

A Bodai Aleurolit Formációban mért ImaGeo-LIPS elemoxidkoncentráció- értékek eloszlásának statisztikai vizsgálata (Bakonya, Bak-5 fúrás)

ANDRÁSSY LÁSZLÓ¹, MAROS GYULA²

¹Eötvös Loránd Geofizikai Intézet, 1145 Budapest, Columbus u. 17–23.
E-mail: andrassy@elgi.hu

²Magyar Állami Földtani Intézet, 1143 Budapest, Stefánia út 14.
E-mail: maros@mafi.hu

A Bakonya-5 fúrásban az ImaGeo fúrómag szkennelrel összeépített LIPS spektrométerrel elvégzett nagyszámú mérés statisztikai feldolgozásának eredményei lehetőséget adtak a földtani képződmények „homogenitás”-fogalmának egy újszerű megközelítésére és a fogalom matematikai módszerekkel történő alátámasztására.

A Bodai Aleurolit Formáció három csoportjába tartozó képződmények elemoxid-eloszlásának vizsgálatához szelvény menti ImaGeo-LIPS méréseket végeztünk. Meghatároztuk az egyes szelvényekre (mérési helyekre) az elemoxid-koncentráció átlag- (várható) értékeit és az átlagértékek szórásait. Statisztikai próbákat végeztünk a Bartlett- és az F-próba alapján a kiszámított átlag- és szórásértékek egyezésére. A homogén szakaszok kijelölésére a teljes elemoxidos összetétel alapján egyszeres osztályozást végeztünk.

Az egyszeres osztályozásból következik, hogy az átlag- (várható) értékek egyezése vagy eltérése természetesen visz-szaigazolja a képződmény elemoxidos összetételét (ásványos összetételét), a mért szórások egyezése vagy eltérése viszont a képződmény fizikai paramétereinek (sűrűség, porozitás) különbözőségét mutatja.

Andrássy L., Maros, Gy.: Statistical analysis of the distribution of element oxide concentrations measured by ImaGeo–LIPS in the Boda Siltstone Formation (Bakonya, borehole Bak-5)

The results of the statistical analysis based on a great number of measurements made by the ImaGeo-LIPS equipment in the Bakonya-5 borehole gave an opportunity for a new approach of the geological homogeneity and for the support of this term with mathematical methods.

To investigate the element oxide composition of three groups of different lithology one dimensional samplings with 2 mm spacing along the long axis of the cores (sections) were carried out. We determined the average values and variations of the averages of the element oxides for each sections. We made statistical probes – Bartlett- and F-probes – for the correspondence of the calculated and measured values. For the assignment of the homogeneous rock intervals we made a one-way variance analysis based on the whole element oxide composition.

It follows from the a one-way variance analysis that the correspondence or discrepancy of the average values depends on the element oxide composition (mineral composition) of the formation but the correspondence or discrepancy of the variations show the differences of its physical parameters (density, porosity).

Beérkezett: 2011. március 9.; *elfogadva:* 2011. július 5.

1. Bevezetés

Alapvetően módszertani elemzésünket a hazai nagy aktivitású radioaktív hulladékok tárolására indított földtani kutatások keretében végeztük el. A potenciális befogadó képződményekkel szemben támasztott fontos követelmény a kőzet alacsony hidrodinamikai vezetőképessége és ennek,

valamint egyéb közettani tulajdonságainak homogén volta. Tanulmányunkban ezt a homogenitást igyekeztünk matematikai módszerekkel leképezni. Célunk, hogy a kutatás érdekében hasznosítsuk az ImaGeo magszkennel (Maros, Palotás 2000, Maros, Pásztor 2001), valamint az azzal összeépített lézergenerjesztésű optikai spektrométer (LIPS, Andrásy et al. 2000, Andrásy et al. 2003, Maros et al. 2008, Maros

et al. 2003a, Földessy et al. 2009) nyújtotta nagy mennyiségű és olcsó, orientált anyagvizsgálati és dokumentációs vizsgálati potenciált, eredményeinket földtani–mélyfúrás-geofizikai közetmodellek segítségével főként a későbbiekben korreláljuk a karotázsmérések eredményeivel (Maros et al. 2008). Az utóbbi években a Bodai Aleurolitot feltárt fúrások egyes szakaszaira részletes elemzések sorát valósítottuk meg (Maros et al. 2003b, Andrassy et al. 2006, Maros et al. 2010), amelyek alapul szolgáltak jelen módszertani munka számára is.

2. A mérésben részt vevő kőzetek a Bak-5 fúrásban

Bodai Aleurolit Formációt (17,67 m-től 50,00 m-ig) vörös-barna színű agyagkő, albitfészkes agyagkő, agyagos aleurolit, aleurolit és világosbarna, sárgásbarna dolomit és ezek változatai építik fel. Az elemi kőzetváltozásból három litológiai jellemző csoportot állítottunk össze: 1. agyagkő-albitfészkes agyagkő, 2. aleurolit, agyagos aleurolit, 3. dolomitréteges albitfészkes aleurolit.

1. Az agyagkő makroszkopikusan homogén, rétegzettség nem vagy alig látható, legtöbbször csak a közbetelepülő rétegek alapján állapítható meg. Az átmenete az „albitfészkes” agyagkő felé folyamatos, a kalcittal és albittal kitöltött üregek számának gyarapodásával. A közbetelepülő dolomit-rétegek felé a határa éles vagy rétegváltozásos. Az agyagos aleurolit és aleurolit betelepülések rétegzettsége néhol gyengén látható.

Az albitfészkes vörös-barna agyagkő csak annyiban különbözik a homogén agyagkőtől, hogy kalcittal és albittal kitöltött üregeket tartalmaz. Az üregek nagysága tizedmillimétertől 3 mm-ig terjed. Fehér színűek, alakjuk szabálytalan, elnyújtott, esetenként a dolomitbetelepülések alapján meghatározható rétegzéssel párhuzamosan helyezkednek el. Az albitfészkek egymástól való távolsága mm-es nagyságrendű.

2. Az aleurolit, agyagos aleurolit színe vörös-barna, jól osztályozott, rétegzetlen, igen kemény. Albitfészket nem tartalmaz, dolomitbetelepülés-mentes.

3. A dolomitréteges, albitfészkes aleurolit vörös-barna színű. Az albitfészkek fehér, szabálytalan alakú, enyhén világoskék árnyalatú, egymástól átlagosan 3 mm-re lévő fehér pöttyöknépp mutatkoznak (Ba53337-3397 szelvény). Az albitfészkes aleurolitban „felhőszerű” dolomit betelepülések észlelhetők (Ba52116-2157 szelvény), ahol a rétegek nagymértékű felcserepedése, feldarabolódása, valamint ezek átmozgatása–áthalmazódása jellemző. Az áthalmazódás mértéke jelentős, a réteg felszakított darabjai azonosíthatatlan, elszakított klasztokként, szétszóródva, „füstszerűen” összekeverve találhatóak. A dolomitrétegek vastagsága néhány mm és 10 cm között változik jellemzően 2-3 cm. (Ba52026-2096a és b szelvények). Színük halvány sárgás-

barna, szürkésbarna. Ritka a csak dolomitból álló réteg, általában tizedmilliméteres vagy mm-es agyagkő-betelepüléseket, laminákat tartalmaznak. Csaknem minden esetben megfigyelhető a száradási repedések mentén jelentkező felcserepedés. A felcserepedett rétegek hézagaiba a fedő agyagkő zavart szerkezettel települ. A dolomit közbetelepülések környezetében gyakrabban találhatóak életnyomok (fúrásnyomok).

3. Módszerek, mintavételi stratégia

A méréseket szelvény menti mintavételi rendszerben végeztük el, amely során a szelvényeket a fúrómagok palástján tengellyel párhuzamosan, hosszanti irányban jelöltük ki állandó mintavételi sűrűségérték mellett. A mért spektrumokból kiszámítottuk az Al_2O_3 , CaO , Fe_2O_3 , K_2O , MgO , Na_2O , SiO_2 és TiO_2 elemoxidkoncentráció-értékeket. A mintákon összesen 324 mérési pontban, 2 mm-es mintavételi sűrűség-értékkel végeztünk el méréseket.

Az ImaGeo fúrómag szkennelrel összeépített LIPS spektrométerrel (Maros et al. 2003) elvégzett mérések mintavételi helyeit a fenti három csoportba rendeztük. A mérések eloszlása a következő:

1. csoport: albitfészkes vörös-barna agyagkő, 15 szelvény
2. csoport: aleurolit, 7 szelvény
3. csoport: dolomitréteges albitfészkes agyagkő, 9 szelvény

4. Bodai Aleurolit Formáció egyes képződ-ményeire elvégzett statisztikai számítások

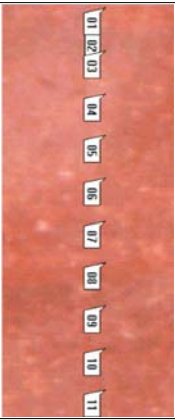
Az egyes csoportokat reprezentáló rétegszakaszok nyert fúrómagjain elvégzett szelvény menti ImaGeo-LIPS mérésekből meghatározott elemoxidkoncentráció-értékek eloszlásait statisztikai módszerekkel vizsgáltuk. A statisztikai számítások segítségével minden egyes fúrómagra meghatároztuk az elemoxidkoncentráció-értékek átlagát ($C_{AX}^{(P_i)}$), az átlagértékek szórását ($\sigma_{AX}^{(P_i)}$) és a megbízhatósági értékeket ($m_{AX}^{(P_i)}$). Kiszámítottuk a koncentrációértékek maximumát és minimumértékeit is. Az egyes képződ-mények homogenitásának megállapítására *Bartlett-próba* alapján egyszeres osztályozást végzünk a kiszámított szórásértékek egyezése alapján.

Az egyes mérési pontokban mért emissziós spektrumokat a LIPS program segítségével értékeltük ki. Az elemoxidkoncentráció-értékek kiszámítását a kalibrációs függvények paramétervektorainak ismeretében végeztük el.

Példaként a 2. csoportot reprezentáló aleurolitra a 20. sorzámmal jelzett 25,427–25,445 m szelvénytartományra elvégzett számítások eredményeit az 1. táblázatban mutatjuk be. A táblázatban feltüntetettük a fúrómag szkennelt képét a mérési pontokkal együtt.

Statisztikai számításaink bemutatása előtt egy kiválasztott elemkoncentráció eloszlására (Na_2O) irodalmi áttekin-

1. táblázat | A 20. számú (25,427 m-től 25,445 m-ig) szelvényszakasz mintavételi pontjaira elvégzett statisztikai számítások eredményei és a fűrőmag szkennelt képe a mérési pontokkal (a 01 és 02 mérési pont ugyanazon a helyen, ugyanazt a mérési eredményt jelenti)

Fűrőmag szkennelt képe	Mélység [m]	Al ₂ O ₃	CaO	Fe ₂ O ₃	K ₂ O	MgO	Na ₂ O	SiO ₂	TiO ₂	Σ
		[%]								
	25,427	18,46	0,95	9,66	6,01	2,00	0,63	60,56	0,830	99,10
	25,429	16,97	1,03	8,39	7,22	2,21	0,59	57,38	0,750	94,54
	25,431	15,93	2,08	8,58	7,55	2,24	0,60	57,03	0,790	94,80
	25,433	14,72	1,16	8,04	7,76	1,96	0,53	43,90	0,750	78,82
	25,435	17,69	0,64	9,02	5,94	1,89	0,55	62,09	0,730	98,55
	25,437	18,57	0,88	10,73	6,78	2,49	0,64	58,18	0,910	99,18
	25,439	16,67	0,97	8,64	7,05	2,19	0,64	59,35	0,750	96,26
	25,441	16,86	1,19	9,04	9,35	2,32	0,58	39,41	0,690	79,44
	25,443	19,17	1,29	9,67	7,35	2,16	0,52	42,41	0,790	83,36
	25,445	20,36	1,53	9,46	8,38	2,32	0,77	43,22	0,750	86,79
$C_{AX}^{(P_i)}$		17,54	1,17	9,12	7,34	2,18	0,61	52,35	0,774	91,08
$\sigma_{AX}^{(P_i)}$		1,65	0,40	0,78	1,03	0,18	0,07	8,90	0,061	8,18
$m_{AX}^{(P_i)}$		1,02	0,25	0,49	0,65	0,11	0,02	5,74	0,038	4,11
Max		20,36	2,08	10,73	9,35	2,49	0,77	62,09	0,910	99,18
Min		14,72	0,64	8,04	5,94	1,89	0,52	39,41	0,690	78,82

tést adunk. Tesszük ezt azzal a céllal, hogy méréseink megbízhatóságát bemutassuk és hogy a LIPS mérések valamint a porminta-meghatározások közötti lényegi különbségekre (a LIPS mérések az inhomogenitásra ásványos szinten sokkal érzékenyebbek) és a statisztikai mennyiségű adatszám szükségességére rámutassunk. A Na-ot választottuk ki összehasonlításunk tárgyául, mivel ennek meghatározása a különböző vizsgálatok során az egyik legfontosabb genetikai információt hordozza, és legtöbbször a vizsgálatok homlokterében állt. Az irodalmi adatok közül a fúrásunkban előforduló legjellemzőbb kőzetből (agyagkő) a litológiai megkülönböztetés után készült elemzéseket vettük figyelembe, mivel a Na-tartalom igen érzékeny a különböző litológiájú kőzetekre (Varga et al. 2005, Varga et al. 2006), és a kőzetek szemcseméretével nő. Ez azt jelenti, hogy várhatóan az agyagkövekben, albitfészkes agyagkövekben a legkisebb. A viszonylag nagy számú (57), de litológiai bontás nélkül készült elemzést (Árkai et al. 2000) tehát figyelmen kívül hagytuk.

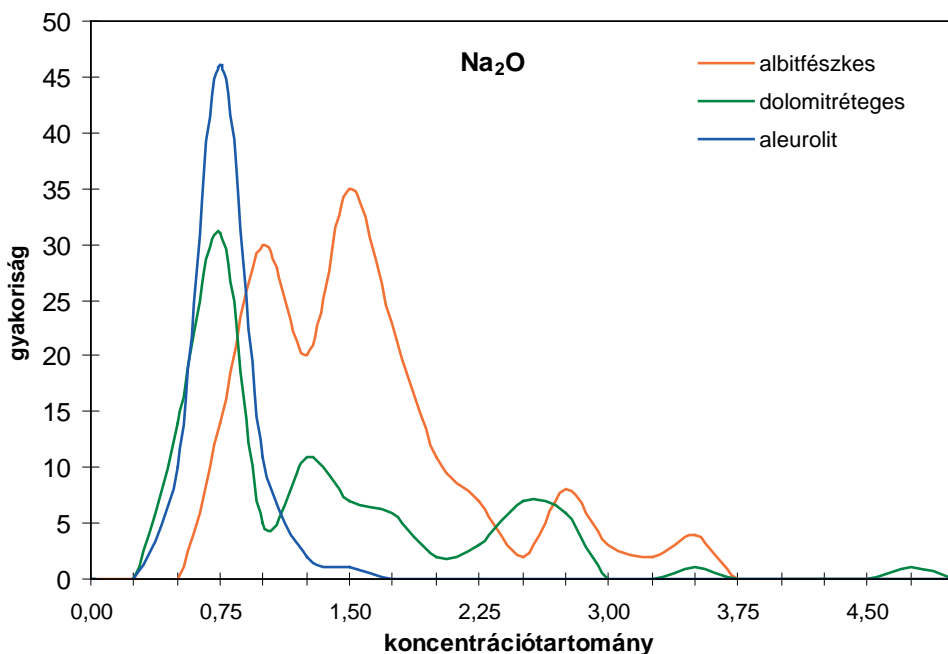
Az elemzésünkben feldolgozott mérésszám (324) több mint egy nagyságrenddel nagyobb, mint a publikált és jelentésekben megtalálható összes kémiai elemzés száma (31), a kémiai elemzések homogenizált mintái azonban feltehetően kiegyenlítik a mérésszámból adódó statisztikai különbséget, ami az átlagkoncentráció helyes megadását illeti. Azonban a különböző helyekről származó LIPS mintatömeg statisztikai előnyét a rétegsorban megjeleníthető eloszlásról nem kompenzálhatja. Az irodalomban a következő átlagokat találjuk, hasonló litológiai környezetben: Máthé (1998): 2,3%/6 mérés, Varga et al. (2005): 2,1/6, Varga et al. (2006):

2,8/13, Németh et al. (2005): 1,8/6. Láthatjuk, hogy a Na-tartalom ingadozik, még azonos litológiájának besorolt kőzetek esetén is. Az eltérés akár 60%-os is lehet. Véleményünk szerint az eltérés a litológiai meghatározás eltéréseiből, esetleges hibájából fakadhat, semmint az elemzések hibás eredményeiből. Ebből következően az összehasonlíthatóság gyenge lábakon áll.

Egy másik elemzés keretében (Maros et al. 2010) az Iba-fa, Ib-4 fúrás 10 méterének részletes és összehasonlító elemzése alapján a kémiai laboreredmények és a LIPS eredmények között a Na₂O esetében konzekvens ~20–25% eltérés mutatkozott, negatívan a LIPS eredmények irányában. Ez felveti a LIPS kalibráció fejlesztésének szükségességét, ugyanakkor nem zárható ki az eltérő médiumokból fakadó konzekvens különbség sem.

A jelen tanulmányban a Na₂O-ra kapott eredmények eloszlását az 1. ábra szemlélteti. A gyakorisági görbék megengedik az összes irodalmi adatból kapott átlagot, a legnagyobb gyakoriságok Németh et al. (2005) eredményeivel mutatják a legjobb korrelációt.

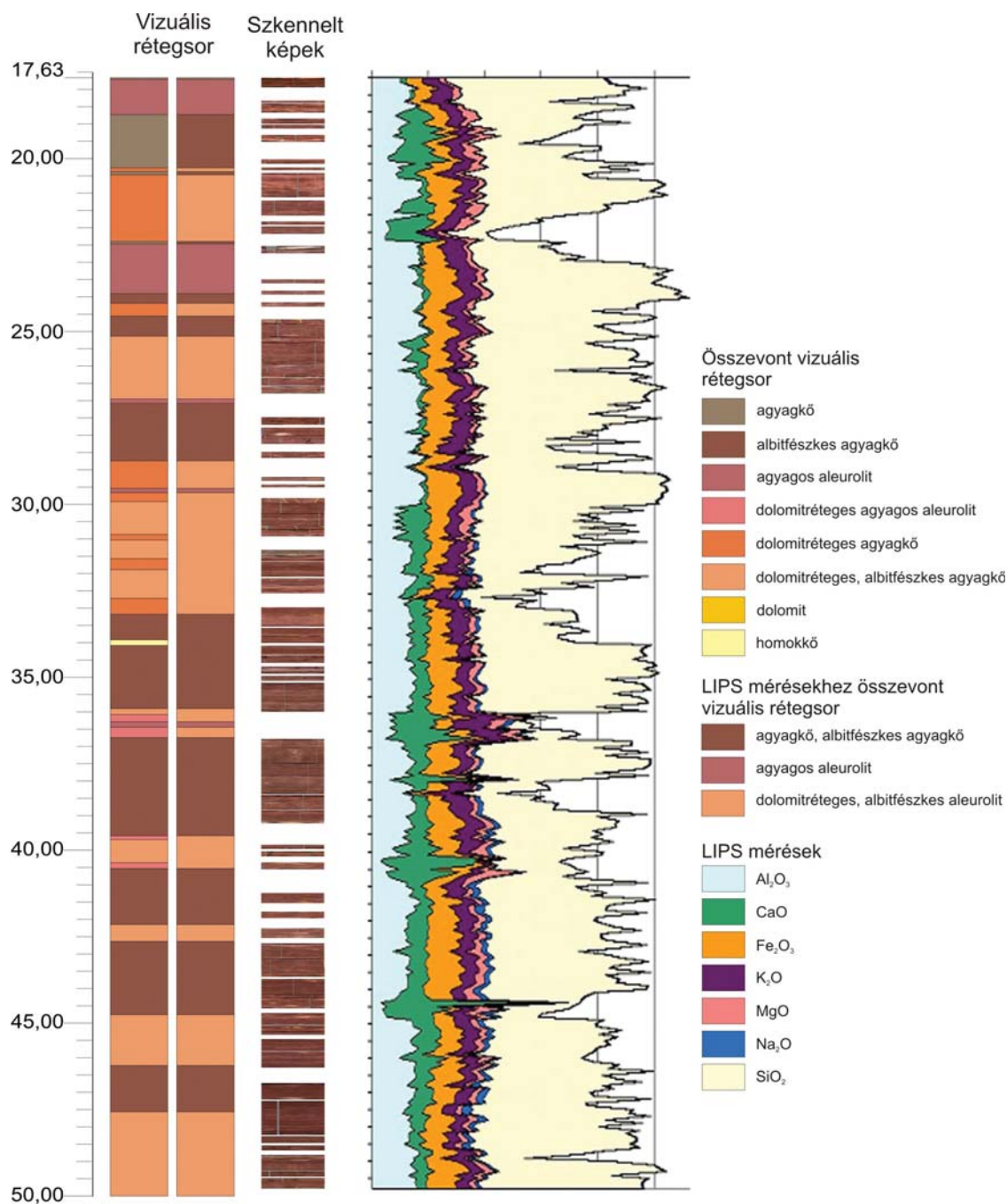
Összefoglalóan elmondható, hogy habár elképzelhetőnek tartjuk, hogy a LIPS mérések konzekvensen némileg alámérnek a laboratóriumi elemzések adatainak, de a rendszer önmagán belül konzekvens, és statisztikailag a homogenitás szempontjából vizsgálható. Ugyanakkor hangsúlyozzuk a litológiai meghatározás és az ehhez kapcsolódó koncentrációváltozások figyelembevételét és konzekvens alkalmazását. Ebből a szempontból a vizsgált fúrási szakasz LIPS mérései jól korrelálhatók irodalmi adatokkal. Ezenkívül figyelembe kell venni az átlagminták kémiai meghatározásának



1. ábra | A Na₂O-tartalom gyakorisági eloszlása a BAF formáció különböző kőzettípusaira
Figure 1 | Frequency distribution of the Na₂O for the different rock types in the Boda Siltstone Formation

2. táblázat | Albitfészkes agyagkőre (1. csoport) meghatározott átlagértékek ($C_{AX}^{(Pi)}$) és az átlagértékek átlaga ($C_{AAx}^{(Pi)}$)

Mintaazonosítók			Al ₂ O ₃	CaO	Fe ₂ O ₃	K ₂ O	MgO	Na ₂ O	SiO ₂	TiO ₂	Σ
<i>i</i>	Szám	Szkennelt intervallum	[%]								
1	21	26,05–26,25_SZ	13,58	5,57	8,34	4,94	2,82	0,65	55,86	0,75	92,52
2	29.b	35,79–36,30_SZ_b	13,11	5,77	6,05	6,69	1,68	1,99	28,62	0,63	64,53
3	29.a	35,79–36,30_SZ_a	13,06	6,24	6,39	6,64	2,04	1,61	34,92	0,72	71,62
4	30.b	37,02–37,45_SZ_b	13,93	5,52	10,70	4,87	2,60	0,92	58,79	0,70	98,02
5	30.a	37,02–37,45_SZ_a	13,73	6,22	7,37	6,77	2,16	1,34	32,60	0,65	70,83
6	31	37,45–37,82_SZ	14,50	5,90	9,21	5,14	2,38	0,93	53,61	0,80	92,48
7	33	38,38–38,75_SZ	13,33	6,25	9,66	5,22	1,97	0,87	53,92	0,72	91,94
8	35	41,38–41,67_SZ	13,03	7,05	10,74	7,15	2,93	1,85	40,56	0,59	83,90
9	37	43,10–43,62_SZ	14,58	5,43	7,98	6,03	2,28	2,21	46,36	0,66	85,53
10	38	43,71–44,10_SZ	12,49	7,24	11,05	5,91	2,57	1,57	43,57	0,67	85,07
11	39	44,70–44,97_SZ	12,99	6,59	12,17	5,51	3,17	1,32	46,02	0,67	88,44
10	41	46,75–47,16_SZ	15,07	7,73	8,00	5,86	2,51	1,46	40,67	0,73	82,03
13	42.b	47,24–48,19_SZ_b	14,17	4,58	8,46	5,11	2,19	1,69	49,02	0,74	85,96
14	42.a	47,24–48,19_SZ_a	13,93	6,62	8,60	5,02	2,38	2,26	47,29	0,79	86,89
15	43	48,91–49,21_SZ	15,03	4,78	11,52	5,23	2,58	0,86	54,86	0,68	95,56
Átlagértékek átlaga $C_{AAx}^{(Pi)}$			13,77	6,10	9,08	5,74	2,42	1,44	45,78	0,70	85,02
Szórások átlaga $\sigma_{AX}^{(Pi)}$			1,44	1,26	1,32	0,84	0,40	0,34	7,69	0,09	8,04
$C_{AAx}^{(Pi)} + \sigma_{AX}^{(Pi)}$			15,21	7,36	10,40	6,58	2,82	1,78	53,47	0,79	93,06
$C_{AAx}^{(Pi)} - \sigma_{AX}^{(Pi)}$			12,33	4,84	7,76	4,90	2,02	1,10	38,09	0,61	76,98



2. ábra Bakonya, Bak-5 fúrás elemoxidkoncentráció-eloszlása a mélység szerint
Figure 2 Distribution of the element oxides with depth of the borehole Bakonya, Bak-5

és a pontszerű LIPS mérések eltérő céltárgyát. Feltehetően a két méréstípusból nyert eredmények tökéletes egyezését célként sem lehet kitűzni.

Az elemoxidkoncentráció-értékek eloszlásait a mélység függvényében, szelvénszerűen a 2. ábrán szemléltetjük. Az ábra alapján egyértelműen megállapítható az aleurolit fúrómag viszonylagos homogén szerkezete és az elemoxidok egyenletes eloszlása. A dolomitréteges albitfészkes agyagkővet tartalmazó rétegszakaszok viszont élesen elkülönülnek az aleurolittól és az albitfészkes agyagkőtől a ma-

gas CaO-koncentráció-értékek (zöld színnel jelzett területek) alapján.

A továbbiakban kiszámítottuk a BAF formáció 1., 2. és 3. csoportjait reprezentáló rétegszakaszokból nyert fúrómagokon elvégzett szelvény menti mérések átlagértékeinek átlagait (2. táblázat, $C_{AAX}^{(Pi)}$).

Az albitfészkes agyagkőre a 2. táblázat adatai alapján egyértelműen megállapítható, hogy ha az egyszeres átlagszórások által meghatározott hibaszórtó vesszük alapul, az egyes szelvényekre meghatározott átlagértékek néhány

3. táblázat | Aleurolitra (2. csoport) meghatározott átlagértékek ($C_{AX}^{(Pi)}$) és az átlagértékek átlaga ($C_{AAX}^{(Pi)}$)

Mintaazonosítók			Al ₂ O ₃	CaO	Fe ₂ O ₃	K ₂ O	MgO	Na ₂ O	SiO ₂	TiO ₂	Σ
<i>i</i>	Szám	Szkennelt intervallum	[%]								
1	13	17,72–17,95_SZ	13,16	1,17	6,25	6,91	2,05	0,47	54,64	0,93	85,57
2	19	24,63–24,99_SZ	16,32	2,33	11,48	7,07	2,66	0,69	63,22	0,71	104,47
3	20	25,40–26,05_SZ	17,54	1,17	9,12	7,34	2,18	0,61	52,55	0,77	91,08
4	22	27,87–28,10_SZ	17,01	1,69	9,48	6,06	2,20	0,66	59,73	1,06	97,88
5	23	29,69–30,18_SZ	16,63	2,51	9,78	6,90	1,91	0,55	46,87	0,72	85,87
6	25	32,36–32,47_SZ	15,76	1,52	7,66	8,01	1,75	0,89	41,82	0,69	78,10
7	26.a	33,37–33,97_SZ_a	18,02	1,34	11,55	5,84	2,12	0,76	62,89	0,82	103,35
Átlagértékek átlaga $C_{AAX}^{(Pi)}$			16,35	1,68	9,33	6,87	2,12	0,66	54,53	0,81	92,36
Szórások átlaga $\sigma_{AX}^{(Pi)}$			1,80	0,78	0,97	0,80	0,30	0,08	6,61	0,18	7,42
$C_{AAX}^{(Pi)} + \sigma_{AX}^{(Pi)}$			18,15	2,46	10,30	7,67	2,43	0,74	61,15	0,99	99,78
$C_{AAX}^{(Pi)} - \sigma_{AX}^{(Pi)}$			14,55	0,89	8,36	6,08	1,82	0,58	47,92	0,63	84,94

esetben a hibahatárokon felüli eltéréseket mutatnak. Ezek az eltérések főleg az Fe₂O₃-, K₂O-, Na₂O- és SiO₂-oxidoknál figyelhetők meg. Az egyes kiugró koncentráció-értékek valószínűleg az eltérő ásványos (hematit, illit, albit és kvarc) összetétellel magyarázhatók.

Az aleurolit (3. táblázat) sokkal homogénebb szerkezetet mutat, mint azt az albitfészkes agyagkő esetén láttuk. Néhány esetben azonban a szelvényeken itt is van hibahatáron túli eltérés.

Dolomitréteges albitfészkes agyagkő esetén (4. táblázat) az elemoxidokra kiszámított átlagértékek eltérései a minták inhomogénitására utalnak. Ezt a megállapítást az átlagértékek átlagainak szórásai is alátámasztják. A ma-

gas szórásértékek az Al₂O₃, CaO és SiO₂ esetén szembe-tűnőek.

Mindhárom csoport eredményeit alapul véve a későbbiekben kiválasztjuk a homogén szakaszokat (osztályba sorolás). A feladat megoldásához felhasználjuk a statisztikai szórás-analízis és statisztikai próbák nyújtotta lehetőségeket. A szórás-elemzésben jelen esetben azt vizsgáljuk, hogy a fűrőmagokon mért elemoxidkoncentráció-értékek átlagai és az átlagok szórásértékei milyen feltételek mellett elégítik ki a homogenitás követelményeit. A homogenitás tényét egy folytonos valószínűségi változóra (elemoxidkoncentráció-értékek) vizsgáljuk, és kikötjük, hogy a fellépő valószínűségi változók normális eloszlásúak és közel azonos szórásúak legyenek.

4. táblázat | Dolomitréteges albitfészkes agyagkőre (3. csoport) meghatározott átlagértékek ($C_{AX}^{(Pi)}$) és az átlagértékek átlaga ($C_{AAX}^{(Pi)}$)

Mintaazonosítók			Al ₂ O ₃	CaO	Fe ₂ O ₃	K ₂ O	MgO	Na ₂ O	SiO ₂	TiO ₂	Σ
<i>i</i>	Szám	Szkennelt intervallum	[%]								
1	15	19,08–19,28_SZ	10,49	10,89	6,02	6,02	4,37	0,58	32,48	0,60	71,43
2	16.b	20,26–20,96_SZ_b	14,45	6,02	9,72	5,35	3,32	0,61	55,10	0,71	95,27
3	16.a	20,26–20,96_SZ_a	9,32	11,42	7,00	5,66	4,06	0,65	42,17	0,60	80,88
4	17	21,16–21,57_SZ	11,98	7,29	6,33	7,00	2,96	0,47	25,55	0,58	62,17
5	26.b	33,37–33,97_SZ_b	9,68	10,33	6,78	4,53	4,13	1,34	43,51	0,64	80,94
6	32	37,82–38,23_SZ	7,66	17,93	7,07	11,74	5,30	2,38	15,63	0,32	68,05
7	34	38,88–39,23_SZ	13,39	7,53	6,15	8,55	1,87	1,14	21,67	0,58	60,88
8	36	42,68–43,10_SZ	6,99	20,88	7,34	3,87	4,83	1,29	28,13	0,53	73,87
9	40	45,40–45,75_SZ	7,53	17,11	7,45	5,18	4,78	2,77	30,72	0,58	76,13
Átlagértékek átlaga $C_{AAX}^{(Pi)}$			10,17	12,16	7,10	6,43	3,96	1,25	32,77	0,571	74,40
Szórások átlaga $\sigma_{AX}^{(Pi)}$			3,13	7,17	2,03	1,17	1,58	0,25	10,69	0,091	10,40
$C_{AAX}^{(Pi)} + \sigma_{AX}^{(Pi)}$			13,29	19,33	9,13	7,61	5,54	1,50	43,47	0,67	84,80
$C_{AAX}^{(Pi)} - \sigma_{AX}^{(Pi)}$			7,04	4,98	5,06	5,26	2,37	1,00	22,08	0,48	64,00

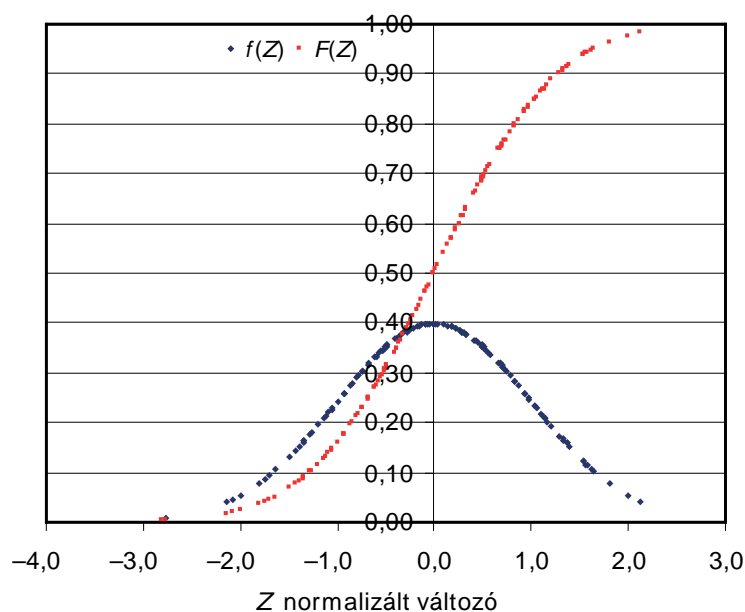
5. A Bodai Aleurolit Formáció egyes képződményeit alkotó elemoxidokra meghatározott szórásértékek ($\sigma_X^{(P_i)}$) egyezésének vizsgálata Bartlett-próba alapján

A Bodai Aleurolit Formáció egyes képződményeit alkotó elemoxidokra meghatározott szórásértékek ($\sigma_X^{(P_i)}$) megegyezésének vizsgálatához először meg kell állapítani, hogy az egyes mérési helyekre meghatározott elemoxidkoncentráció-értékek normális eloszlást mutatnak-e, ugyanis amennyiben

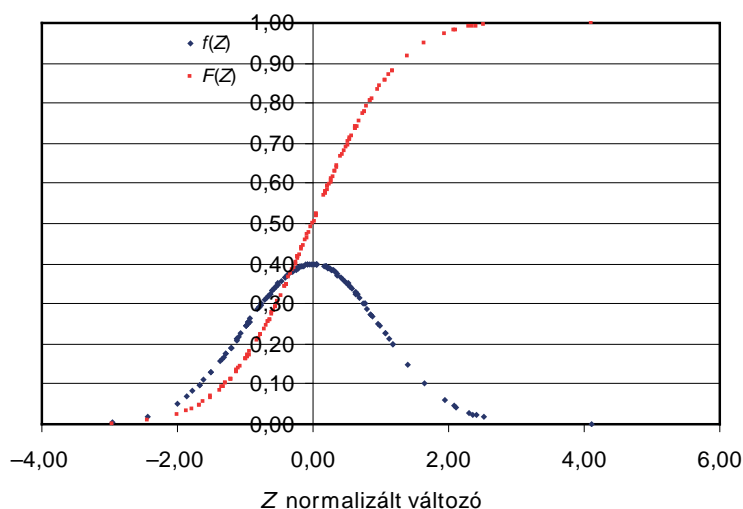
az elemoxidkoncentráció-értékek eloszlása nem követi a normális eloszlást, semmilyen hipotézisvizsgálatot nem lehet végezni. Az eloszlásvizsgálatokhoz felhasználtuk az egyes szelvényeken mért összes elemoxidkoncentráció-értéket.

Példaképpen a 3. ábrán az Al_2O_3 , a 4. ábrán a CaO normalizált sűrűség- és eloszlásfüggvényei láthatók albitfészkes agyagköre.

A normalizált sűrűség- és eloszlásfüggvények alapján megállapítható, hogy annak a valószínűsége, hogy a vizsgált Al_2O_3 - és CaO-koncentráció-értékek várható értéke körüli szimmetrikus intervallumba esik:



3. ábra | Az albitfészkes agyagkőben meghatározott Al_2O_3 -értékek normalizált sűrűség- és eloszlásfüggvényei
Figure 3 | Normalized density and distribution graph for the Al_2O_3 in the albititic claystone



4. ábra | Az albitfészkes agyagkőben meghatározott CaO-értékek normalizált sűrűség- és eloszlásfüggvényei
Figure 4 | Normalized density and distribution graph for the CaO in the albititic claystone

$Z = -1,5-1,5$ intervallumba: 0,86638,

$Z = -2,0-2,0$ intervallumba: 0,95450,

$Z = -2,5-2,5$ intervallumba: 0,98758.

Az egyes elemoxidkoncentráció-adatokat mintánként vizsgálva, azok igen jó közelítésben normális eloszlást mutatnak. A továbbiakban megvizsgáljuk az egyes szelvényeken mért átlagkoncentráció-értékek szórásainak egyezését a 95%-os valószínűségi szint elfogadása mellett.

Legyen most szelvényenként $C_{X_j}^{(P_1)}, C_{X_j}^{(P_2)}, \dots, C_{X_j}^{(P_k)}$ ($j = 1, 2, 3, \dots, n_j$), összesen n_j , valamint az összes szelvényen n_i darab normális eloszlású valószínűségi változó, ahol

$$n_i = \sum_{i=1}^k \sum_{j=1}^{n_j} n_j,$$

és vizsgálandó, hogy ezek átlagainak szórása és szórásnégyzete egyenlő-e, vagyis a nullhipotézis

$$H_0: D^2 [C_{AX}^{(P_i)}] = \text{állandó} \quad (i = 1, 2, 3, \dots, k),$$

ahol D^2 a szórások négyzete.

Bartlett kimutatta, hogy a

$$K^2 = 2,3026/bk f_0 (\lg \sigma_X^{(P_i)^2} - 1/k \sum \lg \sigma_X^{(P_i)^2})$$

összefüggés alapján kiszámított K^2 valószínűségi változó közelítően χ^2 -eloszlást követ $k - 1$ szabadsági fokkal. Az iménti összefüggésben:

$b = \text{konstans } b = 1 + (k + 1)/3k f_0,$

$k = \text{szelvények (mérési helyek) száma,}$

$P_i = \text{a szelvények sorszáma, ahol } i = 1, 2, \dots, k,$

$n_j = \text{az egyes szelvényeken a mérési pontok száma,}$
ahol $j = 1, 2, \dots, n_j,$

$f_0 = \text{szabadsági fok; } f_0 = n_j - 1,$

$X = \text{kiválasztott elemoxid, ahol } X = \text{Al}_2\text{O}_3, \text{CaO, \dots, TiO}_2,$

$C_{X_j}^{(P_i)} = \text{az } X \text{ elemoxidra a } P_i\text{-dik szelvényen a } j=1, 2, \dots, n_j \text{ mérési pontban meghatározott koncentráció-értékek,}$

$C_{AX}^{(P_i)} = \text{az } X \text{ elemoxidra a } P_i\text{-dik szelvényre meghatározott koncentrációértékek átlaga,}$

$C_{AAAX}^{(P_i)} = \text{az } X \text{ elemoxidra a } P_i\text{-dik szelvényre meghatározott átlag koncentráció értékek átlaga,}$

$\sigma_X^{(P_i)} = \text{az } X \text{ elemoxidra a } P_i\text{-dik szelvényre meghatározott átlag koncentrációértékek szórása,}$

$\sigma_X^{(P_i)^2} = \text{az } X \text{ elemoxidra a } P_i\text{-dik szelvényre meghatározott átlag koncentrációértékek szórásnégyzete,}$

$\sigma_{AX}^{(P_i)} = \text{az } X \text{ elemoxidra a } P_i\text{-dik szelvényre meghatározott szórásértékek átlagainak szórása,}$

$\sigma_{AX}^{(P_i)^2} = \text{az } X \text{ elemoxidra a } P_i\text{-dik szelvényre meghatározott szórásértékek négyzete,}$

$\lg \sigma_X^{(P_i)^2} = \text{az } X \text{ elemoxidra a } P_i\text{-dik szelvényre meghatározott szórásnégyzeteinek 10-es alapú logaritmus-}$

$1/k \sum \lg \sigma_X^{(P_i)^2} = \text{a szórásnégyzetek 10-es alapú logaritmusának átlaga.}$

A közelítés akkor jó, ha az egyes minták legalább négy-eleműek ($n_j \geq 4$). A próba alkalmazásához az egyes mérési helyeken számított elemoxidkoncentráció-értékek darabszáma $n_j = f_0 + 1$ feltételeink szerint egymással azonos.

A H_0 -hipotézis elfogadása céljából azokon a mérési helyeken nyert adatokat, ahol a $\sigma_X^{(P_i)}$ szórásértékek átlagánál kiugróan nagyobb vagy kisebb szórásértékekkel találkozunk, a Bartlett-próbához nem vesszük figyelembe. Feltételezzük, hogy ezeken a helyeken a fűrómagok szerkezetileg és ásványos összetételben is különbözőek, ahogyan azt méréseink mutatják is az eltérő szórásértékek jelentkezésével. Ezen szelvények elhagyása látszólag önbeteljesítővé teszi a homogenitásvizsgálatot, de hangsúlyozzuk, hogy jelen tanulmányunk éppen a homogén szakaszok kiválasztásáról, az azokhoz tartozó mérési eredmények és a matematikai homogenitás együttes megragadásáról kíván szólni.

A H_0 -hipotézis felől 95%-os szinten döntünk; a Bartlett-próbához először a K^2 értékét határozzuk meg mind a 14 szelvényre. Példaként az 5. táblázatban Al_2O_3 -ra bemutatjuk a számításokhoz felhasznált adatokat és a kiszámított K^2 értéket. A számításoknál az $i = 1$ (21.) sorszámú számú szelvényt nem vettük figyelembe a magas szórásérték miatt.

Példaként az Al_2O_3 -ra a Bartlett-próba számítási menetét és a számítási eredményeket a 6. táblázatban foglaljuk össze.

A 6. táblázatban feltüntetett adatokat behelyettesítve a Bartlett által levezetett összefüggésbe:

$$K^2 = 2,3026 \times 14 \times 9 \times (0,2928 - 0,2288) = 18,578,$$

$$18,578 < 22,4.$$

Minthogy K^2 értéke kisebb, mint az $f_i = k - 1 = 14 - 1 = 13$ szabadsági fokhoz és 95%-os szinthez tartozó $\chi_{13}(0,95) = 22,4$ érték (Vincze 1975, IX. táblázat), ennél fogva a H_0 -hipotézist a szórások egyezéséről elfogadjuk.

A 7. táblázatban összefoglaljuk az albitfészkes agyagkőre elvégzett Bartlett-próba végeredményeit. A táblázat 3. oszlopában az egyes elemoxidokra kiszámított K^2 -értékek láthatók minden szelvény átlagkoncentráció- és szórásadatait felhasználva:

$$P(\chi_x^2 < 23,7) \text{ 95\%-os szint } f_i = 15 - 1 \text{ esetén.}$$

Osztályozás nélkül, eredeti állapot esetén az F_2O_3 -oxidon kívül a többi oxidra a H_0 -hipotézis elutasításra kerül. A kiugró szórásértékekkel rendelkező szelvények elhagyása után a korrigált K^2 értékek (7. oszlop) megfelelnek a H_0 -hipotézis elfogadásának a szórások egyezésére vonatkozóan. A számításoknál minden esetben figyelembe vettük a megváltozott $f_i = k - 1$ szabadsági fok értékeket (6. oszlop).

A 8. táblázat tartalmazza aleurolitra az egyes szelvényeken mért elemoxidok átlagértékeinek szórásait, amelyeket felhasználtunk a Bartlett-próba alkalmazásánál.

A 9. táblázatban összefoglaljuk aleurolitra az átlagkoncentráció- (3. táblázat) és szórásértékekre támaszkodva az elvégzett Bartlett-próba végeredményeit. A táblázat 3. oszlo-

5. táblázat | Albitfészkes agyagkőre (1. csoport) meghatározott átlagértékek szórásai ($\sigma_X^{(P_i)}$) és a szórások átlagértékei ($\sigma_{AX}^{(P_i)}$)

Mintaazonosítók			Al ₂ O ₃	CaO	Fe ₂ O ₃	K ₂ O	MgO	Na ₂ O	SiO ₂	TiO ₂	Σ
<i>i</i>	Szám	Szkennelt intervallum	[%]								
1	21	26,05–26,25_SZ	2,63	3,26	1,60	0,58	0,87	0,03	7,42	0,06	8,23
2	29.b	35,79–36,30_SZ_b	2,16	1,66	2,23	1,81	0,34	0,79	15,01	0,12	17,69
3	29.a	35,79–36,30_SZ_a	1,53	1,15	1,43	1,40	0,23	0,66	12,39	0,22	12,96
4	30.b	37,02–37,45_SZ_b	1,39	0,78	1,02	0,44	0,46	0,11	2,23	0,04	2,70
5	30.a	37,02–37,45_SZ_a	0,95	1,30	0,81	0,74	0,31	0,30	4,76	0,09	4,57
6	31	37,45–37,82_SZ	1,10	0,76	1,17	0,62	0,44	0,18	6,69	0,13	6,90
7	33	38,38–38,75_SZ	1,67	1,60	1,12	0,63	0,21	0,09	7,45	0,05	8,28
8	35	41,38–41,67_SZ	1,47	1,15	0,97	1,01	0,40	0,41	6,86	0,09	5,91
9	37	43,10–43,62_SZ	1,68	0,99	1,53	1,20	0,33	0,59	9,20	0,08	9,83
10	38	43,71–44,10_SZ	0,85	0,77	1,23	0,52	0,30	0,28	7,07	0,07	6,31
11	39	44,70–44,97_SZ	0,76	1,10	1,15	0,55	0,35	0,08	5,98	0,06	5,71
10	41	46,75–47,16_SZ	1,26	1,48	0,91	0,47	0,38	0,24	2,08	0,08	3,53
13	42.b	47,24–48,19_SZ_b	1,57	0,74	1,22	1,32	0,31	0,48	13,38	0,09	12,69
14	42.a	47,24–48,19_SZ_a	1,47	1,14	1,91	0,67	0,47	0,70	9,10	0,06	8,44
15	43	48,91–49,21_SZ	1,07	1,05	1,50	0,58	0,63	0,16	5,70	0,04	6,83
Szórás átlaga $\sigma_{AX}^{(P_i)}$			1,44	1,26	1,32	0,84	0,40	0,34	7,69	0,09	8,04

6. táblázat | Bartlett-próba elvégzéséhez szükséges számítások összefoglaló táblázata Al₂O₃-ra az albitfészkes agyagkő mintavételi helyein

<i>i</i>	Szám	n_j	$C_{AX}^{(P_i)}$	$\sigma_X^{(P_i)}$	$\sigma_{AX}^{(P_i) \times 2}$	$\lg \sigma_{AX}^{(P_i) \times 2}$
1	21	10				
2	29.b	10	13,11	2,159	4,66	0,668
3	29.a	10	13,06	1,531	2,35	0,370
4	30.b	10	13,93	1,394	1,94	0,288
5	30.a	10	13,73	0,951	0,90	-0,044
6	31	10	14,50	1,095	1,20	0,079
7	33	10	13,33	1,669	2,79	0,445
8	35	10	13,03	1,469	2,16	0,334
9	37	10	14,58	1,676	2,81	0,449
10	38	10	12,49	0,853	0,73	-0,138
11	39	10	12,99	0,762	0,58	-0,236
12	41	10	15,07	1,256	1,58	0,198
13	42.b	10	14,17	1,571	2,47	0,392
14	42.a	10	13,93	1,472	2,17	0,336
15	43	10	15,03	1,074	1,15	0,062
$C_{AAX}^{(P_i)}$			13,78			
$\sigma_{AX}^{(P_i)}$				1,35		
$\sigma_{AX}^{(P_i) \times 2}$					1,96	
$1/k \cdot \sum \lg \sigma_X^{(P_i) \times 2}$						0,2288
$\lg(\sigma_{AX}^{(P_i) \times 2})$					0,2928	
<i>k</i>	14					
$f_0 = n_j - 1$	9					

7. táblázat | Bartlett-próba összesített eredményei az albitfészkes vörösbarna agyagkővet felépítő elemoxidokra

	k	$f_i = k - 1$	K^2	$P(\chi^2 < 23,7)$	k	$f_i = k - 1$	K^2_{korrr}	$P(\chi^2 < \chi_0^2)$
	1	2	3	4	5	6	7	8
Al ₂ O ₃	15	14	28,29	23,70	14	13	18,578	22,4
CaO	15	14	63,53	23,70	12	11	17,266	19,7
Fe ₂ O ₃	15	14	-8,79	23,70	14	13	-8,789	22,4
K ₂ O	15	14	54,08	23,70	12	11	19,903	19,7
MgO	15	14	37,11	23,70	13	12	11,559	21,0
Na ₂ O	15	14	146,40	23,70	7	6	10,642	12,6
SiO ₂	15	14	61,05	23,70	11	10	13,052	18,3
TiO ₂	15	14	59,75	23,70	12	11	16,670	19,7
Σ	15	14	57,40	23,70	11	10	13,889	18,3

8. táblázat | Az aleulolitra (2. csoport) elvégzett statisztikai számításokból meghatározott szórásértékek ($\sigma_X^{(P_i)}$) és a szórások átlaga ($\sigma_{AX}^{(P_i)}$)

Mintaazonosítók			Al ₂ O ₃	CaO	Fe ₂ O ₃	K ₂ O	MgO	Na ₂ O	SiO ₂	TiO ₂	Σ
i	Szám	Szkennelt intervallum	[%]								
1	13	17,72–17,95_SZ	2,20	0,51	0,80	1,04	0,41	0,07	8,29	0,207	9,74
2	19	24,63–24,99_SZ	1,76	0,80	0,78	0,60	0,25	0,04	3,73	0,057	5,07
3	20	25,40–26,05_SZ	1,65	0,40	0,78	1,03	0,18	0,07	9,07	0,061	8,42
4	22	27,87–28,10_SZ	1,52	0,44	0,97	0,60	0,46	0,05	2,78	0,777	3,55
5	23	29,69–30,18_SZ	2,18	2,43	1,43	0,61	0,23	0,05	8,26	0,037	8,86
6	25	32,36–32,47_SZ	2,41	0,43	1,51	1,13	0,32	0,24	12,72	0,068	14,75
7	26.a	33,37–33,97_SZ_a	0,88	0,48	0,49	0,56	0,27	0,05	1,45	0,054	1,55
Szórás átlaga $\sigma_{AX}^{(P_i)}$			1,80	0,78	0,97	0,80	0,30	0,08	6,61	0,180	7,42

9. táblázat | Bartlett-próba összesített eredményei az aleulolitol felépítő elemoxidokra

	k	$f_i = k - 1$	K^2	$P(\chi^2 < 12,6)$	k	$f_i = k - 1$	K^2_{korrr}	$P(\chi^2 < \chi_0^2)$
	1	2	3	4	5	6	7	8
Al ₂ O ₃	7	6	9,93	12,60	7	6	9,93	12,60
CaO	7	6	64,50	12,60	6	5	6,70	11,10
Fe ₂ O ₃	7	6	15,65	12,60	6	5	10,95	11,10
K ₂ O	7	6	10,72	12,60	7	6	10,72	12,60
MgO	7	6	11,44	12,60	7	6	11,44	12,60
Na ₂ O	7	6	55,39	12,60	6	5	4,72	11,10
SiO ₂	7	6	45,33	12,60	4	3	6,89	7,81
TiO ₂	7	6	146,56	12,60	5	4	3,30	9,49
Σ	7	6	57,40	12,60	4	3	3,83	7,81

pában az egyes elemoxidokra kiszámított K^2 értékek láthatók minden szelvény elemoxidszórás-értékeit felhasználva:

$$P(\chi_x^2 < 12,6) \text{ 95\%-os szint } f_i = 7 - 1 \text{ esetén.}$$

Osztályozás nélkül az eredeti állapotra az Al_2O_3 -, K_2O - és MgO -oxidokon kívül a többi oxidra a H_0 -hipotézis elutasításra kerül. Ezért a H_0 -hipotézis elfogadásához a kiugróan magas szórásértékeket tartalmazó mérési helyeket elhagyjuk. Például, CaO esetén az $i = 5$ (23.) mérési helyet $\sigma_X^{(P3)} = 2,43$ miatt elhagytuk.

A 10. táblázat tartalmazza dolomitréteges albitfészkes agyagköre (3. csoport) elvégzett statisztikai számításokból meghatározott szórásértékeket ($\sigma_X^{(Pk)}$) és a szórások átlagértékét ($\sigma_{AX}^{(Pk)}$), amelyeket felhasználtunk a Bartlett-próba alkalmazásánál.

A 11. táblázatban összefoglaljuk dolomitréteges albitfészkes agyagköre (3. csoport) az átlagkoncentráció- (4. táblázat) és szórásértékekre támaszkodva az elvégzett Bartlett-próba végeredményeit. A táblázat 3. oszlopában az egyes elemoxidokra kiszámított K^2 értékek láthatók minden szelvény elemoxidszórás-értékeit felhasználva:

$$P(\chi_x^2 < 16,9) \text{ 95\%-os szint } f_i = 9 - 1 \text{ esetén.}$$

Osztályozás nélkül az eredeti állapotra, K_2O -oxidon kívül a többi oxidra a H_0 -hipotézis elutasításra kerül. Ezért a H_0 -hipotézis elfogadásához a kiugróan magas szórásértékeket tartalmazó mérési helyeket elhagyjuk. Például, Al_2O_3 esetén az $i = 4$ (17.) mérési helyet $\sigma_X^{(P6)} = 5,97$ miatt szintén elhagytuk.

10. táblázat | Dolomitréteges albitfészkes agyagköre (3. csoport) elvégzett statisztikai számításokból meghatározott szórásértékek ($\sigma_X^{(Pk)}$) és a szórások átlaga ($\sigma_{AX}^{(Pk)}$)

Mintaazonosítók			Al_2O_3	CaO	Fe_2O_3	K_2O	MgO	Na_2O	SiO_2	TiO_2	Σ
i	Szám	Szkennelt intervallum	[%]								
1	15	19,08–19,28_SZ	1,76	4,64	1,10	1,11	1,65	0,13	11,53	0,055	10,33
2	16.b	20,26–20,96_SZ_b	3,87	4,96	2,25	0,69	1,62	0,06	9,60	0,066	9,34
3	16.a	20,26–20,96_SZ_a	2,74	5,53	1,71	0,96	1,57	0,04	9,88	0,096	9,66
4	17	21,16–21,57_SZ	5,97	7,38	2,02	1,18	1,64	0,14	13,30	0,122	14,92
5	26.b	33,37–33,97_SZ_b	2,32	3,12	1,15	0,59	1,12	0,15	10,85	0,083	10,01
6	32	37,82–38,23_SZ	1,95	5,97	1,54	1,69	0,76	0,47	12,84	0,070	13,76
7	34	38,88–39,23_SZ	3,08	8,88	1,60	1,39	0,31	0,16	4,01	0,084	6,91
8	36	42,68–43,10_SZ	2,98	9,95	3,64	1,42	3,72	0,42	6,50	0,095	5,56
9	40	45,40–45,75_SZ	3,49	14,10	3,32	1,54	1,87	0,70	17,73	0,183	13,08
Szórás átlaga $\sigma_{AX}^{(Pi)}$			3,13	7,17	2,03	1,17	1,58	0,25	10,69	0,095	10,40

11. táblázat | Bartlett-próba összesített eredményei az dolomitréteges albitfészkes agyagkövet felépítő elemoxidokra

	k	$f_i = k - 1$	K^2	$P(\chi^2 < 12,6)$	k	$f_i = k - 1$	K^2_{kor}	$P(\chi^2 < \chi_0^2)$
	1	2	3	4	5	6	7	8
Al_2O_3	9	8	21,37	16,90	8	7	8,92	14,10
CaO	9	8	29,43	16,90	7	6	9,45	12,60
Fe_2O_3	9	8	26,01	16,90	7	6	7,35	12,60
K_2O	9	8	15,85	16,90	9	8	15,85	16,90
MgO	9	8	51,37	16,90	7	6	8,34	12,60
Na_2O	9	8	103,88	16,90	5	4	8,50	9,49
SiO_2	9	8	21,38	16,90	8	7	15,04	14,10
TiO_2	9	8	20,74	16,90	8	7	7,61	14,10
Σ	9	8	13,12	16,90	9	8	13,12	16,90

6. A Bodai Aleurolit Formáció egyes képződményeire meghatározott $C_{AX}^{(P_i)}$ átlagértékek egyszeres osztályozása F-próba alapján

A Bodai Aleurolit Formáció egyes képződményeit reprezentáló fűrómagokon az ImaGeo-LIPS mérésekből meghatározott átlagértékek egyszeres osztályozását elvégeztük az F-próba alkalmazásával. A vizsgálatokat minden egyes szelvényen található mérési helyre és minden egyes elemoxidra elvégeztük.

Legyen most csoportonként és szelvényenként (mérés helyenként) egy vizsgált elemoxidra $C_{X_j}^{(P_1)}, C_{X_j}^{(P_2)}, \dots, C_{X_j}^{(P_k)}$ összesen n_j darab normális eloszlású valószínűségi változó! Vizsgálandó, hogy az $i = 1, 2, \dots, k$ szelvényeken mért normális eloszlású valószínűségi változók átlagértékei mennyire hasonlóak. Ha a $C_{X_j}^{(P_i)}$ valószínűségi változók várható értéke $M(C_{X_j}^{(P_i)}) = C_{AX}^{(P_i)}$, akkor a feladat ezen $N(C_{X_j}^{(P_i)}; \sigma_{X_j}^{(P_i)})$ normális eloszlású változókra a

$$N_0: C_{AX}^{(P_1)} = C_{AX}^{(P_2)} = \dots = C_{AX}^{(P_k)}$$

átlagértékek összehasonlítása a H_0 -nullhipotézis-vizsgálat alapján.

Legyen, mint korábban,

$$n_i = \sum_{j=1}^k \sum_{j=1}^{n_j} n_j.$$

Vezessük be az alábbi jelöléseket az egyes minták átlagára:

$$C_{AX}^{(P_i)} = \frac{1}{n_j} \sum_{j=1}^{n_j} C_{X_j}^{(P_i)},$$

ahol $j = 1, 2, 3, \dots, n_j$, és az összesített átlagra:

$$C_{AAAX}^{(P_i)} = \frac{1}{k} \sum_{i=1}^k C_{AX}^{(P_i)}.$$

A H_0 -hipotézis ellenőrzésére az F-próba alkalmazható. Vizsgáljuk a csoportok közötti és a csoportokon belüli eltéréseket. Az eltéréseket mindkét esetben a kiszámított szórásnégyzetekkel jellemezhetjük.

A csoportok közötti szórást mérő szórásnégyzet:

$$\sigma_{AX}^{(P_i) \times 2_1} = \frac{1}{k-1} \sum_{i=1}^k n_j (C_{AX}^{(P_i)} - C_{AAAX}^{(P_i)})^2.$$

A csoportokon belüli ingadozást – vagyis a véletlen hibát – tükröző szórásnégyzet:

$$\sigma_{AX}^{(P_i) \times 2_2} = \frac{1}{k} \sum_{i=1}^k (\sigma_{X_j}^{(P_i)})^2.$$

Amennyiben az egyes szórástípusok egymástól függetlenek, hányadosuk:

$$F = \sigma_{AX}^{(P_i) \times 2_1} / \sigma_{AX}^{(P_i) \times 2_2},$$

F eloszlású, $f_1 = k - 1$ és $f_2 = n - k$ szabadsági fokkal.

Az F-próba eredményeit az egyes csoportokra a 12., 13. és 14. táblázatokban foglaljuk össze. A táblázatokban feltüntetett az F-próba alkalmazásához szükséges f_1 és f_2 szabadsági fok értékeket. Kiszámítottuk a csoportok közötti és a csoportokon belüli szórást tükröző szórásnégyzeteket. A szórásnégyzetek ismeretében kiszámítottuk minden oxidra az F értékeket. A táblázatokban feltüntetett f_1 és f_2 szabadsági fok értékek ismeretében (Vincze 1975, VII. táblázat) adatsorait alkalmazva meghatároztuk a 95%-os és 99%-os szintekhez tartozó értékeket. Amennyiben a kiszámított F érték mind a 95%-os, mind a 99%-os szinthez tartozó értéknél kisebb, a várható értékek egyezését mind a két szinten elfogadjuk. Amennyiben a kiszámított F érték a táblázatban megtalált két szinthez tartozó érték között fekszik, a várható értékek egyezését 99%-os szinten elfogadjuk, 95%-os szinten elutasítjuk.

A 12. táblázat alapján az Al_2O_3 , CaO , Fe_2O_3 , MgO és TiO_2 oxidokra mindkét szinthez tartozó várható értékek egyezését elfogadhatjuk, a többi oxidnál a 95%-os szinten el kell utasítanunk.

A 13. táblázat alapján a CaO kivételével minden elemoxidra a várható értékek egyezését mind a két szinten elfogadjuk. Na_2O esetén a várható értékek egyezését 99%-os szinten csak közelítőleg tudjuk elfogadni.

A 14. táblázat alapján a K_2O kivételével minden elemoxidra a várható értékek egyezését mind a két szinten elfogadjuk.

Az albitfészkes vörösbarna agyagkő, az aleurolit és a dolomitréteges albitfészkes agyagkő elemoxidjaira elvégzett Bartlett- és F-próbák alapján az egyes mérési helyeken (szelvényeken) egyszeres osztályozást (csoportosítást) végeztünk az egyes elemoxidok alapján történő homogén helyek elkülönítésére. Az osztályozás eredményeit a 15., 16. és a 17. táblázatokban foglaltuk össze. A táblázatokban az egyes elemoxidokra „h”-val jelöltük (H oszlopok) azokat a homogén mérési helyeket, amelyek a Bartlett- („B”) és F-próbák feltételeinek együttesen megfeleltek. A „B” és „F” oszlopokban „x”-szel jelöltük azokat a mérési helyeket, ahol a kiugróan magas átlag- és szóráserkéteket a próbák alkalmazásánál nem vettük figyelembe.

Amennyiben az egyes elemoxidok alapján a homogenitást külön-külön vizsgáljuk, a homogén szakaszok szumma darabszáma a táblázatok utolsó soraiban látható.

7. Következtetések

A homogenitás fogalma és megragadása mindig a megfigyelés méretarányától függ. A homogenitást jelen tanulmányunkban egyfelől a LIPS krátermérete és a mintában előforduló szemcseméret viszonylatában, másfelől a nagy mennyiségű méréssel lefedett kőzetoszlop viszonylatában értelmezzük. Ezt számszerűsítik a statisztikai számításaink. Azokon a mérési helyeken, ahol a $\sigma_X^{(P_i)}$ szóráserkétekek átlagánál kiugróan nagyobb vagy kisebb szóráserkétekekkel találkozunk, az adatokat a Bartlett-próbaéhoz nem vettük figyelembe. Ezen szelvények elhagyása látszólag önbetel-

12. táblázat | F-próba összesített eredményei az albitfészkes vörösbarna agyagkővet felépítő elemoxidokra

	k	$f_1 = k - 1$	n_i	$f_2 = n - k$	$\sigma_{AX}^{(P_i) \times 2_1}$	$\sigma_{AX}^{(P_i) \times 2_2}$	95%	F	99%
Al ₂ O ₃	13	12	130	117	4,064	2,437	$P(F < 1,84)$	1,668	$P(F < 2,40)$
CaO	12	11	120	108	3,503	2,133	$P(F < 1,89)$	1,642	$P(F < 2,43)$
Fe ₂ O ₃	7	6	70	63	3,879	1,791	$P(F < 2,25)$	2,166	$P(F < 3,09)$
K ₂ O	9	8	90	81	1,517	0,618	$P(F < 2,06)$	2,457	$P(F < 2,74)$
MgO	10	9	100	90	0,430	0,231	$P(F < 1,99)$	1,864	$P(F < 2,61)$
Na ₂ O	8	7	80	72	0,542	0,212	$P(F < 2,14)$	2,554	$P(F < 2,91)$
SiO ₂	8	7	80	72	168,142	71,274	$P(F < 2,14)$	2,359	$P(F < 2,91)$
TiO ₂	12	11	120	108	0,014	0,009	$P(F < 1,89)$	1,558	$P(F < 2,43)$
Summa	10	9	100	90	139,97	63,288	$P(F < 1,99)$	2,212	$P(F < 2,61)$

13. táblázat | F-próba összesített eredményei az aleurolitot felépítő elemoxidokra

	k	$f_1 = k - 1$	n_i	$f_2 = n - k$	$\sigma_{AX}^{(P_i) \times 2_1}$	$\sigma_{AX}^{(P_i) \times 2_2}$	95%	F	99%
Al ₂ O ₃	6	5	60	54	6,801	3,248	$P(F < 2,38)$	2,094	$P(F < 3,37)$
CaO	7	6	70	63	2,964	1,081	$P(F < 2,25)$	2,743	$P(F < 3,12)$
Fe ₂ O ₃	3	2	30	27	1,071	1,207	$P(F < 3,35)$	0,888	$P(F < 5,49)$
K ₂ O	5	4	50	45	2,299	0,646	$P(F < 2,56)$	3,561	$P(F < 3,72)$
MgO	5	4	50	45	0,138	0,109	$P(F < 2,56)$	1,273	$P(F < 3,72)$
Na ₂ O	3	2	30	27	0,019	0,032	$P(F < 3,35)$	5,885	$P(F < 5,49)$
SiO ₂	3	2	30	27	136,288	52,913	$P(F < 3,35)$	2,576	$P(F < 5,49)$
TiO ₂	7	6	70	63	0,184	0,095	$P(F < 2,25)$	1,939	$P(F < 3,12)$
Summa	4	3	40	36	293,310	115,417	$P(F < 2,87)$	2,541	$P(F < 4,38)$

14. táblázat | F-próba összesített eredményei dolomitréteges albitfészkes agyagkővet felépítő elemoxidokra

	k	$f_1 = k - 1$	n_i	$f_2 = n - k$	$\sigma_{AX}^{(P_i) \times 2_1}$	$\sigma_{AX}^{(P_i) \times 2_2}$	95%	F	99%
Al ₂ O ₃	5	4	50	45	14,070	7,56	$P(F < 2,57)$	1,862	$P(F < 3,76)$
CaO	6	5	60	54	50,093	36,64	$P(F < 2,38)$	1,367	$P(F < 3,37)$
Fe ₂ O ₃	8	7	80	72	2,957	4,835	$P(F < 2,14)$	0,612	$P(F < 3,07)$
K ₂ O	5	4	50	45	3,083	1,072	$P(F < 2,57)$	2,875	$P(F < 3,76)$
MgO	8	7	80	72	6,160	3,709	$P(F < 2,14)$	1,661	$P(F < 3,07)$
Na ₂ O	3	2	30	27	0,112	0,080	$P(F < 3,35)$	1,464	$P(F < 5,49)$
SiO ₂	5	4	50	45	182,6912	136,515	$P(F < 2,57)$	1,338	$P(F < 3,76)$
TiO ₂	7	6	70	63	0,011	0,012	$P(F < 2,24)$	0,926	$P(F < 3,12)$
Summa	6	5	60	54	266,59	115,320	$P(F < 2,38)$	2,311	$P(F < 3,37)$

15. táblázat | Az albitfészkes vörösbarna agyagkővet felépítő elemoxidokra Bartlett- és F-próbák alapján elvégzett egyszeres osztályozás eredményei

<i>i</i>	Szelvény-szám	Al ₂ O ₃			CaO			Fe ₂ O ₃			K ₂ O			MgO			Na ₂ O			SiO ₂			TiO ₂			Σ		
		H	B	F	H	B	F	H	B	F	H	B	F	H	B	F	H	B	F	H	B	F	H	B	F	H	B	F
1	21		x			x			h					x			x			h			h					
2	29.b	h					x				x	x				x					x		h				x	x
3	29.a	h				h				x		x	x					x			x	x		x				x
4	30.b	h				h				x		x		h			x	x			x	x		x			x	x
5	30.a	h				h				x		x		h			h				x		h				x	x
6	31	h				h			h				h			x	x		h					x			h	
7	33	h					x		h				h			x	x		h			h					h	
8	35	h				h				x			x	h			h					x			x		h	
9	37	h				h			h				h				x		h			h					h	
10	38	h				h				x	h			h			x				x	h					h	
11	39	h				h				x	h					x			h			h					h	
12	41			x			x	h			h			h			x			x	x	h					x	
13	42.b	h					x	h				x		h			h				x	h					h	
14	42.a	h				h			h				h				x		h					x			h	
15	43			x			x	h			h			h			x	x		h				x				x
Σ		12			9			8			8			11			3			7			9			9		

16. táblázat | Az aleurolitot felépítő elemoxidokra Bartlett- és F-próbák alapján elvégzett egyszeres osztályozás eredményei

<i>i</i>	Szelvény-szám	Al ₂ O ₃			CaO			Fe ₂ O ₃			K ₂ O			MgO			Na ₂ O			SiO ₂			TiO ₂			Σ		
		H	B	F	H	B	F	H	B	F	H	B	F	H	B	F	H	B	F	H	B	F	H	B	F	H	B	F
1	13			x	h					x	h			h				x			x	h					h	
2	19	h			h					x	h					x	h				x	h					h	
3	20	h			h			h			h			h			h			h		h					h	
4	22	h			h			h			h			h			h				x	h					x	
5	23	h				x		h			h			h				x			x	h					h	
6	25	h			h				x	x			x			x	x		x	x				x			h	
7	26.a	h			h					x			x	h				x			x	x			x			x
Σ		6			6			3			5			5			3			1			5			5		

jesítővé teszi a homogenitásvizsgálatot, de hangsúlyozzuk, hogy jelen tanulmányunk éppen a homogén szakaszok kiválasztásáról, az azokhoz tartozó mérési eredmények és a matematikai homogenitás együttes megragadásáról kíván szólni.

Először a különböző elemoxidokra vonatkozó következtetéseket tárgyaljuk. Amennyiben az egyes elemeket mint ásványok indikátorösszetevőjét tekintjük (pl. Na: albit, analcím; K: agyagásvány), ezt a fajta homogenitást nevezhetjük közelítőleg ásványos homogenitásnak is, bár hangsúlyozzuk, hogy néhány főelem több ásvány indikátora is lehet (pl. Si: agyagásvány, albit, analcím, kvarc).

Az albitfészkes vörösbarna agyagkő elemoxidjai esetén megállapítható, hogy a 15 szelvényre elvégzett Bartlett- és

F-próbák alapján az Al₂O₃-ra 12, MgO-ra 11, CaO-ra és a TiO₂-ra 9, az Fe₂O₃-ra és K₂O-ra 8 szelvény felel meg a homogenitás feltételeinek. Az egyes szelvényeken az egyes próbák elvégzése során nem minden esetben kaptunk azonos eredményeket. Vannak olyan szelvények, ahol az egyes próbák alapján külön-külön mutatkozik inhomogenitás (pl. Al₂O₃-ra a Bartlett-próba alapján a 21. szelvény, az F-próba alapján a 43. és a 41. szelvények), de vannak olyan szelvények is, ahol mindkét próba alapján inhomogenitás látszik (pl. a K₂O-ra a 29.a és a 29.b szelvények, SiO₂-re a 29.a, a 30.b és a 41 szelvények).

Az aleurolitok elemoxidjai esetén megállapíthatjuk, hogy a 7 szelvényre elvégzett Bartlett- és F-próbák alapján Al₂O₃-ra 6, CaO-ra 6, K₂O-ra és MgO-ra 5, Fe₂O₃-ra 3 szelvény

17. táblázat | Az dolomitréteges albitfészkes agyagkővet felépítő elemoxidokra Bartlett- és F-próbák alapján elvégzett egyszeres osztályozás eredményei

i	Szelvény- szám	Al ₂ O ₃			CaO			Fe ₂ O ₃			K ₂ O			MgO			Na ₂ O			SiO ₂			TiO ₂			Σ		
		H	B	F	H	B	F	H	B	F	H	B	F	H	B	F	H	B	F	H	B	F	H	B	F	H	B	F
1	15			x	h			h			h			h					x	h			h			h		
2	16.b			x	h					x	h			h						x								x
3	16.a	h			h			h			h			h					x	x			x	h			h	
4	17		x	x	h			h					x			x				x	h			h				x
5	26.b	h				x		h			h			h					h		h			h			h	
6	32	h					x	h					x	h					x	x			x			x	h	
7	34			x	h			h					x	h					h				x	h				x
8	36	h					x			x			x			x			h		h			h			h	
9	40	h				x	x			x	h			h					x	x			x			x	h	
	Σ	5			5			6			5			7			2			4			6			6		

felel meg a homogenitás feltételeinek. A SiO₂ esetén igen kedvezőtlen a helyzet, a 6 inhomogén szelvény mellett csupán 1 szelvény elégíti ki a homogenitási feltételeket.

A dolomitréteges albitfészkes agyagkő elemoxidjai esetén megállapíthatjuk, hogy a 9 szelvényre elvégzett Bartlett- és F-próbák alapján MgO-ra 7, Fe₂O₃-ra 6, Al₂O₃-ra, CaO-ra és K₂O-ra 5 szelvény felel meg a homogenitási feltételnek.

Na₂O esetén igen kedvezőtlen a helyzet mind a három csoportban. Az inhomogén szelvények mellett, csupán 3-3-2 szelvény elégíti ki az Na₂O-ra vonatkozó homogenitási feltételeit. Ez utóbbi esetben magyarázatul az albit-előfordulásokat jelző Na₂O-indikátor elemoxid változó eloszlására támaszkodhatunk.

Az adatokból látható, hogy a legtöbb szelvényben az albitfészkes agyagkő mutatkozik homogénnek. Ehhez képest mind az aleurolit, mind a dolomitréteges agyagkő kevésbé homogén elemoxid-eloszlást mutat.

A LIPS kráter átmérője átlagosan 0,3–0,4 mm-nek vehető (Maros et al. 2010). A közettípusok eredményeinek értelmezéséhez a mért ásványok méretére a következő megfontolásokat tehetjük. Az agyagásványok szemcsemérete a különböző szakkönyvek szerint némileg eltérő, de általánosan 0,002 mm-nél kisebb (2×10^{-6} m). A termikus vizsgálatokhoz a 10 μ-os frakciót (10^{-5} m), ebből az illit dúsított vizsgálatára a 2 μ-os (2×10^{-6} m) frakciót használjuk. Ebből következően a csak az agyagásványokhoz köthető elemek eloszlására a kráterméret nem jelent kiválasztó, inhomogén eloszlást eredményező tényezőt. Ilyenek az alumínium, kálium, magnézium. A vasásványok mérete szintén kicsi, az agyagásványokban és gélserű bevonatként jelennek meg, ezzel magyarázható a vas és titán homogenitása a mintákban. Más a helyzet a szilíciummal és a nátriummal, valamint a kalciummal és a magnéziummal.

A szilícium egyfelől az agyagásványokban jelenik meg, másfelől az albitban, analcímiban. Tehát egyrészt az agyagásványokkal együtt homogén eloszlást kellene mutatnia, az albit, analcím azonban szórt eloszlású, utólagos ásvány, tehát arra más szabályszerűségek vonatkoznak. Kétféle albit-

és analcím-eloszlást tapasztalunk (Konrad et al. 2010). A cementáció jellegű, alapanyag mátrix ásvány albit mérete kisebb, mintegy 10 μ-os (Máthé 1998). Az ún. albitos fészkekben pedig kétféle méretben találhatjuk meg a Na-tartalmú ásványokat. Az aggregátumok több ásványból állnak, a szegélyt albit alkotja, és feltehetően a fészkek közepén is apró albitszemcsék találhatók. A fehér ásvány barit, a szürke pedig kálföldpát és kalcit. A méreteket a fényképekhez megadott nagyítás mértéke és a képek mérete alapján becsültük meg. Az albitos szegély vastagsága 20 μm, a belső kis fekete ásványok 1–8 μm méretűek. Könnyen belátható, hogy a LIPS mérések kráterének átmérője az albitos szegély méretének mintegy 18–20 szorosa, a cementációs, mátrix jellegű albitásványok méretének pedig mintegy 40 szerese. Mindebből az következik, hogy a LIPS mérések még a legyszerencsésebb esetben sem fognak tiszta albitot-analcímet megmintázni, ezzel ellentétben a mérésben az alapanyag ásványait, baritot, kálföldpátot, kalcitot találhatunk. Az ásványok mérete és a kráterméret aránya alátámasztja az inhomogén eloszlást az agyagkőben. Hasonló megfontolások lehetnek igazak az aleurolitra is, a szilícium eloszlásának homogenitása ebben még rosszabb is lehet, ahogyan azt a statisztikai számítások igazolják. Ebben a kőzetben ugyanis a szilícium törmelékes kvarcásványokban is megjelenik, amelyek szemcsemérete 0,06–0,005 mm között lehet.

A magnézium hasonlóan a szilíciumhoz vagy az agyagásványokban, vagy pedig egy természetéből fakadóan, rétegszinten inhomogén eloszlású ásványban, a dolomitban jelenik meg. Ehhez képest, változó mértékben, de az eloszlás homogénnek mutatkozik. Ez meglepő, és további vizsgálatokat igényel. Feltehető, hogy a dolomit-összetételének gondolt rétegekben kevesebb a magnézium, mint azt várjuk, talán nem is nevezhetjük ezeket a betelepüléseket dolomitnak.

A továbbiakban a táblázatok eredményeire alapozva a képződmények teljes elemoxidos összetétele alapján vizsgáljuk a homogenitási feltételeket kielégítő összetevők számát. A vizsgálatoknál a nyolc elemoxid mellett, az elemoxi-

18. táblázat | Az albitfészkes vörösbarna agyagkővet felépítő elemoxidokra Bartlett- és F-próbák alapján a homogenitási feltételnek megfelelő elemoxidok száma

Szelvénytípus	21	29.b	29.a	30.b	30.a	31	33	35	37	38	39	41	42.b	42.a	43
H	4	2	2	3	5	7	7	5	8	6	6	4	6	7	4

19. táblázat | Az aleurolitot felépítő elemoxidokra Bartlett- és F-próbák alapján a homogenitási feltételnek megfelelő elemoxidok száma

Szelvénytípus	13	19	20	22	23	25	26.a
H	5	6	9	7	6	3	3

20. táblázat | Az dolomitreges albitfészkes agyagkővet felépítő elemoxidokra Bartlett- és F-próbák alapján a homogenitási feltételnek megfelelő elemoxidok száma

Szelvénytípus	15	16.b	16.a	17	26.b	32	34	36	40
H	7	3	7	4	8	4	5	4	4

dok összegzésével számolt szummát is figyelembe vettük. Ez a vizsgálat arra alkalmas, hogy az eddig vizsgált elemi és részben ásványos homogenitás után egyfajta litológiai, főelemekre vonatkozó, összesített homogenitást adjunk meg.

Az albitfészkes vörösbarna agyagkő elemoxidjaira a 15 mért szelvény közül a 37. számú szelvény csak a Na₂O kivételével, a 31. és 33. számú pedig a Na₂O és CaO kivételével az összes összetevőre homogén (18. táblázat). A legkevésbé homogének a 29.a és 29.b, valamint a 30.b szelvények.

Az aleurolitot felépítő elemoxidokra és az elemoxidok szumájára a Bartlett- és F-próbák alapján a 7 mért szelvény közül a 20. számú szelvényre minden elemoxid, a 22. számú szelvényre a SiO₂ kivételével minden elemoxid kielégíti a homogenitási feltételeket (19. táblázat).

A dolomitreges albitfészkes agyagkő elemoxidjaira és az elemoxidok szumájára a Bartlett- és F-próbák alapján a 9 mért szelvény közül a CaO oxid kivételével a 26.b szelvény, az Na₂O, SiO₂ oxidok kivételével a 16.a szelvény és az Al₂O₃, Na₂O oxidok kivételével a 15. szelvény elégíti ki a homogenitási feltételeket (20. táblázat).

Ha átlagoljuk a homogénnek ítélt elemoxidok számát, akkor gyakorlatilag mindhárom közettípusra ugyanazt az értéket kapjuk (~5). Ez jelentheti azt, hogy az egész kőzet ilyen módon homogénnek tekinthető, az átlag, sőt maguk a számok sem adnak azonban felvilágosítást arról, mely oxidok teszik ki az adott értéket, ami viszont alapvető fontosságú az elemoxidos homogenitás tárgyalásának fényében. Ezért ezt a fajta vizsgálatot további megfontolások tárgyává kell tenni a jövőben, mielőtt kisebb felbontású, például mélyfúrás-geofizikai kőzetmodellekkel vetjük össze eredményeinket.

A Bakonya-5 fúrásban az ImaGeo fúrómag szkennelrel összeépített LIPS spektrométerrel elvégzett nagyszámú mérés statisztikai feldolgozásának eredményei lehetőséget adtak a földtani képződmények „homogenitás”-fogalmának

újszerű megközelítésére és a fogalom matematikai módszerekkel történő alátámasztására. Az egyes csoportokhoz tartozó képződmények elemoxidos összetételére elvégzett egyszeres osztályozás során a Bartlett- és F-próbák szigorú követelményeit kielégítő szelvények (mérési helyek) nevezhetők homogénnek. Jelen esetben a homogén szakaszoktól való eltéréseket azzal magyarázzuk, hogy a várható értékek szerinti egyezés/eltérés a képződmény ásványi főkomponensei összetételére vonatkozó homogenitást/inhomogenitást jelzi, és a számított szórások egyezéséből/eltéréséből a képződmény fizikai paramétereinek (sűrűség, porozitás, szemcseméret) különbözőségére következtethetünk.

A homogenitásvizsgálatokra kidolgozott módszert a kétszeres osztályozás szerinti csoportosítással lehet pontosítani. Ebben az esetben a feladatot úgy fogalmazzuk meg a szórás-elemzés nyelvén, hogy a képződmények teljes elemoxidos összetételére (ásványi főkomponens-összetételére) vonatkozó homogenitást/inhomogenitást megállapításánál a képződmények fizikai paramétereinek (sűrűség, porozitás) hatását is együttesen vizsgáljuk.

Hivatkozások

- Andrássy L., Maros Gy., Sallay E., 2000: ImaGeo magszkennelrel kombinált lézer indukált plazma spektrométer, mint egy új korszerű eszköz a fúrómag vizsgálatokban. Abstract – Geoműszaki tudományok kihívásai az évezred küszöbén, az MFT, az MGE, az OMBKE és a SPE által szervezett Vándorgyűlés, Szolnok. Abstract, Vándorgyűlés Program p. 15.
- Andrássy L., Maros Gy., Zilahi-Sebess L., Máté Z., 2006: Bodai Aleurolit Formáció mélyfúrás-geofizikai értelmezésének fejlesztése ImaGeo-LIPS berendezéssel a Bakonya-5 fúrásban végzett maganalízis alapján. Abstract, B03 jelű Geofizikai-Földtani-Környezetvédelmi Vándorgyűlés és Kiállítás, Zala-karos 2006. szeptember 21–23.

- Andrássy L., Zilahi-Sebes L., Vihar L., 2003: Theoretical and statistical investigation of elemental concentration distributions determined by laser-induced plasma atom emission spectra on geological samples. *Geophysical Transactions* 44/1, 95–138
- Árkai P., Balogh K., Demény A., Főríz I., Nagy G., Máthé Z., 2000: Composition, diagenetic and post-diagenetic alterations of a possible radioactive waste repository site: the Boda Albitic Claystone Formation, Southern Hungary. *Acta Geologica Hungarica* 43/4, 351–378
- Földessy J., Maros Gy., Andrássy L., Kaposvári F., Dezső J., 2009: Core imaging and assaying instruments in mineral exploration. Securing the future Mining, metals & the environment in a sustainable society and 8th International conference on acid rock drainage (ICARD), Skelleftea, Sweden, June 22–26, 2009, <http://www.proceedings-stfandicard-2009.com/>
- Konrád Gy., Sebe K., Halász A., Babinszki E., 2010: Sedimentology of a Permian playa lake: the Boda Claystone Formation, Hungary. *Geologos*, 16/1, 27–41
- Maros Gy., Andrássy L., Mara J., Vihar L., Zilahi-Sebes L., 2003a.: Az ImaGeo magszkenerrel összeépített LIPS műszerrel végzett módszertani vizsgálatok legújabb eredményei. Abstract–Nemzetközi Geofizikai, Földtani, Fluidumbányászati, környezetvédelmi Vándorgyűlés 2003., Kivonatok A16.
- Maros Gy., Andrássy L., Mara J., Vihar L., 2003b: LIPS tesztmérések és kiértékelésük a Bodai Aleurolit Formáció kőzetein. Kézirat, Magyar Állami Földtani Intézet
- Maros Gy., Andrássy L., Borsody J., 2010: Az Ib-4 fúrásból származó 11 m maganyag ImaGeo magszkennelése és a ImaGeo-LIPS mérése különös tekintettel a Na tartalom meghatározására. Kézirat, Magyar Állami Földtani Intézet
- Maros Gy., Andrássy L., Zilahi Sebes L., Máthé Z., 2008: Modeling the Boda Aleurolite Formation (BAF) based on core analyses using a laser-induced plasma spectrometer. *First Break* 26, 143–152
- Maros Gy., Palotás K., 2000: Az üveghutai Üh–22 és Üh–23 fúrásban észlelt síkszerű jelenségek értékelése CoreDump szoftverrel (Evaluation of planar features in boreholes Üh–22 and Üh–23 near Üveghuta with CoreDump software). Magyar Állami Földtani Intézet évi jelentése 1999-ről, pp. 315–339
- Maros Gy., Pásztor Sz., 2001: New and Oriented Core Evaluation Method: ImaGeo. *European Geologist* No. 12. pp. 40–43
- Máthé Z. (szerk.) 1998: A Bodai Aleurolit Formáció minősítésének rövidtávú programja, Kutatási zárójelentés 4. kötet, Ásvány-kőzettani, kőzetgeokémiai, és izotóptranszport vizsgálatok. Kézirat, Mecsekérc Rt. adattára, Pécs, 76 p.
- Németh T., Horváth P., Judik K., 2005: Az Ibafa-4 számú fúrás alaphegységi képződményeinek ásványkőzettani vizsgálatai (I. csomag). Kézirat, Mecsekérc Zrt. Adattára, Pécs, 137 p.
- Varga A., Szakmány Gy., Raucsik B., Máthé Z., 2006: A Bodai Aleurolit Formáció törmelékes kőzettípusainak ásványtani, kőzettani és geokémiai jellemzői. *Földtani Közlemények* 136/2, 201–232
- Varga A. R., Szakmány Gy., Raucsik B., Máthé Z., 2005: Chemical composition, provenance and early diagenetic processes of playa lake deposits from the Boda Siltstone Formation (Upper Permian), SW Hungary. *Acta Geologica Hungarica* 48/1, 49–68
- Vincze I., 1975: *Matematikai Statisztika Ipari Alkalmazásokkal*. Műszaki Könyvkiadó, Budapest