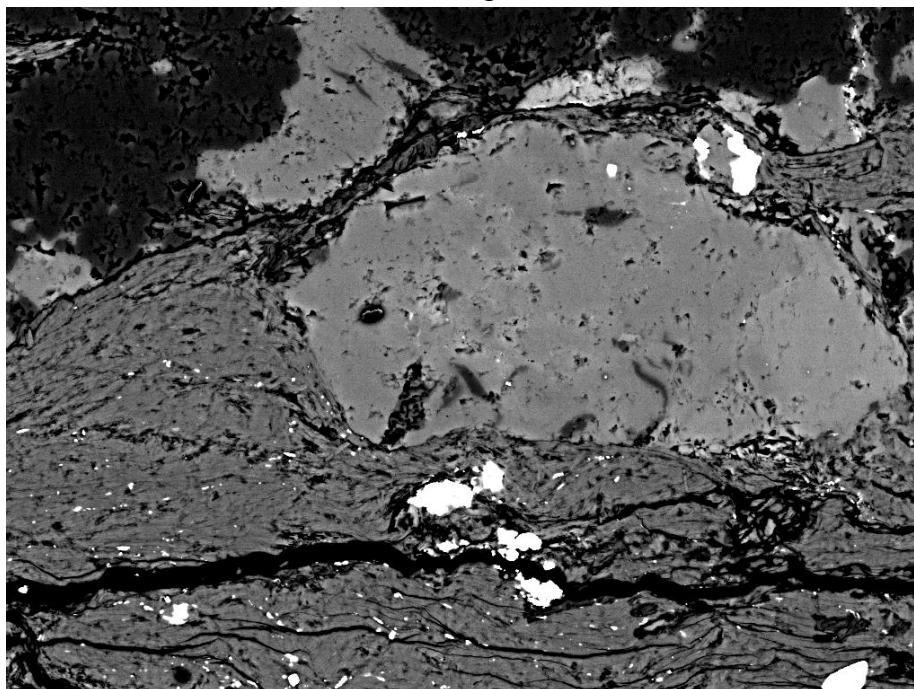


**Milonitok és kataklázitok szerkezete a Mórágyi Gránit Formáció
kőzeteiben a kismórágnyi kőfejtő és a Radioaktív hulladék-tároló
üveghutai telephelyén talált kőzetminták alapján**

Biró Máté

ELTE TTK Földtudomány BSc.

Geológia



Témavezetők

Dr. Ditrói-Puskás Zuárd
ELTE TTK

Király Edit PhD
MFGI

Absztrakt:

A dolgozatban a Pécestől ÉK-re fekvő, a Geresdi-dombság fekvését adó, karbon korú Mórági Gránit Formáció kőzeteinek deformációs jelenségeivel foglalkozom. Munkám célja a granitoidokat alkotó ásványokat (kvarc, földpát, biotit, amfibol, karbonátok) ért képlékeny és töréses deformáció által létrehozott változások, valamint az újonnan keletkezett fázisok (muskovit, epidot-klinozoizit) vizsgálata volt. Vizsgálataim a kőzetek ásványi összetételére, metamorf, tektonikus, valamint metasomatikus folyamataira, illetve egyes deformációs folyamatok egymásra következésének felderítésére irányultak. A terepi megfigyeléseket makroszkópos, optikai mikroszkópos és elektron-mikroszondás vizsgálatokkal egészítettem ki. A vizsgálatok eredménye szerint a milonitban metamorf ásványként, új képződésű muszkovit és epidot-klinozoizit, valamint a deformáció hatására új képződésű kvarc és földpát jelenik meg alacsony metamorf fokú környezethez köthetően. A káliföldpátokban megállapított Ba-metaszomatózis a milonitosodáshoz köthető. A kőzetekben a milonitok plasztikusan deformált anyagában, az azokat utólag ért töréses szerkezetek is feljegyzésre kerültek.

Abstract:

Evolution, process and relative chronology of ductile and fault tectonics in carboniferous age Mórág Granite (Geresd Hills, South Hungary) were studied. Alteration and deformation of minerals in the granitic rocks (quartz, feldspar biotite, amfibole, carbonates) and new mineral phases (muscovite, epidote-clinozoisite) were investigated during ductile deformation and the following fault tectonics. The mineral composition of milonitized rocks, metamorphic, tectonical and metasomathical processes have been described by macroscopic and microscopic observations as well as scanning elektron microscopy (SEM) and electron-microprobe analyses (EMPA).

Metamorphic mineral phases of muscovite and epidote-clinozoizite and newly formed quartz and feldspar were detected and analysed under low grade metamorphic condition. The increased Ba-content in K-feldspar is associated with milonitization. The brittle structures formed after milonitization have been perceived in the ductile deformed rocks.

Tartalomjegyzék

1. Célkitűzések	5
2. A vizsgált terület földtana	6
2.1. A Mórágai Gránit Formáció	6
2.1.1. Térbeli elterjedése	6
2.1.1.1. A kismórágai kőfejtő	7
2.1.1.1.1. Elhelyezkedése	7
2.1.1.1.2. Története	8
2.1.1.2. Bátaapáti NRHT	8
2.1.1.2.1. Elhelyezkedése	8
2.1.1.2.2. Kutatásának története	8
2.1.2. Vizsgált kőzetei	9
3. Mintavételezés	10
4. Vizsgálati módszerek	10
5. Anyagvizsgálat	12
5.1. A kismórágai kőfejtő nyíródási zónájából vett minták	12
5.1.1. A Km-imqmil minta petrográfiai leírása	12
5.1.1.1. Makroszkópos	12
5.1.1.2. Vékonycsiszolatoss leírás	13
5.1.1.3. Elektronmikroszkópos vizsgálatok	15
5.1.2. A Ba-0140718 minta kőzettani leírása	19
5.1.2.1. Makroszkópos	19
5.1.2.2. Vékonycsiszolatoss leírás	20
5.1.2.3. Elektronmikroszkópos vizsgálatok	22
5.1.3. A Ba-0140718 minta kőzettani leírása	24
5.1.3.1. Makroszkópos	24
5.1.3.2. Vékonycsiszolatoss leírás	25
5.2. A Bátaapáti NRHT területén az IK-4 tárolókamrából származó minta	26
5.2.1. A minta kőzettani leírása	26
5.2.1.1. Makroszkópos	26
5.2.1.2. Vékonycsiszolatoss leírás	27
5.2.1.3. Elektronmikroszkópos vizsgálatok	30
5.3. A Bátaapáti NRHT meddőhányóján vett minta	32
5.3.1. A Ba-aplmil minta kőzettani leírása	32
5.3.1.1. Makroszkópos	32
5.3.1.2. Vékonycsiszolatoss leírás: Ba-aplmil/lin	33
5.3.1.3. Vékonycsiszolatoss leírás: Ba-aplmil/mg	37
5.3.1.4. Elektronmikroszkópos vizsgálatok: Ba-aplmil/lin	38
5.3.1.5. Elektronmikroszkópos vizsgálatok: Ba-aplmil/mg	41
6. Következtetések	43
6.1. A kismórágai kőfejtő nyíródási zónájából származó kvarc-ér és a nyíródás kapcsolatának meghatározása	43
6.2. A protomilonit és milonit kapcsolata	44

6.3. Metaszomatikus hatások nyomozása Ca gazdag fluidummal	
átítatott közet rész ásványaiban	45
7. További célkitűzések	45
8. Köszönetnyilvánítás	47
9. Irodalomjegyzék	48

Célkitűzések

Kutatásom és ez által dolgozatom célja a Mórágai Gránit Formáció töréses és képlékeny szerkezeteinek elemzése, ezekről a lehető legteljesebb petrográfiai leírás elkészítése, valamint a töréses és nyíródási szerkezetek relációjának megismerése.

A kutatás során kiemelt szerep jutott a kismórágai II. kőfejtőudvarból származó kvarc-milonitnak. Ennek esetében a cél a kvarc és kőzet viszonyának megállapítása a nyíródásban, valamint a kőzet többféle megjelenési formájából mintát véve, a begyűjtött minták közettani leírása. A kvarc érben megjelenő muszkovit újabb kérdéseket vet fel.

Bátaapáti területén gyűjtött mintákban a fő vizsgálati irány az eltérő kőzetek viselkedése a nyíródás során, valamint a lehető legalaposabb kőzetleírás közlése a begyűjtött minták alapján. A vizsgálatok során kérdésként felmerült, hogy a milonitosodás esetlegesen nem csupán a pluton hűlésének idejében mintegy 321 $\pm$ 22Ma ezelőtt zajlott (Shatagin et al. 2005), hanem esetlegesen az alpi orogenezis, vagy a később is fennálló feszültségtér hatására is létrejöhetett nyíródásos esemény. A Bátaapátiban begyűjtött kőzetek vizsgálatával igyekszem fényt deríteni a képlékeny és töréses szerkezetek kapcsolatára, időbeliségükre.

A vizsgált terület földtana

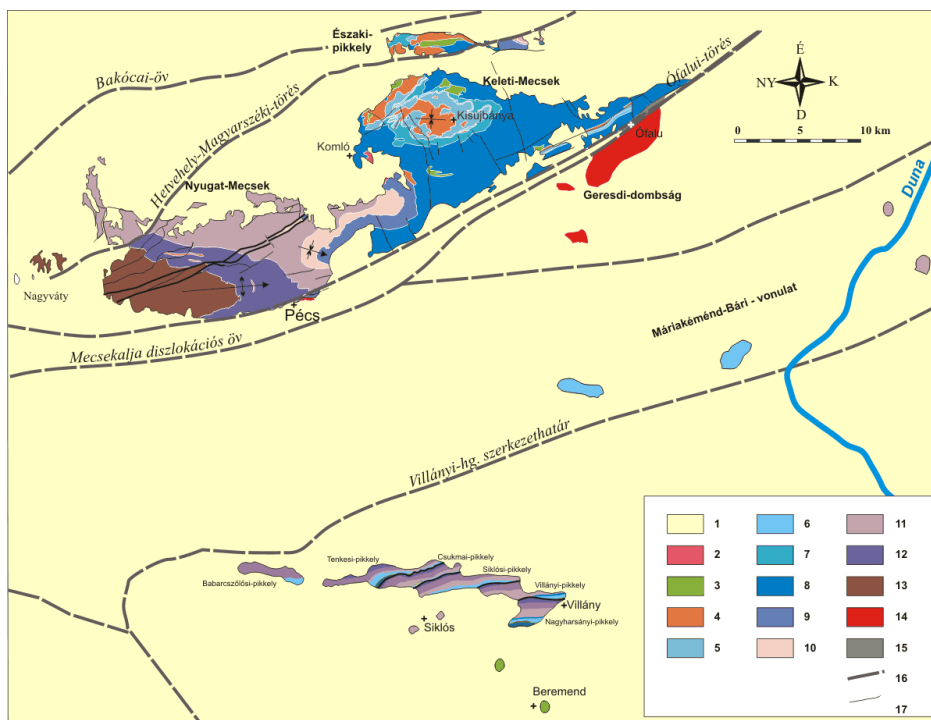
A Mórágai Gránit Formáció

A formáció nevét a típusfeltárásról kapta, mely Mórág község határában lévő kőfejtő. A kőzet, amely egyike a Magyarországon, felszínen nyomozható csekély számú paleozoós plutonoknak, a Bábaapátiban mélyülő Nemzeti Radioaktív hulladék-tároló befogadó kőzete. Míg az 1960-as években a radioaktív energiaforrás-keresés zajlott aktívan a területen (Balla *et al.* 2009), addig ma a kis és közepes aktivitású radioaktív hulladék tárolására használják fel a kőzetet.

Térbeli elhelyezkedése

A rög helyzetéről részletes leírást ad a környék térképmagyarázója (Balla *et al.* 2009). A granitoid pluton felszíni, térbeli kiterjedése igen csekély. A gránit a környezetében előforduló ópaleozoikumi kristályos metamorf kőzetekkel együtt kiemelt helyzetben van, azonban csekély mérete mellett a feltártságát a változatos, nonkomform településű fedőüledékek is rontják. Előbukkanásai főként erózió által létrehozottak (völgyek, hegyoldalak) – de ezen kibukkanások ritkán reprezentálják a kőzetek típusos kinézetét. Údebb feltárásokat csak a környékbeli kőfejtőkben találni.

A gránitpluton mérete mintegy 19x7 km, alakja enyhén kiékelődő, ÉK-től DNy-i része felé haladva a szélessége 9 km-ről mintegy 7 km-re csökken, majd nyugati irányba haladva egy 9 km-es szakaszon teljesen kiékelődni látszik. Lehatárolása azonban nem minden irányban egyértelmű, DK felé a fúrások és feltárások alapján a formáció határvonala kérdéses. ÉNy-i határa egyértelműbb, ebben az irányban a Mecsekalja-öv határolja. (1. ábra)



A délkelet-Dunántúl földtani térképe a legjelentősebb szerkezeti elemek feltüntetésével. Jelmagyarázat: 1. neogén–negyedidőszaki fedőüledékek, 2. miocén andezit, 3. kréta üledékes kőzetek, 4. kréta bazalt, 5. felső-jura üledékes sorozat, 6. középső-felső-jura karbonátok, 7. középső-jura ammoniteszes mészkő, 8. alsó-középső-jura képződmények, 9. felső-triász – alsó-jura Mecseki Kőszén, 10. felső-triász törmelékes üledékek, 11. középső-triász karbonátok (Misinaai Formációcsoport), 12. alsó-triász – középső-triász törmelékes és evaporitos üledékek (Jakabhegyi, Patacsi, Hetvehelyi F.), 13. perm-i törmelékes üledékek és riolit, 14. **paleozoos gránit-monzonit**, 15. paleozoos metamorf képződmények, 16. jelentős, a neotektonikában is szerepet játszó, többnyire felújult és részben elfedett szerkezeti elemek, 17. egyéb szerkezeti elemek (Konrád Gyula, Sebe Krisztina, Halász Amadé, Halmai Ákos, 2010: *A Délkelet-Dunántúl földtani fejlődéstörténete – recens analógiák*)

A kismórági kőfejtő

Kismórág község határában, a vasútállomás mellett nyílik a több udvarra osztott, természet által már jelentős mértékben visszafoglalt kismórági kőfejtő. A faluhoz Bonyhád felől közeledve, rögtön a településtábla előtt egy földútra felkanyarodva jobb kéz felé, szembetaláljuk magunkat a kőfejtő jellemzően sárgás-szürke falával.

Elhelyezkedése

Amennyiben az előbb leírtak szerint közelítjük meg a helyszínt, egy északi irányban nyitott völgy végébe jutunk. Ennek a völgynek a faluhoz közelebb eső végében helyezkedik el a

mintegy négy bányaudvar, melyek gránitot tárnak fel, változatos fedőkőzetek alatt. A kőfejtő északi részén húzódik a máig is használt vasúti sínpár.

A kőfejtő története

Kismórág határában húzódik, a formáció legnagyobb fejtése. A kőfejtő megnyitásáról sajnos nem leltem adatot. Azonban a kőfejtő hosszan múltba nyúló történetére utal a kőfejtő mellett a régi mórági utat szegélyező helyi gránitból épült, mára már csupán romként megtekinthető támfal, és a kőkockákból rakott - talán ház - falak. A kőfejtőt az 1970-es évek közepéig termelték, bár a kőzet minősége itt nem teljesen azonos a Mórág határában lévő kőbánya kőzetanyagáéval. A termelt gránitot főként építkezéshez használták fel, amit a falu régebbi építésű házai tanúsítanak. A bányaudvarok egyes részeit jelenleg építési hulladék tárolására, illetve legelőként, sportpályaként is használják.

Bátaapáti Nemzeti Radioaktív Hulladék-Tároló

Bonyhád felől Kismórág felé autózva, elhaladunk a mindösszesen pár házból álló Rozsdásserpenyő-telep mellett. Itt az út mellett kopott tábla hirdeti: Bátaapáti. Az úton bekanyarodva egy kilométert autózva egy közel 400 lelket számláló falut érünk el.

Elhelyezkedés

Bátaapáti a Geresdi-dombság ÉK-i részének egyik ÉÉK-DDNy-i irányú völgyében húzódik Mórág Községtől mintegy 1,5 km-re (légvonalban) Ny-i irányban. A terület fekszik a Mórági Gránit Formáció különböző mértékben mállott kőzetei, valamint a Rozsdásserpenyői Alkálibazalt Formáció kőzetei adják, míg a fedőkőzetek főként az Udvardi Löss Formáció elemei eltérő vastagságban. Az NRHT Bátaapáti település mellett egy mellékvölgyben létesült, ahol a völgy nyugati falába mélyül a Keleti-, valamint Nyugati-lejtősakna. Ezen két párhuzamos mintegy 1700m hosszú járaton keresztül érhető el a tározó, illetve a készülőben lévő kamramező. A kamramező a Balti-tenger szintjére van szintezve, felszín alatti mélysége mintegy 175 méter. A bejárat felszíni koordinátái: É.sz.: 46.216°, K.h.: 18.613°

Kutatástörténete

1992-ben merült fel az igény, a Pakson termelődő kis és közepes aktivitású radioaktív hulladék hazai elhelyezéséhez szükséges feltétel megteremtésére. Így indult el a Nemzeti Projekt kutatási szakasza, és a telephely lehetséges helyének kiválasztásakor az 1996-os zárójelentésben (*Burson-Marsteller... 1996*) foglaltak alapján Üveghuta (Bátaapáti) környéke bizonyult a legkedvezőbbnek. A telephely kiválasztásához a kutatási szakaszban több ezer méternyi kutatófúrás mélyült, melynek anyaga és jól dokumentált adatai további lehetőséget szolgáltatnak kutatási tevékenységhez. A kutatási szakasz egyik legjelentősebb eredménye a regionális ultrametamorf genezis helyett a magmakeveredéses eredet meghatározása. A kutatásban a MAGYAR ÁLLAMI FÖLDTANI INTÉZET illetve a vele szerződésben álló PA Rt. majd később RHK Kft. szerepe volt jelentős, illetve 2004-től a Mecsekérc Környezetvédelmi Zrt. is fontos szerepet vállalt a telephely kialakításban. A telephely létrehozása során bányászati technológiával történt a lejtőszaknák, valamint a kamramező kialakítása is. Ennek során a MAGYAR ÁLLAMI FÖLDTANI INTÉZET majd a Mecsekérc Zrt. geológusai folyamatos vágatódokumentáló munkát végeztek, melynek jelentős szerepe volt a formáció kőzeteinek jobb megismerésében. A kutatás során a környékről, 72 km²-ről 1:10000 méretarányú földtani térképsorozat készült, valamint a tároló közvetlen környezetéről ennél jóval részletesebb leírás. (*Balla et al. 2009*)

A formáció vizsgált kőzetei

Munkámban a formáció területén előforduló, monzonitos, monzogranitos kőzeteket, illetve leukokrata telérkőzeteket érintő nyíródás következtében létrejött milonitokat, a töréses szerkezeteket és érkitöltéseket vizsgáltam. Azonban a metamorf kőzet vizsgálatához szükséges ismerni a protolitját, jelen esetben a formáció kőzeteit, illetve ezek petrográfiáját. Tekintve, hogy a téma nem a formáció kőzeteinek részletes leírása, így a közettani leírásban inkább a milonitok szempontjából is lényeges elemeket emelem ki, és itt adok egy rövid összefoglalást a kőzetekről. A formációban megkülönböztetnek monzogranitos és mafikus közzettesteket, illetve leukokrata telérkőzeteket (*Balla et al. 2009*). Ezek közül az első kettő viszonyát magmakeveredéssel magyarázzák, míg a telérek a plutont a keveredés után, már kikristályosodott állapotában szelték át. A mafikus és monzogranitos közzettestek határán hibrid kőzet alakult ki, a mafikus és savanyúbb már

részben kikristályosodott magma keveredésével. Mindhárom közettípust érte a két fázisban megjelenő képlékeny deformáció, az első fázis képlékeny lapítás, mely a kőzet meredek palásságáért, és egyszerű nyírás, ami a benne csekély számmal előforduló milonitokért felelős.

A kismórági kőfejtőből származó anyag az egyszerű nyírás által létrehozott egyik milonitos zónából való. Ebben mafikus kőzetanyagból keletkezett ultramilonit található, valamint egy kvarc-ér, melynek vastagsága a kőfejtő területén változatos 2 és pár tíz cm közötti (Koroknai 2003). Ezek közül az ultramilonitot, illetve a kvarc-ér és a formáció kőzeteinek kontaktját vizsgáltam. Jellemző, hogy a zónában a kvarc eret kivéve gyakorlatilag az összes elnyírt kőzet mállott, szabad kézzel bontható.

Az üveghutai telephelyről származó kőzeteim üdőbbek. Ezek a leukokrata telérekhez és a monzogranitokhoz kapcsolódnak. A két kőzet egyszerű nyíródásával keletkezett milonitok, kataklázitok illetve ezek közvetlen környezetéből származó érkitöltések vannak mintáim között.

Mintavételezés

Munkám során többféle mintával dolgoztam. A begyűjtött kőzetek helyileg két előforduláshoz köthetők. Az egyik a kismórági kőfejtő első bányaudvara, melyben a focipálya is található. Ezen kőfejtő K-i falában lévő milonitos zóna anyaga adja a legjobb példányokat.

A másik lelőhely Bábaapáti NRHT mélysíntje, valamint az innen kiszállított kőzetekből készített meddőhányó.

A feltárásokban gyűjtött minták betű és számkombinációból álló kódot kaptak a helyszínen. Ezen kód tartalmazza a gyűjtés idejét év, hónap bontásban, a gyűjtés helyszínét, valamint a minta egyedi sorszámát. (1. tábla)

Vizsgálati módszerek

A vizsgálatok során lépcsősen felépített vizsgálati szisztéma alapján haladtam előre. Ennek első lépése a példányok alapos makroszkópos megismerése, tulajdonságainak lejegyzése. A mintát szabad szemmel és 10x valamint 20x nagyítású kézi nagyítóval vizsgáltam. A

makroszkópos ásványfelismeréshez továbbá üveglap, karcszög (acél), valamint 10%-os sósav állt rendelkezésemre. A minták fizikai tulajdonságainak megismerésében fontos volt a terepi körülmények ismerete, ezek alapján a kőzet keménységéről, elválásáról, környezetéről is információt szereztem. A fizikai tulajdonságok pontosításánál jelentős előrelépés volt a kőzetek elvágása, valamint a csiszolatkészítés, így a kőzetek keménysége, vízzel való reakciója, mállékonysága is világossá vált.

A kőzetek makroszkópos megismerése után a mintákból vékonycsiszolat készült. egy kivétellel kizárólag polírozottak. A csiszolatokat Nikon és Olympus gyártmányú polarizációs binokuláris mikroszkóppal vizsgáltam az ELTE TTK Közöttani és Geokémiai Tanszékén. Ásványos összetételük, szöveti és szerkezeti jellegük vizsgálata, a szabad szemmel nem megállapítható ásványfázisok leírása volt a cél. Ennek során ásványaimat egy nikolos valamint keresztezett nikolos tulajdonságaik alapján határoztam meg, ebben Kubovics Imre: Kőzetmikroszkópia I.-II. (1993) könyveiben foglaltakra alapoztam. Az ásványok meghatározásában a következő tulajdonságokat vettem figyelembe: szín, hasadás, ikresedés, pleokroizmus, törésmutató, kettőstörés, interferenciaszín, kioltási szög, kioltási jellegzetességek (pl. unduláló kioltás) illetve a kőzetkörnyezet.

A vékonycsiszolatok lehető legrészletesebb leírása után, kiválogattam azokat, melyek pásztázó elektronmikroszkópos vizsgálata segítheti a kőzeteket ért átalakulások megértését. A pásztázó elektronmikroszkópos vizsgálatok az Eötvös Loránd Tudományegyetem Természettudományi Kar Közöttani és Geokémiai Tanszékén lévő AMRAY 1830 típusú energiadiszperzív spektroszkóppal felszerelt elektronmikroszkóppal zajlottak. A mikroszkópot Bendő Zsolt tanszéki mérnök kezelte, a spektrumok felvételét, illetve az ásványok összetételének kiszámolását a sztenderdek alapján ő végezte. A mikroszkópos, főként energiadiszperzív mikroszondás vizsgálatok célja a mikroszkóposan leírt ásványfázisok igazolása, esetleg mikroszkópi körülmények között bizonytalan fázisok azonosítása, az ásványok összetétel-mérése volt. Egy ásványfázis meghatározásához Raman-spektroszkópiát használtam, a műszer az ELTE TTK Ásványtani Tanszékén üzemel, kezelője Váczi Tamás. Ebben az esetben azért volt szükség erre, mivel a mikroszkópi környezet, és a szemcse mérete (5-7 μ m) nem tette lehetővé az azonosítást.

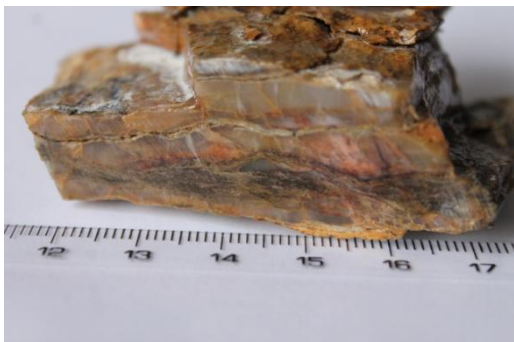
Anyagvizsgálat

Minta kódja	Lelőhely	Koordináták	Palásság helyzete	Vékonycsiszolat	EDS	Gyűjtés ideje	Ábra
Ba-014077	NRHT IK-4 nyaktag	É 46,216° K 18,613°	ÉK-DNY	Ba-014077/lin	x	2014.07.04	20
Ba-0140717	Kismórág	É 46,235° K 18,632°	30/30 (Koroknai 2003)	Ba-0140717	x	2014.07.12	18
Ba-0140718	Kismórág	É 46,235° K 18,631°	ismeretlen	Ba-0140718/1		2014.07.12	10
Km-imqmil	Kismórág	É 46,235° K 18,632°	30/30 (Koroknai 2003)	Km-imqmil	x	2014.10.23	2
Ba-aplmil	NRHT meddőhányó	É 46,222° K 18,612°	ismeretlen	Ba-aplmil/lin	x	2014.10.23	28
				Ba-aplmil/mg	x		

1. tábla: Mintajegyzék a vizsgálatok során felhasznált mintákról.

A kismórági kőfejtő nyíródási zónájából vett minták

Minta kódja: *Km-imqmil*



2. ábra: *Km-imqmil* minta nedvesített vágott felszíne

Makroszkópos leírás:

A minta mérete 4x5x2cm, ahol a 2cm a teljes vastagság. A kézipéldány alapszíne sárga. Az anyaga erősen töredezett, síkok szerinti elválást mutat. A leírást erózióknak kitett felület, illetve palásságra merőleges vágási felszín (2. ábra) alapján teszem. A minta sárga színén belül jól elkülöníthető egy világosszürke, sárgás-szürke, egy sötétebb hússzín-narancssárga, illetve egy zöldes-sárga anyag. A szürke anyag keménysége és fénye alapján kvarc, illetve kvarcot láthatunk a narancssárgásabb és zöldesebb részekben is. A narancssárga-hússzín ásványok megjelenése foltszerű, elnyúlt, hasadozott, káliföldpát lehet. A zöldesszürke rész átlátszatlan, szálas megjelenésű, benne nagyobb szürke színű szemek figyelhetőek meg. A zöldesszürke anyag a kézipéldány felszínén nem látható.

megjelenése csillámszerű. Ezek alapján a kőzet anyaga kvarc, kálium- földpát, illetve csillám, muszkovit. A kőzetben, különösen a kvarcban gazdagabb részein a palásságra közel merőleges irányban repedezettség figyelhető meg, a repedések színe narancssárga. A kőzetben egyes részek a palásság szerint jól elkülönülnek egymástól, így a zöldesszürke csillámgazdag részek jól kivehetően különálló sávokat alkotnak, ezek mentén a kőzetanyag elválása erősebb. Az elváló palássági síkok felülete hullámos, érdes, felületén gyakran mangándendrites. A felületeken a kőzet sósavval hevesen reagál, ami karbonát, valószínűleg kalcit jelenlétére utal. A kőzetben a sávok nem vastagságtartóak, a csillámgazdag rétegek kiékelődnek. A kőzet valószínűleg milonit.

Minta kódja: *Km-imqmil*

(polírozott vékonycsiszolat), (a vékonycsiszolat elkészítéséhez a mintát Araldit D műgyantával 2-szer beágyaztam)



3. ábra: *Km-imqmil törött polírozott vékonycsiszolat*

Leírás polarizációs mikroszkópi vizsgálat alapján:

A makroszkópos leírás során említett rétegződés mentén a mintában a réteglapokon a műgyanta átjárta a csiszolatot, a rétegek között tehát volt levegővel kitöltött tér. A csiszolatban megjelenő színtelen elegyrészek: kvarc, mikroklin, savanyú plagioklász. A színtelen elegyrészeket 100%-nak véve az elegyrészek aránya: 75-80%kvarc 20-25% földpát, mikroklin és savanyú plagioklász 4:1 arányban. A földpátok megjelenése jellemzően csillámgazdag részekhez kötött (4. ábra). A plagioklász savanyú összetételét az ikerlemezek száma, vastagsága, illetőleg a szimmetrikus zónában 14°-16°-os kioltási szögük igazolja. A kvarc lencsékben, apró szemcseméretben (20-100µm), unduláló kioltással jelenik meg. A kvarcok határa egymással szuturás-lobás, ritkán éles sokszöges. A kvarcsejtségek önmagukban csak gyengén jelölik ki a palásság irányát, de a kvarclencsék elnyúlt alakja annál inkább. A foliáció irányát a kvarc-mátrixban lekerekítetten úszó földpátok, illetve a színes elegyrészek határozzák meg. A földpátok

eloszlása az anyagban nem egyenletes, a dinamikusan átkristályosodott kvarcban palássági síkokat meghatározva fordul elő.

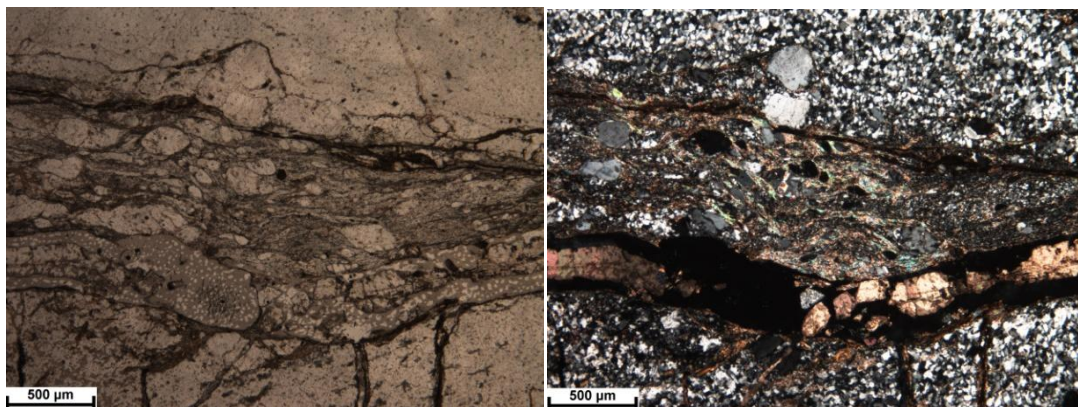
Színes elegyrészek a kőzetben biotit, illetve muszkovit. A biotit erősen mállott, pleokroizmus maximálisan halvány sárgászöld vagy sárgásbarna, környékén jelentős mennyiségű limonit található. Ezeknek színe narancssárgától sötétvörösig változik. A biotit a színes elegyrészek mintegy tíz százalékát adja. Esetenként a biotit zárványként fordul elő, földpát belsejében. A fennmaradó 90% is csillám, azonban pleokroizmus híján, gyenge pszudoabszorpciója, valamint interferenciaszíne alapján ezt muszkovitnak véltem. Muszkovit mellett szól továbbá, hogy a fehér csillámok közelében nincsen klorit, vagy opak gyűrű, ami a bomlásra utalna. A muszkovit kétféleképpen fordul elő a csiszolatban, egyik megjelenési módja a földpátban gazdagabb részekben a szemcsék között hajladozottan 20-200µm-es ásványokként, földpátok uszályában, valamint földpátokban mállástermékként is (szericit). Másik megjelenése tömeges, a csillámok által alkotott mátrixban úsznak a lekerekített színtelen elegyrészek szigmatlasztként, vagy szemként (4. ábra).

Akcesszóriaként a mintában megjelenik: cirkon, mely egy nikollal éles körvonalú, kerekded szemcsékként jelentkezik 20-50µm-es szemcseméretben, limonitos sávban, muszkovitok között erős palackzöld-II. rendű kék interferenciaszínnel, valamint jellemző interferenciaszín-átmenetes, zónás példányai is megfigyelhetők. Földpátokban zárványként kevés apatit is található, mely nagyobb törésmutatójával, egyenes kioltásával, negatív főzóna jellegével és szürke interferenciaszínével ismerhető fel. Akcesszóriaként emellett a mintában egy lekerekített allanit (ortit) szemcsét is találtam, a muszkovitos mátrixban.

A repedések mentén másodlagos elegyrészként karbonát figyelhető meg, valamint a klinozoizit-epidot ásványok valamelyikét is megfigyeltem a csiszolatban. Ezt az ásványok mérete alapján biztosan eldönteni nem sikerült. A szemcsék a földpátban és muszkovitban gazdagabb részek mentén jelentek meg.

A megjelenő ásványok, illetve a kőzet textúrája alapján úgy vélem a gránitos kőzetcsoporthoz valamely tagjának plasztikusan deformált példányát vizsgálom, amely a kismórági kőfejtő kvarc-erének közvetlen szomszédságából származik. A gránitos anyagot a kvarcér anyaga valószínűleg lencseszerűen körülzárta, azonban ezt terepen ebben a léptékben nem tudtam megfigyelni. A minta milonit, melyben formáció kőzetének eredeti kőzetszövege nem felismerhető.

Csiszolat fényképek:



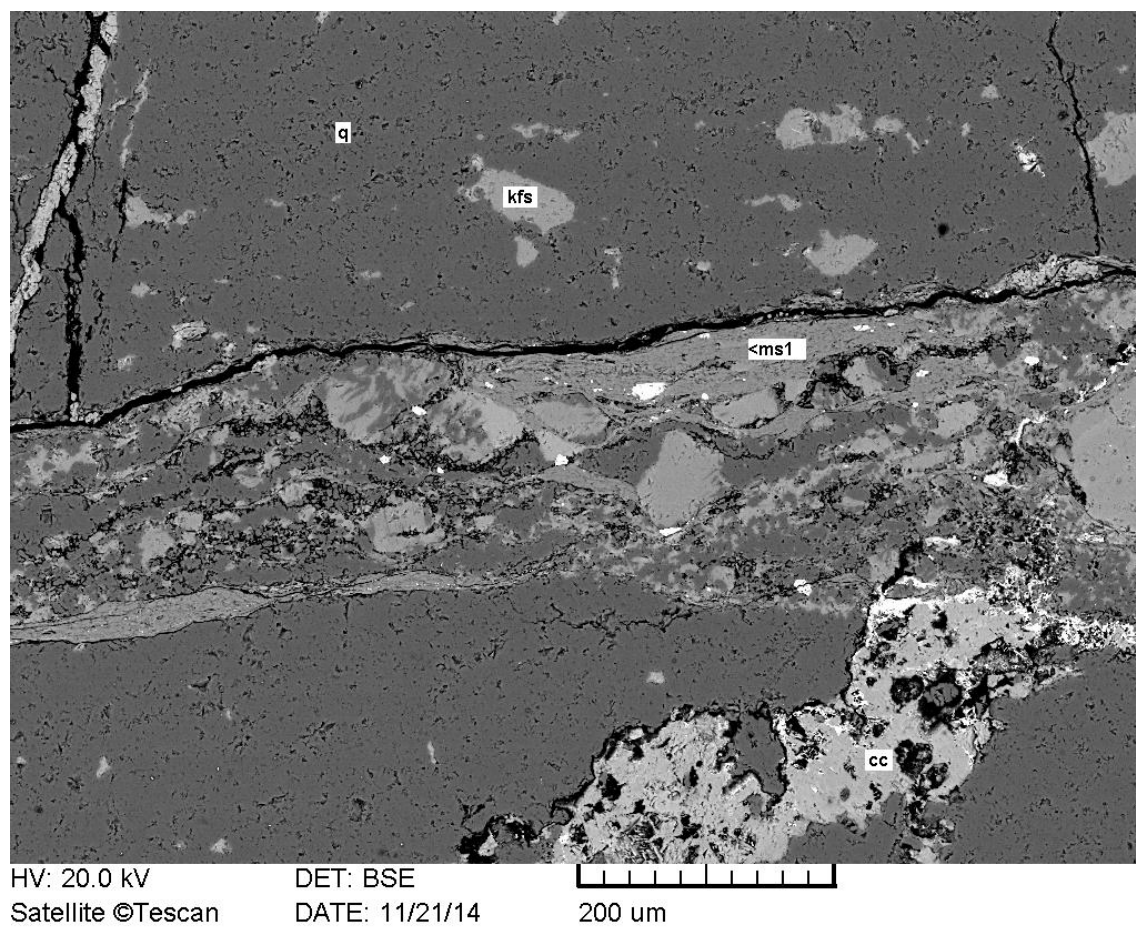
4. ábra: Kvarc-ér-milonit egy (bal o.) és keresztezett nikolos (jobb o.) képe. A képen jól kivehető a sáv mentén elhelyezkedő muszkovit-földpát gazdag rész, valamint az elválási sík mentén megjelenő karbonát.

Minta kódja: Km-imqmil

Elektronmikroszkópos vizsgálat:

A vizsgálat célja a mintában fellelhető ásványfázisok elemi összetétel alapján történő azonosítása, illetve esetleges mikroszkópi tulajdonságok alapján nem megállapítható, vagy mikroszkópi vizsgálatok során nem megtalált fázisok fellelése. Ennek során az optikai tulajdonságok alapján muszkovitnak megállapított fázist igazoltam (5. ábra, 6. ábra, 2., 3. tábla). A vizsgálatok során új fázisként a rendszerben monacit is leírásra került (7. ábra), több szemcsét mérve két eltérő összetételt sikerült megállapítani (8., 9. ábra). Ezek között a fő különbséget a tórium mennyiségi aránya jelentette. Az elektron-mikroszondás vizsgálatok a csiszolatban leírt fázisaimat igazolták, a csiszolatban található mikrotektonikai jelenségek jobban felismerhetővé váltak (7. ábra).

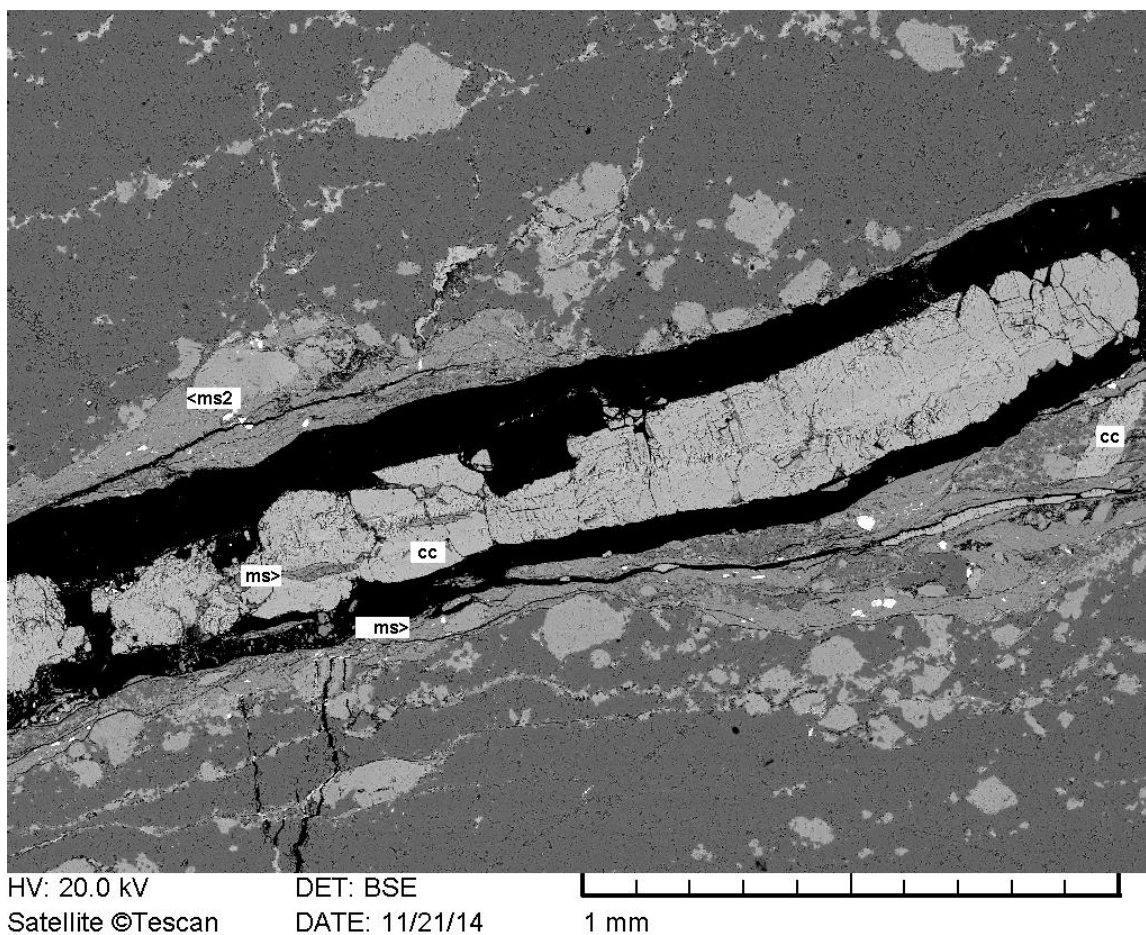
Elektronmikroszkópi felvételek:



5. ábra: A visszaszórt elektronképpel készült felvételen kvarc (q), mikroklin (kfs), muszkovit (ms1) illetve kalcit (cc) látható.

2. tábla: A muszkovit összetétele ms1 mérési pontban:

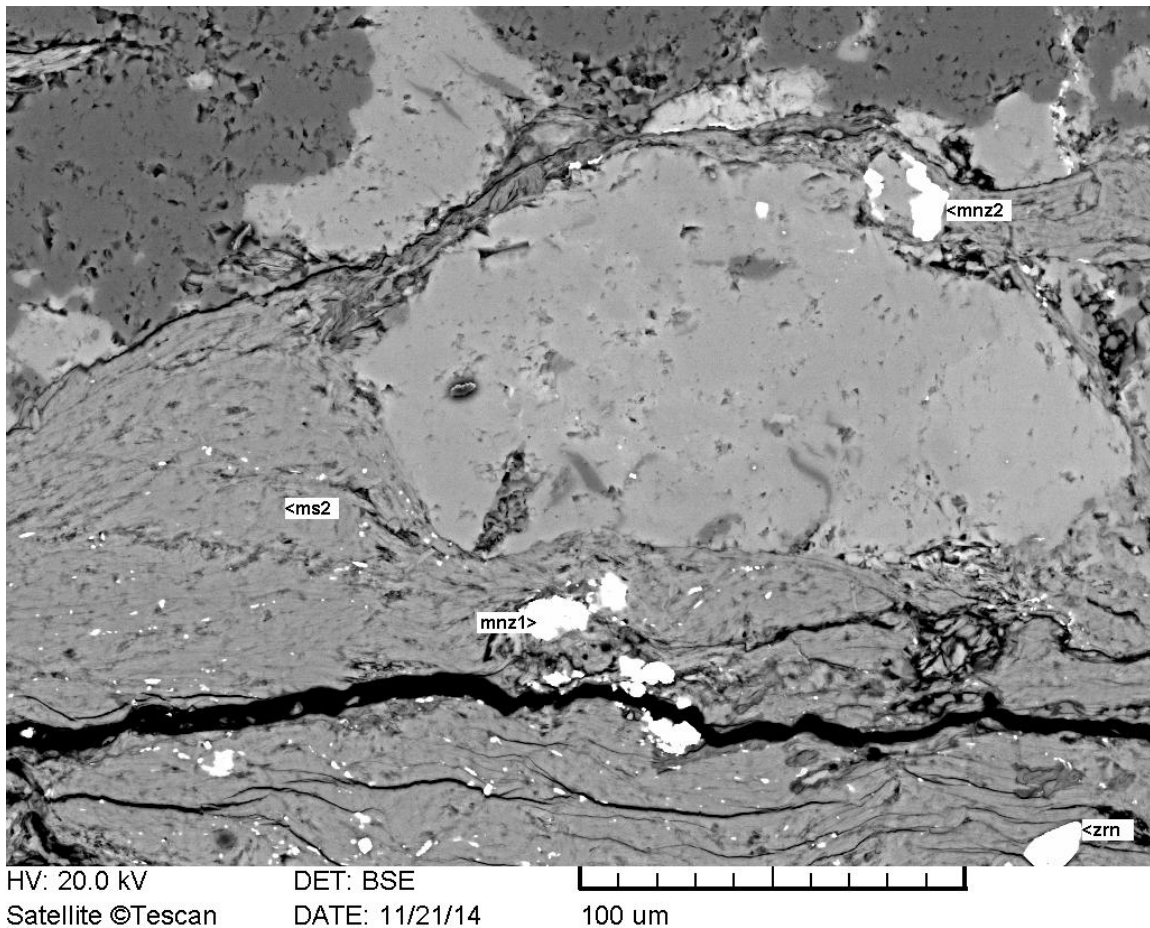
Oxid	Tömeg %	11 Oxigén
MgO	3,93	0,38
Al ₂ O ₃	30,53	2,35
SiO ₂	49,21	3,21
K ₂ O	11,7	0,97
TiO ₂	0,75	0,04
FeO	1,88	0,1
Teljes	98	7,06



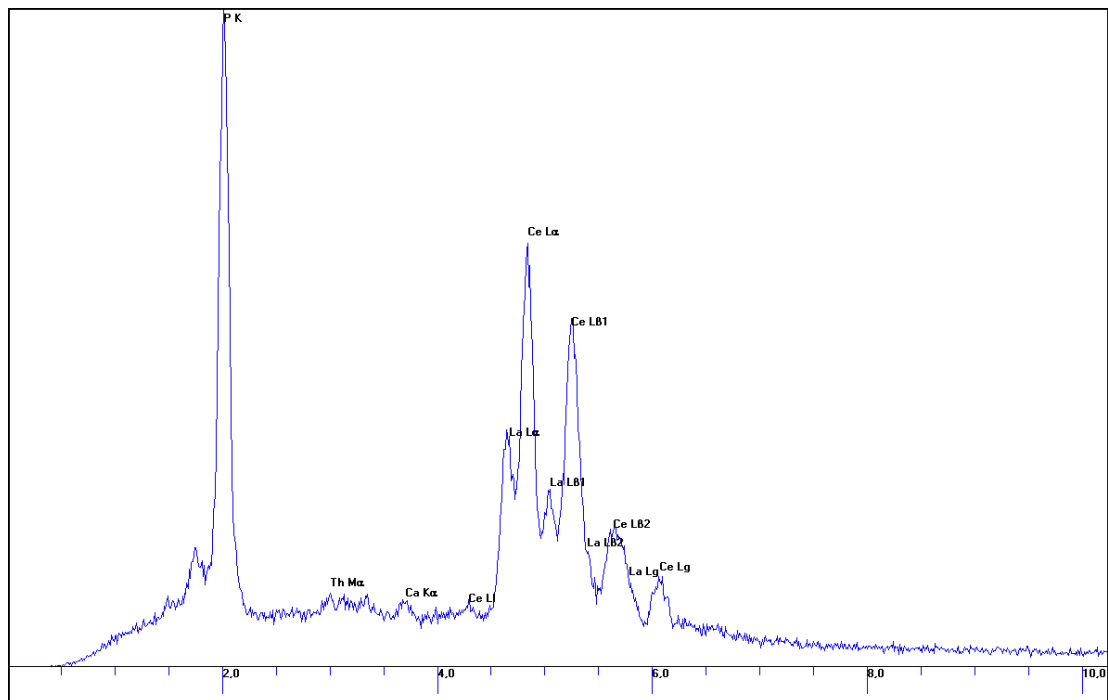
6. ábra: Elválási sík kvarc-milonitban. A sík mentén mindkét oldalon muszkovit (ms, ms2), valamint a hasadék közepén kalcit (cc.) A k.alcit jól láthatóan bennfoglal egy muszkovit-szemcsét.

3. tábla: A muszkovit összetétele ms2 mérési pontban:

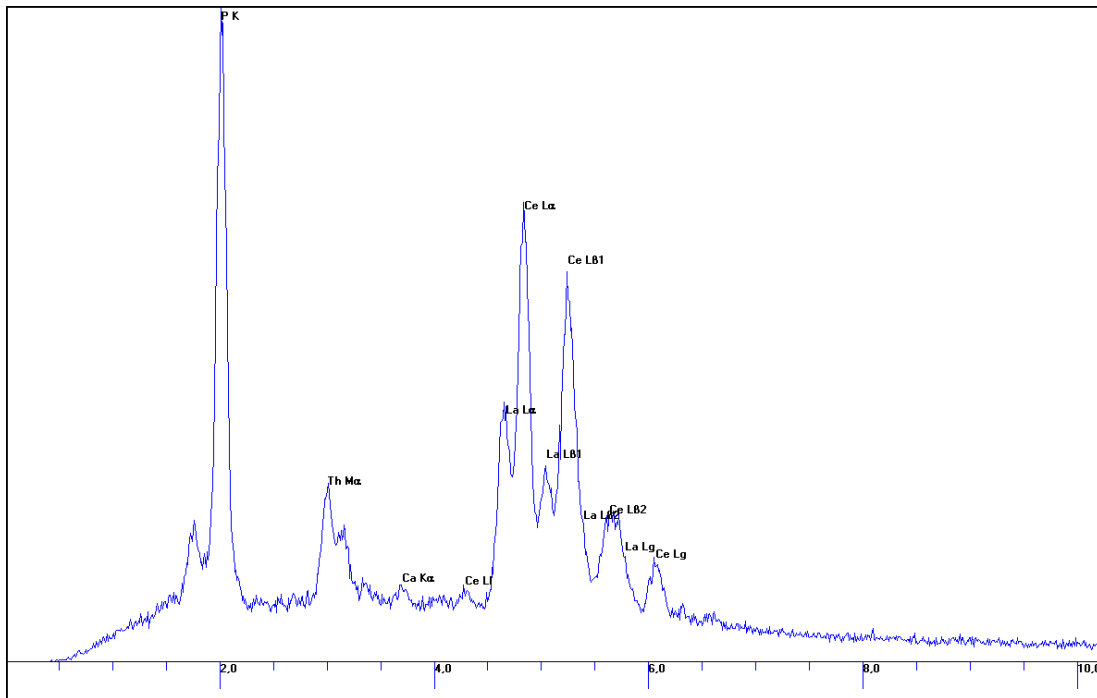
Oxid	Tömeg %	11 Oxigén
MgO	4,090	0,4
Al ₂ O ₃	30,270	2,34
SiO ₂	48,970	3,21
K ₂ O	11,810	0,99
TiO ₂	0,740	0,04
FeO	2,120	0,12
Teljes	98,000	7,08



7. ábra: Mikroklin (kerekded 0,12mm, középen) szemcse muszkovitban(ms2). A muszkovitban lekerekített monacit (mnz1, mnz2), eltérő összetétellel. A kép jobb alsó sarkában enyhén lekerekített cirkon (zrn).



8. ábra: mnz1 összetétel.



9. ábra: mnz 2 összetétel, jól látható a növekedés a Th-csúcsnál.

Minta jele: Ba-0140718.



10. ábra: Ba-0140718 kvarc-ér anyag vágott

Makroszkópos leírás:

A példány mintegy 7 cm vastag sárgás-szürke, vágott felületen nézve szürke, fehéres foltokkal, kisméretű sárga-tejszínű elnyúlt foltokkal (10. ábra). A közel tömör kvarc-telér, azonban a foltok alapján szemcseméretbeli eltérést mutat. A sárga-tejfehér erek színe mikroklinre emlékeztet, azonban a színen kívül ezt semmi nem erősíti meg. A sárga erek és a kőzet vágott felületén a szürke-fehér kvarc anyag irányítottságot mutat. A kőzet szélén elhelyezkedő erősen feloxidált anyagban hullámos-fényes elválási felületek vannak, valószínűleg rétegszilikátok. Szélein mélyvörös, barnás-vörös kéreg figyelhető meg, mely a kvarc anyagba 10-30°-os szögben 1 cm magasan és 3-4 cm hosszan elnyúltan

befogazódik. A befogazódás iránya közelítőleg egyezik a kőzetben megfigyelhető irányítottsággal. A szélső feloxidált rétegszilikátos, erősen palás anyagból egy darab a szállítás során palásság mentén le is vált. A minta széléből a vas-oxidban gazdag befogazódások mellől csiszolat készült.

Minta jele: Ba-0140718/1

(polírozott vékonycsiszolat)



11. ábra: Vörösbarna átfogazódás a csiszolatban

Leírás polarizációs mikroszkópi vizsgálat alapján:

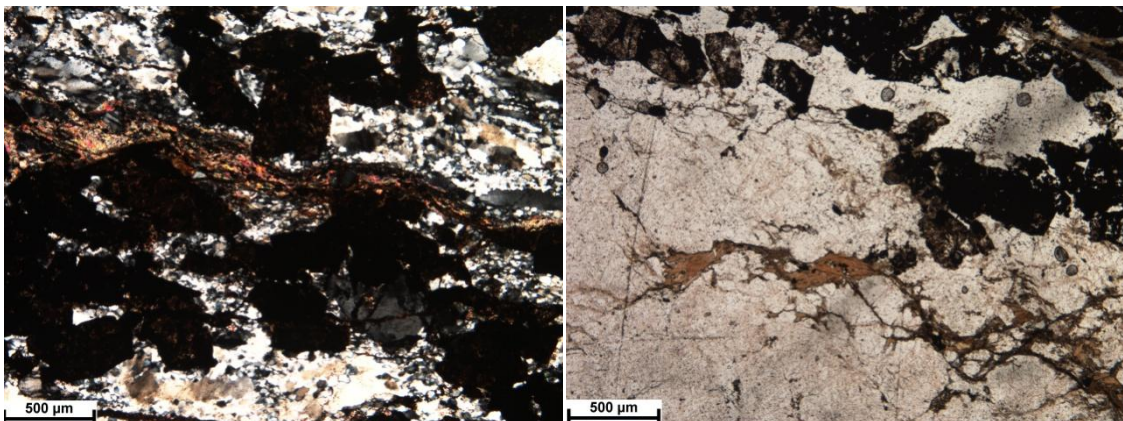
A csiszolat összetétel alapján 2 részre osztható egy szinte kizárólag kvarcot tartalmazó, valamint egy opakásványokat, kalcitot, földpátokat, valamint biotitot és muszkovitot is tartalmazó egység figyelhető meg benne (11. ábra). A kőzetminta szintelen elegyrészei (a csiszolat egészére a szintelen elegyrészeket 100%-nak véve): 85% kvarc, 15% földpát, mikroklin és plagioklász 5:1/6:1 arányban. A földpátok kizárólag a színes elegyrészekben, illetve azok elmállott pseudomorfózáiban gazdag részhez kapcsolódnak. A továbbiakban ezen két közetrészt külön írom le:

1. Az anyag 95-98% kvarc, alárendelt mennyiségben kalcit, opakásvány található benne. A kvarc a csiszolatban két formában jelenik meg, dinamikusan átkristályosodott, aprószemcsés (20-40 μ m) hullámos szegélyű, hullámos kioltású, valamint ennél 1-2 nagyságrenddel nagyobb méretű (1-4mm), a foliáció irányában megnyúlt, optikailag egy kristályként viselkedő szemcséként (15. ábra) . Ezen szemcséken azonban a tárgyasztalt körbeforgatva jól látható a megkezdődő alszemcsésedés, illetve a seprűződő-unduláló kioltás. A nagyobb szemcsék elnyúlt lencse alakban jelölik ki a foliáció irányát.
2. Ez a közet rész a színes elegyrészeket 50% nál nagyobb arányban tartalmazó rész. Ebben a színes elegyrészek között a kvarc-földpát arány kiegyensúlyozottabb, közel 1:1. A földpátok aránya már ismert mikroklin : plagioklász = 5:1. A szintelen

elegyrészekben az átalakulás mértéke változó, a kvarcra jellemző a dinamikus átkristályosodás miatti kis szemcseméret, a földpátok javarészt nagyobbak, kerekítettek, de gyakoriak sarkos-táblás alakok is. A közetrészben a színes elegyrészek mennyisége 50-55 %. Ez főként limonit, mely nagyrészt amfibolok utáni átalakként (pszeudomorfóza)(13. ábra) fordul elő. Az átalakok mérete egyveretű 300-700µm. A közetben előfordul továbbá biotit (13. ábra), illetve muszkovit (12. ábra). A színes elegyrészeket 100%-nak tekintve ezek együttes részaránya közel 10%. A csillámok aránya közel 1:1. A csillámok egy része a foliáció irányába mutat, azonban a közet kevésbé deformált egységeiben azonban kusza, irányítatlan halmazokat alkot. A muszkovit megjelenése újdonság a korábban leírtakhoz képest, 125-200µm nagyságú ásványai helyenként majd 2mm-hosszú sávokat alkotnak. A foliáció síkjába több ásvány is beáll, a kvarc sávos elnyúlt unduláló egykristályai, a csillámok (biotit, muszkovit), illetve az amfibol pszeudomorfózák is. A közetet utólagos repedések mentén sok opakásványt – limonitot – tartalmazó vékony karbonátterek szelik át (14. ábra).

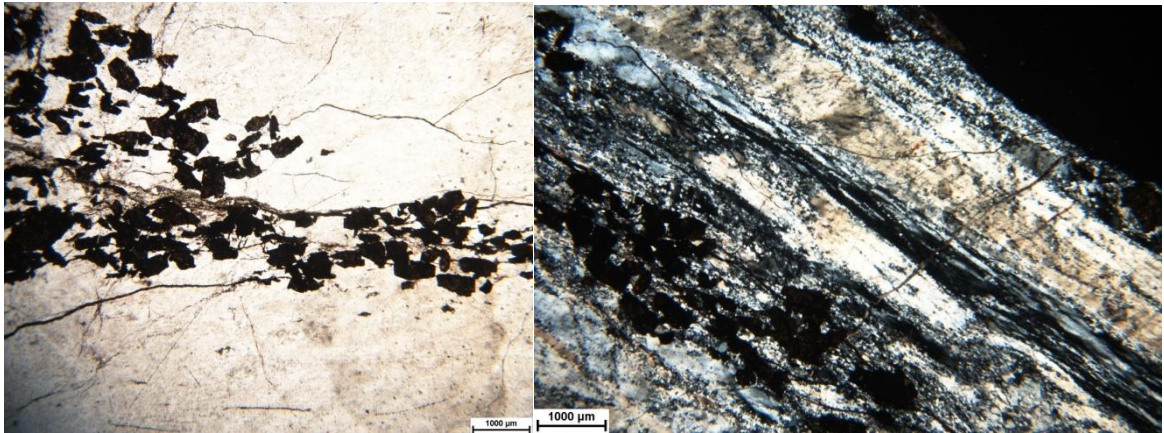
A közet egészére nézve megállapítható hogy a kvarc és a színes elegyrészek deformációját egyazon folyamat alakította. Ez a folyamat, a plasztikus deformáció amely során a kvarc-telér a formáció monzonitos, vagy monzogránitos közetanyagával fogazódott össze. A közet színes elegyrészekben gazdag része protomilonitos, a kvarc-telér milonitos megjelenésű.

Mikroszkópi felvételek:



12. ábra: (bal oldal) Muszkovit, amfibol utáni kalcit-limonit pszeudomorfózák, kvarc és földpát keresztezett nikolos képe kvarc-milonitban.

13. ábra: (jobb oldal) Hálózatos biotit megjelenése kvarc mátrixban, amfibol utáni limonit-kalcit pszeudomorfózák 1 nikolos képe milonitban. Jól látható az amfibol alakok hossztengety szerinti irányítottsága.



14. ábra: (bal oldal) Amfibol pszeudomorfózák limonit-kalcit anyaggal.

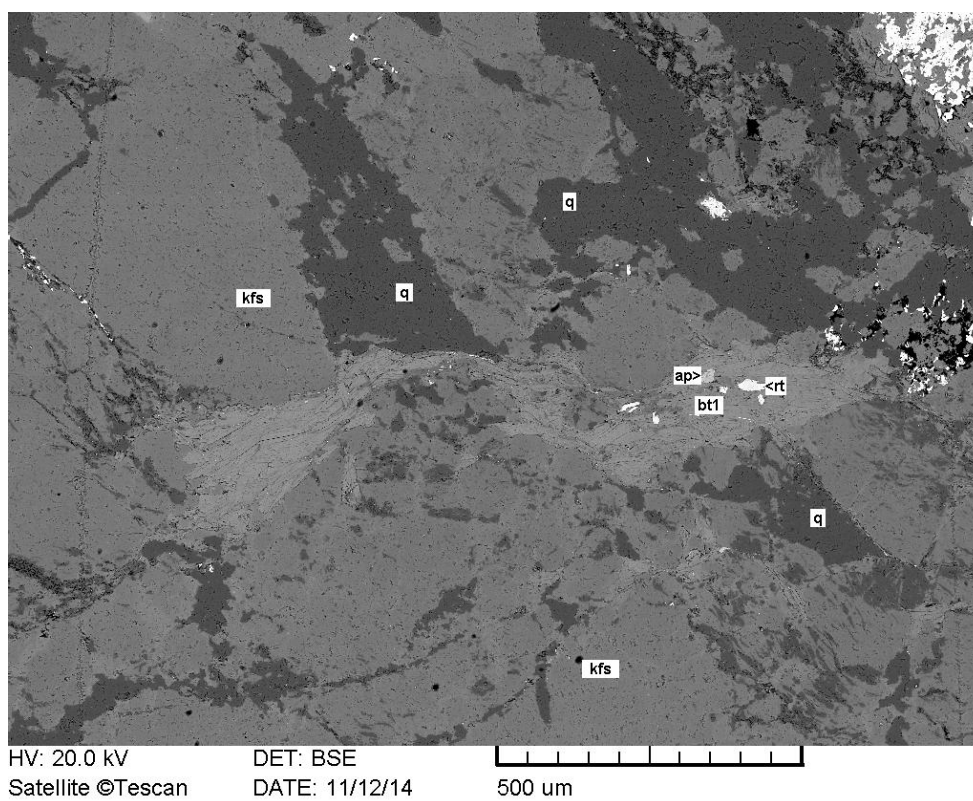
15. ábra: (jobb oldal) A milonit szövete, benne jól kivehető a seprűződő kioltású elnyúlt, alszemcsésedő kvarc, valamint az amfibol utáni limonitos szemcsék.

Minta jele: Ba-0140718

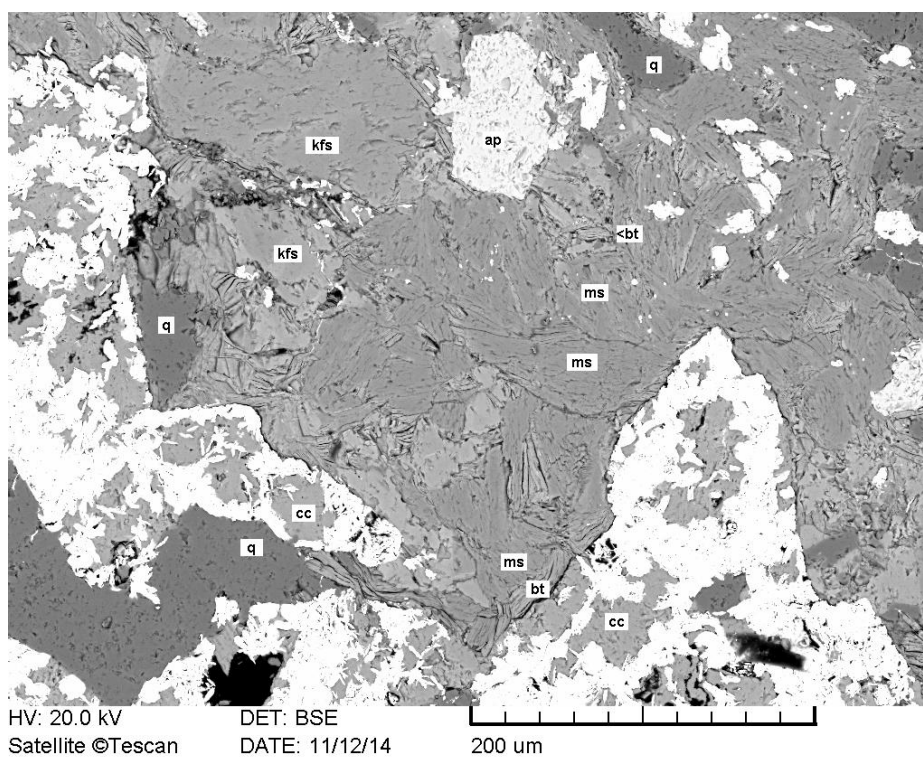
Elektronmikroszkópos vizsgálat:

A csiszolaton az optikai vizsgálatok után pásztázó elektronmikroszkópi vizsgálatokat végeztem. Az optikai vizsgálatok alapján megállapított elegyrészek (kvarc, földpát, Fe tartalmú opakásvány, biotit, muszkovit) igazolódtak, a mintában található biotitból kémiai elemzés is történt (16. ábra, 4. tábla). A mintában ép amfibolszemcse nem található. Az összetétel alapján a mintában található karbonát kalcitnak bizonyult. A mintában ezen felül akcesszórius elegyrészként biotitból apatit (17. ábra) és Ti-oxid (optikai tulajdonságok alapján valószínűleg rutil) került leírásra.

Elektronmikroszkópi felvételek:



16. ábra: Kvarc (*q*), mikroklin (*kfs*), biotit (*bt1*), apatit (*ap*), rutil (*rt*) visszashórt elektronképen kvarc-milonitban



17. ábra: Kvarc (*q*), mikroklin (*kfs*), kalcit (*cc*), apatit (*ap*), biotit (*bt*), és muszkovit *ms* visszashórt elektronképen kvarc-milonitban

4. tábla: A biotit összetétele bt1 mérési pontban:

<i>SiO₂</i>	<i>38,25</i>
<i>TiO₂</i>	<i>2,18</i>
<i>Al₂O₃</i>	<i>15,95</i>
<i>FeO</i>	<i>18,25</i>
<i>MgO</i>	<i>13,32</i>
<i>K₂O</i>	<i>9,78</i>
<i>Cr₂O₃</i>	<i>0,26</i>
<i>Teljes</i>	<i>98,00</i>

Minta jele: *Ba-0140717/lin*



18. ábra: *Ba-0140717* ultramilonit

Makroszkópos leírás:

A kőzet színe sötétbarna felszínen sárgás-vöröses foltokkal. A példány alaposabban vizsgálva fehér-szürke szabad szemmel kivehető szemeket tartalmaz. A kőzet erősen palás, a foliáció iránya a mintában egyértelmű, a rétegek vastagsága nem haladja meg az 1 mm-t. A kőzet vágott felületen sósavval intenzíven, de nem hevesen reagál. Ez karbonát-tartalmat (kalcit) jelenthet. A sósav után oldási nyomok, lyukak maradtak a kőzetfelszínen, így a sósav ténylegesen a kőzet anyagával reagált. A kőzetfelszín tapintása zsíros, tompa zsírfényű, felszíne sima. A kőzet nagy mennyiségű rétegszilikátot tartalmazhat, ezek valószínűleg finomszemcsések. A kőzet a csiszolatkészítés során mind beágyazás nélkül, mind beágyazva a nedves vágás során a foliáció irányával megegyezően elrepesztette a tárgylemezt. Ebből arra következtetnek, hogy a minta valószínűleg duzzadó agyagásványokat tartalmazhat. A minta egy erősen bontott milonit, ultramilonit. (A helyszín és környezet ismerete nélkül a minta külleme aprószemcsés fillitre is jellemző lehetne.)

Minta jele: Ba-0140717/lin

(polírozott, kétszer beágyazott vékonycsiszolat, lineáció szerint irányítva, foliációra merőleges metszet)



19. ábra: Ultramilonit, jellemző barnás színnel

Leírás polarizációs mikroszkópi vizsgálat alapján:

A vékonycsiszolatban az uralkodó szín a barna és barnás-zöld. A csiszolatban a felismerhető szintelen elegyrészek alig teszik ki a 10%-ot. Emellett a (méret miatt) nem azonosítható mérettartományban további 55-65%-át adják a közetnek. A szintelen elegyrészek mikroklin és plagioklász megközelítőleg azonos mennyiségben vannak jelen. Emellett kisebb mennyiségben (az összes szintelen elegyrészt 100%-nak véve, max. 10%) kvarc is található. A földpátok, illetve a kvarc minden esetben a színes mátrixban úszó szigmatoklasztok, szemek. Ezeknek uszálya akár a szemcse méretének tízszeresét is elérheti, az uszály anyaga az ásvány saját anyaga, kalcit, valamint limonit. A szintelen elegyrészek, közül a plagioklász mállása jelentős. A mikroklinek uszályában másodlagos ásvány mikroszkópi körülmények között nem megfigyelhető, epidotot nem találtam. A kvarcok alszemcsésedtek, lekerekítődtek, és az alszemcsék is erős kerekítettséget mutatnak. A földpátokra mindkét esetben jellemző az erős lekerekítődés, seprűződő, vagy hullámos kioltás. .

A színes elegyrész az anyagból mintegy 20-25%-t adó eltérő mértékben bontott biotit. Ez a csiszolatban a palássági síkot jelöli ki. A csillám legmállottabb részein a pleokroizmus hiányzik, míg egy-egy nagyobb 200 μ m-t meghaladó szemcsében a pleokroizmus erős vöröses barna színű. A palásság síkjába eső csillámok aprók, rendre <0,2mm méretűek. Ennek oka a felaprózódás lehet, hiszen a csiszolatban lehet látni ezt meghaladó méretű csillámlemezeket is. A 200 μ m fölötti, ép szemcsék hajladozottak, de épek, általában földpátok nyomásárnyékában vannak. A biotitok mérete gyakorlatilag nem haladja meg a 300 μ m-t, de már a 0,2 mm-t átlépő példányok száma is csekély. A foliáció síkjára merőleges nagyobb biotittáblák épebbek, gyakorlatilag a mállás semmilyen jele nem

figyelhető meg rajtuk. Ez azt is jelentheti, hogy a mállást elősegítő fluidumok a palássági síkok mentén jártak át a kőzetet, így az ott elhelyezkedő ásványok bontottabbak.

A kőzetben ezen felül másodlagos ásványként nem jelentős mennyiségben, nem azonosítható, kis méretű karbonát ásvány, limonit, illetve nem meghatározható finomszemcsés ásványfrakció (agyagásvány) található. A kőzet ultramilonit.

A kőzetben ezen felül nem jelentős mennyiségben, nem azonosítható, kisméretű karbonát ásvány, sok limonit, illetve nem meghatározható finomszemcsés ásványfrakció található. A kőzet szövete lepidoblasztos.

A Bátaapáti NRHT területén az IK-4 tárolókamrából származó minta

Minta kódja: *Ba-014077*



20. ábra: Ba-014077 milonit törési felszíne

Makroszkópos leírás:

A példány mérete 5x5x2cm. A kőzet alapszíne szürkés-zöld melyet hullámos, nem vastagságtartó barnás sávok szelnek át. A kőzet palásságot mutat, a barnás sávok megjelenése a palássághoz kötött. A kőzetben szabad szemmel és lupéval vizsgálva változatos 0,1-2mm szemcsék figyelhetőek meg (20. ábra). A szemcsék alakja tojásdadon gömbölyített, eloszlásuk a mintában egyenetlen. A kőzet törési felületeinek tapintása sima, zsíros, de fénye csak fakó. A minta a palássággal párhuzamosan vágott felületen jól kivehető lineációt mutat, melyet a kerekített klasztok hossz tengelye, valamint barna vékony erek határoznak meg. A makroszkópos tulajdonságok, és az ismert környezet alapján a minta milonit.

Minta kódja: Ba-014077/lin

(polírozott vékonycsiszolat)



21. ábra: Ba.014077/lin foliációra merőleges

lineációval párhuzamos vékonycsiszolat

Leírás polarizációs mikroszkópi vizsgálat alapján:

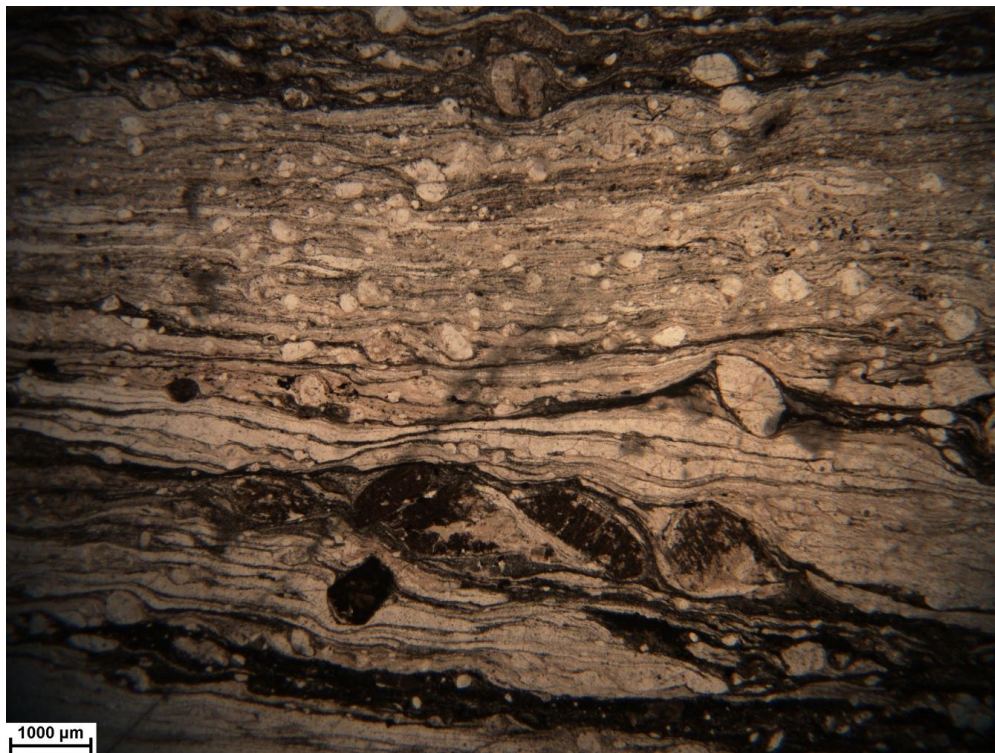
A kőzet 80-85%-át színtelen elegyrészek adják. Ezek összetételi viszonya a színtelen elegyrészeket 100%-nak tekintve: kvarc: 35% földpát 65% mikroklin és savanyú plagioklász közelítőleg azonos arányban, azonban a rendszerben a mikroklin valamivel nagyobb részarányt mutat. A felismerhető ásványi elegyrészek mellett a mátrix anyaga méretben 2-2,5 nagyságrenddel alulmúlja a szigmatlasztok méretét (24. ábra). Ennek a mátrixnak az anyaga mikroszkóppal nem megállapítható arányban tartalmazza a színtelen elegyrészeket, azonban a szemcsék eloszlása statisztikai alapon a mátrixban és klasztokban közel azonosnak tekinthető. Az eloszlást némileg a kvarc irányába torzíthatja, hogy a kvarc dinamikus átkristályosodása alacsonyabb hőmérsékleten megkezdődik. A kvarc megjelenése: elnyúlt, unduláló kioltású sávokhoz köthető, ezek a kvarclencsék - melyben a szemcsék egymással lóbásan összefogazódnak - kijelölik a palásság irányát. A kvarc szemcsék az erekben 50-100 μ m-es mérettartományba esnek, ennél nagyobb szemcse a kőzetben nem jellemző. A földpátok közül mind a mikroklin, mind a plagioklász nagyobb (1,5mm) és kisebb (0,1-0,2mm) szemcséket is alkot (22. ábra). A kétféle szemcseméret oka az eredeti kőzet szemcsemérete, amely a milonitosodás során fellaprózódott, átkristályosodott. Azonban jelentős különbség, hogy míg a mikroklinek közel épek, addig a plagioklászok részben, vagy egészen mállottak.

A másodlagos ásványok közül kalcit, és szericit kötődik a kőzetekben a plagioklászok belső mállásához, míg az uszályban megjelenő átalakulási termékek között epidot figyelhető meg. A klasztok kerekítettsége, és palásság szerinti nyúltsága a kőzet egészét nézve eltérő, sokféle. A földpát klasztok esetében megfigyelhetők boudinok (22. ábra), kioltásuk gyakran unduláló. A mátrix mérettartománya jóval alulmúlja a klasztokét, az ásványok mérete 10-40 μ m (24. ábra).

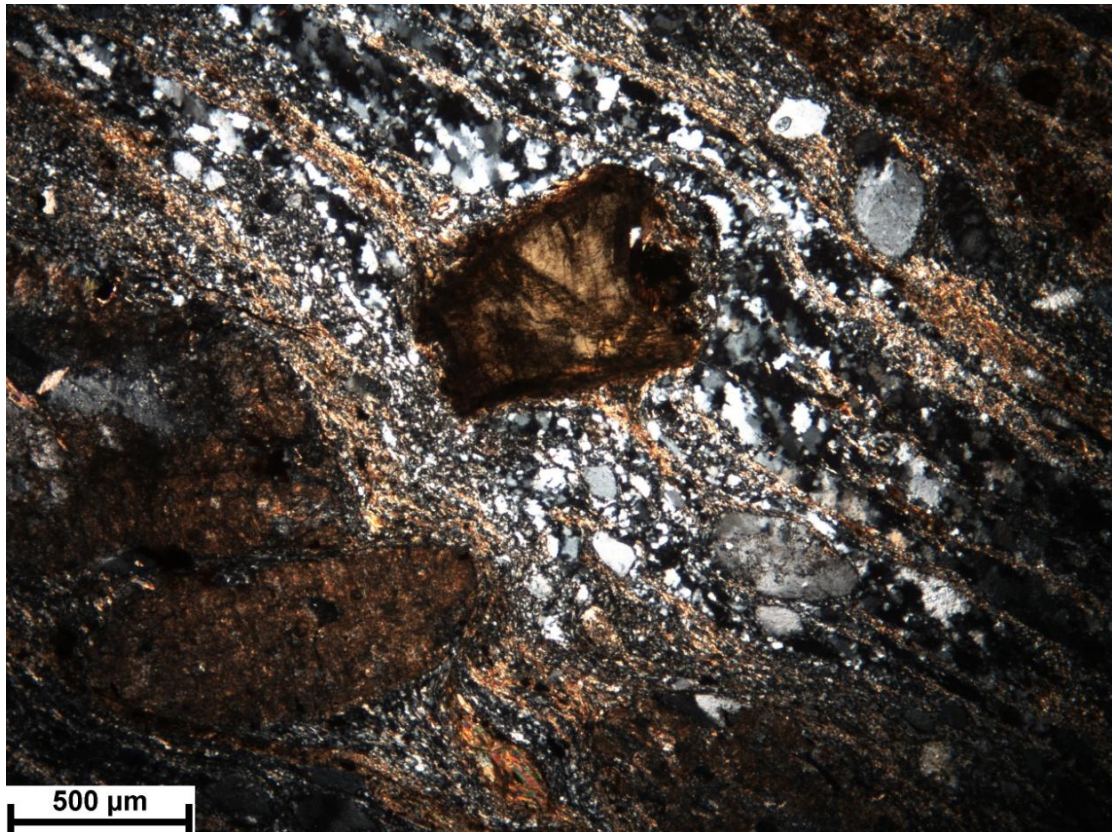
A színes elegyrészeket a kőzetanyagban a biotit képviseli egyedülként, mely jellemzően kloritosodott a szegélyén, vagy teljes egészében. A biotit jól kijelöli a szigmatoklasztok uszályát, valamint a foliáció irányát is (22. ábra). Az akcesszóriák egy része is a biotithoz kötődik, így cirkon, apatit található meg benne zárványként, valamint mikroszkópal nem meghatározható opakásványokat is tartalmaz. Az akcesszóriák ezen kívül a titanit és allanit (23. ábra), mely utóbbi a mm-t megközelítő méretű is lehet.

A kőzet ezek mellett nagy számban tartalmaz másodlagos ásványokat, így a már említett kloritot, szericitet, kalcitot illetve epidotot. A kalcit ezek közül plagioklászokban és erek mentén is megjelenik a kőzetben (24. ábra). Az akcesszóriák közül a cirkon észrevehetően dúsul a csillámban gazdagabb közegben. A kőzet protomilonit, a protolit az ásványegyüttes alapján monzogránit.

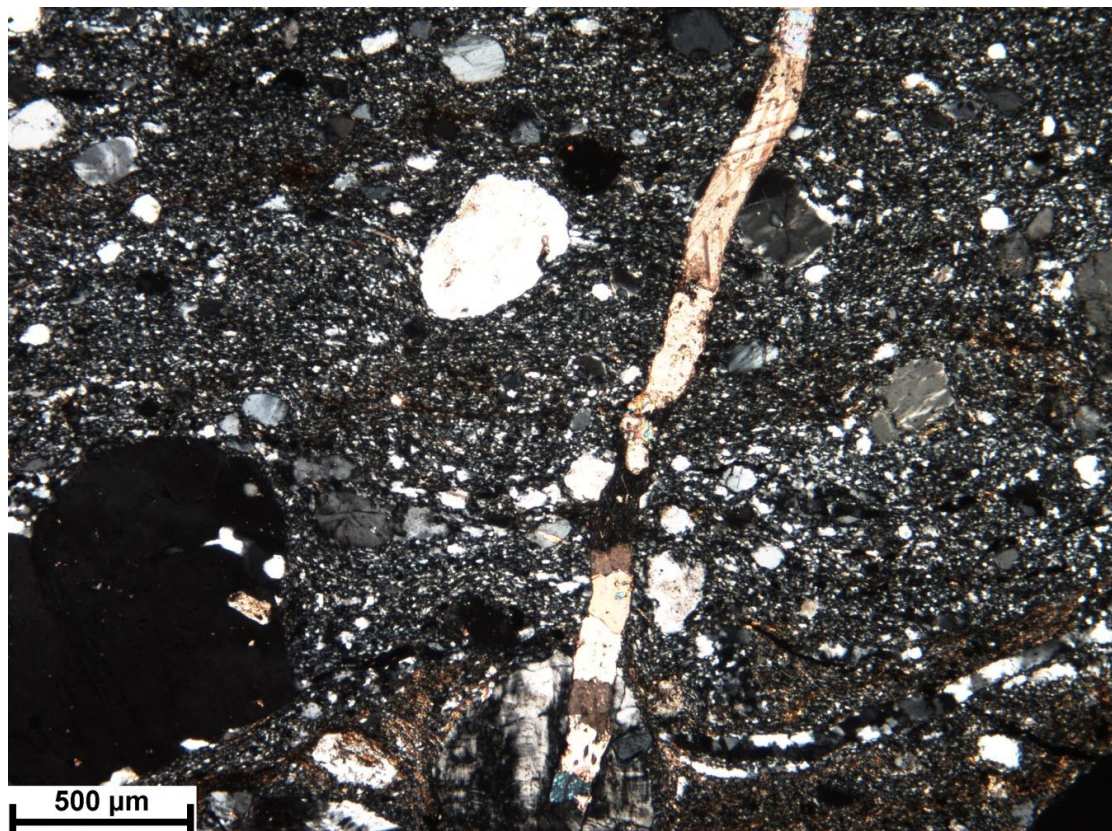
Mikroszkópi felvételek:



22 .ábra: Gránit-milonit szöveti képe. A képen jól látható a minta sávozottsága, a nagyrészt irányba állt szigmatoklasztok, valamint egy mállott, boudin szerkezetet mutató földpát.



23. ábra: $\approx 700\mu\text{m}$ nagyságú allanit (ortit) szemcse keresztezett nikolos képe

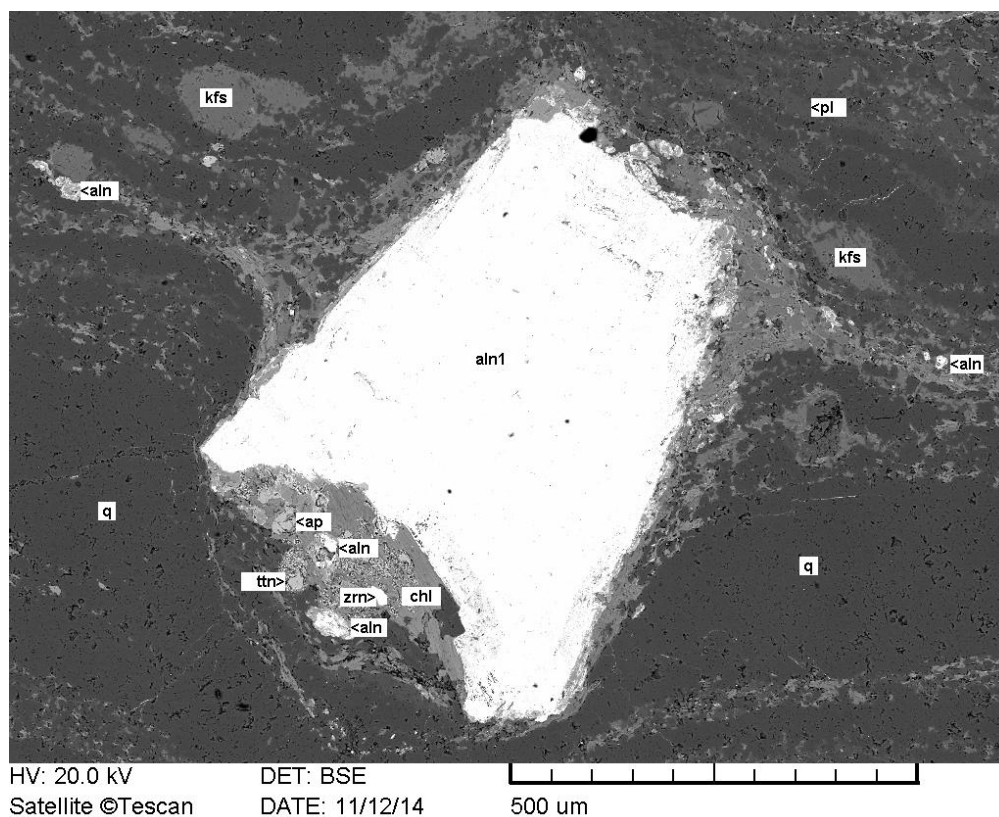


24. ábra: A csiszolat anyagát átszelő karbonát ér, és a harántolt kőzet keresztezett nikolos képe.

Minta kódja: Ba-014077/lin

.Elektronmikroszkópos vizsgálat:

A kőzetet energiadiszperzív elektron mikroszondával vizsgáltuk, a megtalált ásványok igazolása, illetve esetleges új ásványok felkutatása végett. A kőzetben a kétféle földpát, valamint kvarc jelenléte is megerősítésre került, valamint a színes elegyrész –biotit– is megegyezik a leírtakkal. A káliföldpátokban pertitszerű megjelenést mutatva magasabb báriumtartalmú részt mértünk (26.,27. ábra), (6.tábla). A bárium észlelése La csúcs alapján történt. Az akcesszóriák között nagy mennyiségű apatit, illetve cirkon volt, ezek mellett az allanit jelenlétét is alátámasztotta a szonda. Az allanit összetételében (5. tábla) a bizonytalanságot az okozza, hogy az energiadiszperzív rendszerrel a cérium és neodímium csúcsait nem lehet elkülöníteni, így a két elem közül valamelyiket biztosan beleméri a másikba. A másik ok az allanitot alkotó atomok jelentős méretbeli eltérése lehet, mely növeli a mérés pontatlanságát, erősebben szétszórják ugyanis a nagyobb atomok az elektronokat. Az allanit mellett titanit, valamint biotitban ismeretlen Ti-tartalmú ásvány figyelhető meg (25. ábra), ez valószínűleg rutil, de lehet a titanit mállásterméke is. A biotitok esetében több helyütt a kloritos szegélyek is mérhetőek voltak.

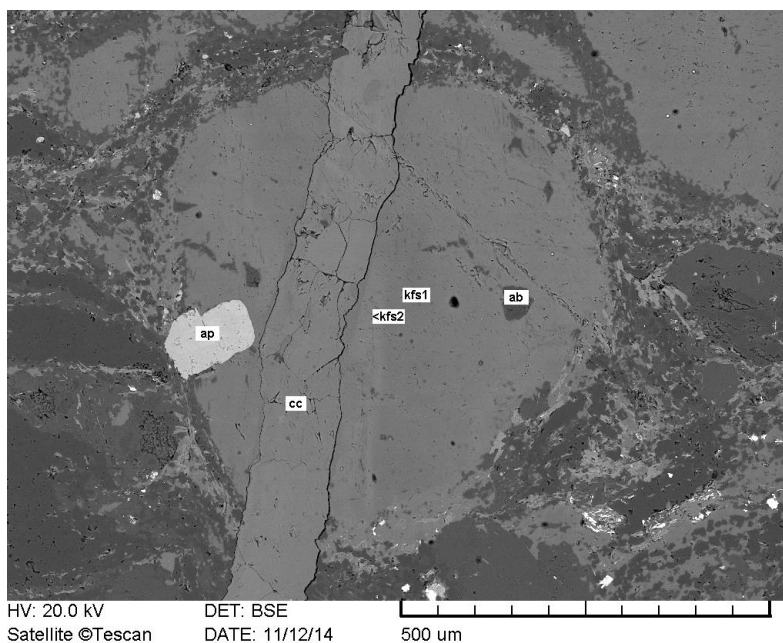


25. ábra: Allanit elektronmikroszkópi képe. Az allanit(aln1) melletti aprószemcsés anyagban titanit., apatit, cirkon, biotit, és klorit. Az allanit körül a kőzet mátrixa: kvarc, káliföldpát, plagioklász.

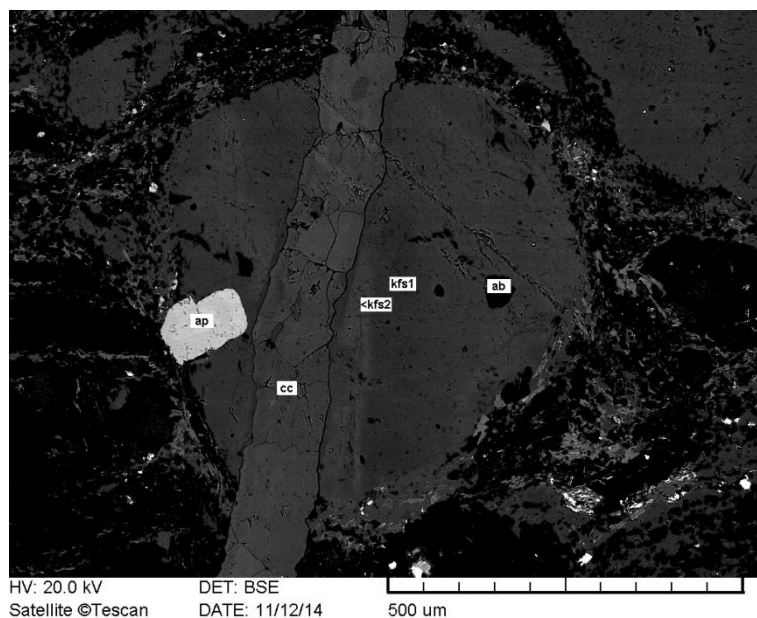
**5. tábla: Összetétel aln1
mérési pontban:**

MgO	1,37	CaO	10,87	Ce2O3	14,32
Al2O3	17,04	Fe2O3	13,21	Th2O3	0,94
SiO2	34,66	La2O3	7,42	U2O3	0,17

A számok tömegszázalékban értendők.



26. ábra: Kalcit (cc) ér által átjárt mikroklin, apatit(ap), és albit(ab) zárvánnyal. A földpát pertiszerű megjelenéssel Ba-tartalom-beli különbséget mutat (kfs1-kfs2).



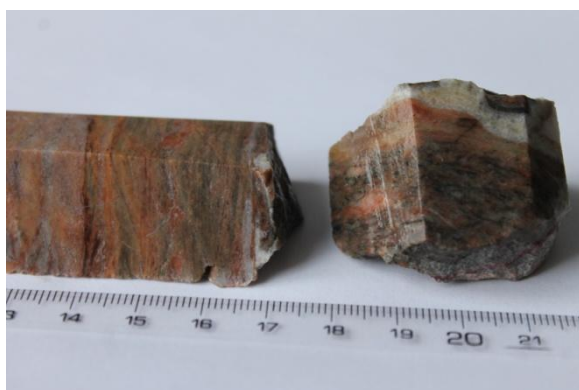
27. ábra: A Ba-tartalmú földpát kontrasztosított BSE képe. Jól elkülöníthető a magasabb(kfs2) és alacsonyabb (kfs1) Ba tartalmú rész.

6. tábla: A kfs 1 és kfs 2 összetételek:

<i>kfs1</i>			<i>kfs2</i>		
Oxid	Tömeg %	8 Oxigén	Oxid	Tömeg %	8 Oxigén
SiO ₂	64,03	2,99	SiO ₂	63,84	3
Al ₂ O ₃	18,1	1	Al ₂ O ₃	17,74	0,98
Na ₂ O	0,46	0,04			
K ₂ O	16,61	0,99	K ₂ O	16,69	1
BaO	0,8	0,01	BaO	1,73	0,03
Teljes	100	5,03	Teljes	100	5,01

A Bátaapáti NRHT meddőhányóján vett minták

Minta kódja: *Ba-aplmil*



28. ábra: A Ba –aplmil minta karbonátérmentén kettéesett vágott darabja

Makroszkópos leírás:

A kőzet alapszíne narancssárga-sárgászöld (28. ábra). A kőzet makroszkópos leírását vágott felület alapján végzem. A kőzet irányított, foliáltságot mutat. A foliációt makroszkóposan földpát-szemek, valamint szín szerinti vonalasság jelöli ki. A színek között a narancssárga és zöld árnyalatok váltakozása karakterisztikus. Emellett a kőzetben a foliációt kis szögben eltérő vastagságú karbonátterek szelik át. A kőzetet sósavval vizsgálva egyes rétegek eltérő reakciót mutattak. Míg a narancssárgább rétegeken a 10%-os sósav intenzív hirtelen, heves reakciót váltott ki, addig a zöldes kőzetrészekben eleinte gyenge gázfejlődés volt megfigyelhető, majd ez is abbamaradt. Ez alapján, a zöld rész vagy lényegesen kevesebb karbonátot tartalmaz, vagy olyan karbonátot tartalmazhat, mely

híg sósavval nem, vagy alig reagál. A felmaródás nyomán a foliáció csapásirányát kijelölően lyukak keletkeztek a kőzetfelszínen. A kőzet színtelen alkotói között makroszkópos jellemzők alapján csak kálicsillámot ismerhetők fel. Ennek színe mély hűsvörös, hasadása megfigyelhető. A kőzet makroszkópos megfigyelések alapján nem, vagy alig tartalmaz színes elegyrészt. A középső erősen palás kőzetanyag mindkét szélén éles átmenetet mutat. Ennek külleme az alsó részen pókhálószerűen fehér erekkel átjárt aplit-mikrogránit, míg az ezzel ellenkező oldalon a kőzet első ránézésre leukokrata gránitnak tűnik. A gránittól a milonitos aplitot 3 színben megjelenő karbonát választja el. A gránitos kőzetanyag enyhe, de jól felismerhető paláságot mutat. A kőzetanyagot sósavval vizsgálva heves reakció figyelhető meg, amelynek eredményeként a sima kőzetfelszínen oldási nyomok jelennek meg. A gránitos küllemű anyag is tartalmaz tehát híg sósav által oldható karbonátot. Ezek mellett a gránit megjelenésű anyagban fekete sávok láthatóak, melyek valószínűleg csillámból, biotitból állnak. A kőzet egy deformált aplit/mikrogránit mely gránit határáról származhat.

Minta kódja: *Ba-aplmil*

(polírozott vékonycsiszolat)



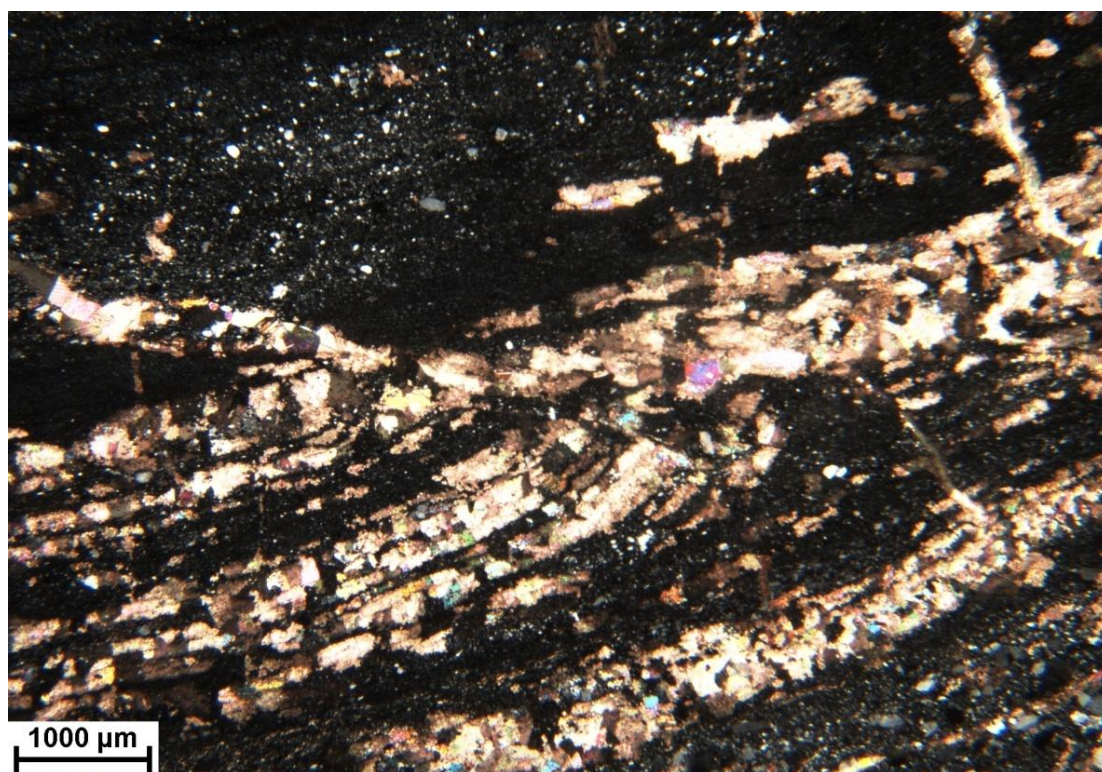
29. ábra: *Aplimilonit vékonycsiszolat*

Leírás polarizációs mikroszkópi vizsgálat alapján:

A csiszolatban a vizsgálatok alapján a következő színtelen elegyrészeket lehet megtalálni: kvarc, mikroklin, savanyúplagioklász. A csiszolat anyagában a színtelen elegyrészek két formában jelennek meg, a mátrixot alkotó irányítottágot alig mutató finomszemcsés (20-40 μ m) anyag, melyben a kvarc és földpátszemcsék már nehezen elkülöníthetők. A másik megjelenési forma a mátrixban úszó, a mátrix szemcseméretét 1-2 nagyságrenddel meghaladó méretű porfiroklastok, melyek gyakran boudin formában észlelhetők. A megnyúlt porfirok megközelítőleg - de nem minden esetben - a foliáció síkjába rendeződnek. A kőzetben színes elegyrészként muszkovit és opakásvány található. A

muszkovitok mérete és elhelyezkedése alapján valószínűleg plagioklászok átalakulási termékeként jelentkeznek. A muszkovit megjelenése a kőzetben palássághoz kötött. Az opakásványok hasonló viselkedést nem mutatnak. Az opakásványok általában szögeletesek, enyhén nyúltak, hossz tengelyük a palásság síkjába áll. A muszkovit esetében ugyan a szemcsék hossz tengelyének közel fele nem a foliáció irányába áll, mégis jól kijelöli a palásság irányát. Ennek oka a csillámlemezek kis mérete (max. 0,15mm), illetve az, hogy a csillámok a szemcsék közti térben kevésbé hajladozva helyezkednek el. A muszkovitot törésmutatója, megnyúlt csillámszerű megjelenése, illetve keresztezett nikolos tulajdonságai (egyenes, hullámos kioltás, interferenciaszín) alapján határoztam meg. A kőzet másodlagos ásványként 35-40% karbonátot tartalmaz, melynek egy nikollal is nyomozható az elterjedése. Egy nikolos vizsgálattal elszórtan halványbarna színt mutat, valamint jól megfigyelhető a szemcsék hasadása. A karbonát mind a mátrixban, mind pedig a foliációt kijelölő elnyúlt sávokban megjelenik. Egy nikollal is el lehet különíteni a különböző generációkat, valamint észleltem szín szerinti rétegződést is. A nikolokat keresztezve a karbonáton megfigyelhető, hogy a foliáció irányában megnyúlt sávokban elhelyezkedő változatnak a kioltása gyakorta mozaikszerű, unduláló. A szemcsék határa szuturás, hasadási nyomok az unduláló kalcitokban nem láthatók. Egyes esetekben alszemcsésedés figyelhető meg. A foliációt kijelölő karbonát mellett található a nyíródás után utólag képződött, közel párhuzamos töréseket kitöltő karbonát erek is, melyeknek anyaga jóval durvább szemcseméretű (200-700 μ), mint a megnyúltaké. Az ereken belül legalább két képződési fázis különíthető el, melyek a szemcseméretben, illetve visszaoldódási nyomokban különböznek. A csiszolatban lévő palásság szerint rendeződött sávok több tulajdonságban is eltérőnek bizonyultak. Az ásványok mérete, egyes ásványfajták előfordulása, illetve a szigmatklasztok megjelenése is eltérő rétegenként. A kőzet aplit-milonit.

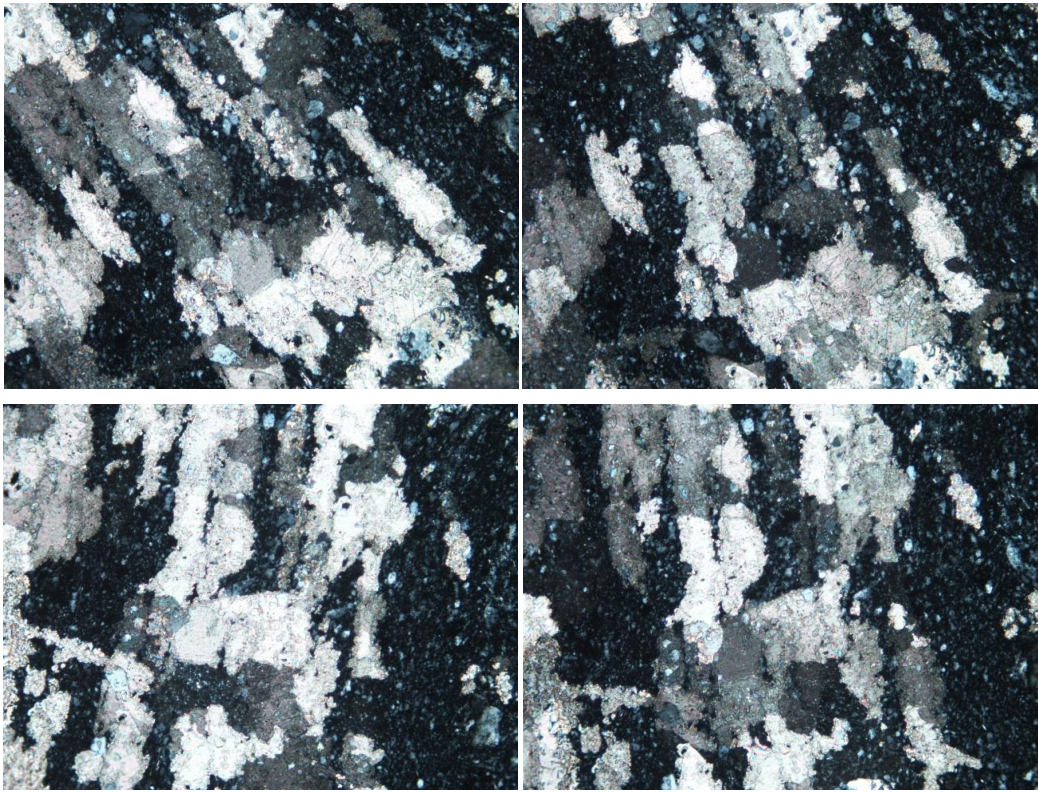
Mikroszkópi felvételek:



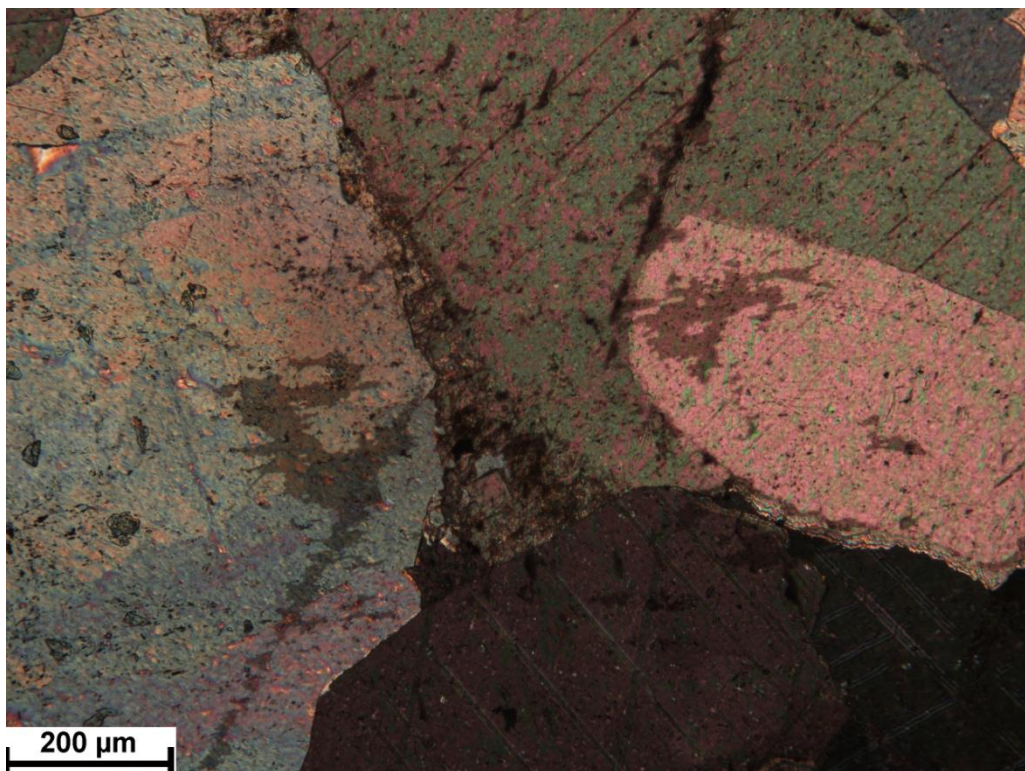
30. ábra: Milonitosodott kalcit, a milonitot harántoló elvetés menti kalcit kitöltés.



31. ábra: Aplitmilonit kalcit által kijelölt foliációs iránnyal plagioklász és mikroklin szemekkel. A földpátok uszályát is a kalcit adja.



32. ábra: (bal fentről a-d) Foliáció szerint rendeződött kalcit hullámos kioltása aplitmilonitban. Képek egyedi szélessége 1,3mm.



33. ábra: Két eltérő szemcseméretű karbonát kontaktja visszaoldási nyomokkal

Minta kódja: Ba-aplmil/mg



34. ábra: Aplitmilonit és mellékkőzet-határ csiszolata.

Leírás polarizációs mikroszkópi vizsgálat alapján:

A csiszolatot először egy nikollal vizsgáltam. A vizsgálatok során feltűnt, hogy a korábban gránitnak gondolt kőzet rész ~1% opakásványokon kívül semmilyen színes elegyrészt nem tartalmaz. A kőzetanyag töredezett, egymástól eltávolodott színtelen elegyrészeket tartalmaz. Ezek földpátok, (mikroclin és plagioklász) valamint kvarc. A szemcsék szilánkosak, élesek, kevés kontaktjuk van egymással. A szemcsék közötti finomszemcsés mátrixban kizárólag unduláló kioltású karbonát található, mely a töredezett szemcséket cementálja. A töredezett, szögletes, breccsás rész határa a milonittal megfigyelhető. A határfelület éles, jelentős szemcseméretbeli eltérés jellemzi. A csiszolatban emellett egy törési felület mentén pátos, jól hasadó karbonát található. A nikolokat keresztezve a határfelület még jellemzőbben kirajzolódik. Jól látható a szemcseátmérő 2-5x csökkenése a milonitos sáv anyaga felé. Ugyan a milonit is tartalmaz nagyobb klasztokat, de ezeknek alakja kerekített, valamint jellemző hogy uszályként saját felaprózódott anyaguk veszi őket körül. A milonit anyagában a foliációt a szigmatklasztok uszálya mellett enyhén a karbonát is kijelöli, mely a töredezett anyag mátrixához hasonlóan finomszemcsés. A színtelen elegyrészek a breccsás anyagban töredezték, a plagioklász mállott, szericitesedett, karbonátosodott. A földpátok gyakran hajladozottak, kioltásuk hullámos. A milonitban található színtelen elegyrészek azonosak a breccsás anyagéval, azonban ennek szemcseátmérője 1-2 nagyságrenddel kisebb. A milonitban – szigmatklasztként – mindhárom színtelen elegyrész előfordul, a kvarc pedig dinamikus felülbélyegzést is mutat. A szigmatklasztok között egy nagyméretű (7mm) a szilánkos-töredezett kőzetrésszel egyező szerkezetű, elnyúlt ellipszis alakú lencse is megjelenik. A csiszolatban az eredeti opakásványok szögletesek, oszlopos jellegűek, hossz tengelyük a foliáció irányába mutat. A töredezett kőzetegységben az opakásványok többnyire másodlagosak, vékony hajladozó erek mentén helyezkednek el a karbonát-anyagban. A csiszolat protomilonit és milonit határfelületét reprezentálja, melyek utólagosan karbonáttal cementálódtak.

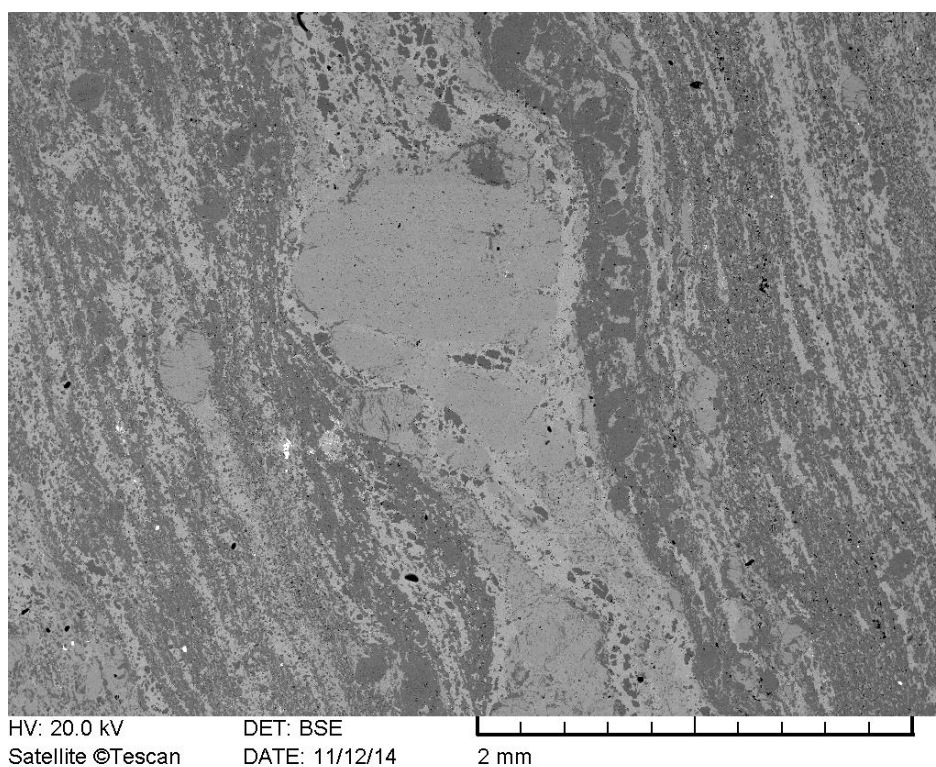
Elektronmikroszkópos vizsgálat

Minta kódja: *Ba-aplmlil/lin*

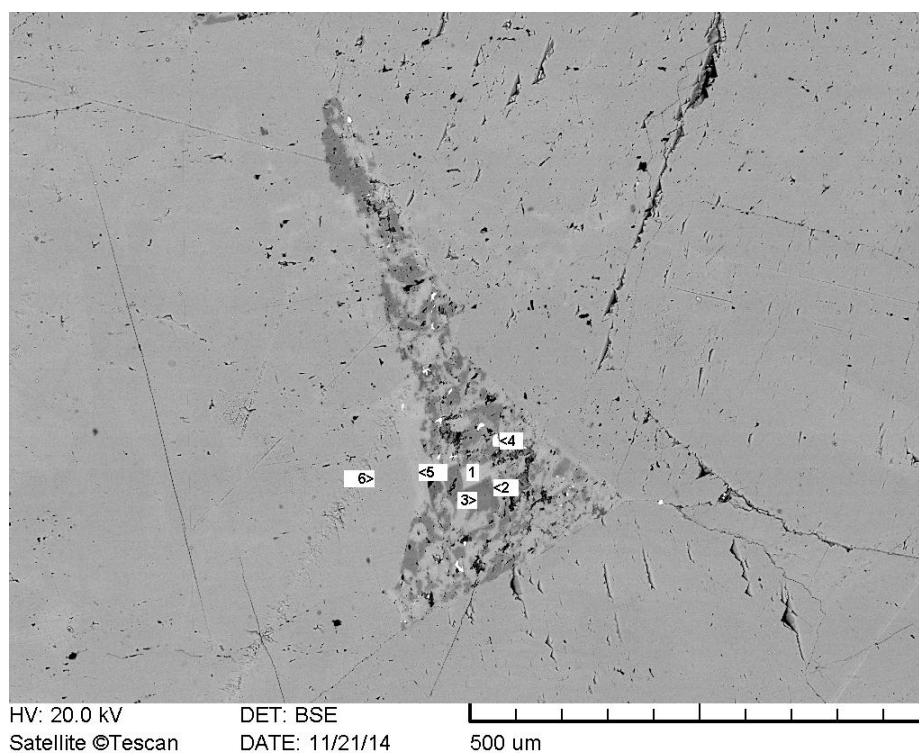
A csiszolatot EDS (energiadiszperzív spektroszkópia) és BSE (visszaszórt elektron) módszerrel vizsgálva a kőzetminta optikai tulajdonságok alapján megállapított ásványfázisait sikerült igazolni. A visszaszórt elektronképen kitűnt, hogy egyes mikroklin-szemcsék színárnyalata jóval világosabb a többinél, így ezek közül a legfényesebben összetételmérés történt. Az összetétel új eredmény. Az aplitban található mikroklinnek a Ba tartalma jóval meghaladta a gránitban mért átlagot, mely 2-4% közé esik (Balla et al. 2009), illetve kiemelendő, hogy eddig aplitból nem írtak le báriumot tartalmazó mikroklint. A visszaszórt elektronkép alapján jól látható, hogy a Ba a földpátban zónásan helyezkedik el. Míg a földpát magja nem tartalmaz Ba-t addig a külső zónában ez 5 (m)% fölötti értéket mutat.

A földpátok mellett az optikai tulajdonságok alapján karbonátnak meghatározott fázisaiból is összetételmérésre került sor. 5 eltérő karbonát-összetételt sikerült megállapítani. A karbonátok mérésével kapcsolatban fontos, hogy itt kizárólag az oktaédes koordinációjú kationok kimérésére van lehetőség, mivel a tanszék műszere csupán a 10-nél nagyobb rendszámú elemek mérésére alkalmas. Ezek alapján a karbonátok összetételében eltérő Mg, Ca, Fe, Mn arányokat tudtunk mérni, kalcitot, dolomitot, Fe-dolomitot, és szideritet találtunk. Ezek mellett az aprószemcsés (10-50 μ m) és durvaszemcsés (200-800 μ m) karbonát határáról katódlumineszcens detektorral monokróm, szürkeárnyaltos fénykép készült. A karbonátos anyagban a felvétel alapján erős zonáció figyelhető meg. A dinamikusán átkristályosodott karbonátban kizárólag közel tiszta kalcium-karbonátot mértünk. Az aprószemcsés karbonát anyagban mikroszkópi tulajdonságok alapján nem felismerhető Th, Zr, Y, P, Si tartalmú fázist fedeztünk fel, ennek további vizsgálat nélkül, és a műszer mérési hibáját ismerve (Th,Zr)SiO₄ a legvalószínűbb összetétele, mivel a Zr csúcsa elválaszthatatlanul egybeesik a P, és valamelyest átfed az Y csúcsokkal. Ezek alapján a szemcse, a legegyszerűbb esetet figyelembe véve tórit-cirkon elegysor-tag lehet. Ez valószínűleg az aplitból kerülhetett a karbonátba.

Elektronmikroszkópi képek:



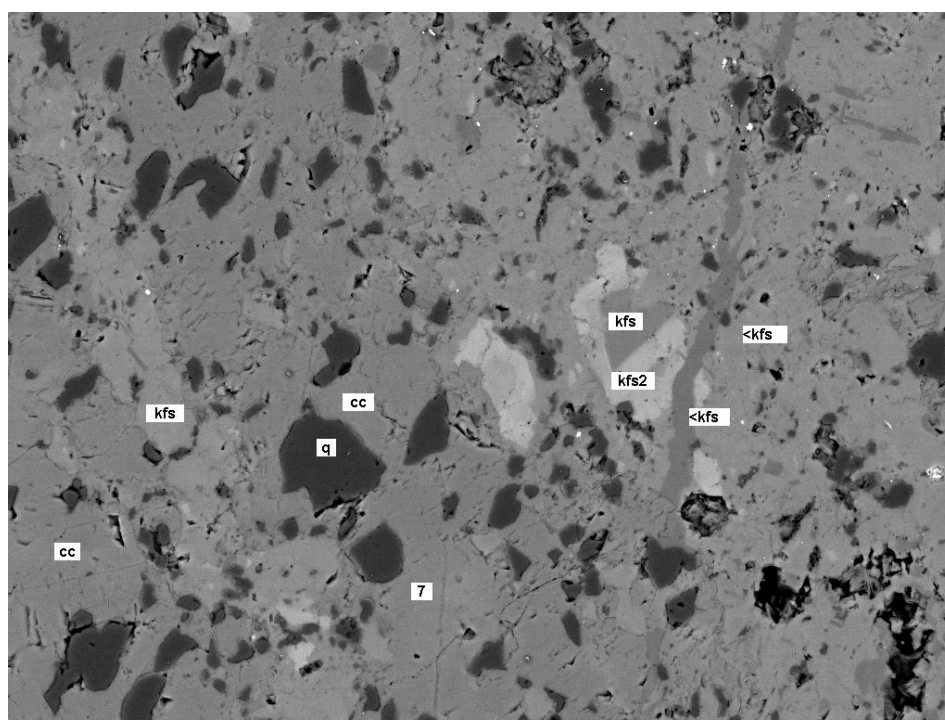
35. ábra: Mikroklin szigmaklaszt kalcit uszályyal aplitmilonitban. A felvételen jól láthatókl a sötétebb kvarczzsinórok is.



36. ábra: Több generációs karbonát aplitmilonitban visszaszórt elektronképen. A számok mérési pontokat jelölnek. 1,5,6 eltérő Mg tartalmú kalcit, 2,3 Fe dolomit, 4 Ca-Mg sziderit. A sziderit mellett fehér színű magas Th tartalmú ismeretlen fázisok.

7. tábla: A karbonátok összetétele (cbx ahol x=az ábrán található szám)

<u>cb1</u>	Oxid	Tömeg %	1 Oxigén	<u>cb4</u>	Oxid	Tömeg %	1 Oxigén
	MgO	1,16	0,02		MgO	18,47	0,28
	CaO	96,21	0,96		CaO	11,21	0,12
	MnO	1,68	0,01		FeO	70,32	0,6
	FeO	0,95	0,01		Teljes	100	1
	Teljes	100	1				
<u>cb2</u>	Oxid	Tömeg %	1 Oxigén	<u>cb5</u>	Oxid	Tömeg %	1 Oxigén
	MgO	33,9	0,42		MgO	0,54	0,01
	CaO	55,61	0,5		CaO	99	0,99
	MnO	1,95	0,01		MnO	0,45	≈0,01
	FeO	8,53	0,06		Teljes	100	1
	Teljes	100	1				
<u>cb3</u>	Oxid	Tömeg %	1 Oxigén	<u>cb6</u>	Oxid	Tömeg %	1 Oxigén
	MgO	30,35	0,39		MgO	0,76	0,01
	CaO	56,12	0,52		CaO	99,24	0,99
	MnO	1,94	0,01		Teljes	100	1
	FeO	11,59	0,08				
	Teljes	100	1				



37. ábra: Aplitmilonit szövete visszaszórt elektron képen. A képen jól kivehető Ba-tartalma miatt jóval fényesebb mikroklin-kristály(kfs2). A képen további mikroklinek (kfs), kvarc (q), illetve a szemcsék között ereken kalcit található (cc, 7-es mérési pont).

8. tábla: Mikroclin (kfs2) és a 7-es mérési pont karbonátjának összetétele:

<i>cb7</i>	<i>Oxid</i>	<i>Tömeg %</i>	<i>1 Oxigén</i>
	<i>MgO</i>	<i>1,54</i>	<i>0,02</i>
	<i>CaO</i>	<i>98,46</i>	<i>0,98</i>
	<i>TOTAL</i>	<i>100</i>	<i>1</i>
<i>kfs2</i>	<i>Oxid</i>	<i>Tömeg %</i>	<i>8 Oxigén</i>
	<i>SiO2</i>	<i>60,83</i>	<i>2,91</i>
	<i>Al2O3</i>	<i>19,36</i>	<i>1,09</i>
	<i>Na2O</i>	<i>0,73</i>	<i>0,07</i>
	<i>K2O</i>	<i>13,74</i>	<i>0,84</i>
	<i>BaO</i>	<i>5,33</i>	<i>0,1</i>
	<i>TOTAL</i>	<i>100</i>	<i>5</i>

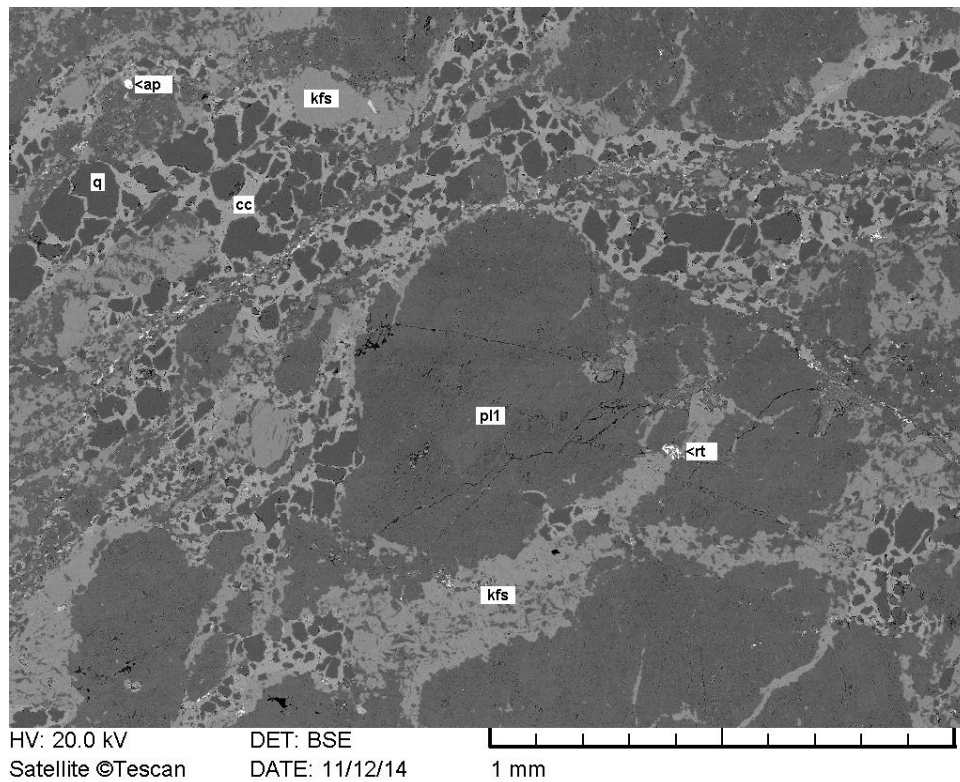
Raman-spektroszkópia:

A Th-Y-Zr tartalmú fázist, szerkezetének lehetséges meghatározásához Raman spektroszkóppal is vizsgáltuk, azonban a magas Th-tartalom miatt (radioaktív bomlás) az ásvány szerkezete már nem volt felismerhető.

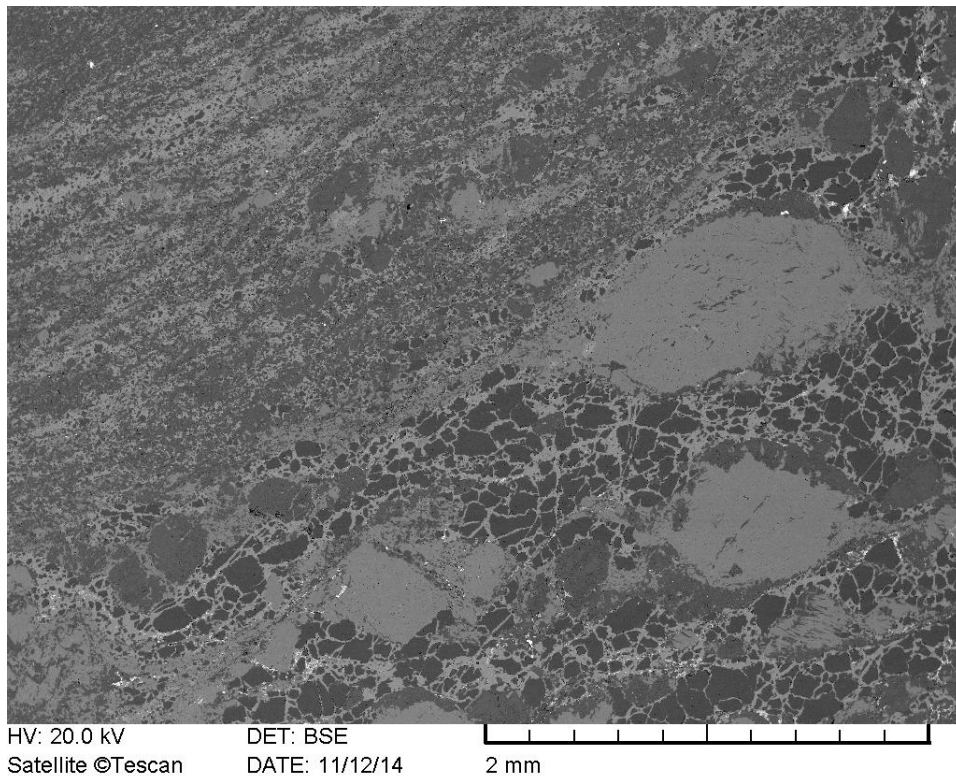
Minta kódja: *Ba-aplmil/mg*

Az elektron-mikroszondás vizsgálatok során a mintában található elegyrészeket igazoltuk, a színtelen elegyrészek közül egy plagioklászból összetételt mértünk, valamint pontmérésekkel új fázisokként apatitot, Ti-oxidot határoztunk meg. A kőzetben található opakásványok a mérések alapján kétfélék: kalkopirit, valamint Fe-oxihidroxidok. A vas esetében az oxihidroxid mikroszkópi tulajdonságok alapján történő feltételezés, mivel a műszer sem oxigént, sem hidrogént nem mér.

Elektronmikroszkópi képek:



38.ábra: A protomilonitban elhelyezkedő plagioklász(pl1) enyhén legömbölyítve, valamint erősen alszemcsésedett szögletes kvarc(q), illetve mikroklin (kfs). A képen láthatóak a fényesebb akcesszóriák apatit (ap) valamint Ti-oxid (rt).



39. ábra: A milonit és protomilonit határa visszaszórt elektron képen. A képen jól kivehető a jelentős szemcseméret-változás.

Következtetések

A kismórágyi kőfejtő nyíródási zónájából származó kvarc-ér és a nyíródás kapcsolatának meghatározása

Vizsgálataim és korábbi leírások alapján (Koroknai 2003) a kismórágyi kőfejtő nyíródási zónájában futó kvarc ér keletkezése megelőzte a plasztikus nyíródást, illetve anyaga részt vett a képlékeny deformációban. Az ér és a milonit kontaktusán az anyagban nagy mennyiségű muszkovit és amfibol utáni átalak található (12. ábra). A biotit, muszkovit, és amfibol a földpátokkal összefüggésben való megjelenése azt sejteti, hogy a kvarc-anyaga a képlékeny deformáció hatására összefogazódott a monzogránitos, illetve monzonitos kőzetanyaggal. A kalcit és a limonit az egész kőzetanyagot behálózza az amfibolok helyén a pszeudomorfózásokban is ez jelenik meg (14. ábra). Ez arra utalhat, hogy a deformáció, vagy a fluidumok repesztő hatására a kőzet megrepedezett, majd a repedezettség mentén került be a rendszerbe a karbonátosodást, limonitosodást okozó oldat/oldatok. Az amfibollécek alakjának ép megmaradását az indokolhatja, hogy a rendszer protomilonit jellegű.

A kőzetben található muszkovit (4. ábra, 12. ábra) kétféleképpen képződhetett. Biotit átalakulási termékeként, vagy a földpátok mállásából (szericit) jöhetett létre, majd a nyíródás során a palássági síkba rendeződött. A csillámok irányítottsága és mérete azt támasztja alá, hogy ezek a milonitosodás során, metamorf körülmények között növekedett ásványok. A földpátból való származásra utalhat továbbá, hogy a rendszer plagioklászokban elszegényedett, bár a muszkovitban lévő Mg-mennyisége alapján biotitból is keletkezhetett volna. A muszkovitok tektonikához viszonyított kora is kétfélének bizonyul, ugyanis vannak hajladozott, deformált, kuszán elhelyezkedő táblák, (17. ábra) melyek valószínűleg pretektonikusak addig vannak egyértelműen a metamorf folymathoz köthető szemcsék is (7. ábra).

A kvarc-ér anyagán megfigyelhető ugyanaz a dinamikus átkristályosodási folyamat (15. ábra), mely a már említett jelenségekhez is köthető. Ezek alapján a kvarctelér anyagát, legalább részint pretektonikus eredetűnek vélem. Erre utal továbbá a kvarcok kitüntetett kristálytani tengely szerinti irányítottsága is, melyet még Koroknai Balázs állapított meg a területen végzett 2003-as kutatása során, valamint ugyanebben a munkában hasonló

vélemény alakult ki a kvarc és anyagával kapcsolatban (Koroknai, 2003). Az a tény, hogy a kvarc-ér anyaga magában foglalja a formáció többé-kevésbé mállott közettörmelékeit, arra utal, hogy a magmás rendszert a milonitosodás előtt, vagy alatt kovás oldatok járták át.

A protomilonit és milonit kapcsolata

A Ba-aplmil/mg csiszolatban és a Ba-aplmil/lin csiszolatban megfigyelhető, többfázisú nyíródási jelenség kapcsolatát vizsgálva ellentmondások merültek fel. Ezek között az egyik legjelentősebb, a durvaszemcsés, unduláló kioltású karbonáttal utólagosan cementált kataklázit-jellegű protomilonit és a finomszemcsés kvarc-földpát mátrixban unduláló kioltású kalcitsávokat tartalmazó milonit kapcsolata, illetve a kérdés, hogy miként kerülhetett a durvább szögletesebb szemcseméretű anyag, a finomszemcsés milonitba, úgy, hogy a milonit deformációs jelenségei a protomilonit zárványra is kiterjednek.

Egy másik kapcsolati jellemző, hogy a karbonátok a finomszemcsés milonitos mátrix szögletesebb ásványait (alszemcséket, töredékeket) foglalnak magukba.

Újabb kérdést vet fel, hogy a karbonátok esetén milyen jelenséggel magyarázható, hogy egyes karbonátok dinamikusán átkristályosodtak (30-32. ábra), míg mások ép pátos, fennőtt érkítőltésként jelennek meg (33. ábra).

A karbonátok esete a legegyszerűbb. A karbonátok kiválása során a milonit meggyengült töréses szerkezetében kalcit vált ki. Ez a jelen lévő feszültségtérben, jóval alacsonyabb hőmérsékleten is képes volt a dinamikus átkristályosodásra, melynek során a ridegebb kőzetben közel párhuzamos törések keletkeztek a palásság síkjára kb. 30°-os szögben (30. ábra), míg a kalcit átkristályosodva felvette jelenlegi formáját. Ugyan a milonit mátrixában kalcitot mértünk, a mérések száma nem volt elegendő ahhoz, hogy azt állítsuk kizárólag kalcit volt jelen a deformációkor. Erre utal, hogy a nagyobb pátos kalcit ér belsejében kis kiterjedésű, apróbb szemcseméretű karbonátot észleltünk (33. ábra), erőteljes visszaoldási nyomokkal. Ebben az aprószemcsés karbonátban magas Fe, Mg, Mn tartalmú karbonátok vannak jelen (7. tábla), melyek részt vehettek a dinamikus átkristályosodásban. Erre utalhat a bennük talált kis méretű Th-Zr szilikát ásvány is.

Ez egy több fázisban felnyíló törésrendszert feltételez, ahol az Fe-, Mn- karbonátok korábbi, a pátos kalcit későbbi kiválása, egyetértésben Kovács-Pálffy, Földvári (2005) cikkével.

Az apmit milonit és protomilonit határával kapcsolatban felmerült, hogy lehetséges a korábban munkahipotézisnek felállított ún. kvázi-képlékeny deformáció (Maros Gy.

2004), azonban a makroszkóposan milonitos jelleg mikroszkópi körülmények között katalázitnak bizonyult (Király Edit szóbeli közlése). Ez a jelenség közelítőleg jó magyarázat lehetne a protomilonitos közetrészre, azonban nem magyarázná a kontaktust a milonittal.

A fő probléma a rendszer megértésében az, hogy ha a protomilonitot és a milonitot két eltérő folyamat hozta volna létre, akkor a protomilonitból nem maradt volna relik, felismerhető szöveti elem.

A protomilonit és milonit együttes képződése magyarázat lehet, hogy esetleg egy durvább szemcseméretű kőzetet a nyíródás kevésbé apróz fel, a szemcsék azonos hatás mellett is nagyobb szemcseméretűek maradhatnak. Erre utal továbbá, hogy gyakran megfigyelhető az aplit telérekben a szemcseméret növekedése az ér falától a közepe felé.

Metaszomatikus hatások nyomozása Ca gazdag fluidummal átítatott közetrész ásványaiban

Metaszomatózis: Az a folyamat, amelynek során egy kőzet, vagy a kőzet egy részének a kémiai összetétele bizonyos fokig átalakul, olyan folyamat révén, amelynek során anyag hozzáadódás vagy eltávozás történik. (Szakmány 2008)

A karbonátetek mentén, illetve a képlékeny deformációban részt vett kőzetek ásványainak elektron-mikroszondás elemzése alapján igyekeztem a milonitosodáshoz köthető metaszomatikus jelenségeket megfigyelni.

Ezek közül az egyik kiemelendő, hogy a kalcitos mátrixú milonitokban a plagioklászokon végzett összetétel-mérések egyetlen esetben sem utaltak a Ca-dús környezet hatására bekövetkező Ca dúsulásra (38. ábra). Ez azt jelenti, hogy amikor a metaszomatózis létrejöttéhez szükséges körülmények (T) megvoltak, nem volt jelen a Ca-gazdag fázis a plagioklászok Ca-metaszomatózisához, illetve, hogy amikor a Ca gazdag fázis (kalcit) jelen volt, akkor a hőmérséklet már nem volt elegendően magas a folyamat létrejöttéhez. Ez azt is jelentheti, hogy az aplitban jelenlévő karbonát anyag nem szenvedett dinamikus átkristályosodást a telérkőzettel együtt, hanem utólagosan került a kőzetbe, majd egy későbbi, alacsonyabb hőmérsékletű kisebb mértékű tektonizálódás során átkristályosodott. Az aplitban, valamint az IK-4 kamra vágatból származó milonitban is történt mikroklinelemzés (6., 8. tábla). Ennek során a mért szemcsékben a Ba- magas, kiemelkedően magas értékeit figyelhettük meg. A legszembeötlőbb Ba-dúsulás az aplitban volt, mivel a kőzet típusos előfordulásaiban nem mutattak ki báriumot a káliföldpáthban

(Balla et al 2009). A bárium (oxidos) 5,33 tömeg% (8. tábla) részarányának jelentkezése az aplitmilonitban arra utal, hogy a milonit létrejöttével egyidejűleg, vagy azt követően a mikroklinben ioncsere történt. (A Ba ilyen magas jelenléte az ásvány nevezékτανát is kérdésessé teszi, hiszen ezzel rokon összetételek a hialofán nevű (K, Ba) földpátban fordulnak elő, azonban ez az ásvány monoklin). Tekintettel arra, hogy a Ba kétszeresen pozitív formában fordul elő, ehhez az átalakuláshoz az Al részarány növekedése feltétlen szükséges volt. Ennek a folyamatnak a végbemeneteléhez a környezetben a bárium vízzoldható előfordulása kell vizes közegben, valamint az, hogy a földpátból SiO₂ váljon ki, az Al-Si arány változtatásához és ezáltal a töltésegyensúly fenntartásához (Dódony István szóbeli közlése). Ebben a folyamatban a metasomatózisra két lehetőség van: az egyik, hogy a milonitosodás során a magas hőmérsékletű rendszerben jelen volt egy Ba tartalmú fázis, ami adott p-T körülmények között a földpáttal ioncserét, és SiO₂ kilépését is lehetővé tette, így létrehozva a magasabb Ba-tartalmú részeket, a másik lehetőség a kréta kori hidrotermás rendszerhez kötődő Ba-dúsulás az ásványban. Az adott hőmérsékletek:

a milonitosodás: felső zöldpala fácies (> 350°) (Király E., Koroknai B. (2003) *The magmatic and metamorphic evolution of the north-eastern part of the Mórág Block - A Magyar Állami Földtani Intézet Évi Jelentése 2003*),

a hidrotermás rendszer: min. 140° C, max. 260°C (Dabi et al 2009)

A kamra-nyaktagból származó mikroklin esetében a kérdés hasonló, ám a Ba eloszlása a mikroklinben nem zónás, hanem foltos (27. ábra), (6. tábla). A bárium a mikroklinben két összetételt mutat. Ezek közül az egyes mérési pontban mért adat a második mérés mindösszesen felét mutatja. Feltűnő volt továbbá, hogy a Ba-gazdag részben a Na már nem volt jelen mérhető mennyiségben (<0,1%). A báriumtartalom kétszereződése az ásványban azonban egyedi módon pertitszerű megjelenést mutat. A korábbi példához hasonlóan ezt a földpátot is karbonát-ér metszi, azonban a karbonátos anyagban nem volt Ba. A korábbi megfigyeléseknek ez meg is felel, hiszen a Ba-dúsulást a milonitosodáshoz kötik (Király Edit szóbeli közlése). Ez alapján a Ba dúsulás a mikroklinben analóg módon mehetett végbe mindkét vizsgált esetben.

További célkitűzések

Ezen munkán túlmutató céljaim között szerepel a törések és érkítöltések relatív, esetleg abszolút korának meghatározása.

Ezen felül a töréses és képlékeny szerkezetek között egy általános összefüggést találni, ehhez a formáció kőzeteit vizsgálva pszeudotachylit fázist találni, mely bizonyítaná azt, hogy a töréses és nyíródásos szerkezetek esetlegesen azonos esemény során képződtek.

Köszönetnyilvánítás

Munkám létrejöttéhez számos ember nyújtott elengedhetetlen segítséget. Köztük elsőként témavezetőim Király Edit és Ditrói-Puskás Zuárd, akik kérdéseikkel, javaslataikkal, intéseikkel, folytonos figyelmükkel terelgettek a fejlődés útján. Köszönettel tartozom továbbá Józsa Sándornak a csiszolatok elkészítésénél nyújtott hatalmas segítségért. Köszönet valamennyi konzulensemnek Szabó Csabának, Koroknai Balázsnak, Dódony Istvánnak valamint munkatársaimnak Bátaapátiban. Külön megemlíteném a tanszék szakdolgozói szobájának lakói, akik bármilyen kérdésemre örömmel válaszoltak. Köszönet Bendő Zsoltnak és Váczi Tamásnak a műszeres vizsgálatok alatt nyújtott munkájukért.

Irodalomjegyzék

- BALLA Z., CSÁSZÁR G., GULÁCSI Z., GYALOG L., KAISER M., KIRÁLY E., KOLOSZÁR I., KOROKNAI B., MAGYARI Á., MAROS Gy, MARS I., MOLNÁR P., ROTÁRNÉ SZALKAI Á., TÓTH Gy. (2009): A Mórággyi-rög északkeleti részének földtana (Magyarázó a Mórággyi-rög ÉK-i részének földtani térképsorozatához (1:10 000)), Budapest, Magyar Állami Földtani Intézet – p. 283.
- DABI G., M.TÓTH T., SCHUBERT F. (2009): Elterő szövetű karbonátetek szerepe a repedéscementáció rekonstrukciójában (Ófalu, Goldgrund-völgy) Budapest, Földtani közlöny – 139/1 p. 3-20.
- KIRÁLY E.(2009): Magmatic Evolution of the Mórággy Granite (SE Transdanubia, Hungary), A Magyar Állami Földtani Intézet Évi Jelentése 2009, Budapest Magyar Állami Földtani Intézet –p. 41-64.
- KIRÁLY, E. and KOROKNAI, B.: The magmatic and metamorphic evolution of the north-eastern part of the Mórággy Block, A Magyar Állami Földtani Intézet Évi Jelentése 2003, Budapest, Magyar Állami Földtani Intézet –p. 299–314,
- KONRÁD GY., SEBE K., HALÁSZ A., HALMAI Á., 2010: A Délkelet-Dunántúl földtani fejlődéstörténete – recens analógiák, Budapest Földrajzi Közleményekben 134. 3. p. 251-265. <http://old.foldrajz.ttk.pte.hu/foldtan/dk-dunantul/index.html> 2014.11.20
- KOROKNAI B. (2003): Az irányított minták vékonycsiszolatos mikrotektonikai vizsgálata (Üh–25, Üh–26, Üh–27, Üh–29 fúrások, valamint Éva-völgye (A1), Mészkemence-völgy (A2), Kismórággy, Bátaapáti, Köves-patak völgye) Magyar Állami Földtani Intézet Adatbázis - p. 137.
- KOVÁCS-PÁLFFY, P. , FÖLDVÁRI, M.: Hydrothermal minerals and phenomena in the Mórággy Granite Formation, A Magyar Állami Földtani Intézet Évi Jelentése 2003, Budapest, Magyar Állami Földtani Intézet –p., 314-333,
- KUBOVICS I. (1993) Kőzetmikroszkópia I-II. Budapest, Tankönyvkiadó, - p. 361, p. 596
- MAROS Gy. (2006): A Mórággyi gránit szerkezeti fejlődése az IMAGEO magszkennelrel történt fúrásértékelések alapján (PHd doktori értekezés), Miskolc Magyar Állami Földtani Intézet – p. 143.
- MAROS, GY., KOROKNAI, B., PALOTÁS, K., FODOR, L., DUDKO, A., FORIÁN-SZABÓ, M., ZILAH-SEBESS, L. , BÁN-GYÖRÝ, E.: Tectonic analysis and structural evolution of the north-eastern Mórággy Block (2003):A Magyar Állami Földtani Intézet Évi Jelentése 2003, Budapest, Magyar Állami Földtani Intézet – p. 371–394.

SZAKMÁNY Gy. (2008): Segédanyag BSc szakosok geológus szakirány metamorf
közettan gyakorlat anyagához Budapest, ELTE-TTK Közettani és Geokémiai Tanszék – p.
30./ petrology.geology.elte.hu/BScgeologusMET_oldszam.pdf 2014.02.14

SHATAGIN, K., CHERNYSHEV, I., BALLA, Z. 2005: Geochronology of
Mórággy Granite: results of U–Pb, Rb–Sr, K–Ar and ^{40}Ar – ^{39}Ar isotope study (A Mórággyi
Gránit geokronológiája: U–Pb, Rb–Sr, K–Ar és ^{40}Ar – ^{40}Ar izotópvizsgálatok
eredményei). — A Magyar Állami Földtani Intézet Évi Jelentése 2004, pp. 41–64.

1. függelék

A téma a Mórágai Gránit Formációban a még forró magmás testben végbement plasztikus deformáció jelenségkörének vizsgálata, illetve ehhez kapcsolódó közettani, kémiai elemzések végzése. Így a munka során a formáció valamennyi jellemző kőzetéből vékonycsiszolatot készítettem, melyek közül kiválasztottam a munka szempontjából lényeges mintákat. Kőzeteim két feltárásból származnak, a milonitosodás mindhárom fázisát (protomilonit, milonit, ultramilonit) prezentálják.

A vizsgált kőzetekről pontos leírást készítettem, hogy a korábban a területen már megtalált, csekély számú milonittal összevethető legyen. A már ismert és leírt mintákról is készítettem leírást. A munkában a földpátokat ért esetleges metasztatikus hatások vizsgálata jelentős szerepet kapott. Ennek okán polírozott vékonycsiszolatokban aplit, és monzogranit protolitból képződött milonitokban is jelentős Ba-tartalom növekedés volt mérhető. Ennek a milonitok képződéséhez való kötése már ismert volt, azonban aplit-milonitban Ba-tartalom növekedés, eddig még nem került leírásra. A metamorf ásványok eredete is ismert korábbról, azonban összetétel mérés által két eltérő lehetőség közül sikerült különböző eredetű muszkovitokat meghatározni.

Megállapítást nyert, hogy az aplitmilonitban felfedezett éles szemcseméret-változás a protolit szemcsemérete miatt jöhetett létre, így az eltérő megjelenésű és szövetű kőzetek azonos fázisban deformálódtak. Fény derült rá, hogy a karbonátosodást követően is kellett legyen olyan folyamat, mely a karbonátok tektonikus felülbélyegződését lehetővé tette. Ez valószínűleg a karbonátos fázisok kiválása során, az alkáli-vulkanizmus által biztosított hő hatására történ meg, de akár a recens feszültségtér is okozhatta.

Eredményeim tehát a karbonát-deformáció magyarázata, eltérő szemcseméretű milonitok kapcsolatának megállapítása, a Ba-metasztatózis és a duktilis deformáció összefüggésének igazolása, valamint a metamorf ásványok eredetének meghatározása, illetve a kismórágai kőfejtőben lévő kvarc-ér anyagának eredetmeghatározása.