

BETEKINTÉS A SZEGHALMI VARISZKUSZI ALJZAT KÖZETVILÁGÁBA

Szili Györgyné

Az előadás során ismertetem a szeghalmi variszkuszi metamorf kőzettípusokat, valamint a bennük részletesen megfigyelt töréses szerkezeti formákat, mely utóbbiak a másodlagos porozitás mellett fontosak lehetnek, a tektonikai mozgások megismerése szempontjából is.

Az 1-es ábrán láthatóan, a szeghalmi kutatási terület a Tiszai-főegységhez tartozik.

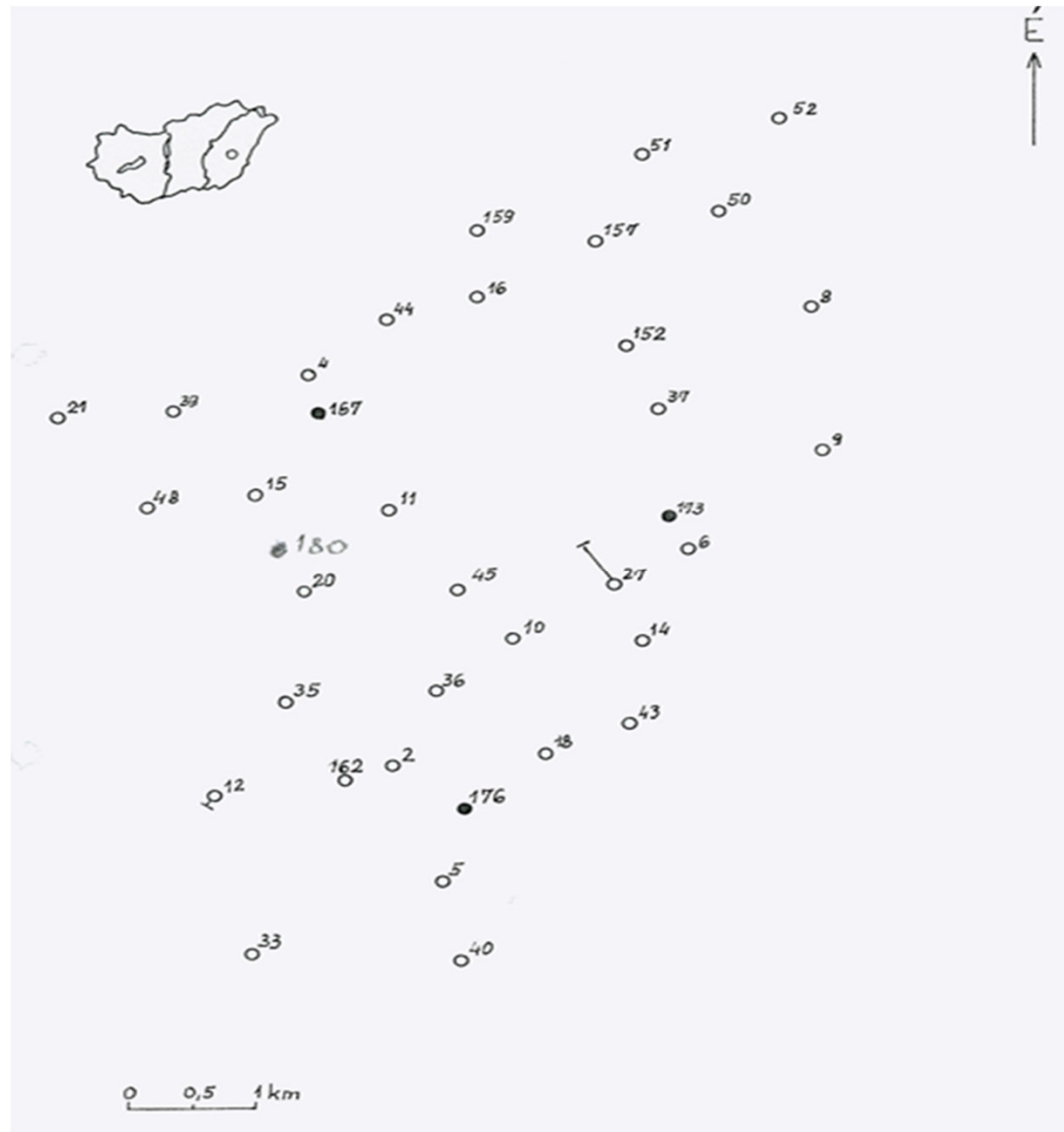
A geofizikai módszerekkel kimutatott szeghalmi alaphegységi kiemelkedés kutatása 1949-ben kezdődött meg az Sz-1 kutatófúrás lemélyítésével, a mely meddő lett és megállt a pannóniai rétegekben. A 70-es években végzett további geofizikai mérések után került sor a kutatás mélyfúrással történő újraindítására az Szeghalom Sz-2 fúrás telepítésével (1979), a mellyel 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 található. Így részletesebb vizsgálatok lefolytatása is szükségessé vált, a melyek az alaphegységi tárolótér jellemzését célozták.

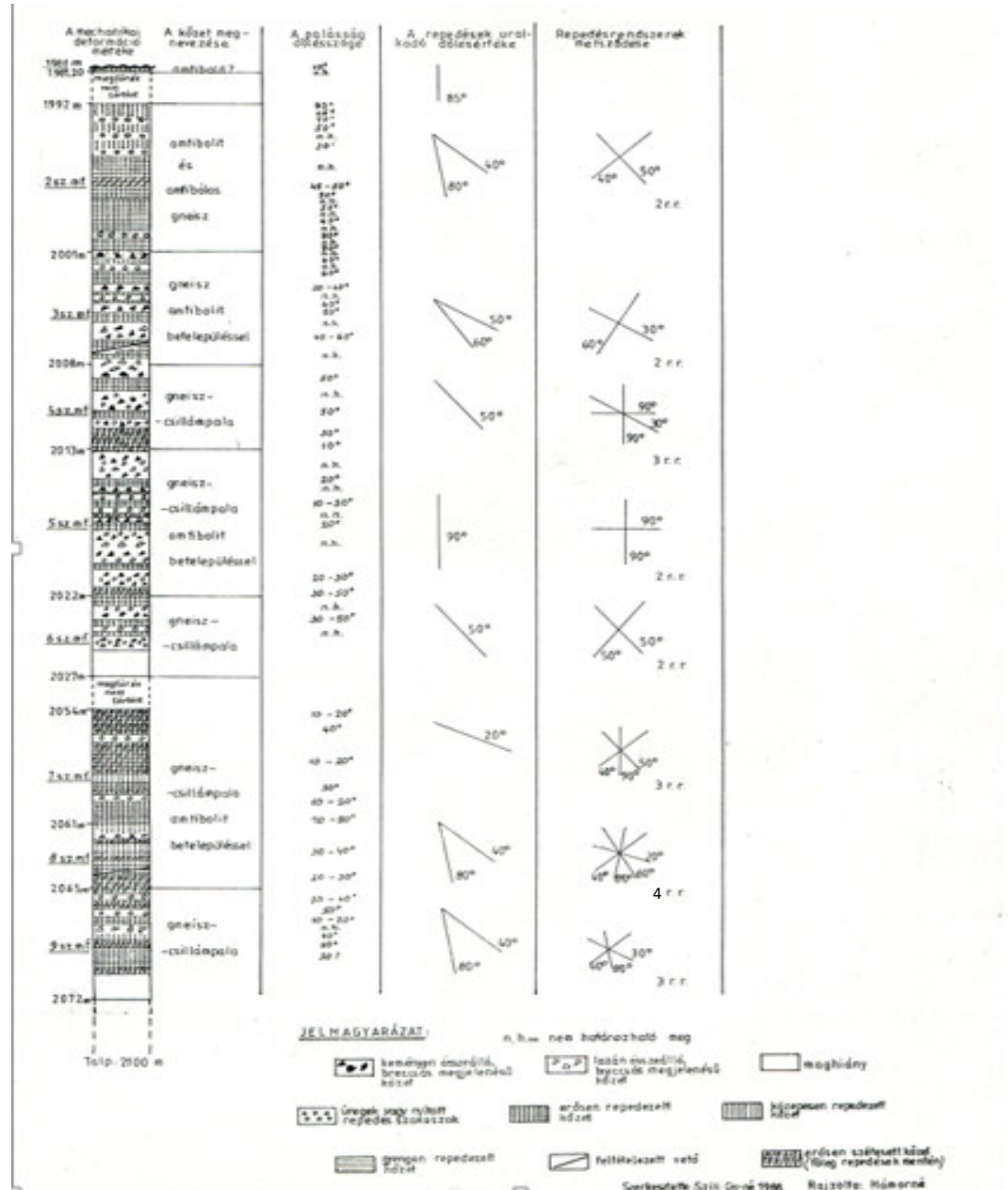
A töréses szerkezeti formák vizsgálata szempontjából kiemelkedő jelentőségűek az 1980-as évek végén mélyült Szeghalom Sz-167, -173, -176, -180 fúrások, amelyek kb. 1,5 km-től néhány km-ig terjedő távolságban helyezkednek el egymástól (1. ábra). Folyamatos magfúrással mélyültek, többi fúrástól lényegesen nagyobb magnyereséget (33,5 m, 27 m, 29,3 m és 49,9 m), valamint 93, 81,8, 88,5 és 93%-os átlag magkihozataalt érték el.

1. ábra

A fúrások elhelyezkedése a szeghalmi kutatási területen, a sötét körök jelzik a jelenleg vizsgált fúrásokat



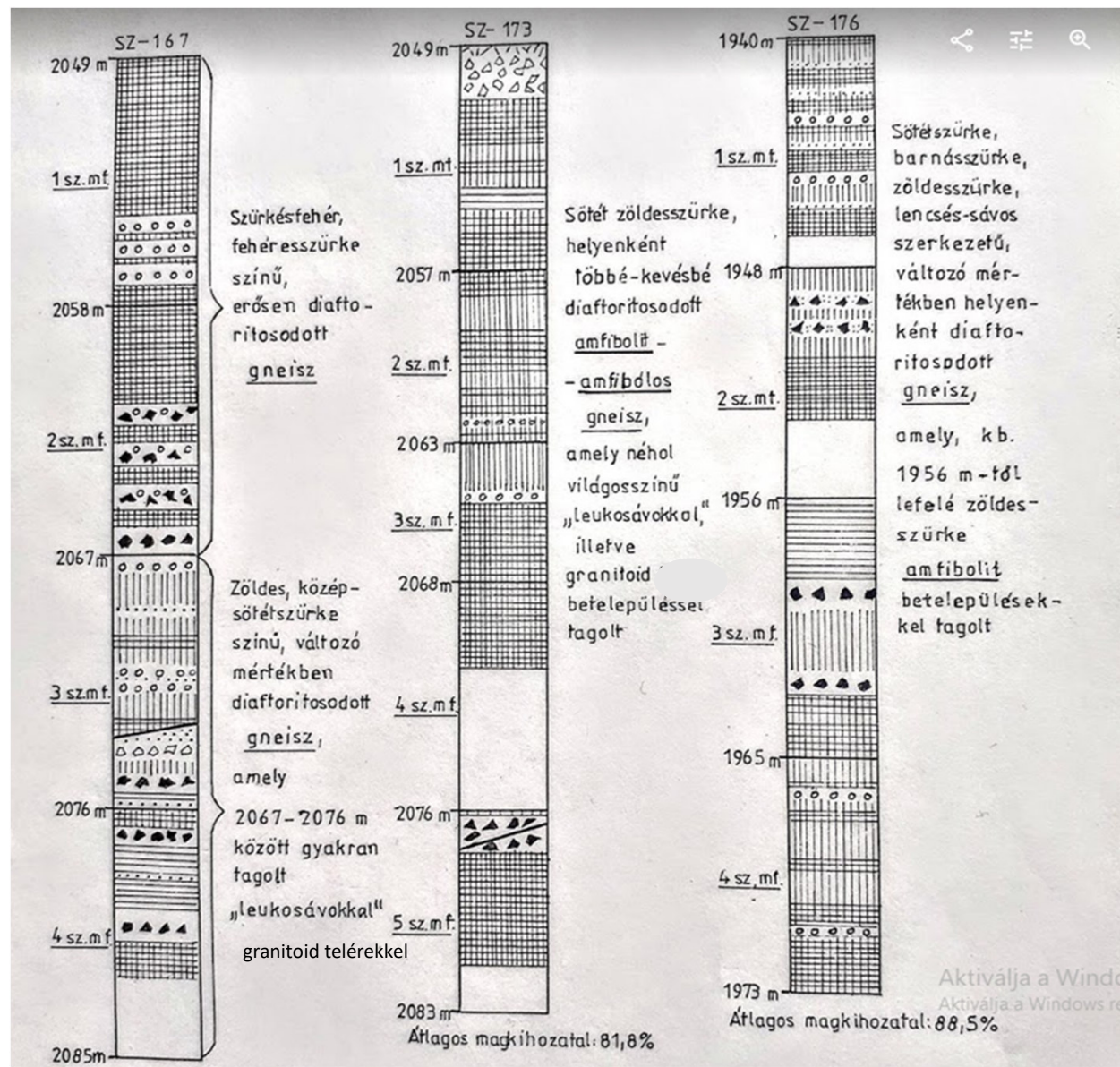
2. ábra



A Szeghalom Sz-180 fúrás földtani szelvénye
Szerkesztette: Szili Györgyné
1989

3. ábra

Sz-167, Sz-173, Sz-176 fúrások
 földtani szelvénye
 Szerkesztette: Szili Györgyné 1988



Az említett fúrások *2. és 3. ábrán* bemutatott földtani szelvénye páratlan betekintést nyújt a jelenleg vastagon fedett variszkuszi metamorf aljzat felszíni, felszín közeli 91 m vastagságú részébe. Szemléltetik a metamorfitokban észlelhető, részletesen meghatározott töréses szerkezeti formákat, kőzettani eredménnyel összekapcsolva.

A kőzetek összetételének, makro-, mikroszerkezeti jegyeinek 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 rajta m 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 magkihozatali értékeit, HÁMOR Nándorné rajzolta meg az ábrákat.

Az említett fúrások lemélyítését megelőzően a környező szeghalmi fúrásokból származó granitoidminták meghatározása BUDA György által ismerttetett STRECKKEISEN (1976) módszerrel történt. A katanormás ásványos összetételt GEIGER János számította ki a SZKFI TPA mU típusú gépén MUCSI Anikó programja alapján. Festési módszerrel, nátrium hexanitrokobaltát (III) reagensoldat alkalmazásával határoztam meg a káliföldpátokat a modális ásványos összetétel meghatározásához.

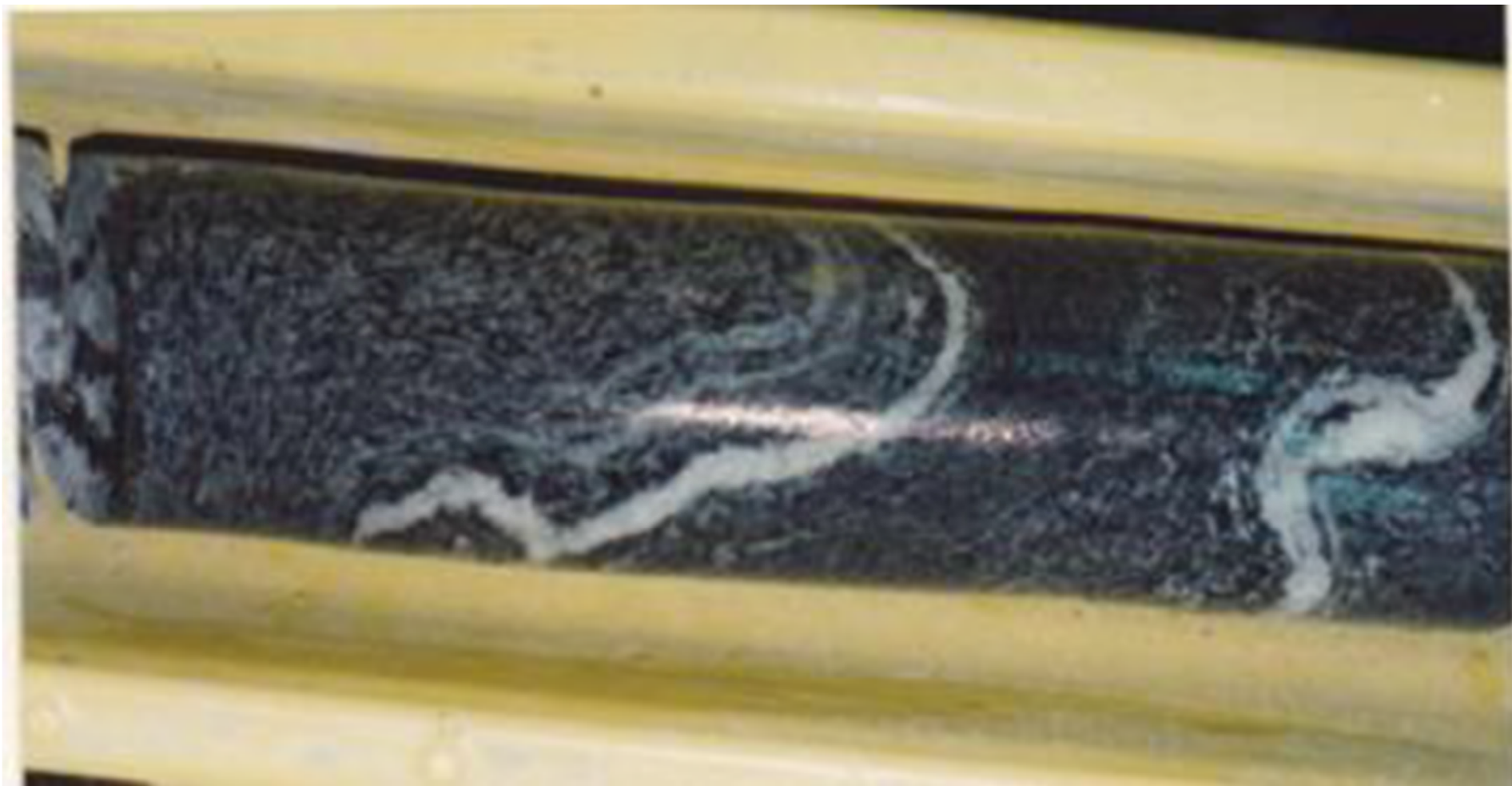
Kőzettípusok áttekintő is mertetése

A *2. ábra* az Sz–180 fúrás, a *3. ábra* az Sz–167, –173, –176 fúrások földtani szelvényét mutatja be, amelyről leolvasható a különféle kőzettípusok mélység szerinti előfordulása, ill. eltérő társulása.

A kőzetek uralkodóan finom és apró szeműek, palásságuk helyenként képlékeny deformációval redőzötté, gyúrt szerkezetté alakult (*4. ábra*, Sz–173 amfibolit). A palásság dőlése többnyire 30–40°, az Sz–180 fúrásban kb. 10–90° 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–180, –167, –176. fúrások tártak fel uralkodó mértékben gneiszes szerkezetet, az Sz–173. fúrás pedig amfibolitösszletet.

4. ábra



Az Sz-180 fúrás (1981–2072 m, 2. *ábra*) 49,9 m-es, legnagyobb magnyereséggel és változatos kőzettársulással rendelkezik. 1992–2001 m között amfibolit és amfibolos biotitgneisz, 2001–2008 m között biotit gneisz amfibolittal tagoltan, 2008–2072 m között a földpát-, kvarc- és csillámtartalom változásának megfelelően, palás, gneiszes szerkezetű, szillimanit tartalmú összlet, helyenként amfibolittal váltakozva (5/a *ábra* palás és 5/b *ábra* gneiszes szerkezetű minták makroszkópos megjelenése).

Az Sz-167 fúrásban (2049–2085 m, 36 m magnyereség, 3. *ábra*) 2049–2067 m között erősen diaftoritosodott biotit(?) gneisz, 2067–2076 m között változó mértékben diaftoritosodott biotitgneisz, 2076 m-től lefelé uralkodóan amfibolos biotitgneisz és 2073,00–2073,40 m között kb. 15 cm vastag amfibolit? sáv fordul elő.

Sz-176-os fúrás (1940–1973, 33 m magnyereség, 3. *ábra*) biotitgneisz-összlete, 1956 m-től lefelé max. kb. 1 m vastag, néhol vékony leukoeres, gránáttartalmú amfibolittal, vagy amfibolos gneisszel tagolt. A biotitgneisz a paláság szerint orientált, többnyire kihengerelt sávok, lencsés szerkezettel jellemezhető. Főleg 1–2 mm vastag földpát, kvarc alkotta sávok és biotitgazdag sávok váltakoznak. A leukokrata ásványokból álló sávok néhol 1–2 cm-re kivastagodnak, lencsésen kiékelődnek. megfigyelhető több mm nagyságú földpát porfiroblaszt-képződés

5. ábra



6. ábra



a)



b)

A vékonycsiszolati kép érzékelteti a „kihengerelt” szerkezetet, *6/a és b ábrán* halformát alkotó biotitpikkelyek által közrefogott, kissé foltos, repedezett, nagy méretű földpátok, valamint orientáltan erősen megnyúlt, mozaikstruktúrájú kvarc- és kalcium-szilikát sávja látható. A *b ábrán* az ortoklász hasadási nyomvonalai által bezárt 90° szög jól felismerhető, valamint karbonáttal kitöltött mikrorepedés. Sávos szerkezet felfedezhető néhol az Sz–180, –167 fúrásban is (*7/a ábra*, Sz–167).

Az előző fúrásoktól eltérően az Sz–173 fúrás (*3. ábra*) gránáttartalmú amfibolitösszletet tárt fel 2049–2083 m között, 27 m magnyereséggel, a mely helyenként amfibolos gneisszel tagolt.

A gneiszes szerkezetben és amfibolitban egyaránt ritkán megfigyelhető olyan vékony, pár cm-es sáv, ahol az ásványi elegyrészek térbeli elrendeződése inkább *más* szövetre utal. Előfordul, hogy az amfibolit, a világos színű elegyrészek kisebb mennyiségben történő felszaporodása következtében halványan sávos megjelenésű.

A kőzettípusok különböző gyakorisággal tartalmazzák, a palásságnak megfelelően elhelyezkedő granitoid-sávokat, ill. leukoereket.

Az Sz–180 fúrásban, helyenként a palásság síkjában piszkosfehér színű kvarc, vagy földpát és kvarc összetételű vékony sávok, erek, ill. kisebb lencsék láthatók.

Az Sz–167 fúrásban 2067–2076 m között a biotitgneisz gyakran tagolt a palásság mentén elhelyezkedő, erősen repedezett, piszkosfehér, vagy világos húsvörös színű, durvaszemcsés, uralkodóan földpátból, kvarcból álló, irányítatlan textúrájú, néhol szabálytalan, plasztikus körvonalú, többnyire kb. 2 cm vastag, granitoidsávokkal. 2073,75–2074,00 m között közép–durvaszemcsés, porfiroblasztos szövet látható.

Említésre méltó az Sz–2 fúrásban előforduló, finom palásságot mutató biotitgneisz és zöldes árnyalatú sötétszürke, magmás szövetű bázisos jellegű, pár centiméter vastagságú közetsávok éles határvonalú váltakozása. Feltételezhető, hogy bázisos jellegű magmabenyomulás nyomai őrződtek meg a biotitgneiszben.

7. ábra



Az Sz–173 fúrás amfibolitösszlete szintén tartalmaz a palásság mentén elhelyezkedő, változó vastagságú (1–50 cm), piszkosfehér, világosszürke színű, irányítatlan textúrájú, néhol közép, durvaszemcsés főleg földpát, kvarc alkotta ásványokból álló granitoidsávokat. A kb. 1 cm vastagságúak helyenként sűrűbben kb. 2–3 cm-ként, máshol kb. 30–40 cm-ként ismétlődve fordulnak elő és éles határvonalúak. Általában erősen repedezettek, ahol szinte teljesen átszótt hajszálrepedésekkel igen mállékony, erősen felaprózódott, vagy laza breccsás megjelenésű. 2064,80–2065,00 m között a leukokrata ásványokban gazdag kőzet rész szétmart, szivacs jellegű, apró üreges (max. kb. 2–3 mm).

A 8. ábra szemlélteti az egymáshoz viszonylag közel helyezkedő, eltérő mélységű variszkuszi határral rendelkező (1. táblázat) 4 db fúrás egy máshoz viszonyított szerkezeti helyzetét, a melyen a fúrások mélységintervalluma a variszkuszi tetőtől a magfúrás aljáig tart. Az ábrán jól észlelhetően az Sz–180, –167, –176 fúrások maganyagai lényegében a variszkuszi határ közeléből származnak. Uralkodóan gneiszes szerkezetek, a melyek bizonyos mértékű azonosság, hasonlóság mellett, az egymástól eltérő, sajátos megjelenésük, kifejlődésük, feltehetően eredetük miatt nem párhuzamosíthatók.

Az Sz–173-as fúrás a variszkuszi határ közeléből eltérő kőzettípust, nevezetesen amfibolitösszletet tárt fel, amely granitoidsávokkal tagolt és ennyiben hasonlóságot mutat a gneiszes szerkezetekhez. A granitoid bizonyára könnyen-illókban gazdag magma telérközete.

Az említett 4 db fúrás lemélyítését megelőzően számos szeghalmi fúrás feltárt halványvörös, vagy piszkosfehér színű, néhány kivételtől eltekintve, általában néhány cm-es vastagságú granitoidbetelepülést.

Granitoidmintákból készült vékonycsiszolati vizsgálat alapján általánosságban megállapítható, hogy uralkodóan földpát, kvarc összetételűek, a színes elegyrész elenyészően kevés. Jellegzetes a néhol több ezer μ nagyságú, különböző kifejlődésű káliföldpát, üde, hasadozott, gyakran pertites és benne zárványként megjelenő idősebb elegyrészek a kvarc szemcsék, szericitesedett plagioklász, biotit, muszkovit, néhol amfibol, valamint a jellegzetes mirmekit. Előfordul a káliföldpáthoz hasonló méretű üde plagioklász és apró kvarczárványt, kloritpikkelyt, kisebb méretű szericitesedett plagioklászt tartalmaz. A nem zárványként szereplő kvarc kis szemcséjű, szorosan összefogazódott halmazokat alkot. A kvarc-, kalcit-, kloritkitöltésű repedések mentén az egyes elegyrészek eltörtek, elmozdultak.

8. ábra

Az Sz-167, Sz-180, Sz-173, Sz-176 fúrások szerkezeti sémája és területi elhelyezkedése

Jelkulcs:

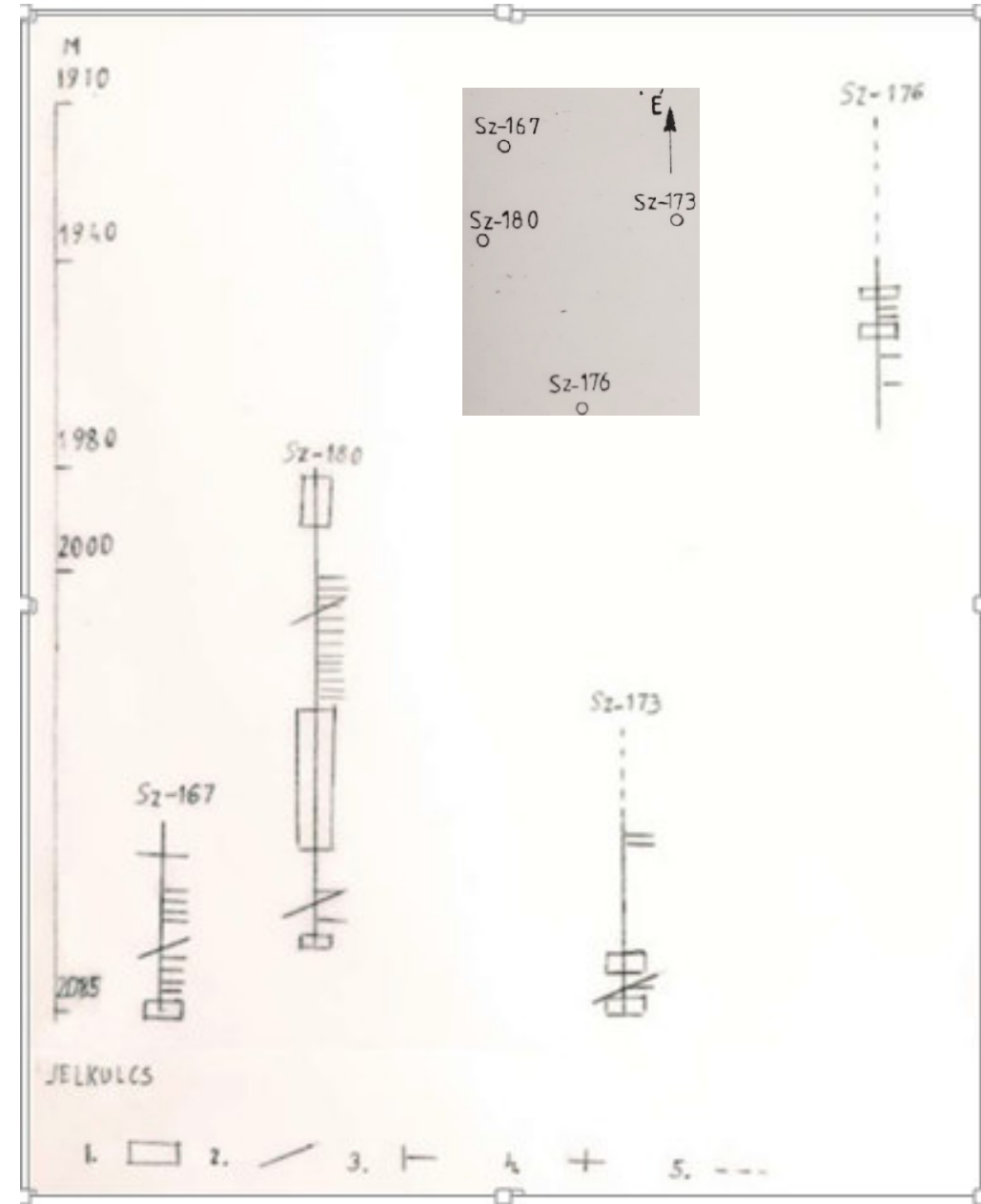
1. Sikertelen magvétel
2. Vető
3. Breccásodott sávok
4. Közel vízszintes elmozdulás
5. Ne m terveztek magfúrást

Fúrások mélységintervalluma: variszkuszi határtól

magfúrás végéig

Fúrások talpmélysége 2100 m, Sz-176-nál 2092 m

Szerkesztette: Szili Györgyné 2023



1. táblázat. A magkihozatal %-os értékelése fúrásoként és magonként

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%

Sz-180

Variszkuszi tető: 1981 m

1. mf.	2. rész 1981,00–1981,20 m	mny.: 0,20 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%

Sz-173

Variszkuszi tető: 2030 m

1. mf.	2049–2057 m	mny.: 8,0 m	100%
2. mf.	2057–2063 m	mny.: 6,0 m	100 %
3. mf.	2063–2068 m	mny.: 5,0 m	100%
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%

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%
4. mf.	1965–1973 m	mny.: 8,0 m	100%

33 m 29,3 m 88,5%

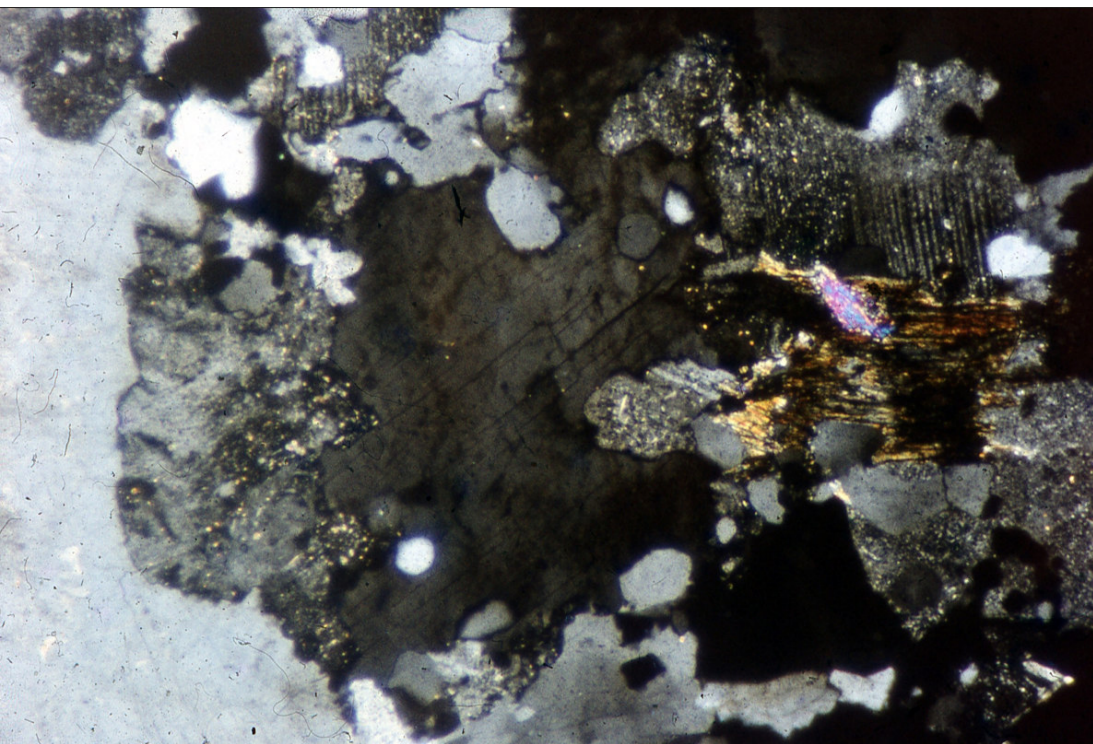
A 10. ábrán granitoid ásványi elegyrészei láthatók. Az *a) ábrán*, a rezorbeált szegélyű hasadozott káliföldpát zárványként idősebb ásványegyüttest tartalmaz és elszórtan 1–1 kvarcsemcsét. A *b) jelzésű képen* nagyméretű pertites káliföldpátban, különböző formájú kerekded, vagy szögletes kvarcsemcsék, mirmekit és szericites plagioklásztöredék figyelhető meg. A *11/a) ábra* jól szemlélteti, hogy a mirmekit, savanyú plagioklász és kvarc legyezőszerű összenövése.

A *11/b) ábrán* a piszkosfehér granitoid makroszkópos megjelenése látható, kaotikusan erősen repedezett, apró üreges és egy meredek dőlésű repedési sík mentén elvált. A minta, ismereteim szerint az egyedülállóan 6 m vastagságban feltárt granitoid piszkosfehér színű 4 m-es szakaszából származik. A maradék 2m vastag rész halványvörös színű. Mindkét részben a ritkán előforduló, melanokrata elegyrészekben gazdagabb vékony sávok enyhe irányítottságot jelölnek ki.

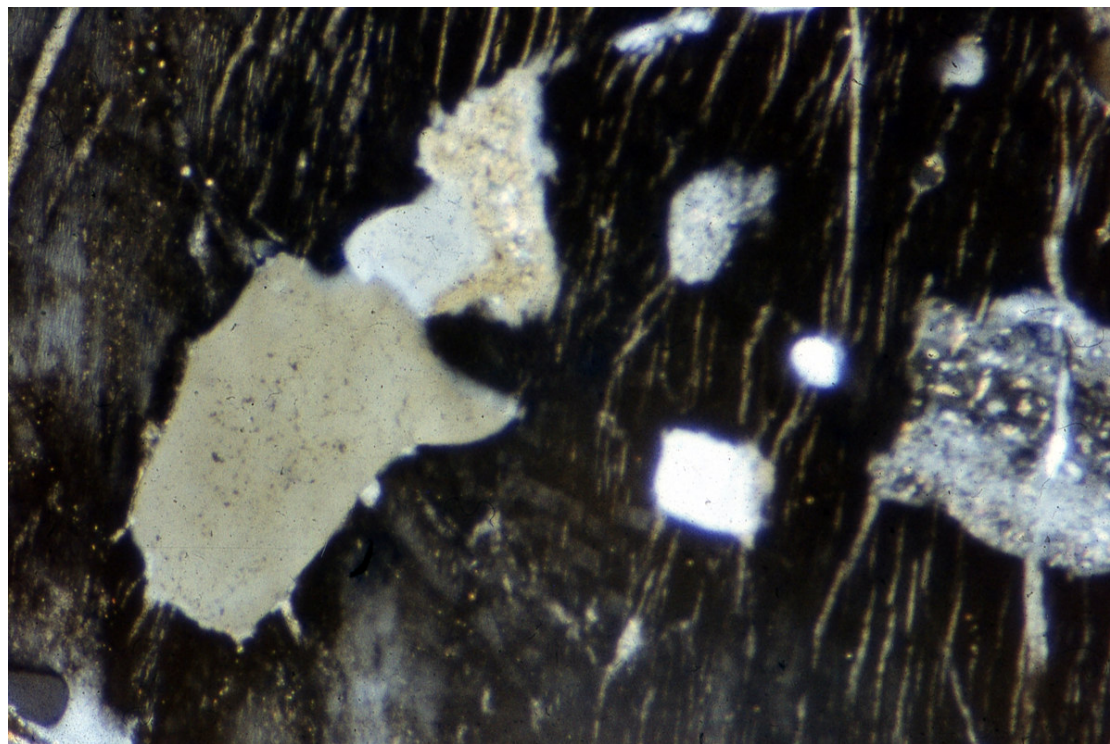
A granitoid minták STRECKKEISEN (1976) módszerrel történt vizsgálat alapján uralkodóan monzogranitnak tekinthetők. WINKLER (1976) diagram szerint főleg üledékes eredetűek. A metamorfitek keletkezési körülményeit az alábbiak szerint tudom jellemezni.

A fúrások kőzettani tagolódása minden bizonnyal visszavezethető a protolitra, WINKLER (1976) diagram szerint üledékes, magmás eredetű, vagy azok keveredéséből álló premetamorf litofáciesre, amely WINKLER (1976) kritériumok szerint közepes fokú BARROW-típusú (kis gradiensű) metamorfózist szenvedett, közepes, néha magas hőmérséklettel. Gránát, kianit és szillimanit jellemzi a közepes és nagyfokú metamorfózist.

10. ábra

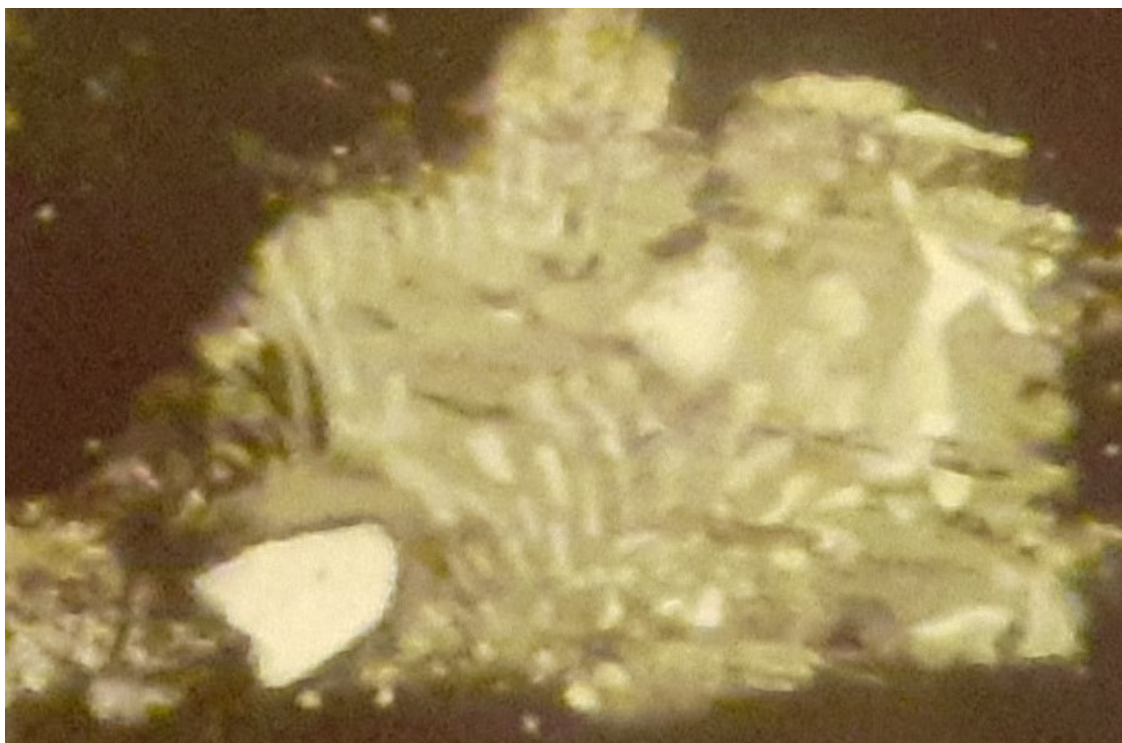


a)



b)

11. ábra



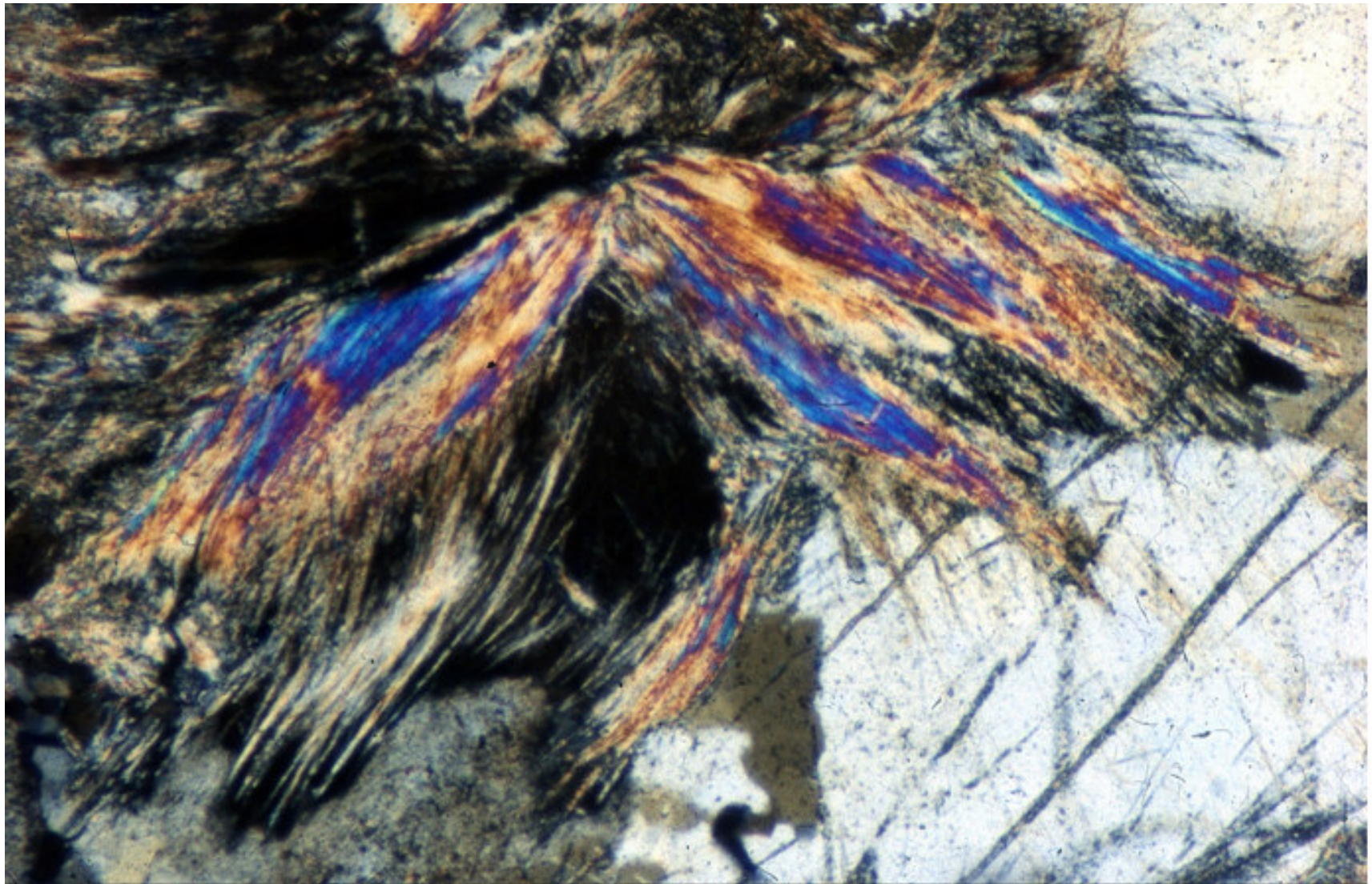
A szeghalmi területről, 1985-ben elsőként publikáltam magas hőmérsékletű metamorfózist jelző, feltehetően biotitból, progresszív módon képződött szillimanit ásványt, amely az *12. ábrán* láthatóan kévészerű szálasrostos megjelenésű. egy csiszolaton belül.

Későbbi újra vizsgálat során, M. TÓTH Tivadar (2008) meghatározott kianitot és szillimanitköteget. A képződésüket egymást követő eseményhez köthetőnek tartja, amely a fentebb említett progresszív átalakulás megtörténtét erősítheti meg.

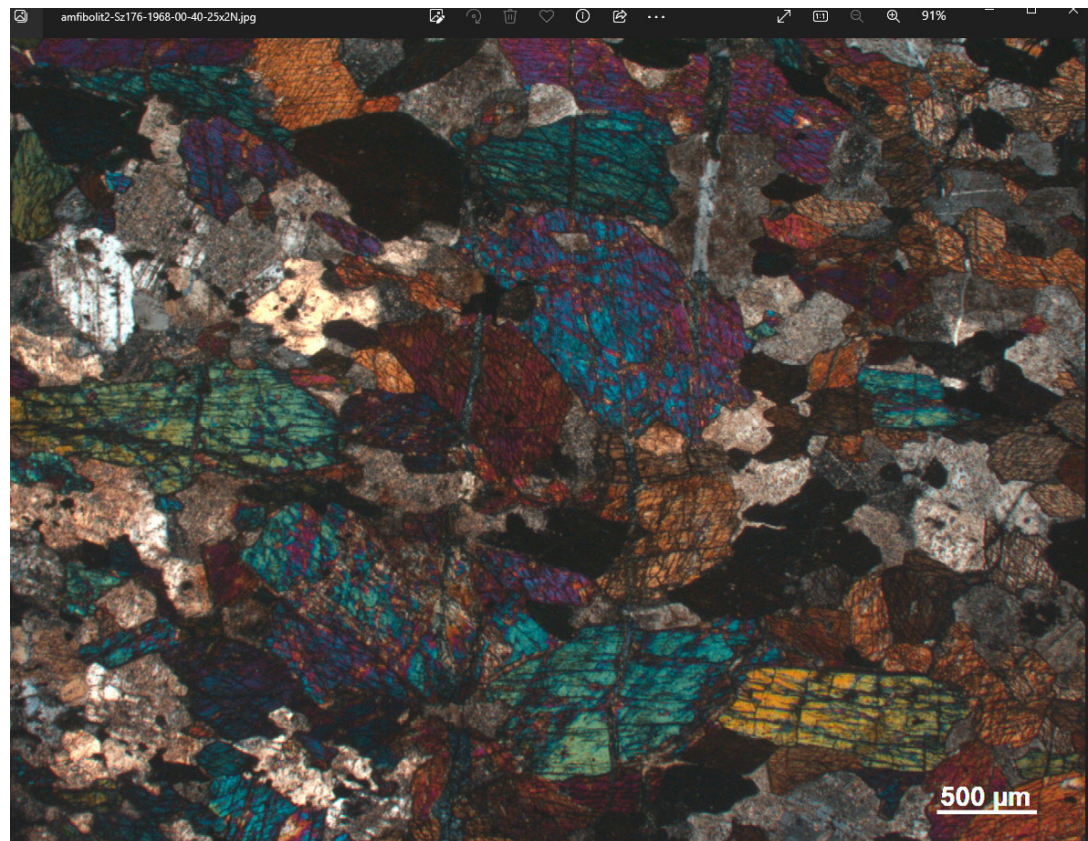
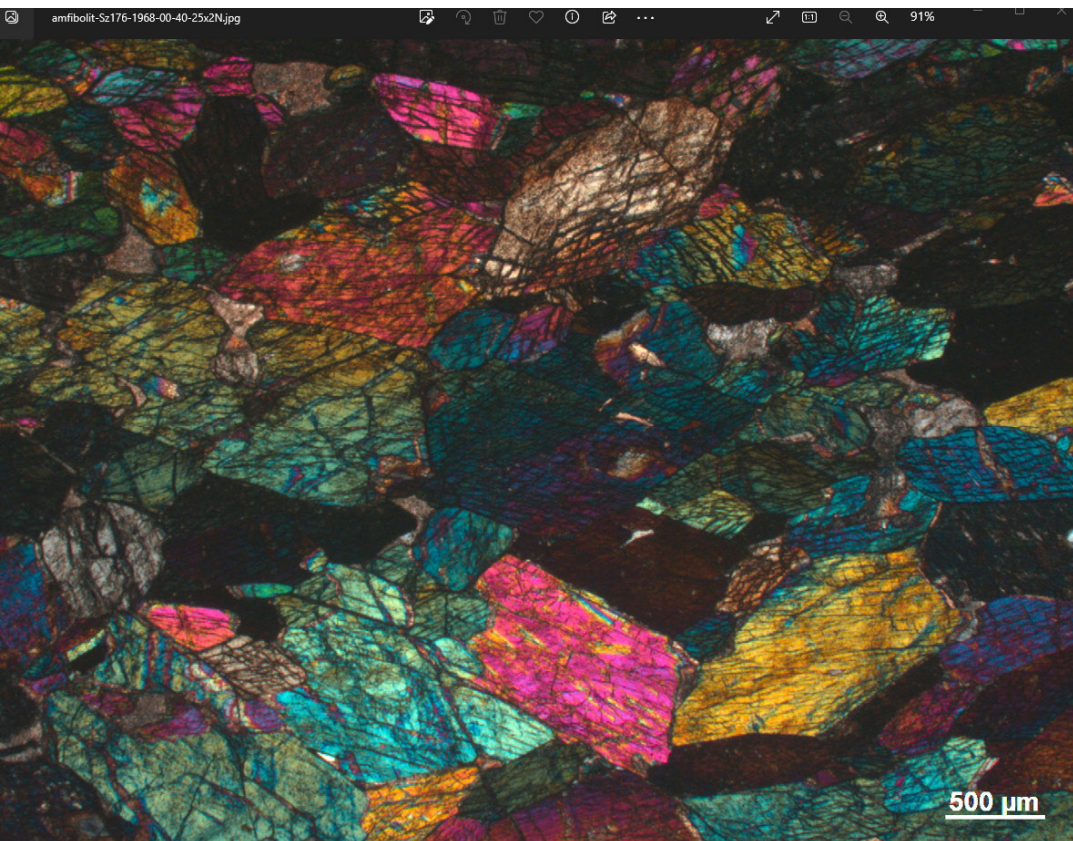
A retrográd metamorfózis általánosan elterjedt, ^{Text} különböző mértékben. Így eltérő hőmérséklet- és nyomásviszonyok között keletkezett ásványegyüttes jött létre.

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

12. ábra

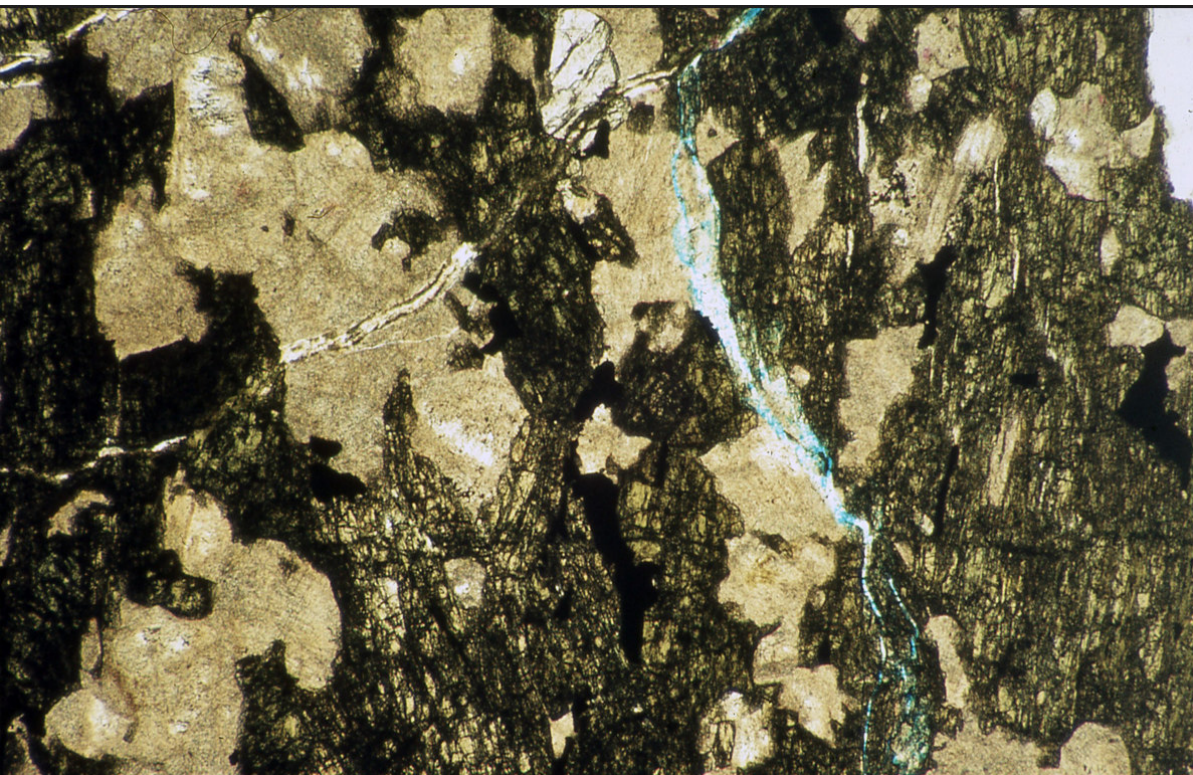


13. ábra

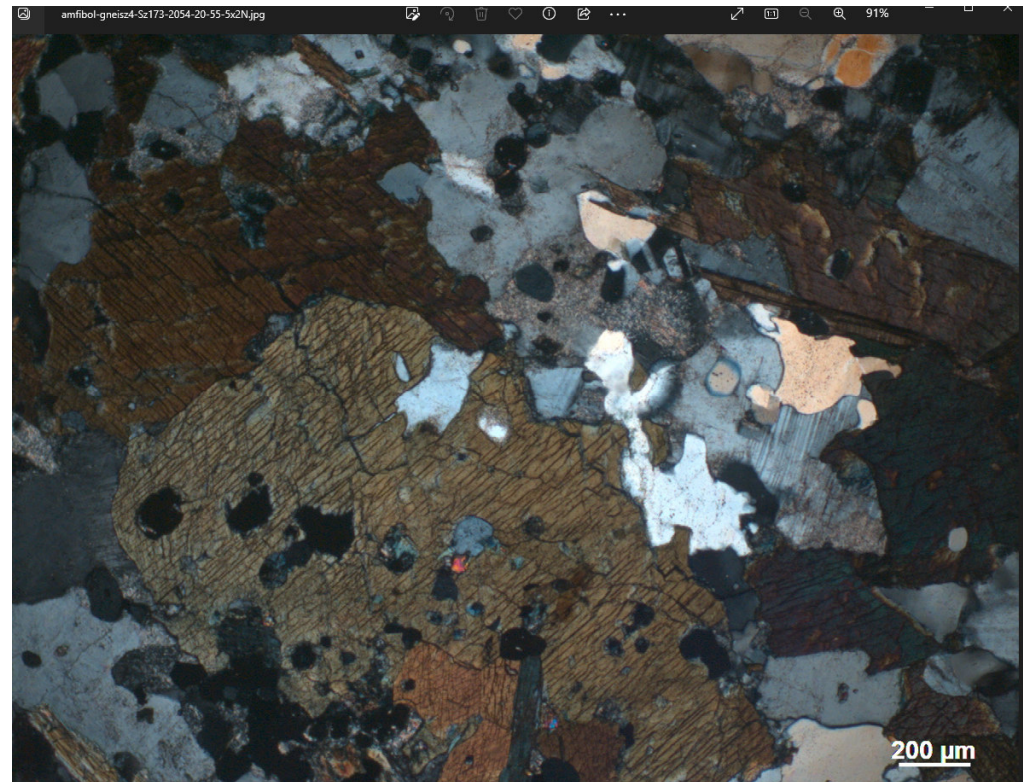


A 13. (Sz–176) és 14/a (Sz–180) ábrán amfibolit ásványi elegyrészei láthatók. A 14/b (Sz–173) ábra amfibolos gneiszében előfordul kezdődő penninesedést mutató amfibolszemcse. A 15. és 16/a ábrák a Sz–173 fúrásból származó, erősen átkristályosodott, szinte teljesen karbonáttá, epidottá alakult változatot mutatnak be. A 16/b ábra a Sz–180 fúrásban megfigyelhető átalakulást képviseli, ahol a földpátok átalakultak, az amfibolból megőrződtek maradványok a szericites, agyagos, karbonátos átalakulási termékekben.

14. ábra

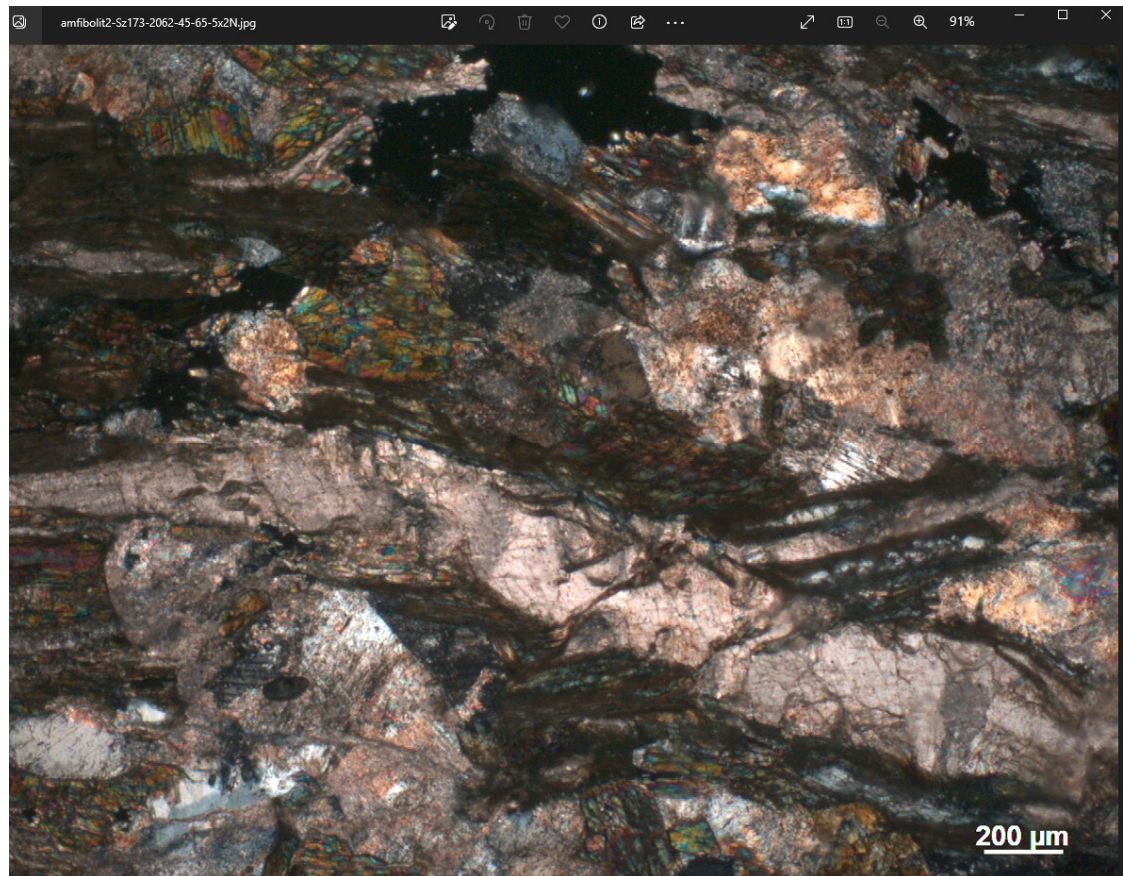


a)

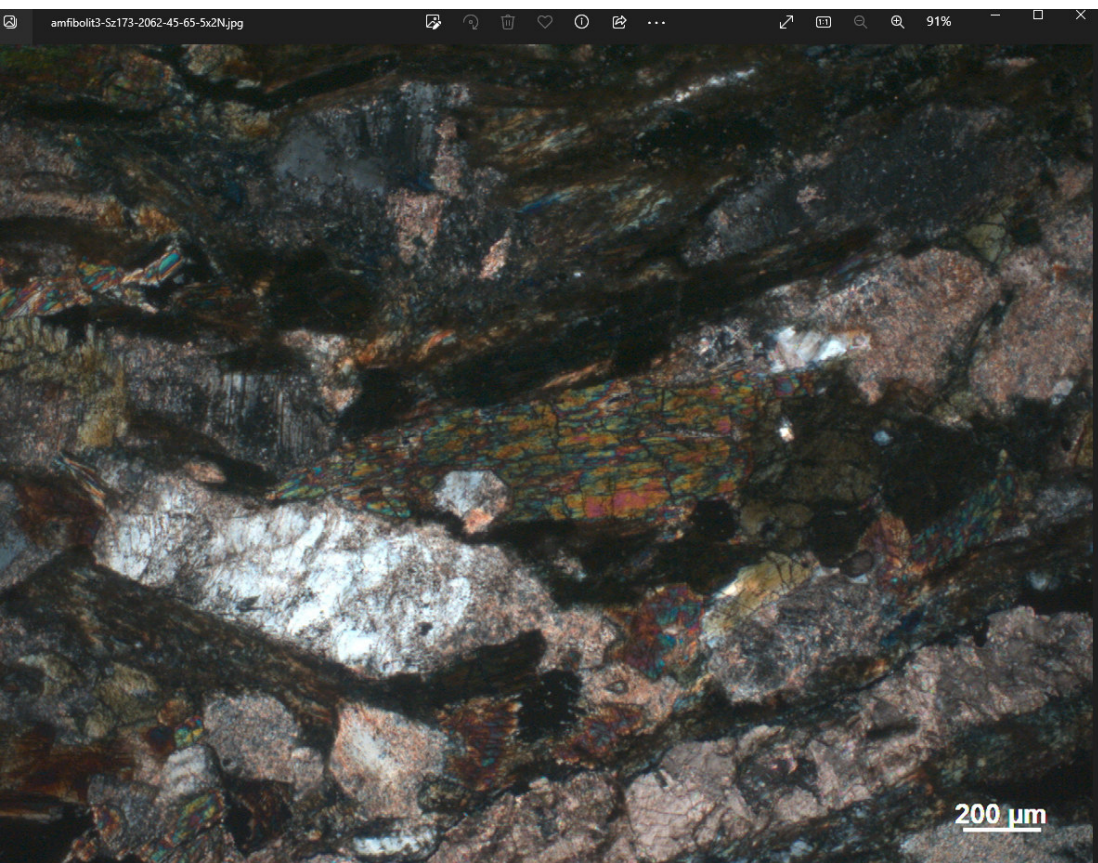


b)

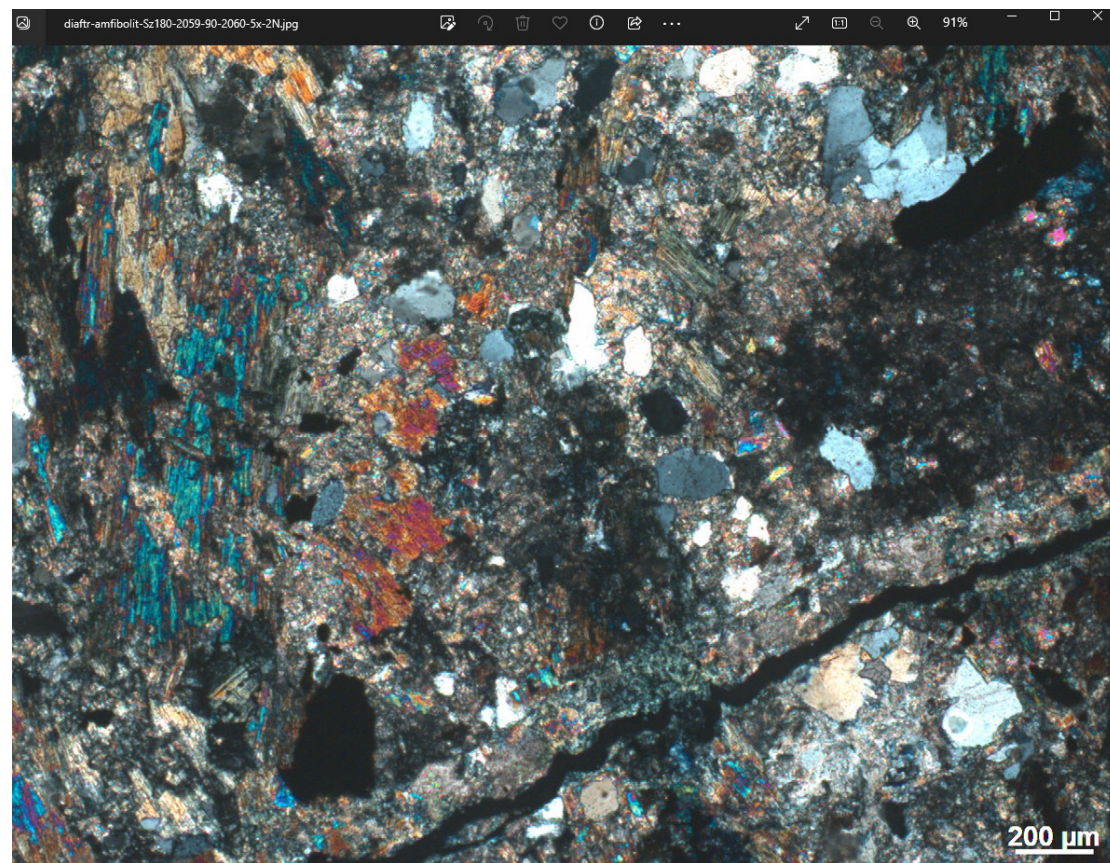
15. ábra



16. ábra



a)



b)

Az Sz–180 fúrás breccsás szerkezetében prehnit (lásd később *27/b ábra*) és laumontit utal az igen kiefokú retrográd metamorfózisra.

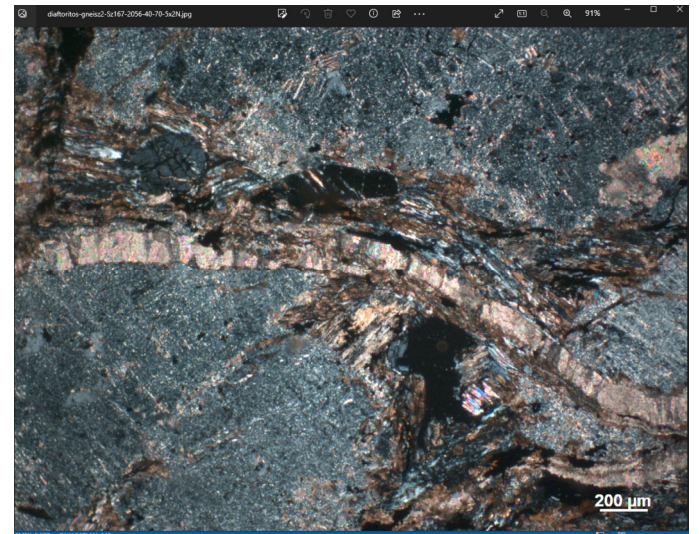
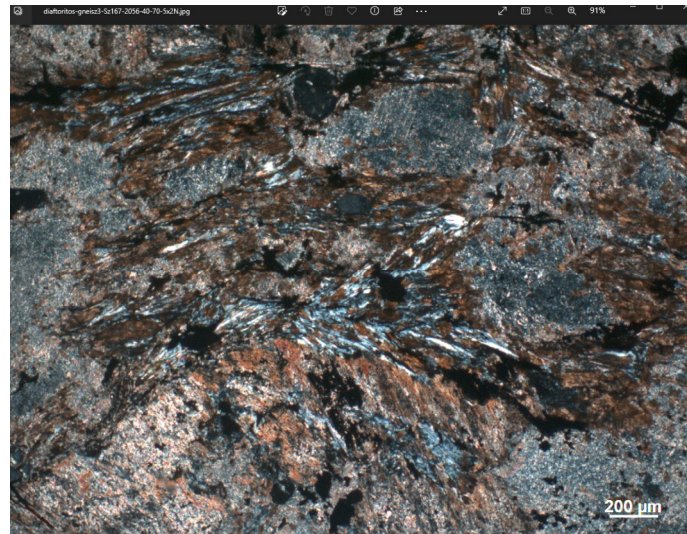
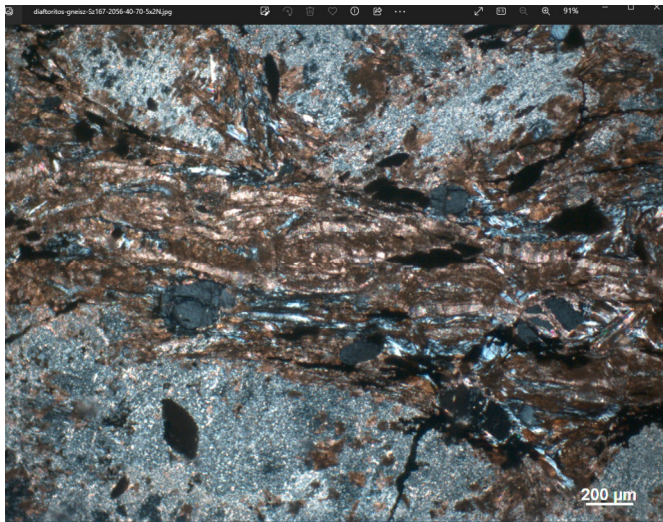
Legerősebb mértékű retrográd átalakulás, legnagyobb vastagságban az Sz–167 fúrás 2049–2067 m közötti szakaszán észlelhető. Ahol az uralkodó mértékben előforduló erősen diaforitosodott biotit(?) gneisz lényegében nem tartalmaz színes elegyrészt, a színe uralkodóan szürkésfehér, fehéresszürke színű, de néhány helyen zöldes árnyalatú közészürke színű, vékony szakaszok is láthatók (*7/a és b ábra* (Sz–167) makroszkópos megjelenés).

A kvarcon kívüli fő elegyrészei szinte teljesen átalakultak. Az eredeti ásványos alkotók közül a földpátoknak néhol látszik a körvonaluk, az esetek többségében teljesen felemészződtek, szericitesedtek, agyagásványosodtak (illit, kaolinit), néhol bizonyára újonnan képződött albit található. A változó mennyiségben előforduló biotitok(?) túlnyomó többsége feltehetően teljesen baueritesedett, kifakult, környezetükben apró opak szemcsékkel, muszkovithoz vált hasonlóvá. Bizonytalan a megkülönböztetésük, mivel a többi elegyrész is átalakult, inkább átalakult biotitnak tekinthetők, mint a muszkovitnak.

A *17. ábrán* (Sz–167) észlelhető az erőteljes változás, az átalakulási termékekből álló mátrixban némely eredeti ásvány átkristályosodott maradványa fordul elő karbonátos erek kíséretében (az epoxigyantás átítatástól a csiszolat kékre színeződött).

Az Sz–167, –173, –176, –180. fúrásokhoz viszonyítva a többi szeghalmi fúrás lényegesen kisebb vastagságban tárta fel az említett kőzetféleségeket, nagyrészt az alaphegység közvetlen felszíni zónájában, vagy az az alatti kb. 50–60 m, néhány esetben 100–200 m körüli mélységben.

17. ábra



Töréses szerkezeti formák ismertetése

A 2. és 3. ábrák szemléltetik az Sz–167, –173, –176, –180 fúrásokban, a magonként megfigyelhető töréses szerkezeti formákat is jelmagyarázat segítségével. Bejelöltem a magok mélységintervallumát. Különböző mértékben repedezett, főleg repedések mentén erősen szétesett, valamint breccsásodott szakaszok különíthetők el.

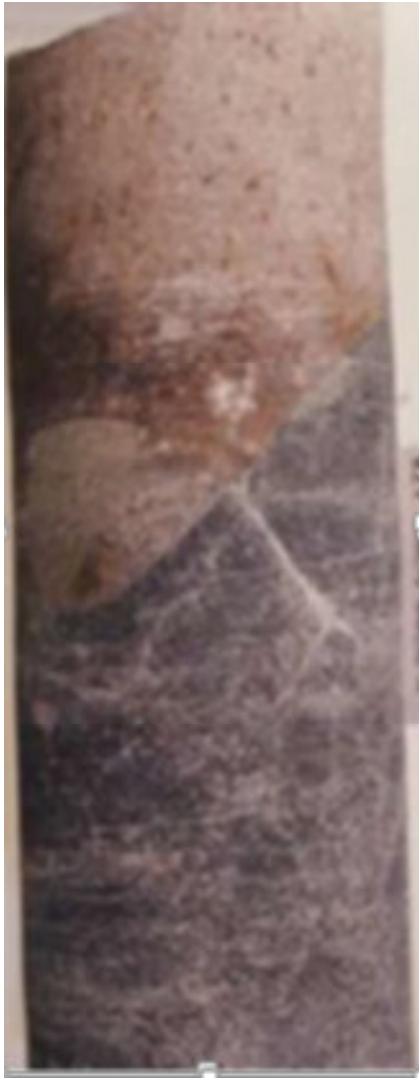
Szubjektív módon, ha a repedések egymástól való távolsága kb. 15–20 cm körül van, a szakasz közepesen, ha a távolság nagyobb gyengén, ha kisebb, erősen repedezettnek nevezhető.

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.

A 2. és 3. ábrán 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. Ezeken a szakaszokon a képződmények erősen felőrölődhetnek, rossz állékonyságúak lehetnek és feltehetően nagyobb mértékű elmozdulás történhetett. Erősen repedezett, vagy kis keménységű breccsás megjelenésű kőzet szakaszokkal határolódnak (2., 3. ábra). Az Sz–180. fúrásban a 10,8 m-es szakasz, közvetlenül a badeni–variszkuszi határ alatt található. Az Sz–180 fúrásban KÖVÁRY József által meghatározott faunával igazoltan badeni homokkő, feltehetően variszkuszi korú amfibolittal tektonikusan érintkezik, amelyet az amfibolitban lévő elvágott leukoér egyértelművé tesz (18. ábra). Az amfibolitból nem készülhetett vékonycsiszolat, azonban a makroszkópos szövete, tektonikai igénybevétele hasonlít a variszkuszi képződményekéhez.

18. ábra



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.

Megemlíthető töréses szerkezeti formák a következők: repedés, mozgási felület, repedésrendszer, vető, oldalelmozdulás, breccsaszerkezet.

A repedezettség jellemzése

A repedések mérete, az alsórendű repedések esetében mikroszkóppal észlelhető mikronos nagyságrendtől, makroszkóposan megállapítható 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, zeolit. A *19/a ábrán* kloritosodott biotitpikkelyen elcsúszó karbonáttal kitöltött mikrorepedés, *19/b ábrán* karbonátos anyaggal kitöltött, zezugos lefutású, feltehetően több szakaszban képződött mikrorepedések hálózata figyelhető meg. A *20/a ábrán* a kb. 200–300 μ széles repedés szélén kloritpikkelyek, a belsejében pedig a képen nem jól kivehetően karbonát, *20/b ábrán* több szakaszban képződött mikrorepedések láthatók. A kb. 300 μ széles, zeolittal kitöltött repedést, a képen nem teljesen jól láthatóan karbonátanyaggal részben kitöltött mikrorepedések (kb. 30 μ) szelik át, illetve helyenként benne futnak.

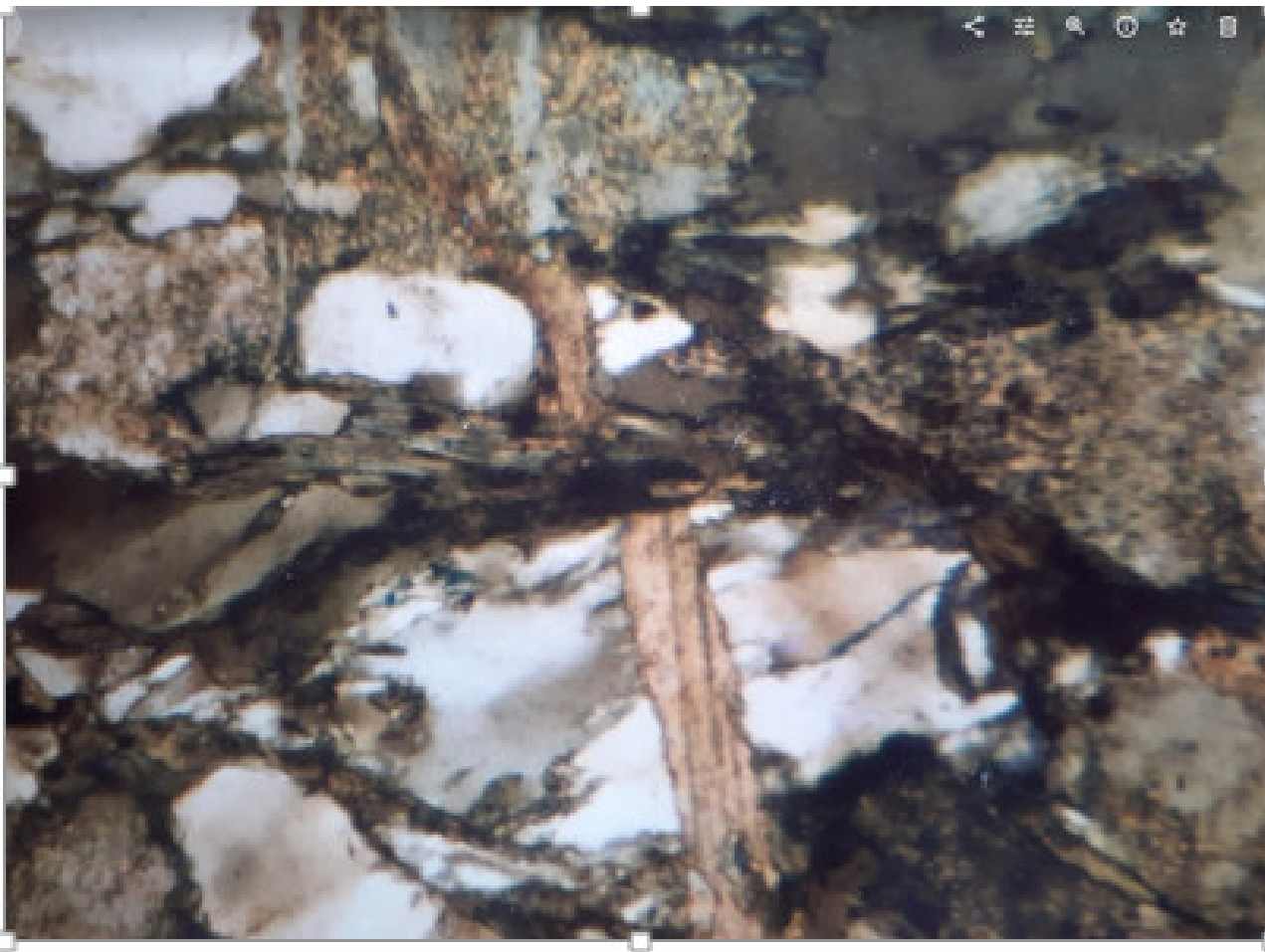
A makroszkóposan megfigyelhető alsórendű repedések többsége keresztezi, néhol szinte teljesen átjárja a kőzetet, amelyek gyakran kaotikus, szabálytalan lefutásúak. A szélességük általában váltakozik 0,5 mm és 1 cm között, néhol átmennek nyitott szakaszba, vagy max. kb. 3–4 cm-es üreggé fejlődnek. Megjelennek 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 kalcitfészkek, kvarckristályok, ritkán 1–2 piritkristály fedezhető fel (*21. ábra* csupán érzékelteti a kristályok jelenlétét, de azok nem jól kivehetőek).

19. ábra

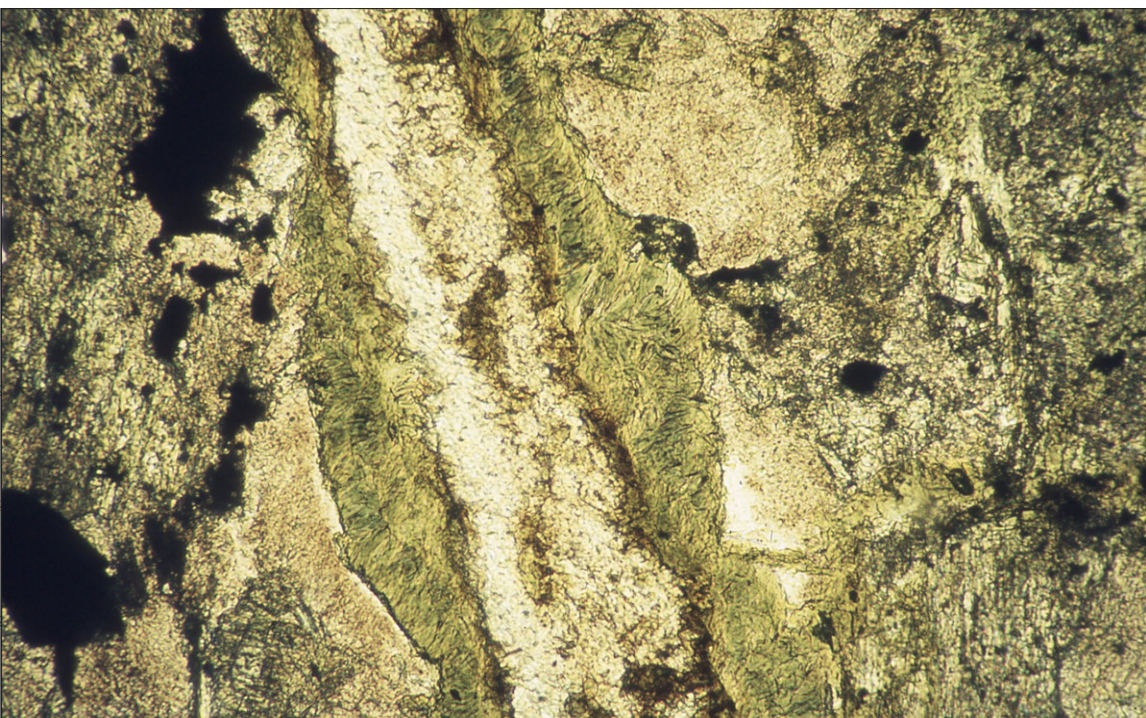


a)

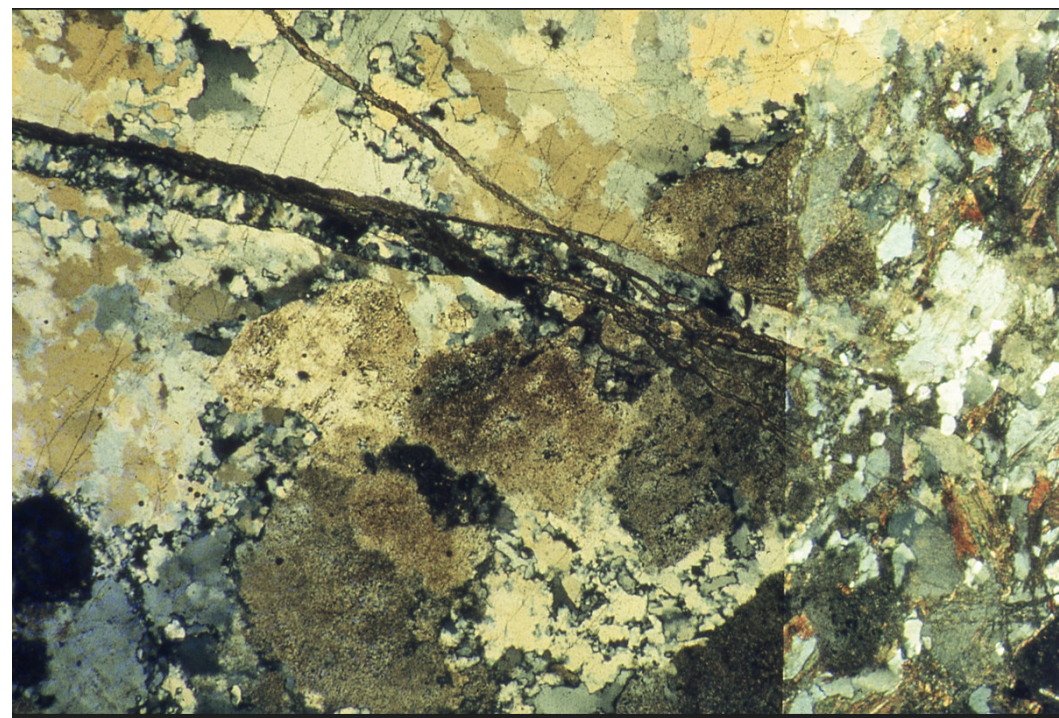


b)

20. ábra

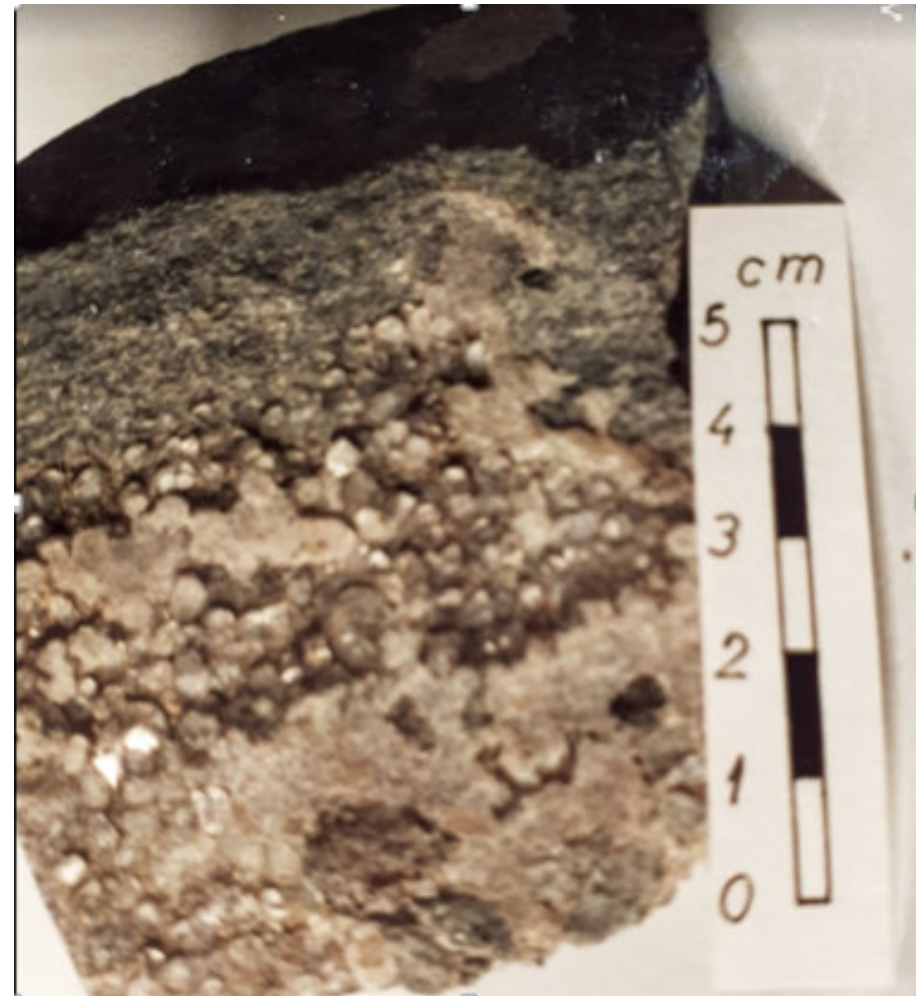
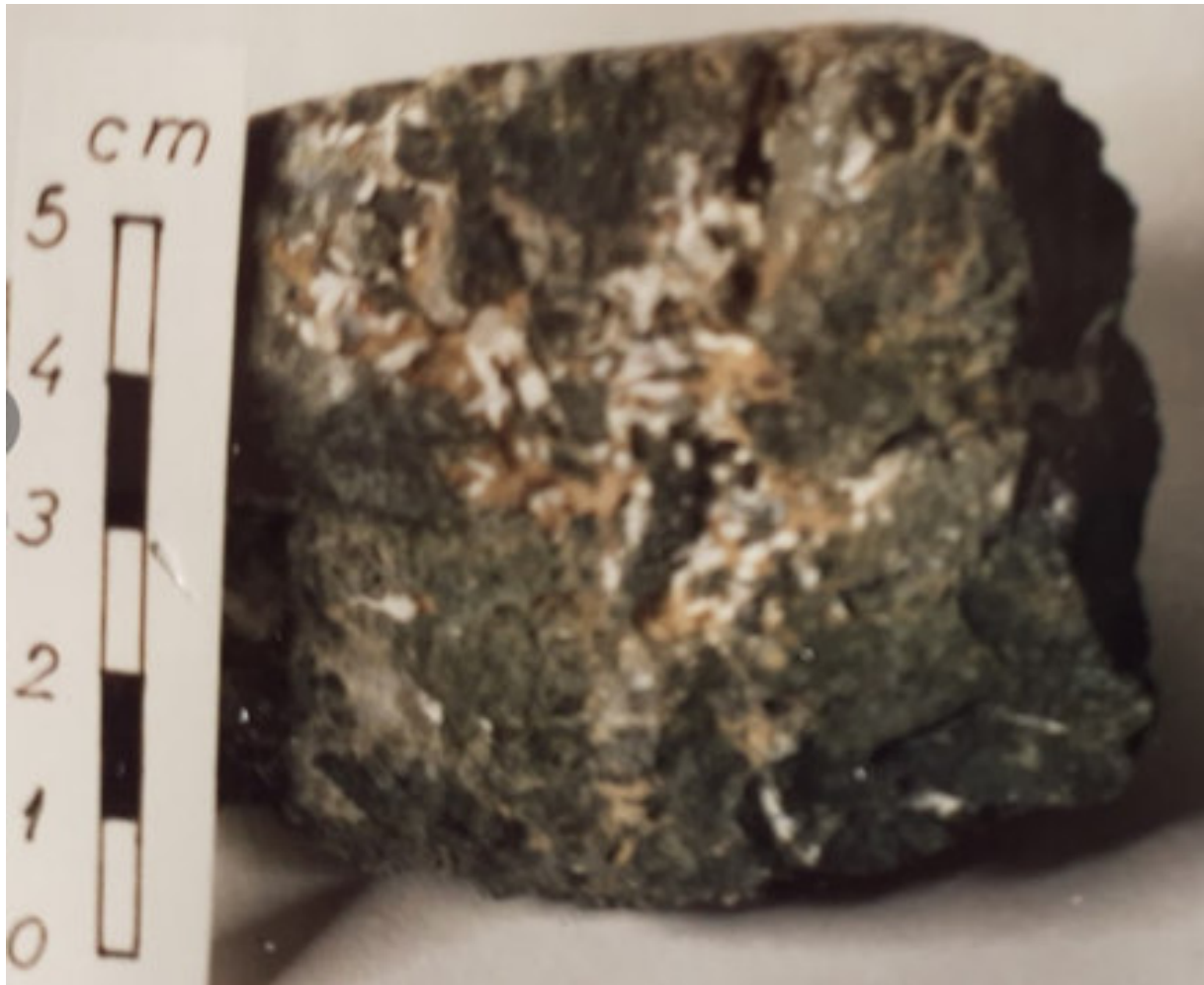


a)

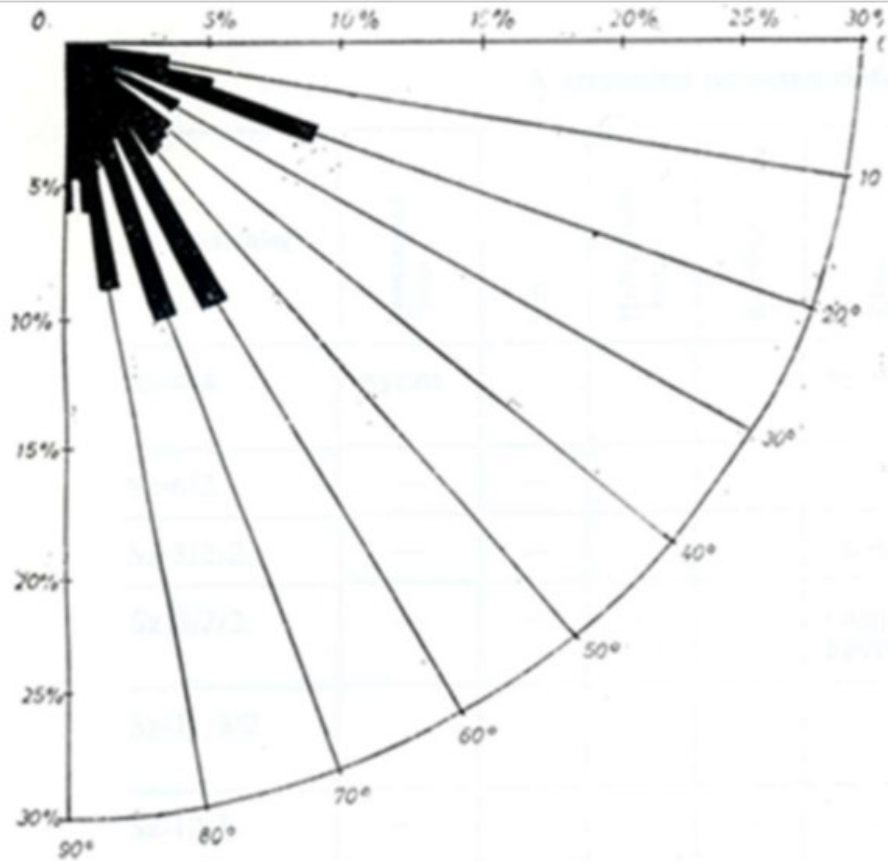


b)

21. ábra



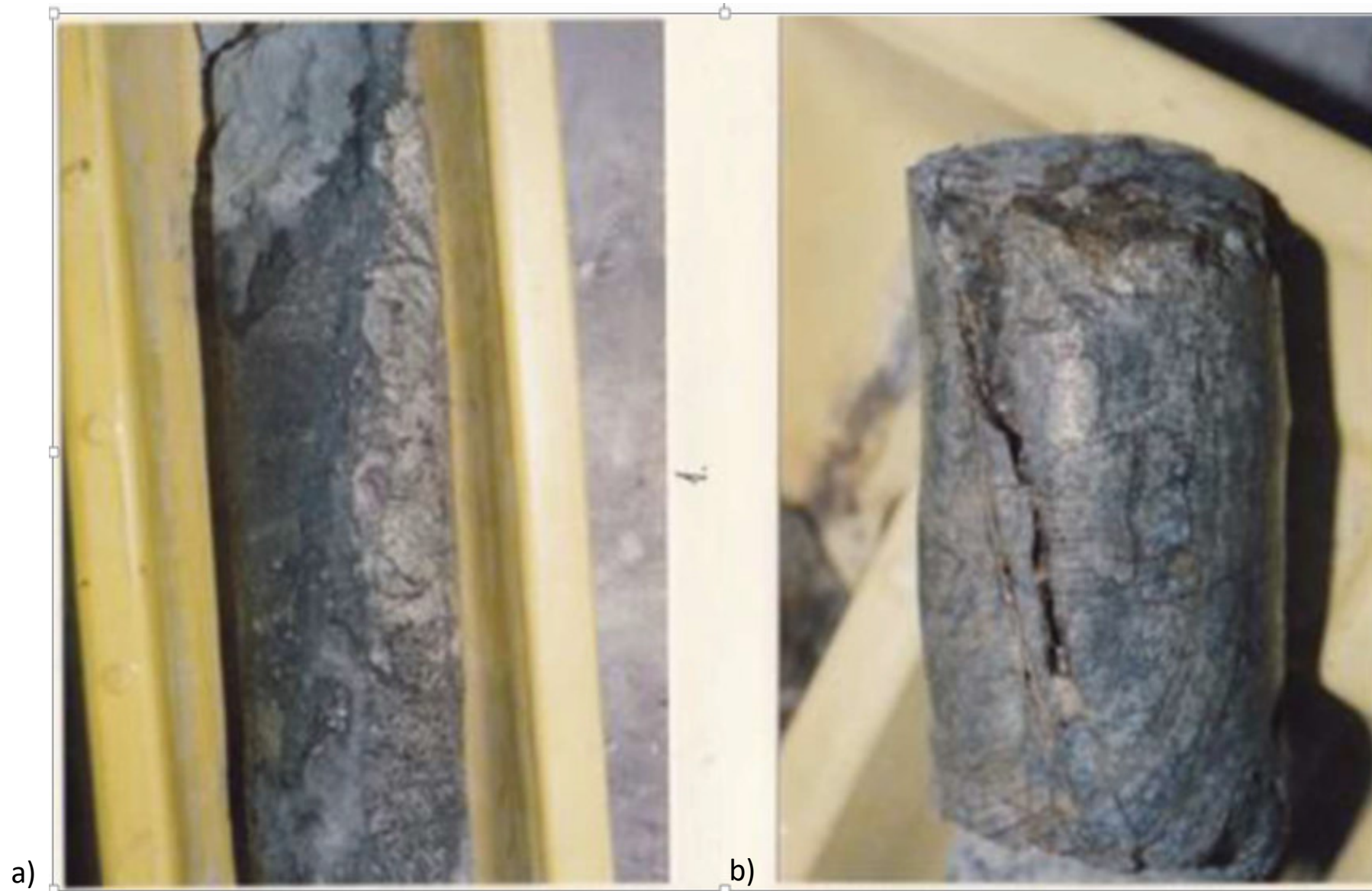
22. ábra



A 22. ábrán láthatóan a szeghalmi területen a repedési síkok dőlésértékei alapján két preferált érték határozható meg: 60–70°, vagy ennél meredekebb és kisebb mértékben előforduló 20° körüli átlagos érték. Hasonló értékek jelennek meg az Sz-167, -173, -176, -180. fúrásokban is.

A repedések magas dőlésértéke tükrözi azt, hogy a vetődés mozgási felülete ferde, meredek helyzetű (23/a ábra) és a húzásos erőhatásra létrejött nyitott repedések is általában meredek helyzetűek (23/b ábra).

23. 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 a kis keménységű breccsaszerkezet finom frakciójára különösen jellemző. Röntgen vizsgálat alapján a klorit nagyobb százalékban mutatható ki, mint az agyagásvány a 180-as fúrásban lévő breccsaszerkezet repedéskitöltő anyagában és a finom frakciójában.

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 felőrlődhetnek a vetődés során. Ilyen felület előfordul még néhány helyen a fúrásban, amelyek megfigyelhetők a könnyen széteső, kis keménységű breccsaszerkezet finom frakciójában. A kb. 90-os dőlésű repedési síkok metsződése esetleg nyírásos kőzetrések kapcsolt 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) ábrázolt repedésrendszerek metszete tükrözi, hogy max. 4 tagból állnak. A repedési síkokat megjelenítő vonalak mellé feltüntettem a dőlésszögüket, amelyek többnyire eltérőek.

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.

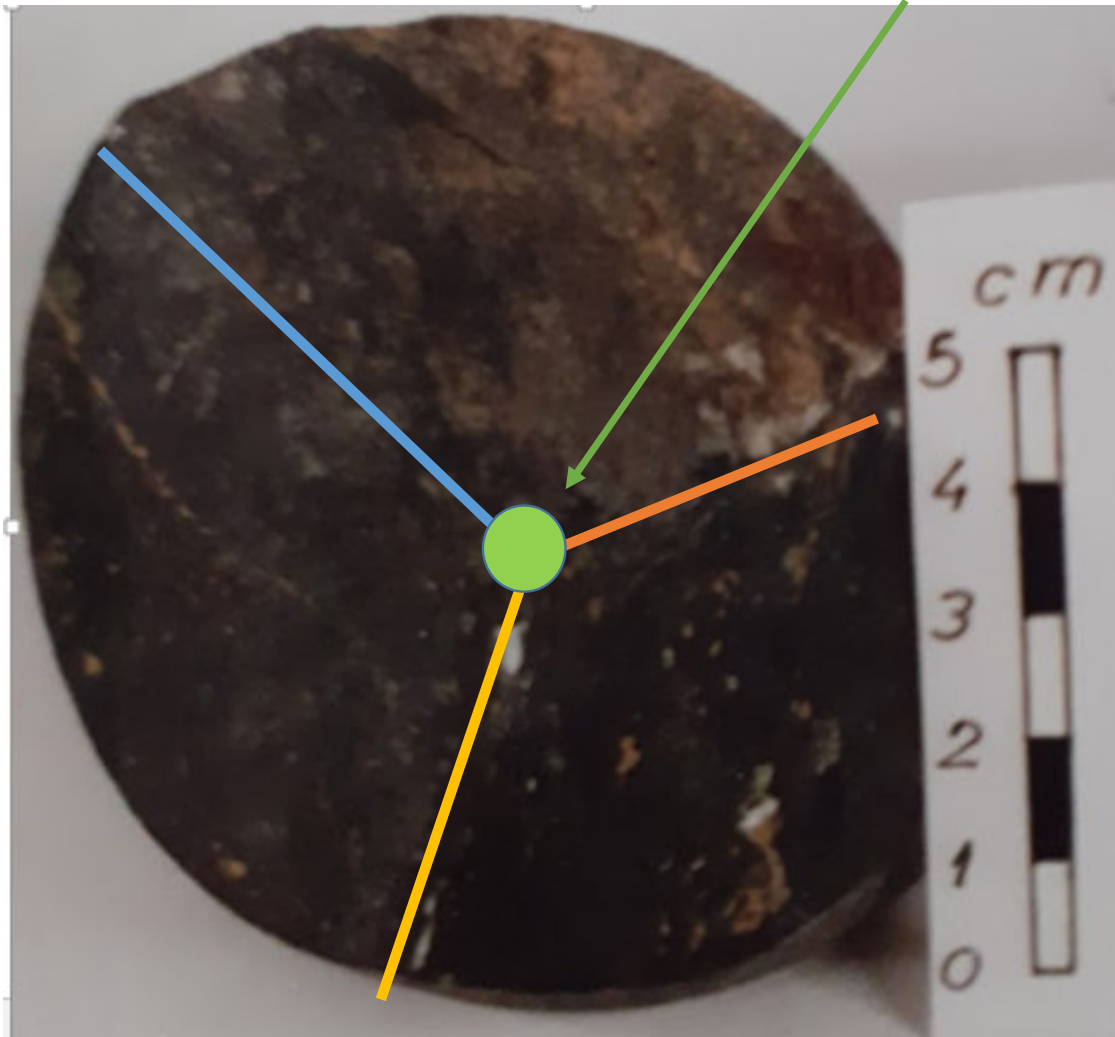
A területen még néhány fúrás variszkuszi maganyagában felfedezhető 2, 3, 4 tagból álló repedésrendszer. A 24/a és b ábrán 2 meredek dőlésű repedési sík metsződése észlelhető. A 25/a ábrán kb. 30, 40 és 65°-os dőlésű síkok metsződése, érintkezése látható felülnézetből.

24. ábra



25. ábra

3 sík felület (kb. 30, 40, 65°) érintkezése



a)



b)

Vetők, oldalelmozdulás

Viszonylag biztosan felismerhető vető látható az Sz–180 fúrás 3. magjában (2001–2008 m), ahol granitoidsávnak több cm-es elvetődése észlelhető 2006,85–2007,00 m között, kb. 50°-os dőlésű vető mentén. A szelvényen (2. *ábra*) felfedezhető, hogy breccsaszerkezethez kötődik. A 8. magban (2061–2065 m) vető jelenléte valószínűsíthető 2063,70 m táján, ahol amfibolit(?) és biotitgneisz tektonikusan érintkezik egymással, amelyet erősen szétesett kőzetsáv kísér.

Az Sz–167 fúrás 3. magjában ((2067–2076 m) 2073,00–2073,40 m között, a kb. 80°-os dőlésű vető az egyik oldalán tartalmaz granitoidsávot, a másik oldalán annak folytatása nincs meg a vetődés következtében (23/a *ábra*) és laza breccsaszerkezethez kapcsolódik.

Az Sz–173 fúrás 5. magja (2076–2083 m) felső részén 2077,10–2077,40 m között két vetősíknak kb. 70°-os metsződése látszik a breccsaszerkezetben. A fúrási szelvények (2. és 3. *ábra*) szemléltetik, hogy a vetődés határolódik felaprózódott, ill. breccsaszerkezettel.

Az Sz–167. fúrás 1. magjában (2049–2058 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 (25/b *ábra*). A rendelkezésre álló nem nagyszámú példa alapján a vető többsége megállapítható.

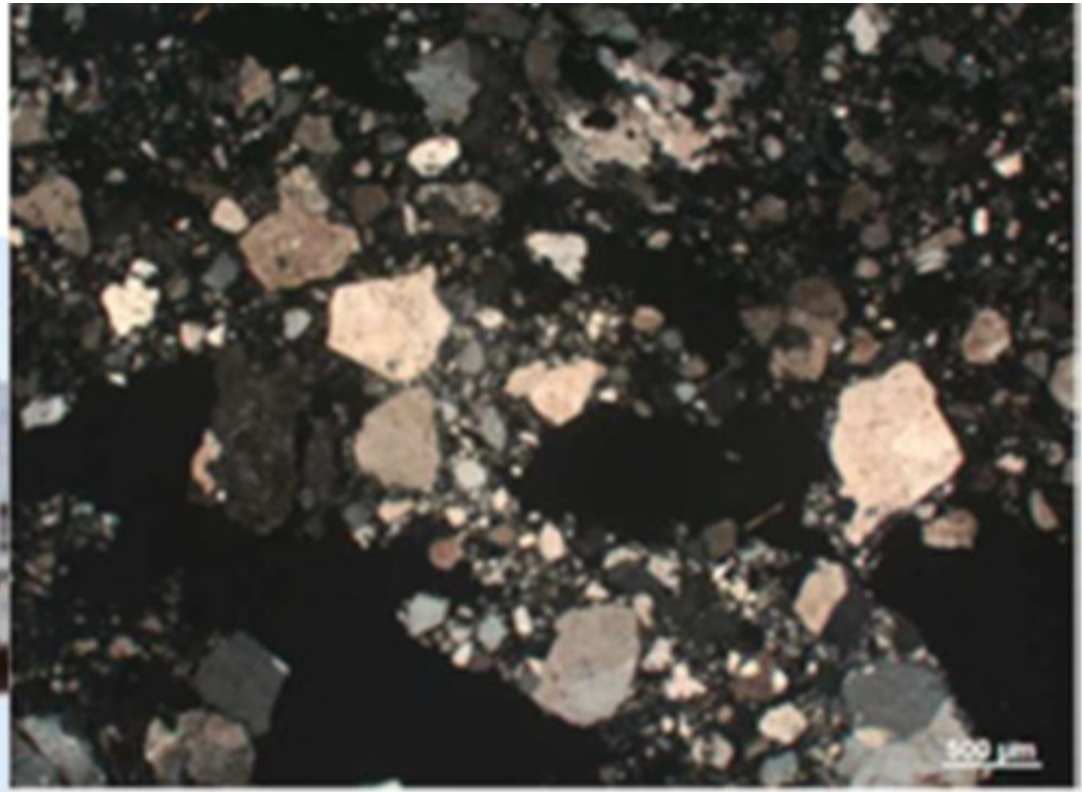
Breccsás szerkezet jellemzői

A 4 db fúrás által kőzetmaggal feltárt 1940–2085 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. és 3. *ábra*). 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.

26. ábra



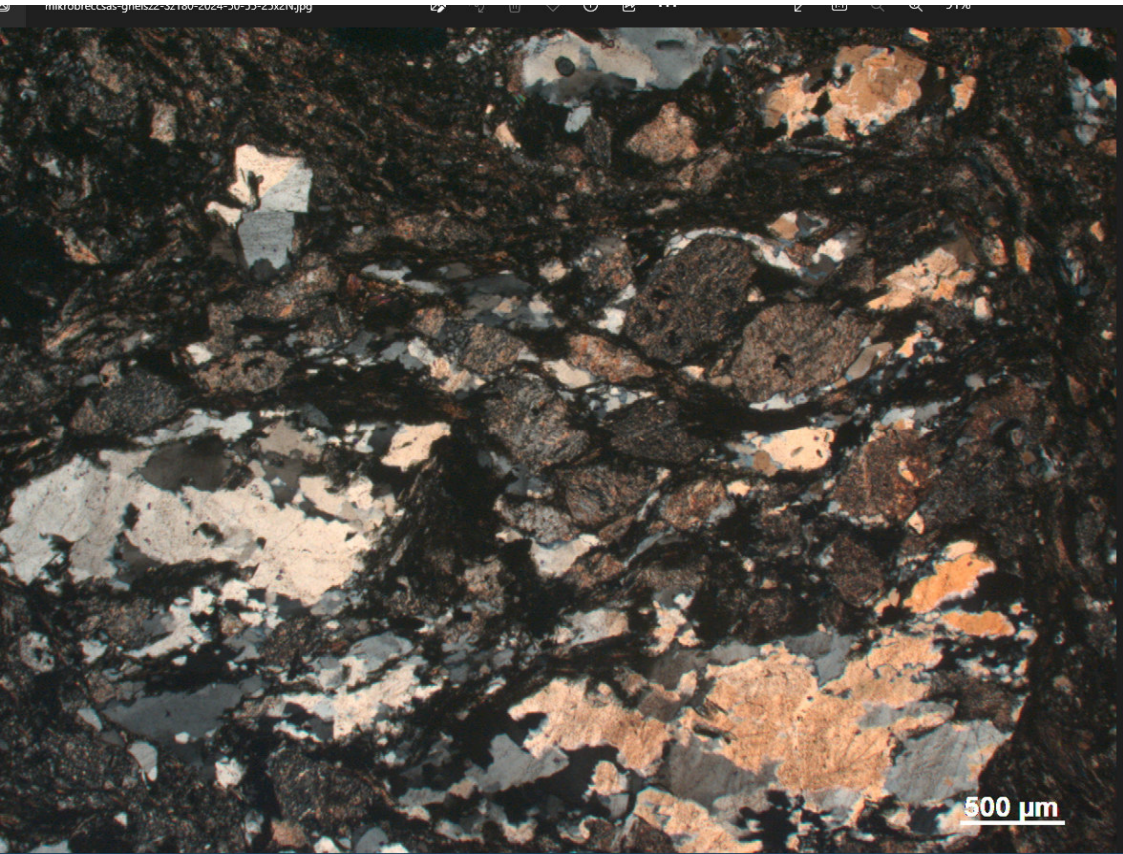
a)



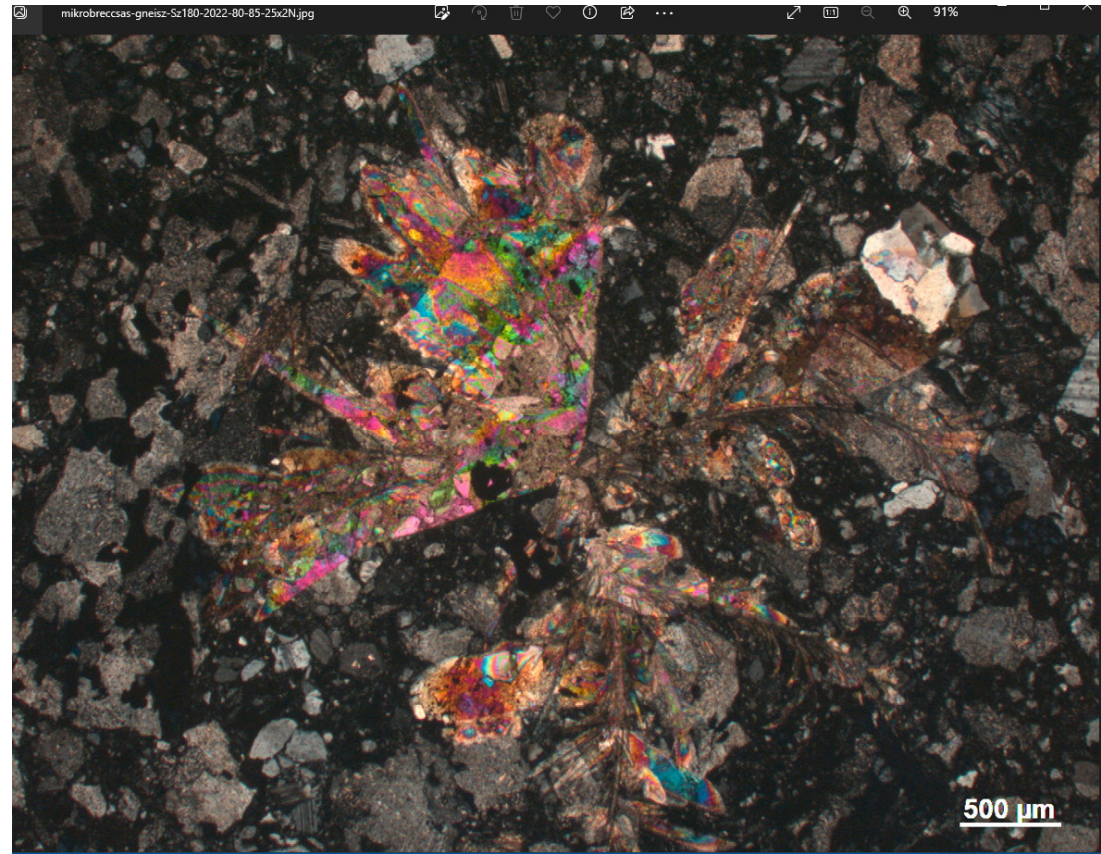
b)

A tömör szövetű szerkezetekben az orientálatlan, általában szögletes, változó méretű, átlag 2–5 cm körüli nagyságú kőzettörmelékek közötti változó nagyságú apró kőzet, ill. ásványi töredékek alkotják a köztes anyagot, amelyeket cementáló anyag fog össze (26/a ábra). Vékonycsiszolati képe mikrobrecsás szövetű, ahol szögletes, néhol kissé lekerekített törmelékek észlelhetők (26/b 27/a és b ábra), közöttük karbonát, szericites, agyagos, kloritos cementáló anyag található. A 27/b ábrán mikrobrecsában a prehnit sugaras-legyezőszerű szemcsehalmazként van jelen.

27. ábra



a)



b)

A laza, könnyen széteső, kis keménységű breccsaszerkezetek finomfrakciójában megfigyelhető elvált mozgási felületek rovátkoltsága rögzíti az elmozdulás irányítottságát.

A *28/a ábrán* az Sz–173 fúrásban, repedések mentén elvált, szétesett breccsaszerű, breccsaalakú granitoidnak valószínűleg a magátmérőnél nagyobb törmelékdarabja fedezhető fel. Így mikrobreccsás szövet nem jellemző a vékonycsiszolati képére. A *28/b ábrán* látható ásványi elegyrészei porfíros szövetet mutatnak, ahol a kvarc kis szemcséjű, szorosan összefogazódott, mozaikstruktúrájú, unduláló kioltású halmaza fogja körbe a nagyméretű rezorbeált szegélyű káliföldpátot, amely bizonyára a finomszemcsés diszperz eloszlású hematitzárványok miatt foltos és a viszonylag sűrű, egyenes hasadási nyomvonalainak metsződése csak néhol látszik, azonban a hasadási szög nem éri el a 90°-ot.

A Magyar Geofizikában, 2022-ben megjelent publikációmban ismertetem a breccsás szakaszok mélységintervallumát, amelyek követhetők a 2. és 3. *ábra* földtani szelvényén. Most elhagyom az adatok felsorolását és csak áttekintő összefoglalást adok.

A fúrási szelvényeken kívül a 8. *ábra* is szemlélteti, hogy az Sz–180 fúrásban 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.

Az Sz–167 fúrásban a breccsásodás 2061,75 m-től kezdődik és 2080,70 m-ig fordul elő vékony sávok formájában. Az 176. fúrásban a breccsaszerkezet nem gyakori, a 2. magban (1948–1956 m) és a 3. magban (1956–1965 m) látható 2-2 helyen.

Az Sz–173 fúrásban a legkisebb mértékű és 2049–2051 m és 2077,10–2077,41 m között fordul elő. Az első szakasz granitoidsávhoz, a második szakasz amfibolithoz köthető, az utóbbinál kb. 2–3 cm-es amfibolitdarabok között átalakult, mállott amfibolit látható.

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

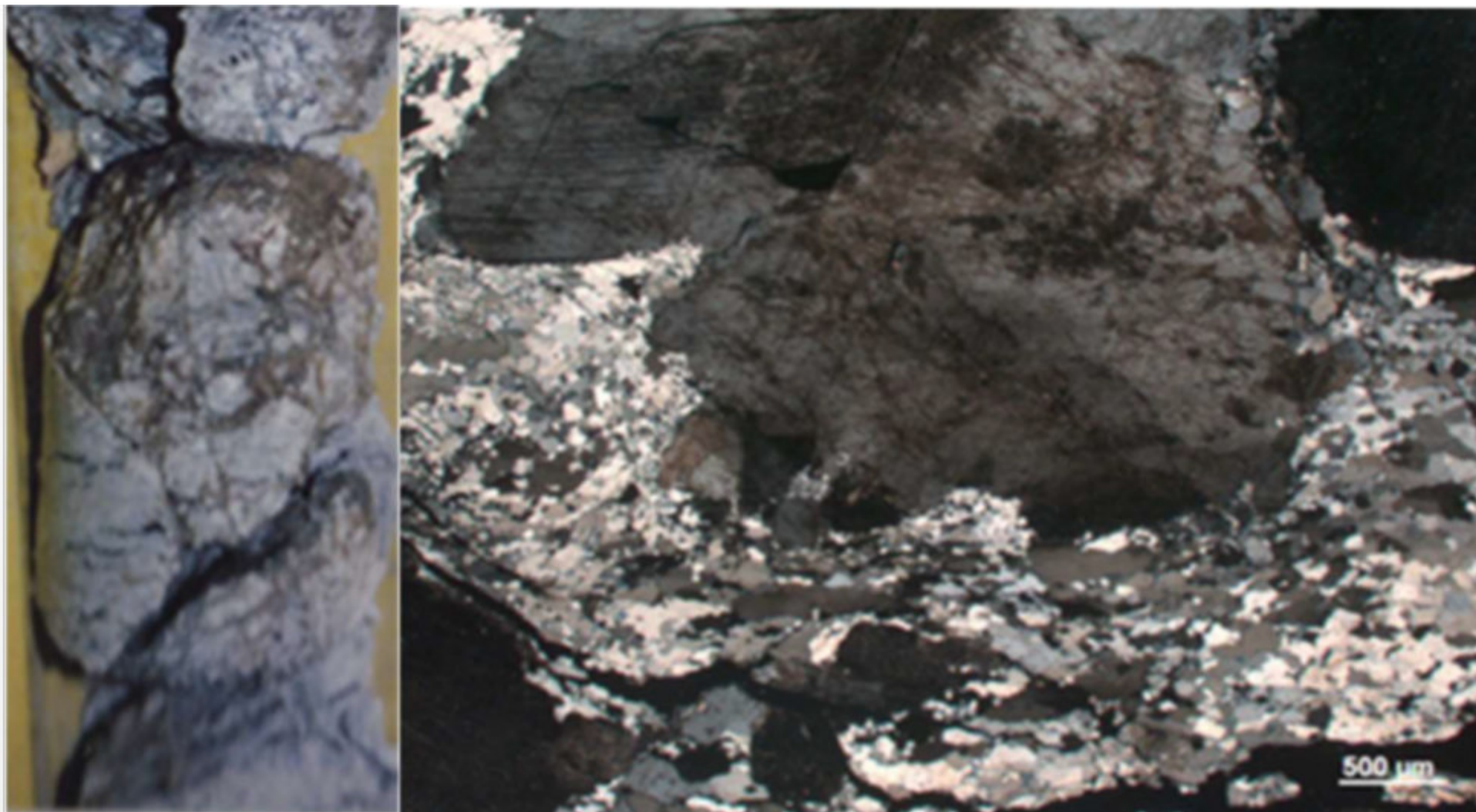
Az uralkodóan amfibolból és földpátból álló amfibolitok – amfibolos gneiszek főleg repedezettek, az ásványi elegyrészek utólagos átalakulásával, elmállásával a kőzet összetartása meglazul. Az előforduló üregek a granitoidsávokban észlelhetők. Természetesen olyan tektonikai erőhatás felléphet, amely itt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

A kvarc–földpátdús kőzetrészek általában repedezettek, töredezetek, törmelékes 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. Agyagásvánnyal, klorittal borított repedési síkokhoz hasonlóan a biotitdús sávok is jól vezetik a mozgást.

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

A területen a biotitok, a gneiszes és palás szerkezetekben fő elegyrészként vannak jelen, nagyon változatos megjelenésűek, gyakran deformáltak, hajlítotak, átalakultak. Orientálatlanul felaprózódott, szétkenődött kb. 10–200 μ nagyságú pikkelyes és a kőzet eredeti foliációját meghatározó, kb. 1000 μ nagyságú, jól megfigyelhető hasadási nyomvonalakkal, léces–táblás kifejlődés egyaránt látható, ahol később kivált biotit mintegy „ráül” a korábban képződöttekre (29. *ábra*). Előfordul, hogy apró biotit pikkelyekből álló koszorú övezi a részben kloritosodott biotitot tartalmazó gránát szemcsét (30. *ábra*).

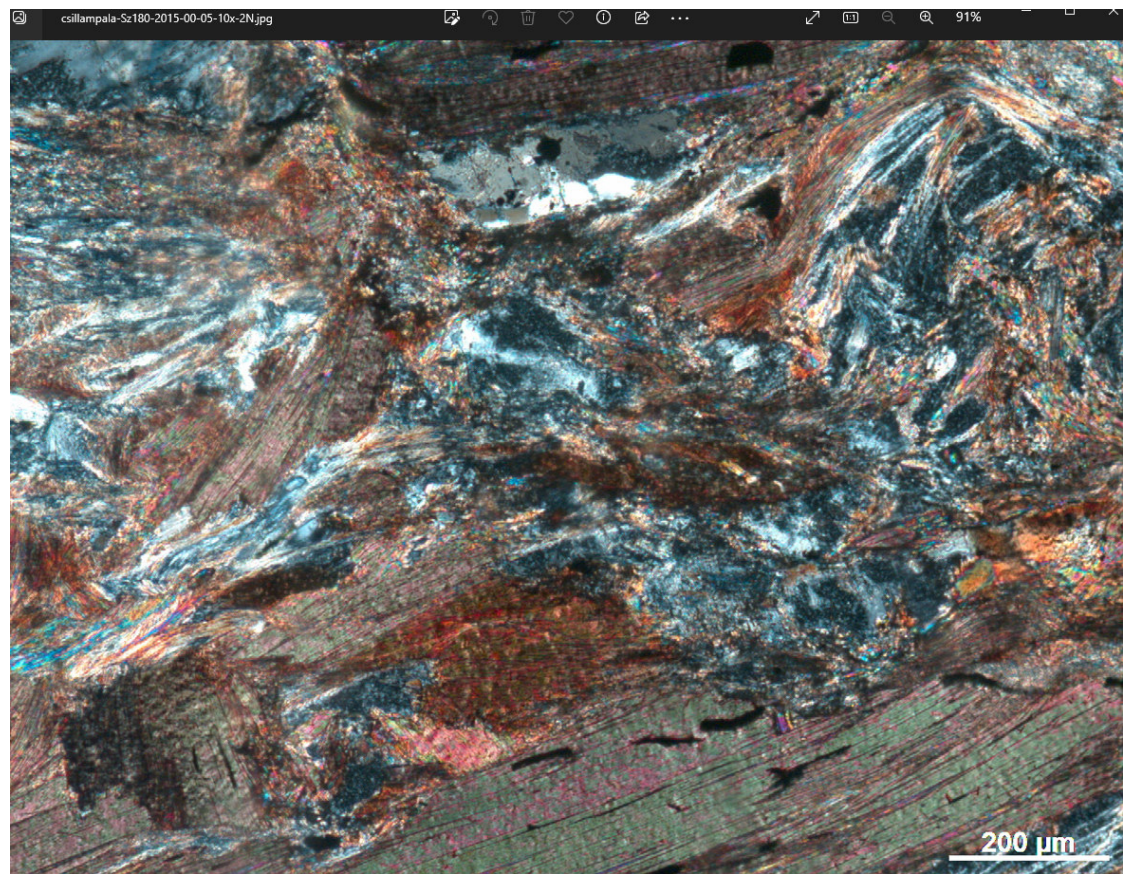
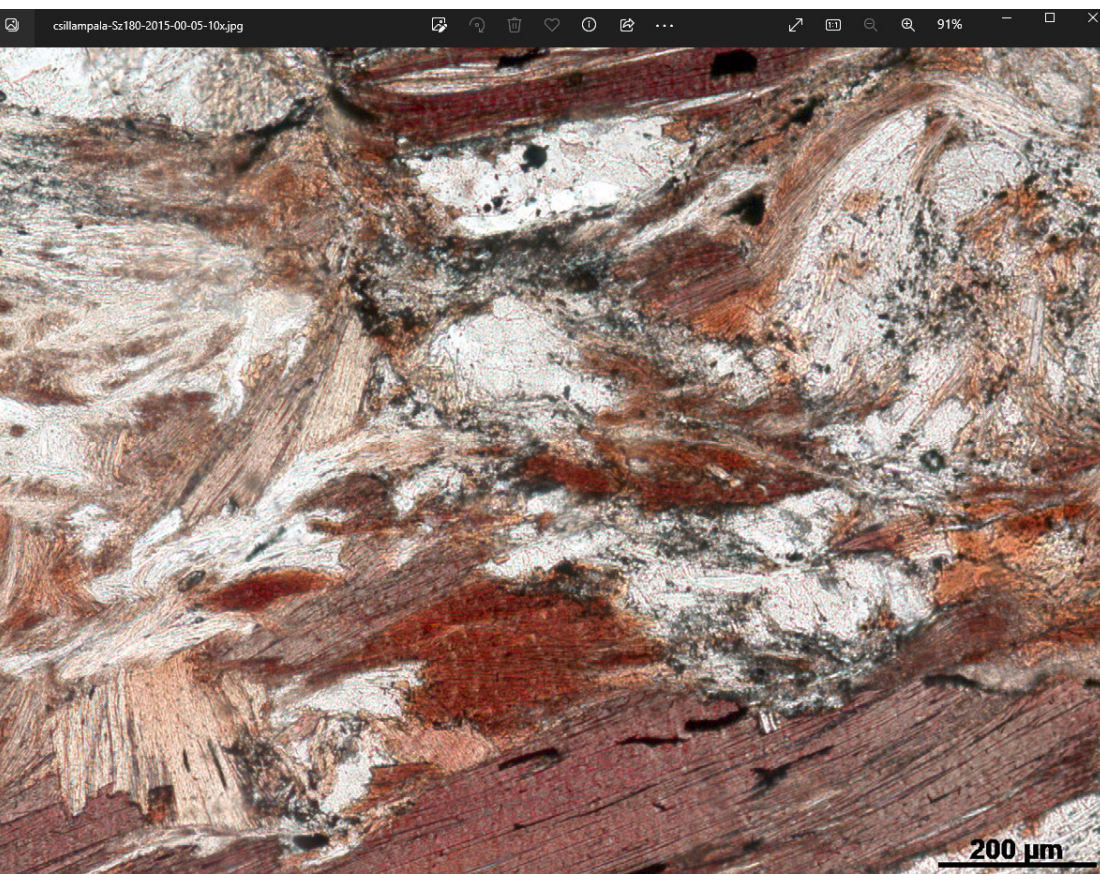
28. ábra



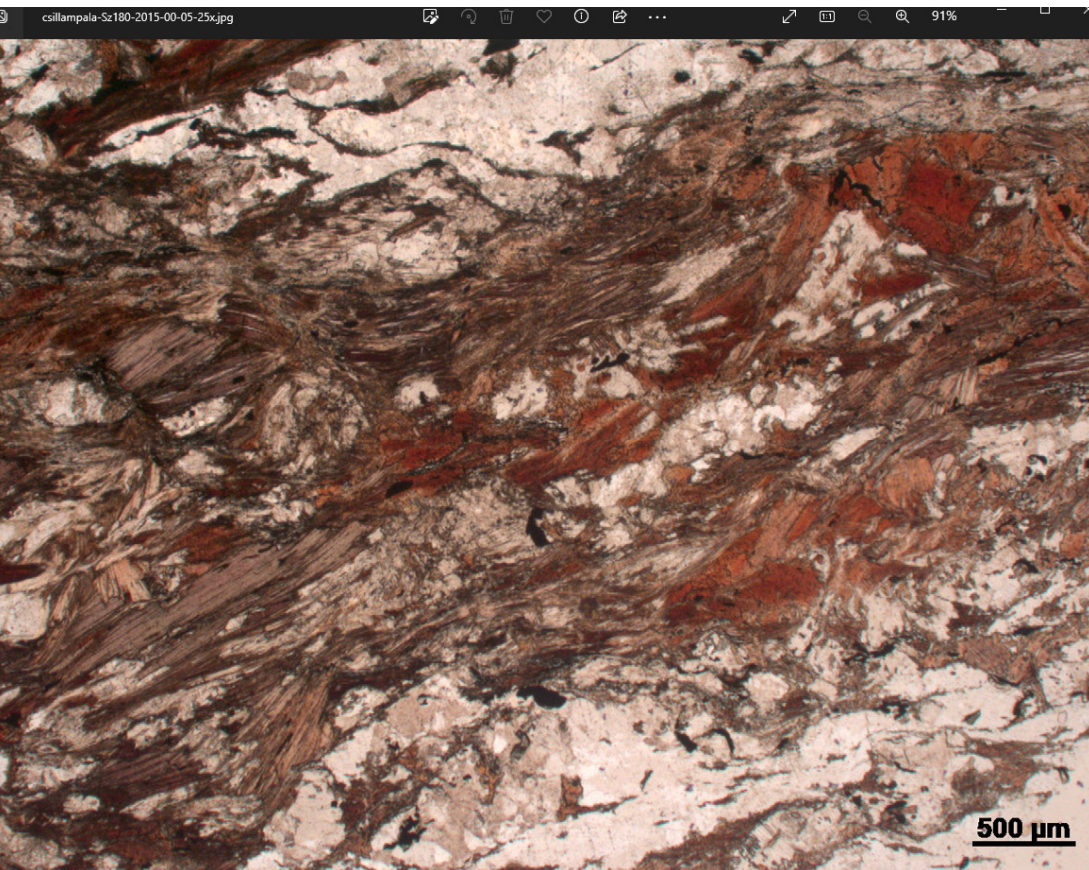
a)

b)

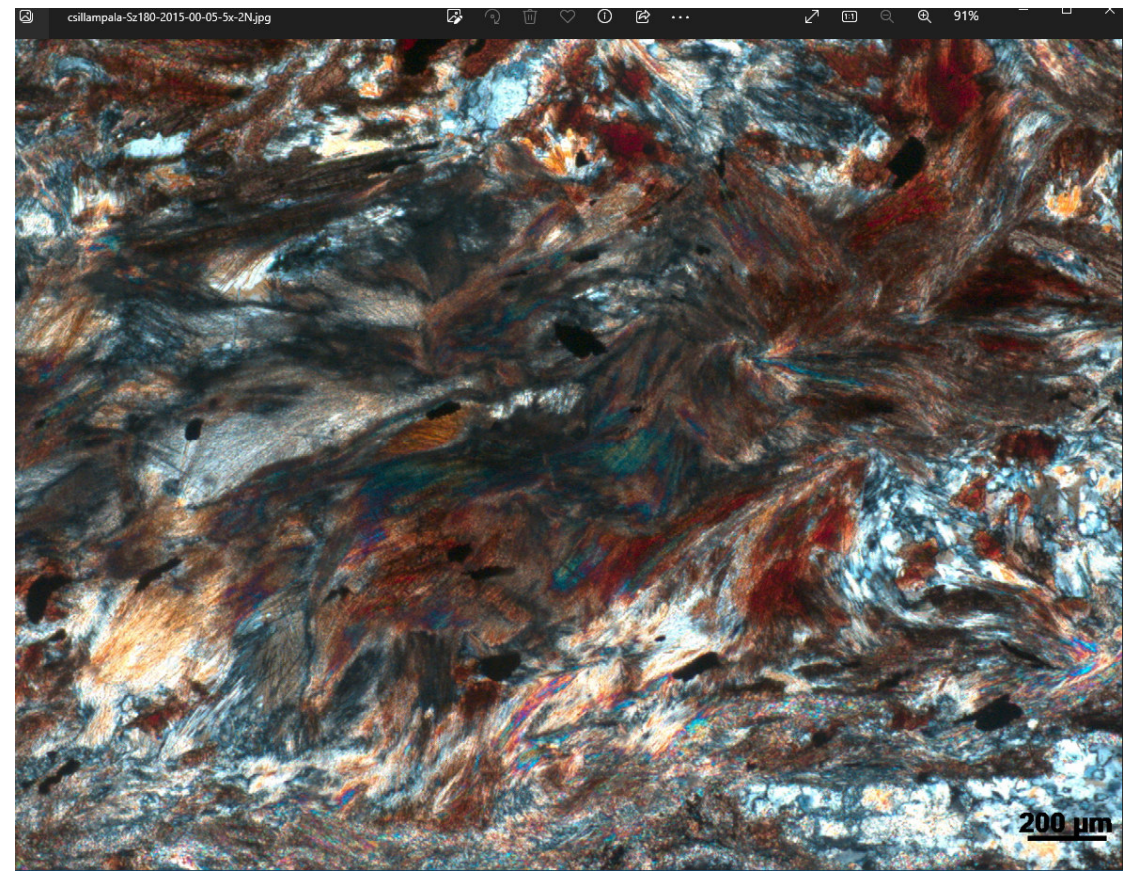
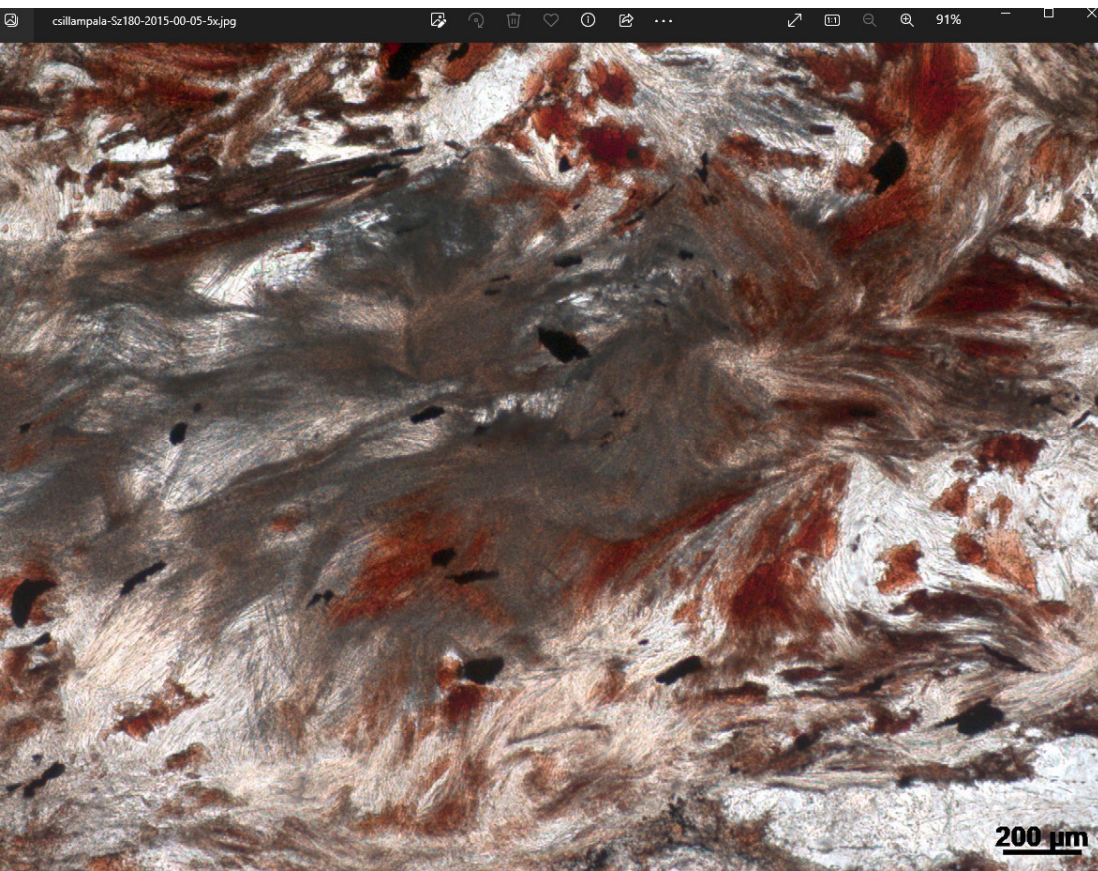
29. ábra



30. ábra

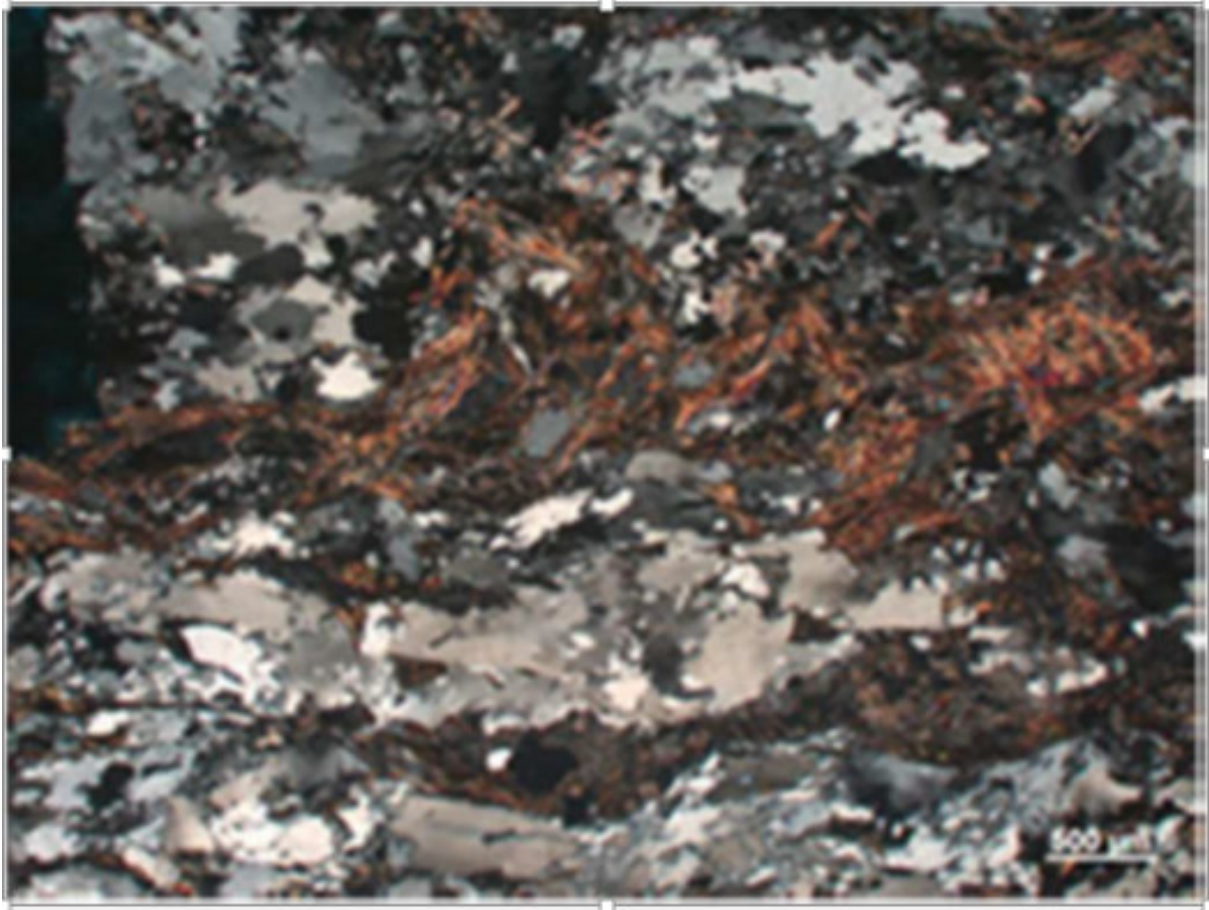


31. ábra



A biotit szálak-rostos elvégződése is megfigyelhető (31. ábra), valamint összetétel változásra utalható, foltos, nem egységes kioltás is előfordul.

32. ábra



Nyírási erőhatásra a kvarcsejcsék részben deformálódtak, az eredeti paláságnak megfelelően megnyújtott, mozaikstruktúrájú, unduláló kioltású sávokat alkotnak és változatosan deformált biotitokat tartalmaznak (32/a ábra). Makroszkóposan néhány mm-es kvarcdús sávok vékonycsiszolatában nyírási zónára jellemző, porfiroklastokat körülölelő újrakristályosodott kvarcsávocskák „folyási” szerkezete (32/b ábra) vehető észre.

Összefoglalás

Kőzetmaggal feltárt 1940–2085 m közötti szakaszon, a 2. és 3. ábrákon jól észlelhetően, mindegyik fúrásban, különböző mértékben repedezett, helyenként elválási felületek mentén erősen szétesett metamorf összletben felaprózódott, breccsásodott sávok, vetődések, eltolódás és a szelvényeken bejelölhetetlen mikroszerkezeti bélyegek találhatók. Az is megállapítható, hogy a fúrások kőzetanyagai az alaphegység felszíni, felszín közeli 91 m vastagságú zónáját reprezentálják.

A 8. ábra rátekintést ad az Sz–167, –180, –173, –176 fúrások egymáshoz viszonyított szerkezeti helyzetére. Eltérő mélységben található variszkuszi határral rendelkeznek, valószínűleg vetődés miatt, amely jelentős mértékben eredményezhette a breccsaszerkezet kialakulását is. Az egymástól legközelebb, kb. 1,5 km-es távolságban elhelyezkedő Sz–180 és 167 fúrásokban a breccsaszerkezet gyakori. Az említett fúrásoktól kissé nagyobb távolságban D-re található Sz–176-ban ritkább és a K-re lévő Sz–173 fúrásban a legritkább. A 8. ábrán bejelöltem azokat a szakaszokat (10,8 m és 27 m) is, ahol 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. A Sz–180 fúrásban a 10,8 m-es szakasz, közvetlenül a badeni–variszkuszi határ alatt található.

A terület elég jó feltártságának köszönhetően, a magvizsgálatok alapján megállapítható, hogy a variszkuszi aljzatra közvetlenül miocén, faunával kimutathatóan badeni üledékes kőzetek települnek, amelyekben megtalálhatók a variszkuszi aljzat lepusztulásából származó törmelékek. Vetődés és az aljzatra ért erózió hozzájárulhatott ahhoz, hogy az egymástól nem távol elhelyezkedő fúrásokban feltárt képződmények nem korrelálhatóak. A töréses szerkezetek kőzetképződés utáni szerkezetalakulásoknak minősülnek, és feltehetően a szeizmikusan értelmezhető mozgások nyomainak tekinthetők, amelyek bizonyos elemei jelezhetik az időbeli eltérést, valamint a mozgások jellegét.

Az Sz–180 fúrás teljes maghosszán dokumentáltam repedésrendszert, amely megfigyelhető az egész területen. Ennek alapján feltehetően 4 eltérő korú és irányú mozgás nyoma tételezhető fel. A különböző dőlésszögű repedési síkok metsződése minden bizonnyal nem egyidejű tektonikai eseményekre utal, amelyet megerősíthet az eltérő orientációjú barázdákat tartalmazó felületek metsződése. A kb. 90°-os dőlésű repedési síkok metsződése esetleg nyírással kapcsolatos repedésrendszerének tekinthető.

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

Az említett jelentős mértékben maggal mélyített fúrásokban a kisméretű vetődéses, eltolódásos deformáción túlmenően, a 8. ábrán szemléltetve ritkán a magátmérőnél nagyobb mértékű meredek dőlésű vetődés, ill. egy helyen közel vízszintes eltolódás észlelhető.

A mérési eredmények, ill. megfigyelések valószínűleg főleg vetőkre és alárendelten lapos szögű elmozdulásokra utalhatnak és összhangban lehetnek a szeghalmi területet érintő alábbi geofizikai értelmezésekkel.

ALBU & PÁPA (1992) értelmezése szerint az aljzat É–D-i csapású normál vetők mentén feldarabolódott. REDLERNÉ & KUMMER szeizmikus szelvények értelmezése alapján kimutattak lapos szögű 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°-kal 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.

Köszönetnyilvánítás

Az 1980-as évek végén a Szolnoki Kőolajkutató Központ részéről Dr. SZALÓKY István rendelte meg a SZKFI-től, a szeghalmi repedezettség vizsgálatokat és példaértékűnek minősítette a feldolgozásom, köszönet érte. Hálával gondolok a férjemre, aki mindig önzetlenül segített a tanácsaival, bírálatával.

A jelenlegi összefoglaló jelleggel és részben utólagos értelmezésem alapján történt újrafeldolgozás kapcsán köszönöm a MOL részéről BOTKA Dánielnek a vékonycsiszolati felvételek elkészítését publikálás céljából és Dr. SZINGER Balázsnak MOL vezetőnek az engedélyezését. Néhány vékonycsiszolati felvételt még én készítettem egykor.

Köszönöm családomnak, különösen KAKUK Zénó unokámnak, a számítógépes megjelenítésben nyújtott nélkülözhetetlen segítségét.

Köszönet jár, már az előadásban név szerint megemlített kollégáknak is, akik a téma feldolgozásában bármilyen módon részt vettek. Köszönet illeti Dr. SZAKMÁNY Györgyöt, Dr. SZTANÓ Orsolyát, Dr. LŐRINCZ Katalint, akik hozzájárultak értékes útmutatásaikkal az előadás alapjául szolgáló 2022. évi cikkem megformálásához.

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.

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 tömegtől a tarka mozaikig. – *Földtani Közlöny*, 151/1, 3–26

SZILI Gy.-né (2022): Variszkuszi aljzat töréses szerkezeti formái a szeghalmi kutatási területen. – *Magyar Geofizika* 63/1, 34–44.