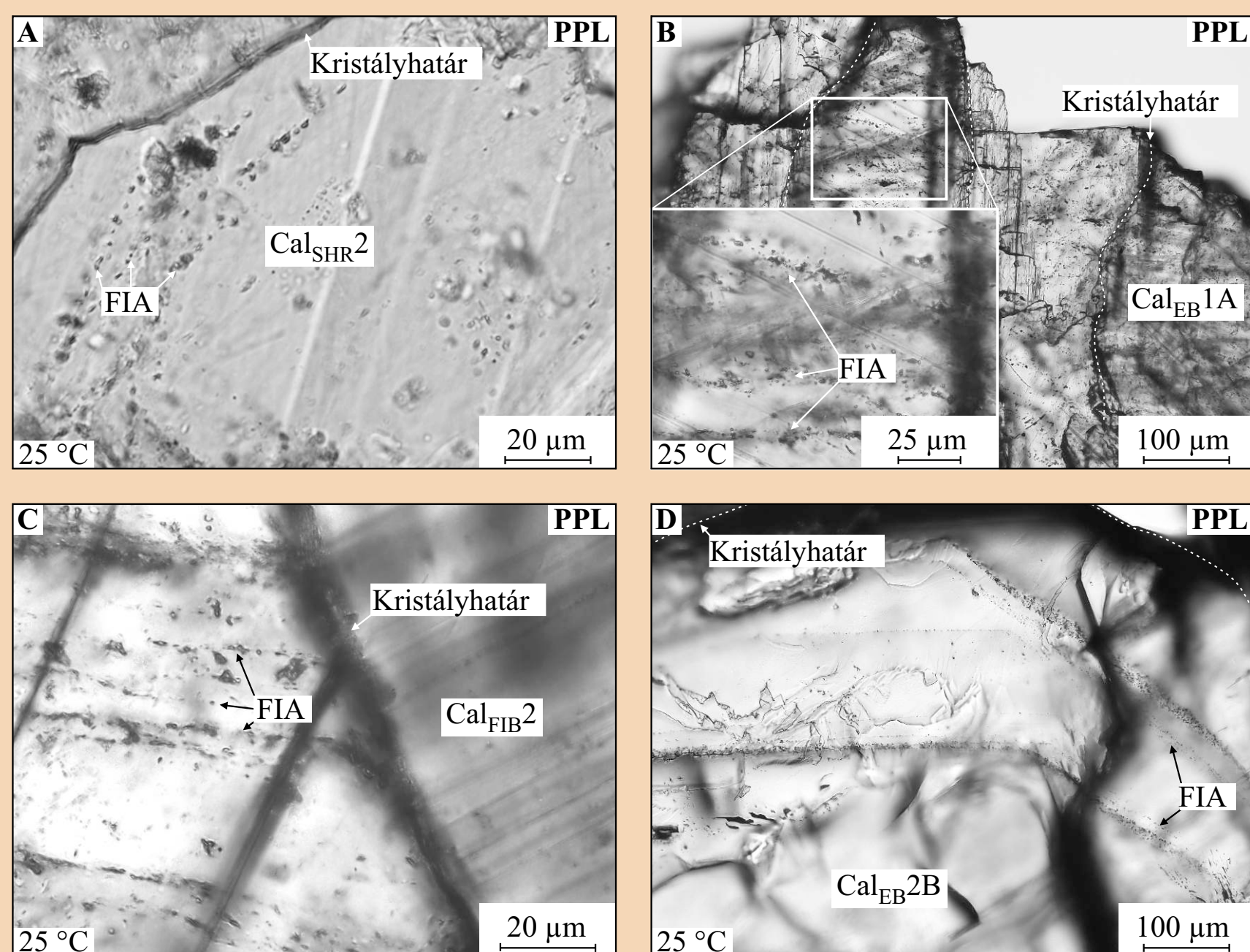


HABOVSKI Ervin^{1,2}, TÓTH Emese¹, M. TÓTH Tivadar¹, SCHUBERT Félix¹
¹Szegedi Tudományegyetem, Ásványtani, Geokémiai és Kőzettani Tanszék
²Debreceni Egyetem Ásvány- és Földtani Tanszék
 *E-mail: ervin.hrabovszki@geo.u-szeged.hu

Bevezetés

A Bodai Agyagkő Formáció BAF-2, -3, -3A, -4, BAT-4 és Delta-3 fúrásaiban megjelenő ásványos erek petrográfiai jellemzőik alapján, négy generációba sorolhatók. A négy érgenerációban 26 cementfázis — többek között karbonátok, földpátok, szulfátok és szulfidok — azonosítható, amely közül 11 eltérő szövettű kalcit. Az azonos ásványgenerációkból származó homogenizációs hőmérséklet (T_h) és stabilizotóp-arány adatok alapján, elfogadva a T_h értékeket, mint bezáródási hőmérsékleteket, az egyensúlyi izotóp frakcionációs faktort [1] alkalmazva kiszámítható az egyes cementfázisokkal egyensúlyban lévő paleofluidumok $\delta^{18}\text{O}$ értéke, amely az ásványgenerációk szülőfluidumainak eredetére utal. Ebből adódóan meghatároztuk a BAF-2 fúrás 7 eltérő kalcit cementjében lévő fluidumzárványok homogenizációs ($n=166$) és végső jégolvadási hőmérsékleteit ($n=82$), amelyeket C ($n=22$) és O ($n=22$) stabilizotóp-arány adatokkal együttesen értékeltünk. Mindezt a BAF-3, -3A és -4 fúrások éraltkító kalcit, dolomit és kvarc kristályain végzett 88 db T_h és 61 db T_m (Ice) méréssel egészítettük ki.

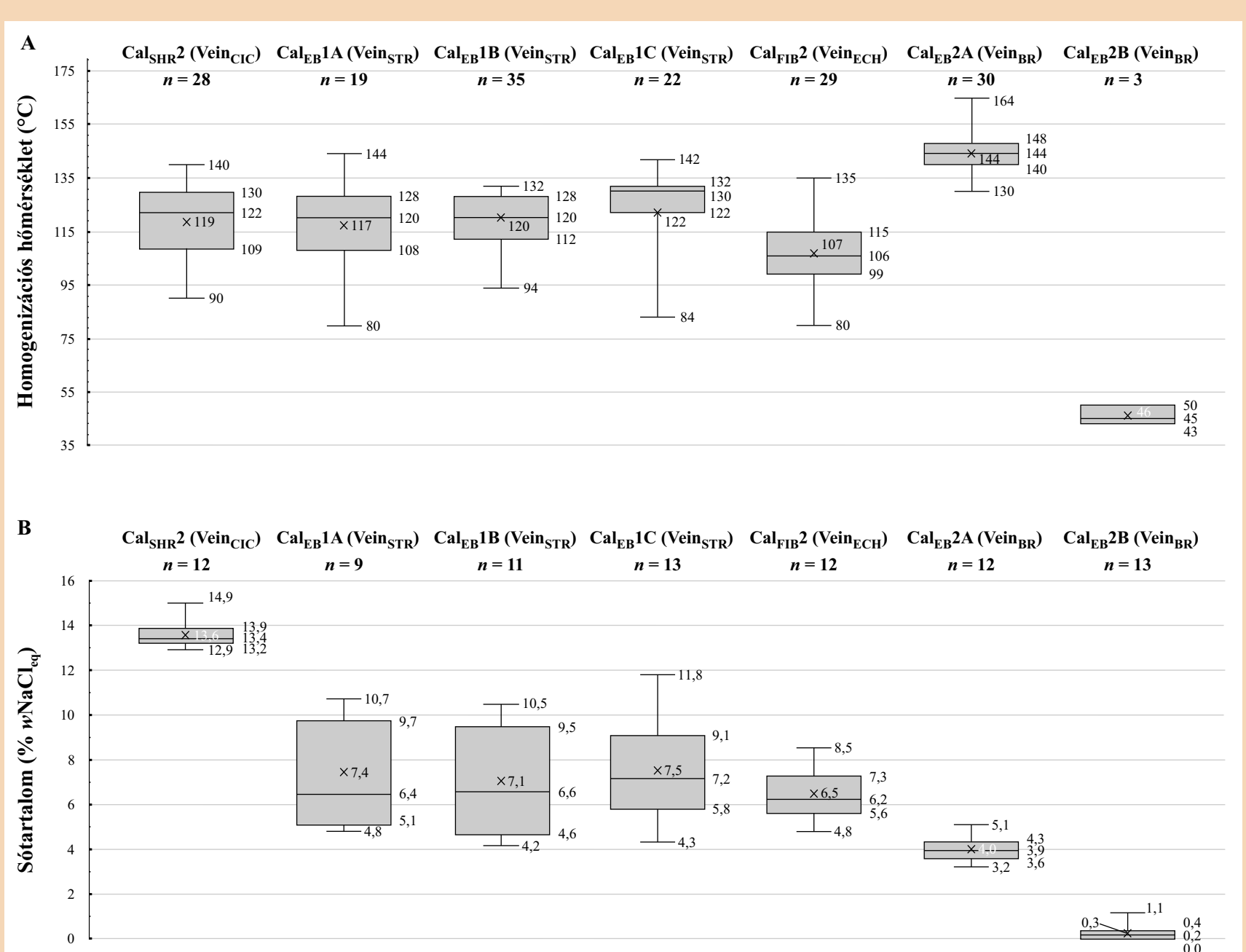
Eredmények



Fluidumzárvány-együttesek (FIA) a Cal_{SHR}2 (A; Vein_{CIC}), Cal_{EB}1A (B; Vein_{STR}), Cal_{EB}2 (C; Vein_{ECH}) és Cal_{EB}2B (D; Vein_{BR}) éraltkító kalcitban (BAF-2 fúrás). PPL – síkban polarizált fény [2].

Érgeneráció	Ásvány	T_h (°C)			T_m (Ice; °C)		n	
		Min.	Q1	Q3	Q1	Q3		
Vein _{CIC}	Cal _{SHR} 2	90	109	130	28	-9,8	-9,4	12
	Cal _{EB} 1A	80	108	128	19	-6,4	-3,1	9
Vein _{STR}	Cal _{EB} 1B	94	112	128	35	-6,2	-2,8	11
	Cal _{EB} 1C	84	122	132	22	-5,9	-3,6	13
Vein _{ECH}	Cal _{FIB} 2	80	99	115	29	-4,6	-3,4	12
Vein _{BR}	Cal _{EB} 2A	130	140	148	30	-2,6	-2,1	12
	Cal _{EB} 2B	43	43	50	3	-0,2	0,0	13

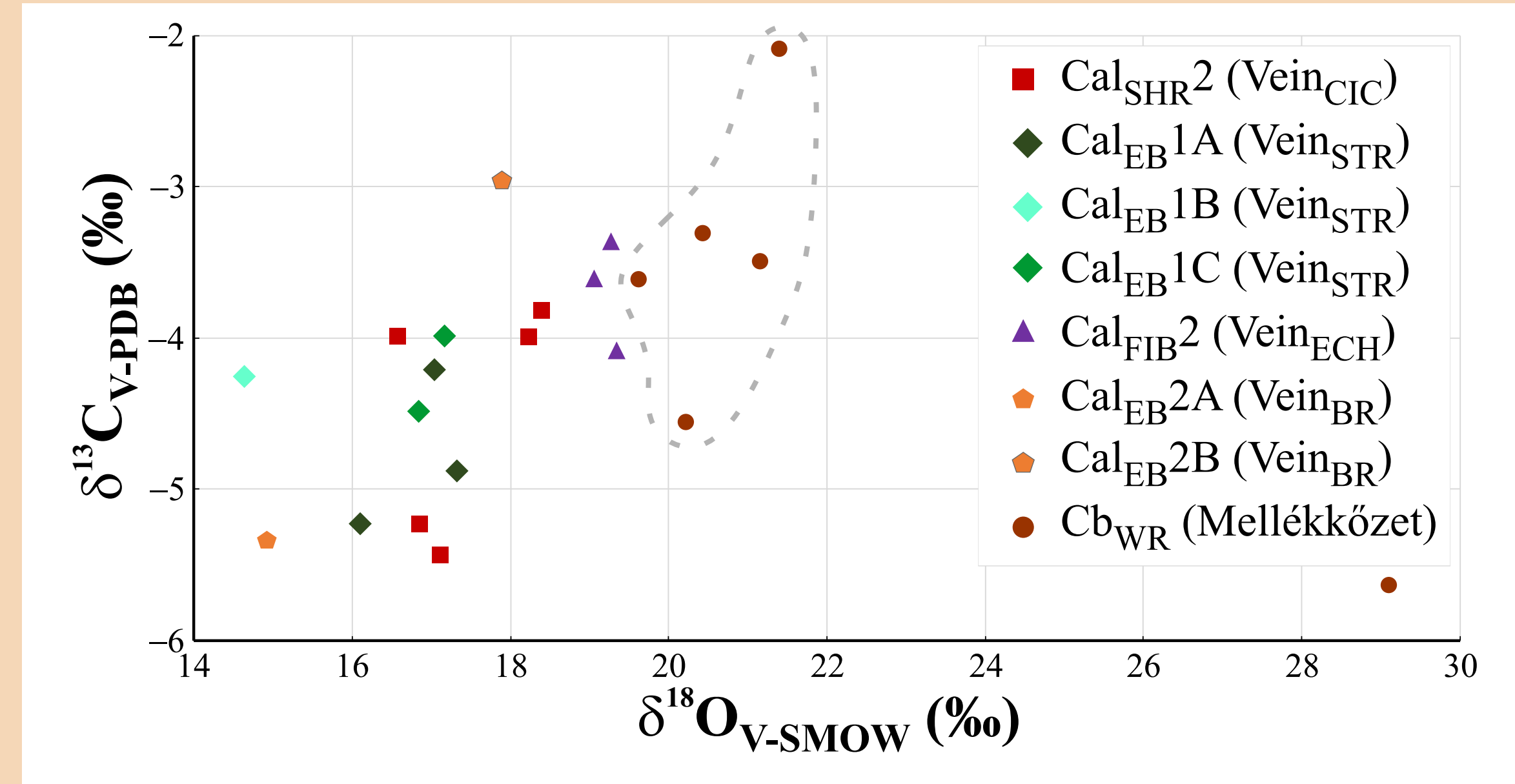
A BAF-2 fúrás érgenerációinak 7 különböző kalcit fázisában elvégzett homogenizációs hőmérséklet (T_h) és végső jégolvadási hőmérséklet (T_m (Ice)) mérések első (Q1) és harmadik (Q3) kvartilisének értékei a T_h adatok minimumának feltüntetésével. n – mérések száma. Vein_{CIC} – fonatos lefutású erek; Vein_{STR} – egyenes erek; Vein_{ECH} – kulisszas elrendezésű erek; Vein_{BR} – breccsa erek; Cal_{SHR}2 – szubhedrális kalcit 2; Cal_{EB}1A-B-C – megnyúlt tömbös kalcit 1A-B-C; Cal_{EB}2 – rostos kalcit 2; Cal_{EB}2A-B – megnyúlt tömbös kalcit 2A-B [2].



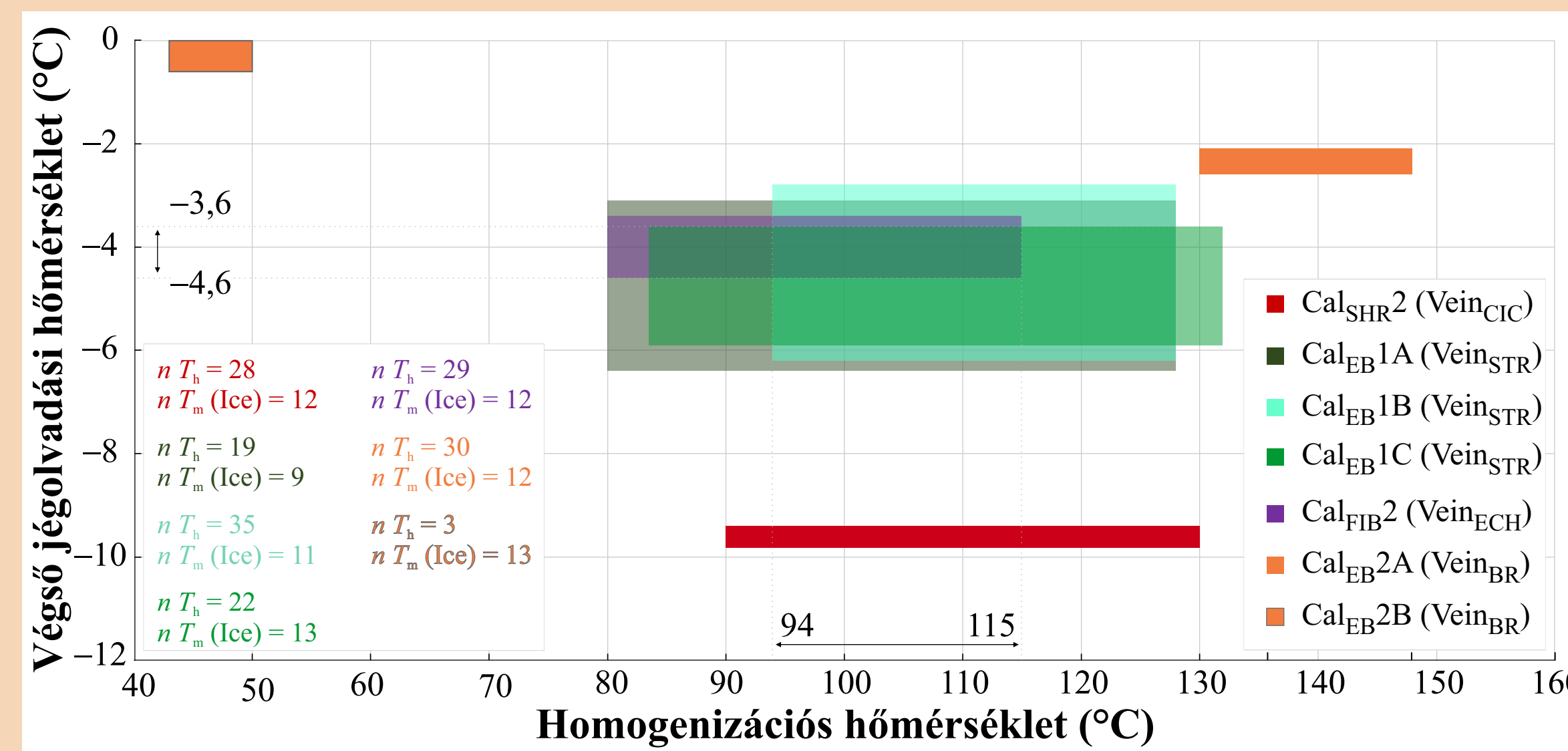
A – Fluidumzárványok homogenizációs hőmérséklete (°C), és B – sótartalma (% wNaCl_{eq}) box and whiskers diagramok (BAF-2 fúrás). Az értékek középső felét a szürke téglalap alakú területek szemléltetik, a dobozokon belüli X és vízszintes vonal jelölések az adatok átlagát és mediánját mutatják [2].

Fontos kiemelni, hogy a Vein_{BR} érgeneráció esetében a Cal_{EB}2A kalcitban folyadék + gőz, míg a Cal_{EB}2B esetében uralkodóan folyadék fázisú fluidumzárványok jelennek meg. Elhelyezkedésük a szemcsehatárokkal

párhuzamos síkok mentén gyakori, amely alapján a kristályok képződése során uralkodó p, T körülményekről és fluidumösszetételről nyújtanak információt. A Cal_{EB}2A-ban mért T_h értékek jellemzően 140-től 148 °C-ig terjednek (minimum: 130 °C; n=30), míg az átlagos sótartalom 3,6 és 4,3% (wNaCl_{eq}) közé esik. A Cal_{EB}2B kalcitban mindössze három fluidumzárvány volt mérhető, amelyek T_h értéke 43 és 50 °C közé esik.

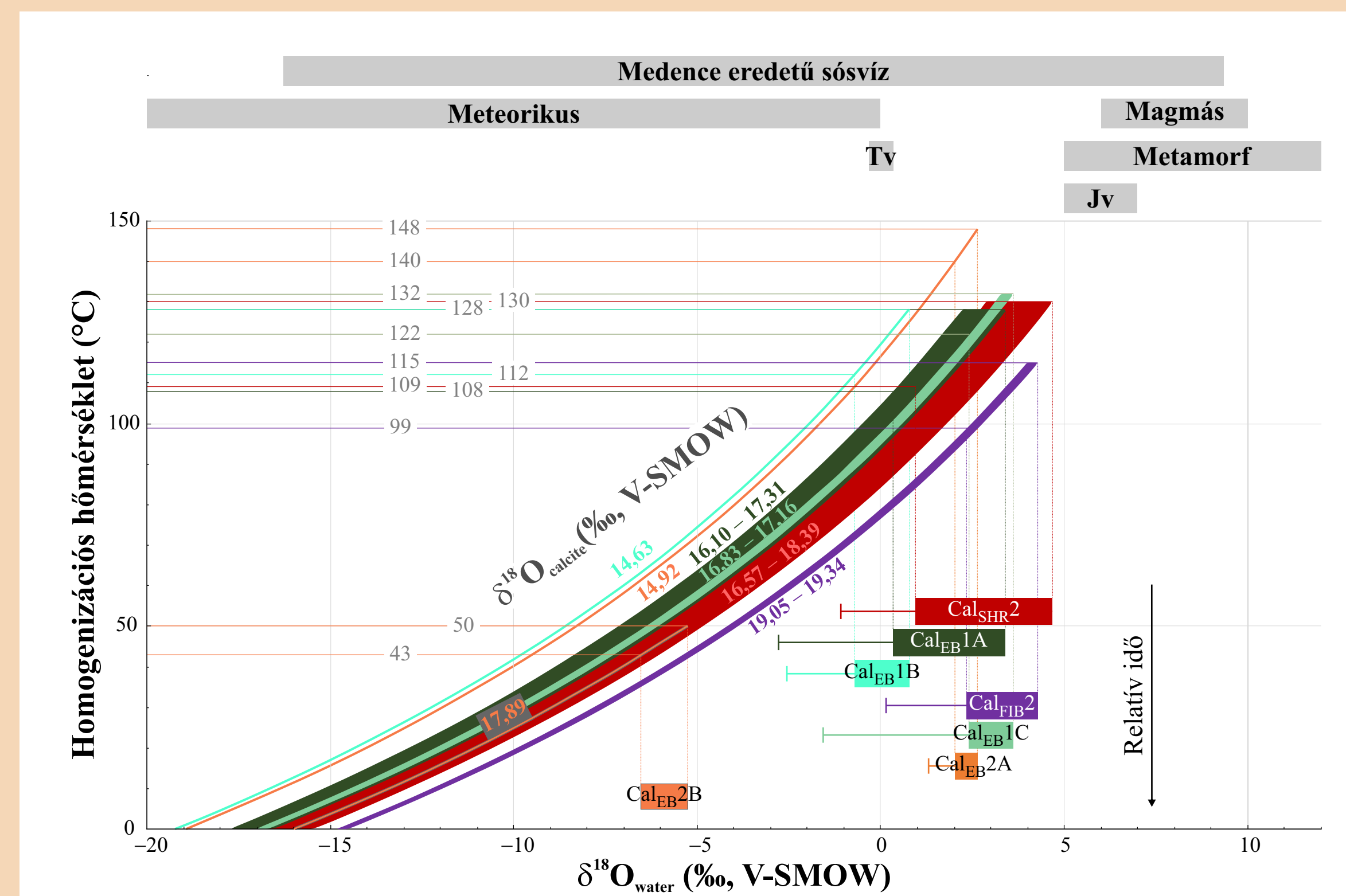


A BAF-2 fúrás éraltkító kalcit (Cal) és mellékkőzetből (agyagkő, aleurit) származó karbonát (Cb_{WR}) ásványainak szén- és oxigénizotóp-aránya. A jellemző Cb_{WR} értékeket szürke szaggatott vonal különíti el [2].



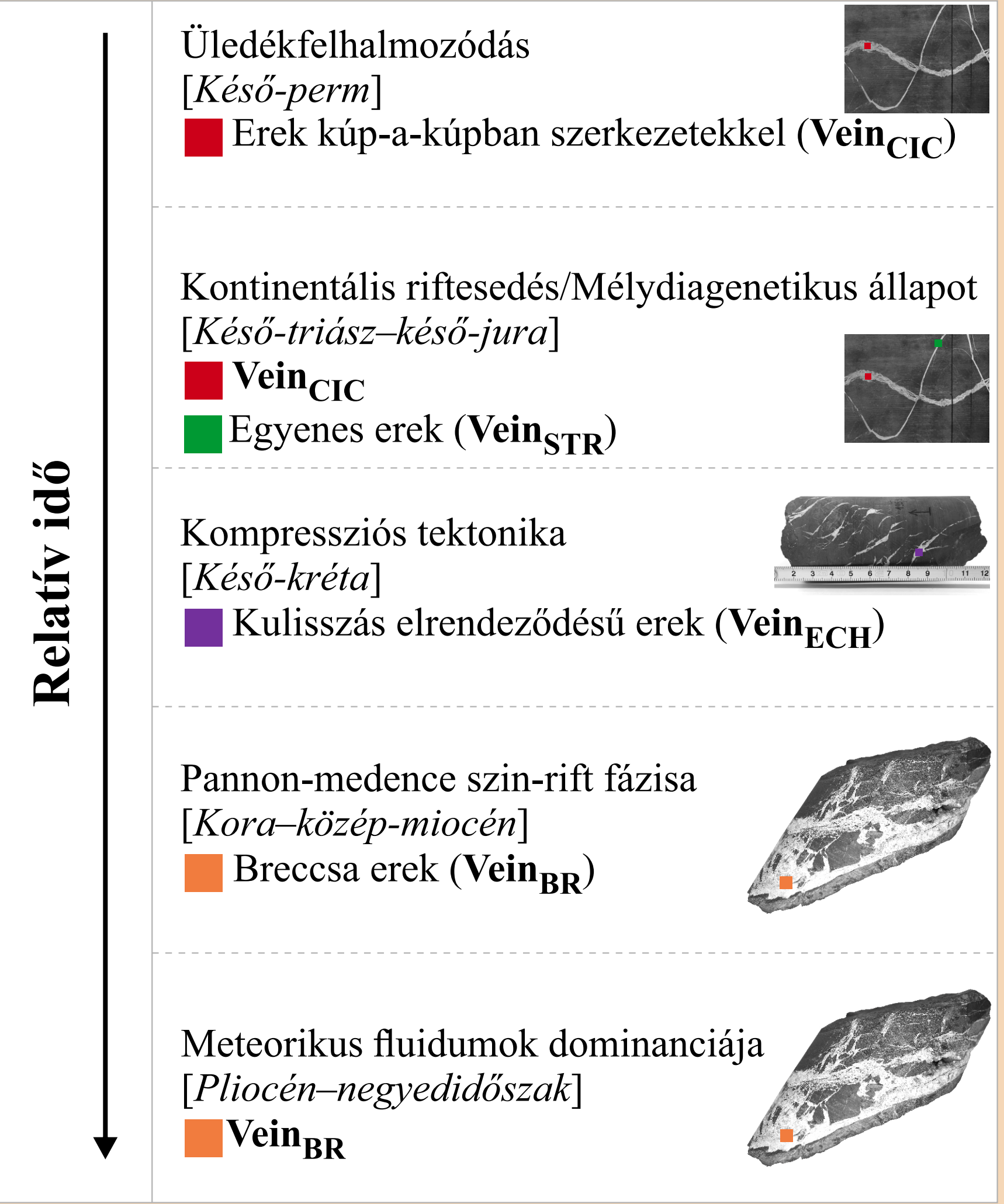
A BAF-2 fúrás éraltkító kalcit fázisaiban meghatározott végső jégolvadási hőmérsékletek (T_m (Ice); IQR) a homogenizációs hőmérsékletek (T_h ; minimum és IQR) függvényében [2]. n – mérések száma, IQR – interkvartilis terjedelem.

A BAF-3, -3A és -4 fúrások éraltkító kalcit, valamint a BAF-3A fúrás dolomit szemcséiben megjelenő, bezáró ásvány kiválásával egy időben keletkező fluidumzárvány-együttesek T_h értékei 100–160 °C közé esnek, jó egyezést mutatva a BAF-2 fúrásban megfigyelttel. A BAF-3A és BAF-4 fúrások éraltkító kalcit cementjében lévő zárványok jellemző T_h értékei mellett 45–95 °C közötti adatok is megjelennek. Külön figyelmet érdemel a BAF-4 fúrás ásványos ereiben megjelenő kvarc, amely fluidumzárvány-együttesek jellemző T_h értéke 160–265 °C között mozog (max. $T_h=305$ °C). Sótartalom tekintetében gyakoriak a BAF-2 fúrásra jellemző értékek, kivételként a BAF-3 fúrás éraltkító kalcit (általában <0,7%), valamint a BAF-3A fúrás dolomit (16,5–26,8%) cementje említhető.



A BAF-2 fúrás éraltkító kalcit generációinak homogenizációs hőmérséklet- $\delta^{18}\text{O}_{\text{water}}$ (‰, V-SMOW) diagramja [2]. A görbék különböző kalcit fázisok $\delta^{18}\text{O}$ értékét jelölik, míg a színes, vízszintes mezők a szülőfluidumok számított $\delta^{18}\text{O}$ értékének interkvartilis terjedelmét, míg a mezők karjai a minimum értékét mutatják. A diagram fölötti szürke, vízszintes $\delta^{18}\text{O}$ tartományok eltérő eredetű fluidumok összetételét ábrázolják. Jv – juvenilis víz; Tv – tengervíz.

A legtöbb, BAF-2 fúrásban beazonosítható szülőfluidum $\delta^{18}\text{O}$ összetétele jelentős egyezést mutat a medence eredetű sós pórúsvizekre jellemző értékekkel. Mindössze a Cal_{EB}2B szülőfluidum felel meg a meteorikus fluidumok tipikus $\delta^{18}\text{O}$ értékének, utalva ezzel a belőle kiváló kalcit eredetére. Mivel az illit egyike a BAF fő kőzetalkotó ásványainak, a szemkitt-illit átalakulás során felszabaduló H₂O jelentős szerepet játszhat a pórúsvíz kémiai összetételének változásában. Ez az átalakulás általában 120–165 °C közötti hőmérsékleten megy végbe és emelkedett (akár 5–10‰ V-SMOW) $\delta^{18}\text{O}$ értékhez vezet, valamint a sós pórúsvíz kis sótartalmú vízzel hígítja. Ennek értelmében a legtöbb éraltkító kalcit szülőfluidumát képviselő sós pórúsvizek a fosszilis playa fluidum és az agyagásványok átalakulásából származó diagenetikus eredetű fluidum keveredéséből származhatnak.



A BAF szerkezetfejlődése a BAF-2 fúrásban fellelhető ásványos erek alapján [2]. A négyzetekben látható szinkódok az eltérő érgenerációkat jelölik.

Konklúziók

- A Vein_{CIC}, Vein_{STR} és Vein_{ECH} erek kalcitgenerációinak szülőfluiduma lokálisan kialakuló fluidumok és diagenetikus folyamatok együttes eredménye (**zárt geokémiai rendszer**).
- A legfiatalabb, Cal_{EB}2B kalcit (Vein_{BR}) feltehetően egy kis hőmérsékletű (<50 °C), meteorikus vízből vált ki, ami egy olyan **nyitott geokémiai rendszerre** utal, amelyben a **meteorikus fluidum** utánpótlása tektonikus kiemelkedéshez köthető.
- A BAF-3, -3A és -4 fúrások repedéskitöltő kalcit és dolomit szemcséinek kiválásával egy időben bezáródó fluidumzárványok T_h értékei igen hasonlóak a BAF-2 fúrásra jellemző értékekhez.
- A BAF-3A és -4 fúrásokban a zárványokra jellemző (100–160 °C) T_h értékek mellett **45–95 °C** közötti adatok is megjelennek. Jól elkülönül továbbá a BAF-4 fúrás repedéskitöltő **kvarc** fázisa, amely fluidumzárványainak T_h értéke általában **160–265 °C** tartományba esik.
- Sótartalom** szempontjából általánosak a BAF-2 fúrásra jellemző értékek, kivétel a BAF-3 fúrás éraltkító kalcit (általában <0,7%), valamint a BAF-3A fúrás dolomit (16,5–26,8%) cementje.
- Szöveti, mikroszerkezeti, ásványtani**, továbbá **fluidumzárvány mikrotermometriai** jellemzők alapján feltételezhető, hogy a BAF-2 fúrásban azonosított szülőfluidumokból váltak ki a BAF-3, -3A, -4, BAT-4 és Delta-3 fúrásokban megjelenő törérendszerek cementásványai.
- A BAF-3 és -3A fúrások éraltkító kalcit és dolomit szemcséiben megjelenő fluidumzárványok **kis**, vagy éppen kiugróan **nagy sótartalma**, valamint a BAF-4 fúrásban megjelenő **kvarc** fluidumzárványainak **magas T_h értékei** olyan kérdéseket vetnek fel, amelyek tisztázásához további petrográfiai és geokémiai vizsgálatok szükségesek.

Köszönetnyilvánítás

Köszönjük Dr. Máthé Zoltán szakmai támogatását, valamint a Mecsekérc Zrt.-nek és a Radioaktív Hulladékokat Kezelő Kft.-nek, hogy lehetővé tették a kutatás kivitelezését, a fúrások maganyagának megtekintését és mintázását.

Hivatkozások

- O'Neil J. R., Clayton R. N., Mayeda T. K. (1969): Oxygen isotope fractionation in divalent metal carbonates. — The Journal of Chemical Physics 51, 5547–5558.
- Hrabovszki E. (2022): Szerkezetfejlődési és fluidumigráció-történeti rekonstrukció a Bodai Agyagkő Formáció ásványos erei alapján. PhD értekezés, SZTE Ásványtani, Geokémiai és Kőzettani Tanszék, Szeged, 103.