

Variszkuszi aljzat töréses szerkezeti formái a szeghalmi kutatási területen

SZILI GY.-NÉ

E-mail: sziligy7@t-online.hu

A folyamatos magfúrással mélyült Szeghalom-167, -173, -176, -180. fúrások variszkuszi maganyagai az eredeti szerkezeti állapotot tükrözik.

Az Sz-180. fúrás teljes maghosszán dokumentáltam repedésrendszert, amely megfigyelhető az egész területen. Különböző dőlésszögű repedési síkjainak metsződése minden bizonnyal nem egyidejű tektonikai eseményekre utal, amelyet megerősíthet az eltérő orientációjú barázdákat tartalmazó felületek metsződése.

Olyan mozgási felület is van, amelyen eltérő irányú barázdák metszik egymást egy pontban, ahol a barázdák talán az eltört közettetek kezdeti nyírásos, kismértékű elmozdulásának lenyomatai. Ebből kiindulva a kb. 90 fokos dőlésű repedési síkok metsződése esetleg nyírásos köztrések kapcsolt repedésrendszerének tekinthető.

A sok kisméretű vetődéses, eltolódásos deformáció túlmenően, ritkán a magátmérőnél nagyobb mértékű meredek dőlésű vetődés, ill. egy helyen közel vízszintes eltolódás észlelhető. A vetők valószínűleg jelentős mértékben hozzájárultak a breccsaszerkezet kialakulásához, és az egymás közelében lévő fúrások közettani jellegzetességeiben mutatkozó eltéréshez is.

A 4 db fúrás által kőzetmaggal feltárt 1940,00–2085,00 m közötti szakaszon, különböző mértékben repedezett, helyenként elválási felületek mentén erősen szétesett metamorf összletben felaprózódott, breccsásodott sávok találhatóak, mikroszerkezeti bélyegekkel.

Jelentős vastagságban (10,8 m és 27 m) a magkihozatal sikertelen volt, valamint néhány méteren át nem volt 100%-os. E szakaszok rossz állékonyságúak lehetnek, amelyek mentén lehetséges, hogy nagyobb mértékű elmozdulás történt. Az Sz-180. fúrásban a 10,8 m-es szakasz, közvetlenül a bádeni-variszkuszi határ alatt található.

A szeghalmi területen a repedési síkok dőlésértékei alapján két preferált érték határozható meg: 60–70 fok, vagy ennél meredekebb és kisebb mértékben előforduló 20 fok körüli átlagos érték, amely főleg vetőkre és alárendelten lapos szögű elmozdulásokra utalhat.

Kulcsszavak: Szeghalom variszkuszi aljzat, töréses szerkezeti forma, a lehetséges nagyobb mértékű elmozdulás zónája

Szili, Gy.-né: Fault structures of variscan basement in the Szeghalom research area

Variscan formations of Sz-167, -173, -176, -180 boreholes, which deepened by continuous core drilling, reflect the original state of failure.

The joint-system documented at full core length of Sz-180 borehole, which can be observed throughout the territory. Intersection of joint surfaces with different angle of dip sure refers to non-simultaneous tectonic events, which can be confirmed by intersection of surfaces with grooves of different orientation.

There is such a movement surface also on which different-directional grooves intersect each other in a point, where the grooves are maybe imprints of early, small-scale displacement of broken rock bodies because of shearing action. On this basis the intersection of approx. 90 degrees joint surfaces possibly can be considered shear conjugate joint-system.

In addition, plenty of small-fault and small-displacement, rarely larger than core diameter steep fault, or in one place near horizontal displacement can be observed.

Probably faults measurably have resulted in the formation of breccia structure, and that in the boreholes near each other there is a difference in petrological characteristics.

By 4 boreholes exposed with core on section between 1940.00 to 2085.00 m in differently fissured, here and there along joint surface strongly disintegrated metamorphic formations, fragmented, brecciated rock bands can be found with microstructure stamps.

In a significant thickness of 10.8 m and 27 m, the core drilling was unsuccessful or for a few meters there was no 100 percentual. These sections may have poor stability, along which possible greater degree displacement have happened. The 10.8 m section is located just below the Baden-Variscan border in the Sz-180 borehole.

In the Szeghalom research area, based on values of dip angle of the joint surfaces two preferred values can be defined: 60–70 degrees or a steeper and occurring to a lesser extent 20 degrees around, which may refer to mainly faults and fewer low-angle displacements.

Keywords: Szeghalom Variscan basement, fault structures, zone of possible greater degree displacement

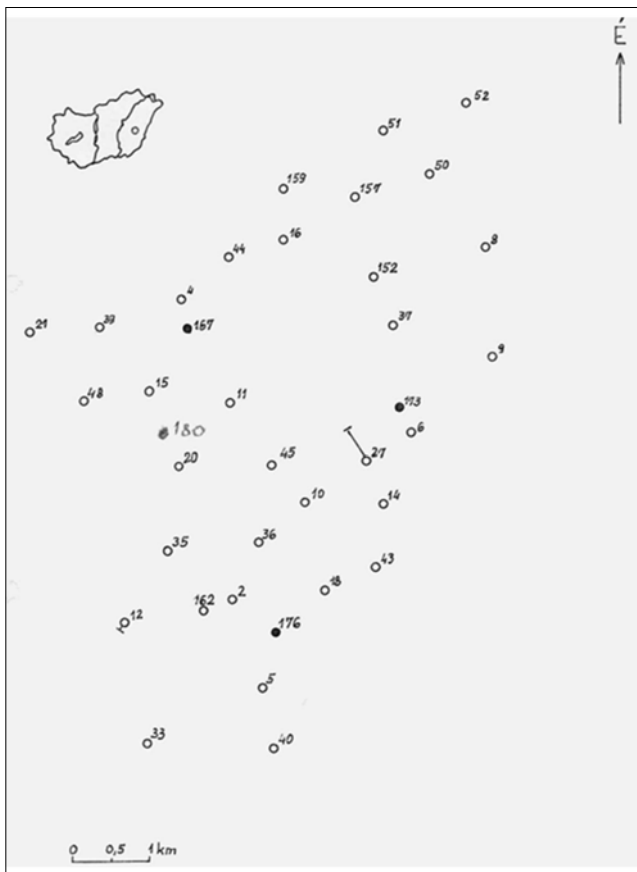
Beérkezett: 2022. április 25.; *elfogadva:* 2022. június 16.

Bevezetés

A geofizikai módszerekkel kimutatott szeghalmi alaphegységi kiemelkedés kutatása 1949-ben kezdődött meg az Sz-1 kutatófúrás lemélyítésével, amely meddő lett és megállt a pannonban. A 70-es években végzett további geofizikai mérések után került sor a kutatás mélyfúrással történő újraindítására az Sz-2 fúrás telepítésével (1979), amellyel kezdődően 1989 végéig vizsgáltam a szeghalmi fúrások kőzetanyagát.

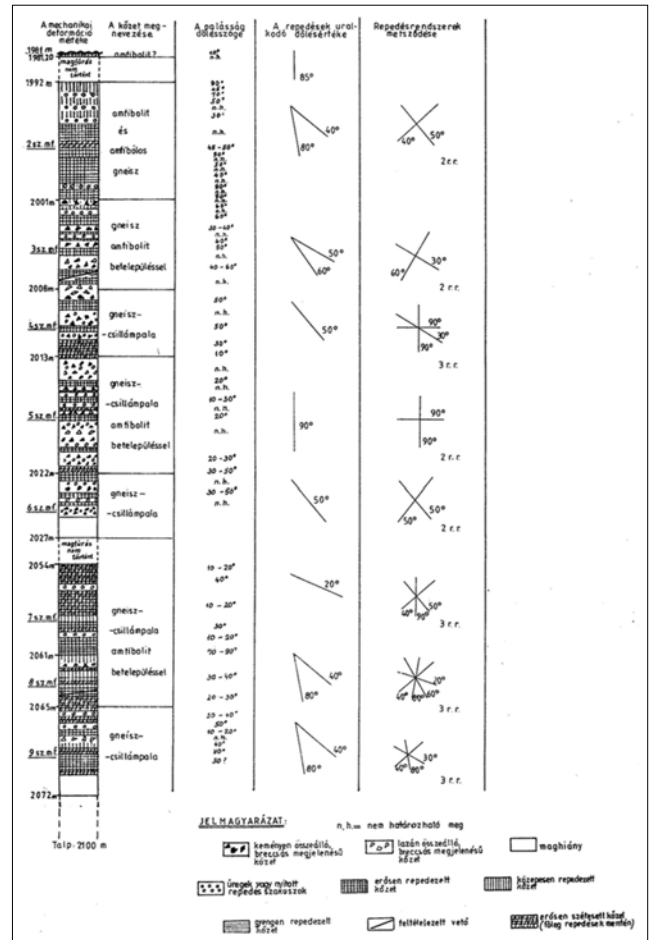
A hazai kőolaj- és földgázkutatásban a 80-as évek első felének egyik kiemelkedő eredménye a szeghalmi kőolaj- és földgáz-előfordulás felfedezéséhez fűződik. Az előfordulás legnagyobb (Halom-1.) telepe készletének jelentős része a kristályos alaphegységben volt található. Így részletesebb vizsgálatok lefolytatása is szükségessé vált, amelyek az alaphegységi tárolótér jellemzését célozták.

A szeghalmi kutatási terület a Tiszai-főegységhez tartozik. Az Sz-167, -173, -176, -180. fúrások folyamatos magfúrással mélyültek az 1980-as évek végén. A többi fúrástól lényegesen nagyobb magnyereséggel (33,5 m, 27 m, 29,3 m és 49,9 m), valamint 93, 81,8, 88,5 és 93%-os átlagmagkihozattal nyújtanak páratlan betekintést a jelenleg



1. ábra A fúrások elhelyezkedése a szeghalmi kutatási területen, a besötétített körök jelzik a jelenleg vizsgált fúrásokat

Figure 1 Geographical position of the boreholes in the Szeghalom research area, the shaded circles indicate the boreholes currently being studied

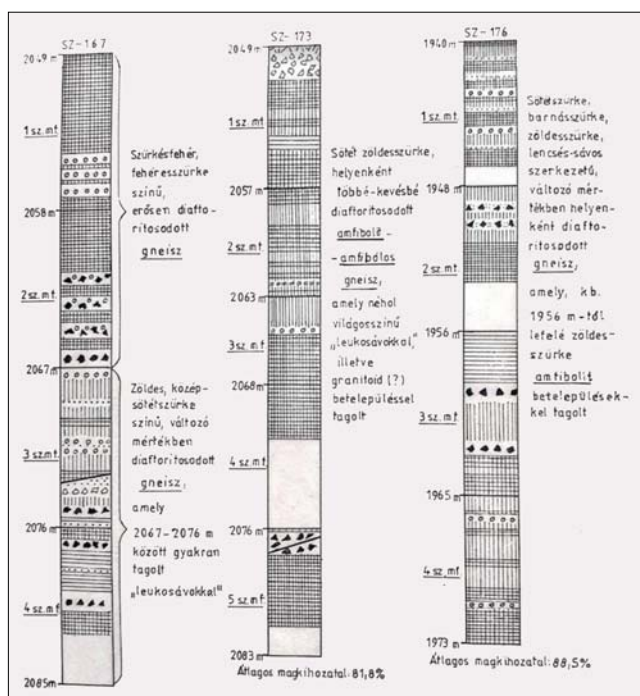


2. ábra Az Sz-180. fúrás földtani szelvénye (szerkesztette: Szili Györgyné, 1989). *Jelkulcs:* n.h. = nem határozható meg, 1. keményen összeálló breccsa, 2. lazán összeálló, breccsás megjelenésű kőzet, 3. maghiány, 4. üregek, vagy nyitott repedés szakaszok, 5. erősen repedezett kőzet, 6. közepesen repedezett kőzet, 7. gyengén repedezett kőzet, 8. feltételezett vető, 9. erősen szétesett kőzet (főleg a repedések mentén)

Figure 2 Geological section of Sz-180 borehole (edited by Szili Györgyné 1989). *Denominations:* Degree of fracture deformation, Rock type, Dip angle values of schistosity, Predominant dip angle values of joints, Intersection of joint-systems. *Keys:* n.h. = cannot be determined, 1. solid breccia, 2. loose brecciform rock 3. lack of core 4. interstices or open joint sections 5. robustic fissured 6. middle-rate fissured 7. weak rate fissured 8. hypothetical fault 9. strongly disintegrated rock (especially along joints)

vastagon fedett variszkuszi metamorf aljzat felszíni, felszín közeli 91 m vastagságú részébe.

A metamorfitekban észlelhető, részletesen meghatározott töréses szerkezeti formák közöttani eredménnyel történő összekapcsolása és földtani szelvényen történő ábrázolása (2. és 3. ábra) az egyetlen, amely szemlélteti a variszkuszi aljzat legfelső 91 m vastag zónáját. Jelen dolgozat a Hivatkozásoknál ismertetett publikációim, kézirataim összedolgozásának és részben utólagos értelmezésem eredménye. Célja a feltárt variszkuszi metamorf képződményekben megfigyelhető töréses szerkezeti formák részletes ismertetése, amely a másodlagos porozitás mellett fontos lehet, a tektonikai mozgások megismerése érdekében.



3. ábra Az Sz-167., Sz-173., Sz-176. fúrások földtani szelvénye (szerkesztette: Szili Györgyné 1988). A 3. ábra jelkulcsa azonos a 2. ábráéval

Figure 3 Geological section of Sz-167, Sz-173, Sz-176 boreholes (edited by Szili Györgyné 1988). Keys in Fig. 3 are the same as in Fig. 2

A feldolgozás abból a szempontból is különös jelentőségű lehet, hogy az utólagos vizsgálatok céljából a teljes maghossz nem állhat rendelkezésre, mivel a makroszkópos leírást követően elosztották a magok egy részét különböző vizsgálatokra.

A fúrások kb. 1,5 km-től néhány km-ig terjedő távolságban helyezkednek el egymástól (1. ábra).

A kőzetek összetételének, makro-, mikroszerkezeti jegeinek a meghatározása makroszkópos és polarizációs mikroszkópos vizsgálat (125 db vékonycsiszolat), valamint néhány minta röntgenelemzése (SZKFI Philips APD 1700 típusú röntgendiffraktométer) alapján történt.

A mag falára merőleges vízszintes síkhoz viszonyítva becsültem meg a palásság és repedések dőlésszögét, mivel nem orientált magvétel történt.

Az Sz-167, -173, -176. fúrások esetében rajtam kívül Lukács Andrea és Nusszer András is részt vett az ásványos összetétel vékonycsiszolati meghatározásában. Tasnádi Eleonóra és Kiss Sándor határozta meg a kiválasztott néhány kőzetminta és repedéskitöltő anyag ásványos összetételét röntgenvizsgálattal. Morgenster Judit számította ki a magok százalékos magkhozatali értékeit, Hámor Nándorné rajzolta meg az ábrákat.

Kőzettípusok áttekintő, rövid ismertetése

A 2. és 3. ábrán a fúrások földtani szelvényei szemléltetik a különféle kőzettípusok mélység szerinti előfordulását, ill. eltérő társulását (Szili Gy.-né 1989b).

Az Sz-180, -167, -176. fúrások tártak fel uralkodó mértékben gneiszes szerkezetet (Szili Gy.-né 1988a, 1989a).

Az Sz-180.fúrásban (1981,00–2072,00 m) változatos kőzettársulások figyelhetők meg. 1992–2001 m között amfibolit és amfibólos gneisz, 2001–2008 m között biotit gneisz amfibolit betelepülésekkel, 2008–2072 m között sillimanittartalmú palás, gneiszes szerkezetű összlet amfibolit betelepülésekkel.

Az Sz-167. fúrásban (2049,00–2085,00 m) 2049–2067 m között erősen diafforitosodott biotit(?) gneisz, 2067–2076 m között változó mértékben diafforitosodott biotit gneisz és 2076 m-től lefelé uralkodóan amfibólos gneisz és 2073,00–2073,40 m között kb. 15 cm vastag amfibolit(?) sáv fordul elő.

Az Sz-176-os fúrásban (1940,00–1973,00m) biotit gneisz összlet, 1956 m-től lefelé tagolt amfibolit, ritkán amfibólos gneisz betelepülésekkel.

Valószínűleg jelentős mértékben vető következménye lehet, hogy a viszonylagos közelség ellenére (1. ábra), a kőzettani jellegzetességekben eltérés mutatkozik az Sz-180, -167, -176. fúrások gneiszes szerkezetében és nem korrelálhatók egymással, az Sz-173-as fúrással (2049,00–2083,00 m) pedig egyáltalán nem, amely feltárt néhol amfibólos gneisszel tagolt amfibolit összletet.

A kőzettípusok különböző gyakorisággal tartalmaznak, a palásságnak megfelelően elhelyezkedő granitoid sávokat, ill. leukoereket. A granitoid sávok bizonyára könnyen illókban gazdag magma telérközetei.

A hasonló kőzettani, ásványtani jellegzetességeket mutató, környező szeghalmi fúrásokból származó granitoid minták Streckkeisen-módszerrel (1976) történt vizsgálat alapján uralkodóan monzogranitnak tekinthetők (Szili Gy.-né 1985, Szili-Gyémánt 1986).

A kőzetek palássága, helyenként képlékeny deformációval redőzötté, gyúrt szerkezetté alakult (4. ábra). A palásság dőlése többnyire 30–40 fok, az Sz-180. fúrásban kb. 10–90 fok között változik, a legmagasabb érték ritkán fordul elő, meredek, gyúrt szerkezethez kapcsolódik (2. ábra, 2. oszlop). Néhol az alsórendű repedések sűrű megjelenése elhomályosítja az eredeti irányítottságot.

Az Sz-176. fúrás biotit gneisz összletében a földpát+ kvarc- és biotitgazdag sávok, lencsék a palásság szerint orientáltak, többnyire kihengerelt szerkezetűek. Sávok szerkezet felfedezhető néhol az Sz-180, -167. fúrásban is (5. ábra).

Az amfibolit helyenként a világos színű elegyrészek kisebb mennyiségben történő felszaporodása következtében halványan sávok megjelenésű.

A granoblasztos szövet vékony sávokban, ritkán figyelhető meg mindegyik fúrásban.

A fúrások kőzettani tagolódása minden bizonnyal visszavezethető a protolitra, vagyis az üledékes, magmás eredetű vagy azok keveredéséből álló premetamorf litofáciesre, amely a Winkler-kritériumok (1976) szerint közepes fokú Barrow-típusú (kis gradiensű) metamorfózist szenvedett, közepes, néha magas hőmérséklettel. Sillimanit, kianit és gránát jellemzi a közepes és nagyfokú



4. ábra | Amfibolit-, leucosávok jól jelezik a meredek, gyűrt palásságot (Sz-173.)

Figure 4 | Amphibolite, leucocratic strips well indicate high-angle folded schistosity (Sz-173)



5. ábra | Biotit gneisz sávos szerkezete (Sz-167.)

Figure 5 | Banded structure of biotite gneiss (Sz-167)

metamorfózist. Az Sz-180. fúrás 2008,00–2072,00 m közötti gneiszes, palás szerkezetű, üledékes eredetű összletében M. Tóth T. (2008) a sillimaniton kívül meghatározott kianitot is.

A környező területek előfordulásaihoz hasonlóan, kis mennyiségű elegyrésznek számító sillimanit valószínűleg biotitból képződött (Szili Gy-né 1985, Cserepesné-Meszéna 1985). A retrográd metamorfózis általánosan elterjedt, különböző mértékben. Így eltérő hőmérséklet- és nyomásviszonyok között keletkezett ásványegyüttes jött létre.

A zöldpala fáciesű retrográd metamorfózis során a biotit kloritosodott, opakszemcsékké alakult át, a földpátok szericitesedtek, karbonátosodtak, az amfibólból klorit, karbonát, epidot keletkezett. Az újrakristályosodás néhol elérte azt az állapotot, hogy az eredeti ásványszemcse teljesen átkristályosodott, alakja eltűnt.

Az Sz-180. fúrás breccsás szerkezetében prehnit (10d. ábra) és laumontit utal az igen kismértékű retrográd metamorfózisra.

Legerősebb mértékű retrográd átalakulás, legnagyobb vastagságban az Sz-167. fúrás 2049–2067 m közötti szakaszán észlelhető. Ahol az uralkodó mértékben előforduló erősen diaforitosodott biotit(?) gneisz lényegében nem tartalmaz színes elegyrészt, a színe szürkésfehér, fehéres szürke. A kvarcon kívüli főelegyrészei szinte teljesen átalakultak, kis mennyiségű elegyrész az apatit. Az eredeti ásványos alkotók közül a földpátoknak néhol látszik a körvonaluk, az esetek többségében teljesen felemésztdtek, szericitesedtek, agyagásványosodtak (illit, kaolinit), néhol bizonyára újonnan képződött albit található. A változó mennyiségben előforduló biotitok(?) túlnyomó többsége feltehetően teljesen baueritesedett, kifakult, tartalmaz sok apró opakszemcsét, a muszkovitához vált hasonlóvá. Bizonytalan a megkülönböztetésük, mivel a többi elegyrész is átalakult, inkább átalakult biotitnak tekinthetők, mint a muszkovitnak.

A többi szeghalmi fúrás lényegesen kisebb vastagságban tárta fel az említett kőzetféléseket, nagyrészt az alaphegység közvetlen felszíni zónájában, vagy az az alatti kb. 50–60 m, néhány esetben 100–200 m körüli mélységben.

Töréses szerkezeti formák ismertetése

A 2. és 3. ábra szemlélteti a fúrásokban, magonként megfigyelhető töréses szerkezeti formákat jelmagyarázat segítségével. Bejelöltem a magok mélységintervallumát. Különböző mértékben repedezett, főleg repedések mentén erősen szétesett, valamint breccsásodott szakaszok különíthetők el.

Subjektív módon, ha a repedések egymástól való távolsága kb. 15–20 cm körül van, a szakasz közepesen, ha a távolság nagyobb, gyengén, ha kisebb, erősen repedezettnek nevezhető.

Bejelöltem a vetőket, üregeket vagy nyitott repedést tartalmazó kőzetszakaszokat.

Az 1. táblázat ismerteti a magkihozatal %-os értékelését fúrásonként és magonként, amelyből lehet következtetni a kőzet állékonyságára (Szili Gy-né 1989b).

Nem méretarányosan tüntettem fel üres helyközzel azokat a jelentős vastagságú kőzetszakaszokat (10,8 m és 27 m), ahol a magfúrás nem történt meg, valamint a magkihozatal nem 100%-os.

Ezek a szakaszok a képződmények erősen felőrölhettek, rossz állékonyságúak lehetnek, amelyek mentén lehetséges, hogy nagyobb mértékű elmozdulás történt. Erősen repedezett, vagy kis keménységű breccsás megjelenésű kőzetszakaszokkal határolódnak (2., 3. ábra). Az Sz-180. fúrásban a 10,8 m-es szakasz, közvetlenül a bádeni-variszkuszi határ alatt található. Az Sz-180. fúrásban faunával igazoltan bádeni homokkő tektonikusan érintkezik feltehetően variszkuszi amfibolittal, amelyet az amfibolitban lévő elvágott leukoér egyértelművé tesz (6. ábra). A 20 cm-es amfibolitból nem kaptunk anyagot vizsgálatra, azonban a makroszkópos szövete, tektonikai igénybevétele hasonlít a variszkuszi képződményekéhez.

Az Sz-167, -173, -176 fúrások feldolgozásából nyert tapasztalataim alapján az Sz-180. fúrás szelvénye tartalmaz plusz információkat, 3 db külön oszlopban a palásság dőlésszögét, a repedések magonkénti uralkodó dőlésértékét és a repedésrendszerek metszetét.

1. táblázat | A magkihozatal %-os értékelése fúrásoként és magonként
Table 1 | Percental evaluation of the core recovery by borehole and drill core

Sz-167.			
Variszkuszi tető: 2048 m			
1. mf.	2049–2058 m	mny.: 9,0 m	100%
2. mf.	2058–2067 m	mny.: 9,0 m	100%
3. mf.	2067–2076 m	mny.: 9,0 m	100%
4. mf.	2076–2085 m	mny.: 6,5 m	72%
		36 m	33,5 m
			93%
Talpmélység: 2100 m			
Sz-173.			
Variszkuszi tető: 2030 m			
1. mf.	2049–2057 m	mny.: 8,0 m	100,0%
2. mf.	2057–2063 m	mny.: 6,0 m	100,0%
3. mf.	2063–2068 m	mny.: 5,0 m	100,0%
4. mf.	2068–2076 m	mny.: 3,0 m	37,5%
5. mf.	2076–2083 m	mny.: 5,0 m	71,4%
		34 m	27 m
			81,8%
Talpmélység: 2100 m			
Sz-176.			
Variszkuszi tető: 1914 m			
1. mf.	1940–1948 m	mny.: 7,0 m	87,5%
2. mf.	1948–1956 m	mny.: 5,3 m	66,3%
3. mf.	1956–1965 m	mny.: 9,0 m	100,0%
4. mf.	1965–1973 m	mny.: 8,0 m	100,0%
		33 m	29,3 m
			88,5%
Talpmélység: 2092 m			
Sz-180.			
Variszkuszi tető: 1981 m			
1. mf. 2. rész	1981,00–1981,20 m	mny.: 0,2 m	100%
	1981,20–1992 m	magfúrás nem történt	
2. mf.	1992–2001 m	mny.: 9,0 m	100%
3. mf.	2001–2008 m	mny.: 7,0 m	100%
4. mf.	2008–2013 m	mny.: 5,0 m	100%
5. mf.	2013–2022 m	mny.: 9,0 m	100%
6. mf.	2022–2027 m	mny.: 3,4 m	68%
	2027–2054 m	magfúrás nem történt	
7. mf.	2054–2061 m	mny.: 7,0 m	100%
8. mf.	2061–2065 m	mny.: 4,0 m	100%
9. mf.	2065–2072 m	mny.: 5,3 m	75%
		91 m	49,9 m
			93%
Talpmélység: 2100 m			



6. ábra | Bádeni-variszkuszi határ, Sz-180. fúrás. Faunával igazoltan bádeni homokkő tektonikusan érintkezik variszkuszi amfibolittal
Figure 6 | Badenian-Variscan boundary of the 180 borehole. Sandstone bearing Badenian fauna is in tectonic contact with amphibolite from the basement

Megemlíthető töréses szerkezeti formák a következők: repedés, mozgási felület, repedésrendszer, vető, oldalelmozdulás, breccsás szerkezet (Szili Gy.-né 1988a, 1989a).

A repedezettség jellemzése

A repedések mérete, az alsórendű repedések esetében mikroszkóppal észlelhető mikronos nagyságrendtől, makroszkóposan megállapítható több cm-es nagyságrenden át, a magátmérőt meghaladó, gyakran repedésrendszer tagjaként, viszonylag sima falú, magasabb rendű repedési síkokig terjed.

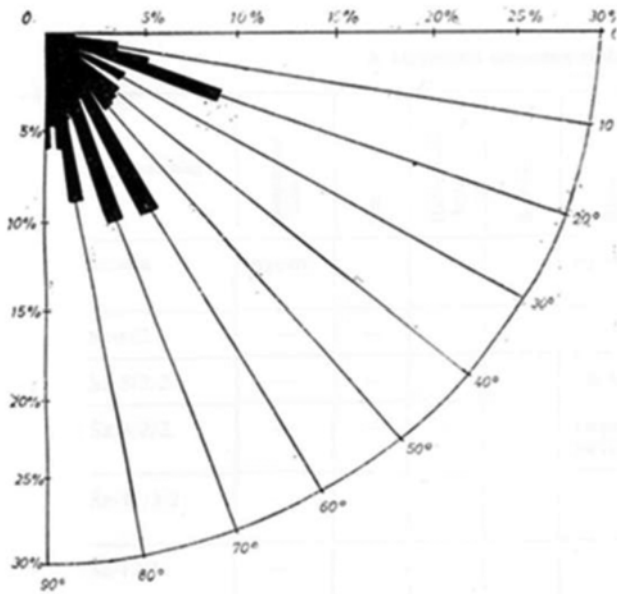
A vékonycsiszolatban észrevehető mikronos nagyságrendű repedések, kissé kanyargós lefutásúak, elágaznak vagy egymást keresztezik, néhol feltehetően több szakaszban képződtek, a repedéskitöltő anyag főleg klorit, karbonát, opak anyag.

A makroszkóposan megfigyelhető alsórendű repedések többsége keresztezi, néhol szinte teljesen átjárja a kőzetet, amelyek gyakran kaotikus, szabálytalan lefutásúak. A szélességük általában váltakozik 0,5 mm és 1 cm között, néhol átmennek nyitott szakaszba, vagy max. kb. 3-4 cm-es üreggé fejlődnek. Megjelennek hajszálvékony nyomként is a mag felületén, vagy látszik a repedés szélessége, amely kisebb 0,5 mm-nél.

Bezárt jellegű repedések látszólag a magban kezdődnek és fejeződnek be, az előbbieknél kisebb gyakorisággal fordulnak elő, néhány cm hosszúak, kb. 1-2 mm széles, zezugos lefutásúak, néhol üreggé szélesednek, máshol nyitott szakaszba mennek át, főleg a breccsásodott részek jellemzői.

A kőzetrések uralkodóan részben kitöltött, alárendelten kitöltetlen vagy teljesen kitöltött jellegűek, bennük a következő kitöltő anyagok láthatók: albit, klorit, kalcit, kvarc, agyagásvány (illit, kaolinit), zeolit (laumontit), opak anyag, bitumen nyomokban.

Az üregek falán kb. 2-3 mm hosszú, szálas kristályok halmazából álló zeolit, 1-2 mm-es kristályokból álló kalcit-fészkek, kvarckristályok, ritkán 1-2 piritkristály fedezhető fel.



7. ábra | A szeghalmi területen a magminták repedései dőlésszögének %-os eloszlása (szerkesztette: Szili Györgyné 1988)

Figure 7 | Percentage distribution of the dip angle values of joint surfaces of drill core samples derived from Szeghalom area (edited by Szili Györgyné 1988)

A 7. ábrán láthatóan a szeghalmi területen a repedési síkok dőlésértékei alapján két preferált érték határozható meg: 60–70 fok vagy ennél meredekebb és kisebb mértékben előforduló 20 fok körüli átlagos érték (Szili Gy-né 1988b). Hasonló értékek jelennek meg az Sz-167, -173, -176, -180. fúrásokban is (Szili Gy-né 1989b).

A repedések magas dőlésértéke tükrözi azt, hogy a vetődés mozgási felülete ferde, meredek helyzetű és a húzásos

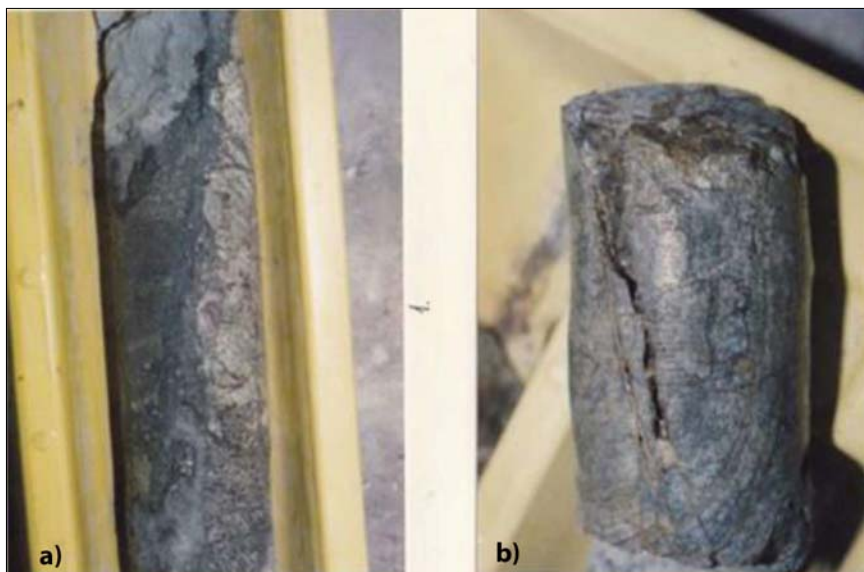
erőhatásra létrejött nyitott repedések is általában meredek helyzetűek (8a,b. ábra).

Mozgási felületek jellegzetességei és a repedésrendszer

A legnagyobb magnyereséggel rendelkező Sz-180. fúrásban tanulmányozható a magkihozatal során elvált legtöbb olyan felület, amely az eltört, egymáson elmozdult kőzettestek mozgási felszíne. Rovátkoltságuk kijelöli a mozgás irányítottságát.

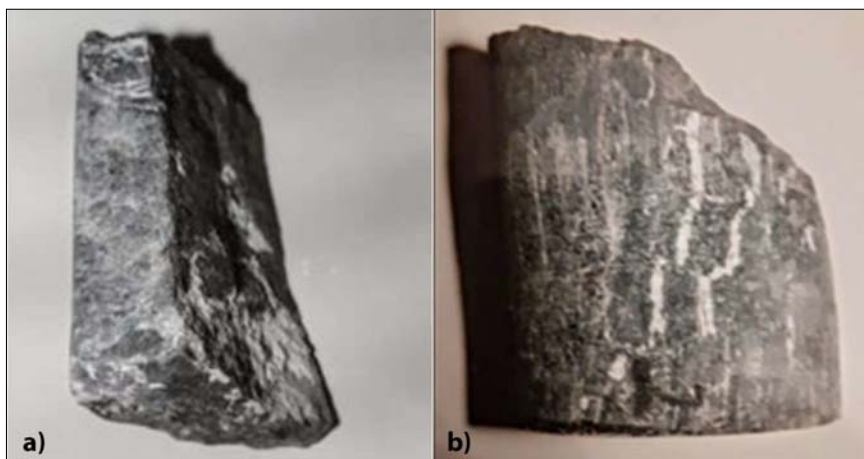
Agyagásvánnyal, klorittal borított repedési sík jól vezeti a mozgást és bizonyára helyenként átalakult kissé fényes, néhol rovátkolt mozgási felületté, amely mentén a kőzet összetartása meglazul, és ott a magkihozatal során elválhat. A jelenség különösen jellemző a kis keménységű breccsaszerkezet finom frakciójára. Röntgenvizsgálat alapján a klorit nagyobb százalékban mutatható ki, mint az agyagásvány a 180-as fúrásban lévő breccsaszerkezet repedés-kitöltő anyagában és a finom frakciójában (Szili Gy-né 1989b).

Található olyan felület is, amelyen eltérő irányú barázdák metszik egymást egy pontban, ahol a barázdák talán lenyomatai, az eltört kőzettestek kezdeti nyírásos, kismértékű elforgatásának, elmozdulásának. Az egymást keresztező rovátkoltságot tartalmazó mozgási felületek kinézete hasonlít a 2. ábrán vázolt repedési síkok metsződéséhez. Regisztrálásra került az Sz-180. fúrás a 3. magjában, 2006 m táján, a magátmérőt meghaladó vetődés közelében, így később az eltört kőzettestek felőrölődhetnek a vetődés során. Ilyen felület előfordul még néhány helyen a fúrásban, amelyek megfigyelhetők a könnyen széteső, kis keménységű breccsaszerkezet finom frakciójában. A kb. 90 fokos dőlé-



8. ábra | a) Kb. 80 fokos dőlésű vetődési sík, a két oldalán eltérő kőzetanyag látható (Sz-167.), b) részben kitöltött meredek helyzetű repedés nyitott szakasszal (Sz-167.)

Figure 8 | a) On two sides of the fault-plane can be seen different rock material (Sz-167), b) partly filled steep lithoclase with open part (Sz-167)



9. ábra a) 2 meredek dőlésű repedési sík metsződése (Sz-180.), b) leukosávok kismértékű elmozdulása repedések mentén (Sz-180.)
Figure 9 a) Intersection of 2 high-angle joint planes (Sz-180), b) small-displacement of leucocratic strips along joints (Sz-180)

sú repedési síkok metsződése esetleg nyíráshoz köthető, kapcsolatos repedésrendszerének tekinthető.

A csillámdús sávok mentén történő tektonikai mozgások következtében a palássági sík, gyakran átváltozott fényes, néhol rovátkolt mozgási felületté.

Az Sz-180. fúrás földtani szelvényének 4. oszlopában (2. ábra) bemutatott repedésrendszerek metszete azt tükrözi, hogy max. 4 tagból állnak. A repedési síkokat megjelenítő vonalak mellé feltüntettem a dőlésszögüket, amelyek többnyire eltérőek, és a vonalak által bezárt szög érzékelteti megközelítőleg a repedési síkok egymáshoz való viszonyát. A repedési síkok eltérő dőlésszöge különböző korú tektonikai mozgásra utalhat.

Helyenként eltérő orientációjú barázdákat tartalmazó repedési síkok metszik egymást, amelyek kialakulása minden bizonnyal szintén különböző korú tektonikai eseményhez köthető.

A 9a. ábrán 2 meredek dőlésű repedési sík metsződése észlelhető.

A területen más fúrások variszkuszi maganyagában is felfedezhető 2, 3, 4 tagból álló repedésrendszer (Szili Gy. né 1987).

Vetők, oldalelmozdulás

Viszonylag biztosan felismerhető vető látható az Sz-180. fúrás 3. magjában (2001,00–2008,00 m), ahol granitoid sávnak több cm-es elvetődése észlelhető 2006,85–2007,00 m között, kb. 50 fokos dőlésű vető mentén. A szelvényen (2. ábra) felfedezhető, hogy breccsaszerkezethez kötődik.

A 8. magban (2061,00–2065,00 m) vető jelenléte valószínűsíthető 2063,70 m táján, ahol amfibolit(?) és biotitgneisz tektonikusan érintkezik egymással, amelyet erősen szétesett közetsáv kísér.

Az Sz-167. fúrás 3. magjában (2067,00–2076,00 m) 2073,00–2073,40 m között, a kb. 80 fokos dőlésű vető az egyik oldalán tartalmaz granitoid sávot, a másik oldalán

annak folytatása nincs meg a vetődés következtében (8a. ábra), és laza breccsaszerkezethez kapcsolódik.

Az Sz-173. fúrás 5. magja (2076,00–2083,00 m) felső részén 2077,10–2077,40 m között két vetősíknak kb. 70 fokos metsződése látszik a breccsaszerkezetben.

Az Sz-167. fúrás 1. magjában (2049,00–2058,00 m) eltolódás (elmozdulás) nagyobb távolságban történhetett a magátmérőnél, kb. vízszintes repedés elvágja a meredek dőlésű repedéseket, és a folytatásuk nem figyelhető meg a magátmérőn belül. Azonban makroszkóposan meghatározható felaprózódás nem kíséri.

Mikrovetődés, elmozdulás (max. kb. 0,5 cm) gyakran fordul elő (9b. ábra).

A fúrási szelvények (2., 3. ábra) szemléltetik, hogy a vetődés határolódik felaprózódott, ill. breccsaszerkezettel.

A rendelkezésre álló nem nagyszámú példa alapján a vető többsége megállapítható.

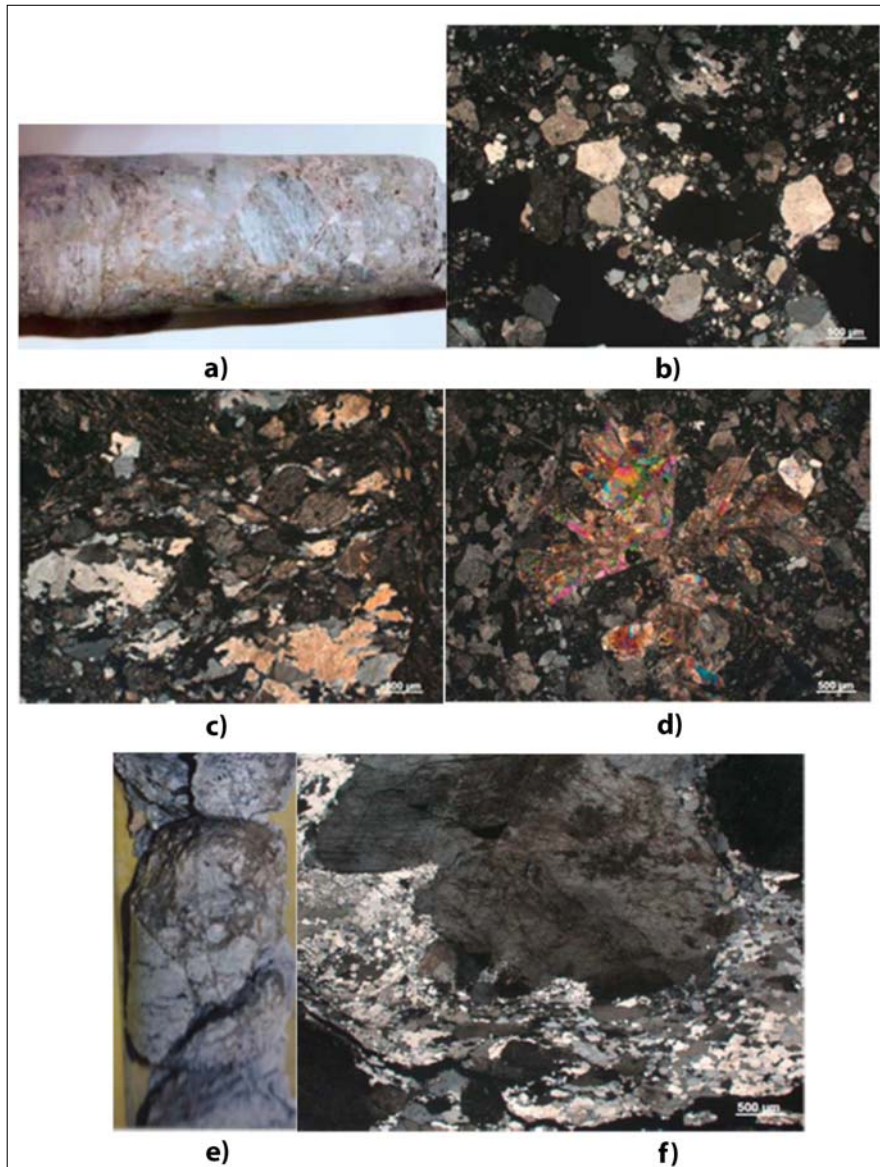
Breccsás szerkezet jellemzői

A 4 db fúrás által kőzetmaggal feltárt 1940,00–2085,00 m közötti szakaszon különböző mértékben repedezett, helyenként elválási felületek mentén erősen szétesett metamorf összletben, kb. 10–20 cm-től ritkán max. kb. 2,5 m vastagságig terjedő felaprózódott, breccsásodott sávok figyelhetők meg (2., 3. ábra) mikroszerkezeti bélyegekkkel.

Makroszkópos leírás során nem üthető szét a maganyag, a magkihozatal során elvált felületek adnak némi betekintést a belsejükbe. Felaprózódott, breccsás szerkezet azonosítható azzal a sávval, ahol kőzettörmelék felismerhető makroszkóposan a mag felületén.

Kemény, tömör szövetű és laza, könnyen széteső, kis keménységű szerkezetek különböztethetők meg.

A tömör szövetű szerkezetekben az orientálatlan, általában szögletes, változó méretű, átlagban 2–5 cm körüli nagyságú kőzettörmelékek közötti változó nagyságú apró kőzet, ill. ásványi töredékek alkotják a kőzetes anyagot,



10. ábra Brecciaszerkezet: a) keményen összeálló breccsa (Sz-180.), b), c), d) kőzet- és ásványtörödékek (Sz-180., +N, 500 millimikron), d) prehnit szemcsehalmaz (Sz-180., +N), e) brecciaszerű, breccsaalakú lazán összeálló granitoid (Sz-173.), f) granitoidban nagyméretű rezorbeált szegélyű káliföldpát és körülötte deformált, unduláló kioltású kvarcmező (Sz-173., +N, 500 millimikron) (+N = keresztezett nikol)

Figure 10 Breccia structure: a) solid breccia (Sz-180), b), c), d) clasts of mineral and rock (Sz-180, +N, 500 millimikron), d) prehnite grains (Sz-180 +N), e) loose brecciform granitoid (Sz-173), f) large-sized potash feldspar with resorbed rim and around it undulatory extinction quartz field (Sz-173, +N, 500 millimikron) (+N = crossed nicol)

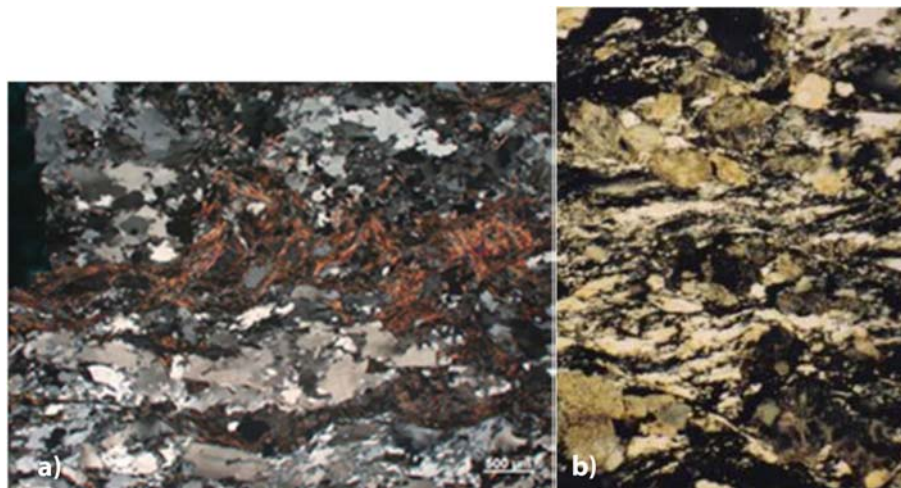
amelyeket cementáló anyag fog össze (10a. ábra). Vékonycsiszolati képe mikrobrecsás szövetű, ahol szögletes, néhol kissé lekerekített törmelékek észlelhetők (10b,c,d. ábra), közöttük karbonát, szericites, agyagos, kloritos cementáló anyag található. A 10d. ábrán mikrobrecsában a prehnit sugaras legyezőszerű szemcsehalmazként van jelen.

A laza, könnyen széteső, kis keménységű brecciaszerkezetek finom frakciójában megfigyelhető elvált mozgási felületek rovátkoltsága rögzíti az elmozdulás irányított-ságát.

A 10e. ábrán az Sz-173. fúrásban, repedések mentén elvált, szétesett brecciaszerű, breccsaalakú granitoidnak

valószínűleg a magátmérőnél nagyobb törmelékdarabja fedezhető fel. Így mikrobrecsás szövet nem jellemző a vékonycsiszolati képére. A 10f. ábrán az ásványi elegyrészei láthatók, deformált, mozaikstruktúrájú, unduláló kioltású kvarcmező fog körbe nagyméretű rezorbeált szegélyű káliföldpátot, amely bizonyára a finomszemcsés diszperz eloszlású hematit-zárványok miatt foltos, és a viszonylag sűrű, egyenes hasadási nyomvonalainak metsződése látszik néhol.

A vékonycsiszolati vizsgálatok alapján megállapítható, hogy a kvarcsejtszémcsék nyírásos erőhatásra részben deformálódtak, a palásságnak megfelelően megnyújtott, moza-



11. ábra a) Nyírást szövet (Sz-180., +N, 500 millimikron), b) újrakristályosodott kvarc sávocskák körülfoltyják a porfiroklasztokat (Sz-180., +N, nagyítás = 60×)
Figure 11 a) Shear texture (Sz-180, +N, 500 millimikron), b) recrystallized quartz strips of dynamofluidal texture arranged rock fragments (Sz-180, +N, magnification = 60×)

ikstruktúras, unduláló kioltású sávokat alkotnak és változatosan deformált biotitokat tartalmaznak (11a. ábra).

Makroszkóposan néhány mm-es kvarcdús sávok vékonycsiszolatában nyírási zónára jellemző, porfiroklasztokat körülölelő újrakristályosodott kvarcsávocskák „folyási” szerkezete (11b. ábra) vehető észre.

Az Sz-180. fúrás szelvénye (2. ábra) szemlélteti, hogy ott a breccsaszerkezet leggyakoribb a 3., 4., 5., 6. magokat magukba foglaló 2001–2027 m közötti szakaszon. Az említett 26 m vastag zóna felett a breccsás megjelenés nem jellemző, alatta 27 m vastag maghiányos szakaszt követően pedig ritkább.

A földtani szelvényen az alábbi mélységintervallumoknak megfelelően jelöltem be a fúrásban észlelhető breccsaszerkezetet (Szili Gy-né 1989a).

A 3. magban (2001,00–2008,00 m) 2001,00–2001,20 m, 2003,30–2003,50 m, 2004,30–2004,60 m, 2005,50–2008,00 m között, 4. magban (2008,00–2013,00 m) 2008,00–2008,70 m, 2009,00–2011,00 m, 2011,50–2011,75 m között.

Az 5. mag (2013,00–2022,00 m) laza, kis keménységű, erősen szétesett breccsás megjelenésben bővelkedik 2014,30–2014,60 m, 2016,80–2017,20 m, 2019,30–2019,60 m, 2020,00–2020,20 m, 2021,60–2022,00 m között.

A 6. mag (2022,00–2027,00 m) helyenként laza, kis keménységű breccsás megjelenésű, a mag anyaga a csúszási felületek, litoklázisok mentén max. kb. 25 cm-es darabokra esett szét, a fúrásban ez a legrosszabb magkihozatalú (68%) mag, és alatta kezdődik a 27 m vastag feltáratlan szakasz.

A 7. magban (2054,00–2061,00 m) nincs breccsás megjelenés, a kőzet 2054,00–2055,75 m, 2056,00–2058,10 m, 2059,00–2059,50 m között litoklázisok, nyíródási felületek mentén erősen szétesett.

A 8. magban (2061,00–2065,00 m) 2061,80 m-nél kb. 5 cm vastag könnyen széteső, laza, kis keménységű breccsásodott sáv látható.

A 9. magban (2065,00–2072,00 m) 2067,60–2067,95 m között breccsás megjelenésű törmelékdarabok vannak.

A 3. ábra földtani szelvényén megközelítőleg követhető, hogy az Sz-167. fúrásban a breccsásodás 2061,75 m-től kezdődik, és 2080,70 m-ig fordul elő vékony sávok formájában.

A 176. fúrásban a breccsaszerkezet nem gyakori, a 2. magban (1948,00–1956,00 m) és a 3. magban (1956,00–1965,00 m) látható 2-2 helyen.

Az Sz-173. fúrásban a legkisebb mértékű, és 2049,00–2051,00 m és 2077,10–2077,41 m között fordul elő. Az első szakasz granitoid sávhoz, a második szakasz amfibolizoz köthető, az utóbbinál kb. 2-3 cm-es amfibolitdarabok között átalakult, mállott amfibolit látható (Szili Gy-né 1988a).

A töréses szerkezeti formák és a geofizikai értelmezések feltételezhető összefüggései

Különböző dőlésszögű repedési síkok metsződése minden bizonnyal nem egyidejű tektonikai eseményekre utal, amelyet megerősíthet az eltérő orientációjú barázdákat tartalmazó felületek metsződése.

A kb. 90 fokos dőlésű repedési síkok metsződése esetleg nyírást közetrétek kapcsolt repedésrendszerének tekinthető.

A szeghalmi területen a repedési síkok dőlésértékei alapján két preferált érték határozható meg: 60–70 fok vagy ennél meredekebb és kisebb mértékben előforduló 20 fok körüli átlagos érték (Szili Gy-né 1988b). Hasonló értékek jelennek meg az Sz-167, -173, -176, -180. fúrásokban is (Szili Gy-né 1989b).

Az említett, jelentős vastagságban maggal mélyített fúrásokban ritkán a magátmérőnél nagyobb mértékű meredek dőlésű vetődés, ill. egy helyen közel vízszintes eltolódás észlelhető. A mérési eredmények, ill. megfigyelés-

sek valószínűleg főleg vetőkre és alárendelten lapos szögű elmozdulásokra utalhatnak, és összhangban lehetnek a szeghalmi területet érintő alábbi geofizikai értelmezésekkel.

Albu és Pápa (1992) értelmezése szerint az aljzat ÉD-i csapású normál vetők mentén feldarabolódott.

Redlerné és Kummer szeizmikus szelvények értelmezése alapján kimutattak laposvető szerkezeti elemeket és azokat elvető normálvetőket (M. Tóth et al. 2008).

Molnár (2015) szerint a lyukgeofizikai szelvények kiértékelése alapján az egyes fúrásokban azonosítható nyírási zónák DK-i irányban kb. 11 fokkal dőlő síkokat definiálnak, melyeket erre közel merőleges irányú normál vetők szabdalnak blokkokra.

M. Tóth et al. (2021) értelmezése szerint a DNy-i dőlésű nyírási zónák feltételezhetően az alpi takarórendszer valamely egységéhez tartoznak.

Összefoglalás

A fúrások kőzettani tagolódása feltehetően visszavezethető a protolitra, vagyis az üledékes, magmás eredetű vagy azok keveredéséből álló premetamorf litofáciesre, amely a Winkler-kritériumok (1976) szerint közepes fokú Barrow-típusú (kis gradiensű) metamorfózist szenvedett, néha magas hőmérséklettel.

A retrográd metamorfózis általánosan elterjedt, különböző mértékben. Így eltérő hőmérséklet- és nyomásviszonyok között keletkezett ásványegyüttes jött létre.

A vetők valószínűleg jelentős mértékben hozzájárultak a breccsaszerkezet kialakulásához és az egymás közelében lévő fúrások kőzettani jellegzetességeiben mutatkozó eltéréshez is (2., 3. ábra).

Az 1. ábrán láthatóan egymás közelében elhelyezkedő Sz-180 és 167. fúrásokban a breccsaszerkezet gyakoribb, mint a tőlük K-re lévő Sz-173. és D-re található Sz-176. fúrásokban. Legritkább az Sz-173. fúrásban.

A kőzettípusok különböző mértékű repedezettsége és felaprózódása összefügghet a szerkezeti sajátosságaikkal és ásványtani összetételükkel, azon belül az ásványi főegy-
részrel, az erőhatás bizonyos mértékéig. A metamorfózis fokát meghatározó indexásványok szórványos, vagy kis mennyiségben történő előfordulásuk miatt bizonyára nem lehetnek befolyásoló tényezők.

Az uralkodóan amfibólból és földpátból álló amfibolitok – amfibólos gneiszek főleg repedezettek, az ásványi elegyrészek utólagos átalakulásával, elmállásával a kőzet összetartása meglazul. Az előforduló üregek a granitoid sávokban észlelhetők. Természetesen olyan tektonikai erőhatás felléphet, amely itt is eredményez breccsa jellegű felaprózódást, vagy teljes felörlést.

A kvarc-földpát-dús kőzetrészek általában repedezettek, töredezetek, törmelékeny jellegűek. A földpáttartalom mennyiségétől, annak átalakulási mértékétől és jellegétől függően ezek a kőzetrészek fellazulnak. A földpát

átalakul, elmállik, a kvarc kémiaiilag nem alakul át, növeli a kőzet merevségét, törékenységét.

Kvarc+földpát- és csillámdús sávok váltakozása esetén a jó palássági szerkezettel jellemezhető csillámdús sávok mentén végbement, ill. ismétlődő tektonikai mozgások következtében itt a palássági sík gyakran fényes.

A képződmények helyenként elváltak a palásság, lito-
klázisok, mozgási felületek mentén.

A fúrási maganyagokon megfigyelt töréses szerkezetek kőzetképződés utáni szerkezetalakulásoknak minősülnek. Azok feltehetően a szeizmikusan értelmezhető mozgások nyomainak tekinthetők, amelyek bizonyos elemei jelezhetik a mozgások jellegét, valamint az időbeli eltérést.

Köszönetnyilvánítás

Köszönöm szépen a MOL részéről Botka Dánielnek a vékonycsiszolati felvételek elkészítését publikálás céljából és dr. Szinger Balázs MOL vezetőnek az engedélyezését. Köszönöm a családomnak a számítógépes megjelenítésben nyújtott nélkülözhetetlen segítségét. Hálával gondolok a férjemre, aki mindig önzetlenül segített a tanácsaival, bírálatával.

A tanulmány szerzője

Szili Györgyné, egykori tudományos munkatárs

Hivatkozások

- Albu L., Pápa A. (1992): Application of high-resolution seismics in studying reservoir characteristics of hydrocarbon deposits in Hungary. *Geophysics*, 57/8, 1068–1088.
- Cserepesné-Meszéna B. (1985): A Duna-Tisza köze kristályos alaphegységének litosztratigráfiai felosztása. *Általános Földtani Szemle*, Budapest, 21, 117–194.
- Molnár L. (2015): Töréses vetőzónák szerkezete és hidraulikai jelentősége a Pannon-medence metamorf aljzatában. Doktori (PhD) értekezés tézisei, Földtudományi Doktori Iskola, Ásványtani, Geokémiai és Kőzettani Tanszék Természettudományi és Informatikai Kar Szegedi Tudományegyetem, Szeged.
- M. Tóth T. (2008): Repedezett metamorf fluidumtárolók az Alföld aljzatában. MTA doktori értekezés.
- M. Tóth T., Redlerné Tátrai M., Kummer, I. (2008): A Szeghalom környéki metamorf aljzat kiemelkedés szerkezetfejlődése és felépítése kőzettani és szeizmikus adatok alapján. *Magyar Geofizika*, 49/4.
- M. Tóth T., Fiser-Nagy Á., Kondor H., Molnár L., Schubert F., Vargáné Tóth I., Zachar J. (2021): Az Alföld metamorf aljzata: a köztes tömegetől a tarka mozaikig. *Földtani Közöny*, 151/1, 3–26.
- Szili Gy-né (1985): A Tiszántúli Körös-Berettyó, Álmosdi Egy-
ségek metamorf képződményeinek kőzettani jellemzése szénhidrogénkutató fúrások alapján. *Általános Földtani Szemle*, Budapest, 21, 79–115.

- Szili-Gyémánt P. (1986): Metamorphic formation in Tiszántúl: The Kőrös-Berettyó and the Álmosd Units. *Acta Geologica Hungarica*, 29/3–4, 305–316.
- Szili Gy-né (1987): A szeghalmi Halom-1 szénhidrogénteleg kőzeteinek repedezettség vizsgálata. OKGT Kézirat. 32 o. + melléklet
- Szili Gy-né (1988a): Jelentés a Sz-167, -173, -176. sz. paraméterfúrások 13 db magintervallumból származó mintáinak kőzettani vizsgálatáról. OKGT Kézirat. 74 o. + melléklet
- Szili Gy-né (1988b): A szeghalmi Halom-1 szénhidrogén-telepet felépítő kőzetek repedezettségének vizsgálata. *Kőolaj és Földgáz*, 21. (121.) évf., 10. sz.
- Szili Gy-né (1989a): Jelentés a Sz-180 sz. paraméterfúrás 9 db magintervallumból származó mintáinak kőzettani vizsgálatáról. OKGT Kézirat. 59 o. + melléklet
- Szili Gy-né (1989b): A metamorf tárolókőzet petrográfiai jellemzése a Halom 1. (Szeghalom) telepben mélyített paraméterfúrások anyagai alapján. *Kőolaj és Földgáz*, 22. (122.) évf., 7. sz.