

36. OTDK Fizika Földtudományok és
Matematika szekció

A Gérce környéki bazaltok kőzetzárványai
Horváth Martin

Negyedéves történelem és állampolgári ismeretek,
földrajz tanár szakos hallgató

Eötvös Lóránd Tudományegyetem Savaria Egyetemi Központ

Témavezető: Dr. habil Unger Zoltán

Tartalomjegyzék

1. Bevezetés
2. Irodalmi áttekintés
3. Terület földrajzi és geológiai jellemzése
 - 3.1. A terület földrajzi elhelyezkedése és domborzati jellemzése
 - 3.2. A terület kialakulása, földtani felépítése
 - 3.3. Mintáimat adó feltárások leírása
4. Hipotézis
5. Módszertan, használt anyagok és eszközök
6. Eredmények
 - 6.1. Bazalt a Hercseg-hegyről
 - 6.2. Xenolitok a Belső-hegy kőbányájából
 - 6.3. Xenolitok a Gérce III.-bazalt nevű bányából
 - 6.4. Spinellek leírása
 - 6.5. Szimplektitek leírása
 - 6.6. Eredmények összegzése
7. Következtetések
8. További kutatási lehetőségek
9. Irodalomjegyzék

1. Bevezetés

A gércei tufagyűrű és a Hercseg-hegy Magyarország kevésbé kutatott geológiai képződményei. Ezek a pannon korú dombok izgalmas fejlődéstörténettel rendelkeznek, melyet az azokat felépítő kőzetekből olvashatunk ki. A területet előforduló bazaltot és tufát számos már bezárt, illetve még működő kőfejtőben vizsgálhatjuk. Ebben a kutatásban a 2013-ban nyílt Gérce III-bazalt bányában talált peridotit zárványok közettani leírása történt meg, mivel az ebből a bányából származó kőzetekről ezelőtt nem készült petrográfiai leírás. A meghatározott zárványokat a leírásukon túl, a környék más bányáiból származó mintáival is összehasonlítottuk, hogy ezáltal teljesebb képet kaphassunk a terület közettanáról.

2. Irodalmi áttekintés

Jugovics (1915, 1916, 1970) komplex leírás a Kisalföld vulkáni képződményeiről, amelyben már ő is megkülönbözteti egymástól a tufagyűrűt és a Hercseg-hegyet, mint két egymástól függetlenül kialakult földtani egységet.

Embey-Isztin (1976) általánosságban jellemzi a Magyarországon található peridotit zárványokat. Az ő nevéhez fűződik Gércéről származó minták szövettani leírása is (Embey-Isztin, 1984). Számos rajza kiváló összehasonlítási alapot biztosít a jelenlegi kutatáshoz.

Szabó és munkatársai (1989) publikálták az első olyan művet, amely kizárólag a gércei tufagyűrűvel foglalkozik, benne a mikroszkópos megfigyelési szempontrendszer részletes leírásával. Szintén a Szabó és munkatársai (2007) találnak először magyarországi peridotitban szimplektitet.

Németh és Martin (2004) a magyarországi bazaltos vulkanikus képződmények morfológiai jellemzőit vizsgálták, mely során kitértek a gércei tufagyűrűre és a Hercseg-hegyre.

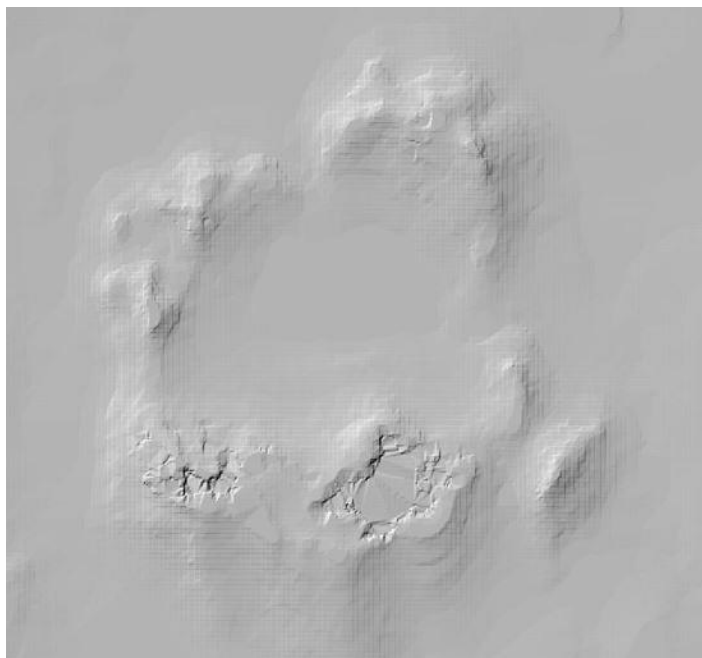
Fontosnak tartom kiemelni azt, hogy a peridotitokkal foglalkozó irodalmak kizárólag a Belső-hegy feltárásaiból származó darabokat írják le, ugyanakkor ezen kutatásban a 2013-ban nyitott Gérce III.-bazalt bányából származókat írjuk le.

3. Terület földrajzi és geológiai jellemzése

3.1. A terület földrajzi elhelyezkedése és domborzati jellemzése

A gércei tufagyűrű és a Hercseg-hegy a Kemenesalja kistájon helyezkednek el Sárvártól délkeletre. A terület autóval a 84-es számú főútvonalról lehajtva jól megközelíthető (Horváth, 2022). A terület fiatal alföldi jellegű tájából emelkednek ki a tufahalmok, a gércei tufagyűrű esetében jól kirajzolódik az úgynevezett „maar” morfológia (Németh és Martin, 2004). A Hercseg-hegy a felszínen nem alkot egész gyűrűt, csupán egy íves gerincet.

A síkság átlagosan 140 méteres tengerszint feletti magassággal rendelkezik, a gyűrűt alkotó tufahalmok átlagos magassága 30-35 méter. A délnyugati halom, a Nemes-hegy a legmagasabb, 184 méterrel emelkedik a tengerszint fölé (2. ábra). A Hercseg-hegy íves gerince magasabb, csúcsa 227 méter magas. A gércei tufagyűrűt alkotó dombok lankásabbak, míg a Hercseg-hegy keleti oldala kifejezetten meredek.



1. ábra: Digitális domborzatmodell a gércei tufagyűrűről (2x magasságtorzítás).

A Digitális domborzatmodellt a QGIS és CloudCompare programok segítségével készítettük el a gércei tufagyűrűről (1. ábra). Jól mutatja a gyűrű alakot, valamint az egykor művelt bányák által létrehozott függőleges sziklafalakat és a sima térszínként megjelenő bányaudvarokat.

3.2. A terület kialakulása, földtani felépítése

Balogh és munkatársai (1982) felsorolják a dunántúli pannon korú vulkáni képződményeinek radiometrikus módszerrel meghatározott korát, amely alapján bebizonyosodott, hogy a Kisalföldön a magmás tevékenység nagyjából 5 millió évvel ezelőtt vette kezdetét. Az asztenoszférából érkező forró magma találkozott a víztartalmú üledékekkel és ez heves freatomagmás kitöréseket indukált (Németh és Martin, 2004). E folyamat révén nagy mennyiségű hamu és törmelékanyag jutott a felszínre, melyek diagenézise után tufagyűrűk egész sorozata alakult ki. Jugovics (1970) 10 ilyen képződményt, vulkáni centrumot különített el a Kisalföld keleti részén. A 10 képződmény további fejlődése azonban már nem volt egységes. A fő különbséget az jelentette, hogy a kialakult tufagyűrűben történt-e lávafolyás vagy nem. Ahol igen, ott alakultak ki a Kisalföld nagy bazaltvulkánjai, a Ság-hegy, a Somló és a Kissomlyó. A Hercseg-hegy ilyen szempontból átmenetet jelent, hiszen itt is felszínre tört a bazalt, de az csupán a képződmény csúcsán kis mennyiségben fordul elő. A gércei tufagyűrű ezzel szemben kizárólag bazalttufából épül fel (Jugovics, 1970).

3.3. Mintáinkat adó feltárások



2. ábra. Mintagyűjtési területek

- 1.: Hercseg-hegy bazaltbányája (Sitke)
- 2.: Gérce III.-bazalt bánya, 2013-ban kezdte meg a működését, ma is művelik (Gérce)
- 3.: Nemes-hegy bányafala (Gérce)
- 4.: Belső-hegy kőbányája (Vásárosmiske)

A mintákat négy különböző feltárásból gyűjtöttük (2. ábra). Közös bennük, hogy mind a négy mesterséges feltárás, ugyanis egykor ezek kőbányák voltak, közülük az egyiket még ma is művelik. Két feltárás a gércei tufagyűrűhöz tartozik, kettő pedig a Hercseg-hegyhez. A még ma is művelt kőbánya a Hercseg-hegytől délre helyezkedik el. A hegy csúcsához közel található egykori kőbánya tárja fel a bazaltot, azzal kizárólag itt találkozhatunk (3., 4. ábra).

A gércei tufagyűrű déli részén található Belső-hegy bányából bazalttufát, illetve az abban megtalálható peridotitokat gyűjtöttünk. Ez a bánya a négy közül a legnagyobb, összesen három udvarból áll. A tufagyűrű délnyugati halmán, a Nemes-hegy oldalában is van egy kis bánya, ahol egy meredek sziklafalból gyűjtöttünk mintákat. Itt a bazalttufában egyaránt előfordulnak

a peridotitok, de nagy számban megjelennek más, üledékes eredetű zárványok is, de ezekkel ebben a kutatásban nem foglalkoztunk.

Összességében kijelenthető, hogy mind a négy bánya kiváló mintagyűjtési potenciállal rendelkezik, a nehézséget a falak megközelítése jelenti. Az omlásveszélyen kívül problémát jelent a sűrű cserje, illetve az illegálisan lerakott hulladék.



3. ábra: Bazaltot feltáró sziklafal a Hercseg-hegy egykori kőbányájából.



4. ábra: Peridotit zárványok a bazaltban, Hercseg-hegy.

4. Hipotézis

Felvetésünk az volt, hogy a Gérce III.-bazalt bányából gyűjtött és a Belső-hegy bányájából származó minták között nagy fokú egyezés állapítható meg, mivel a két helyszínen gyűjtött kőzetek ugyanabból a magmakamrából származnak.

Az összehasonlító elemzésen kívül törekedtünk arra, hogy minél több egyedi ásványtani bélyeget (átalakulás, zárványok) írjunk le, melyek plusz információkat hordozhatnak a terület kialakulását illetően.

5. Módszertan, használt anyagok és eszközök

A gyűjtött mintákból vékonycsiszolatokat készítettünk, először vágógéppel kicsi, nagyjából 1*3*0,5 cm-es darabokat vágunk. A ragasztási felületet nedves csiszolással felpolíroztuk, majd kanadabalzsammal üveglapra ragasztottuk. A 3 napos száradás után géppel levágtuk a maradék minta nagy részét, majd egy köszörűkoronggal vékonyítottuk tovább a kívánt vékonyságig. Hogy ne legyen túl vékony a csiszolat, a vastagságát folyamatosan ellenőriztük mikroszkóppal. A kész darab felszínét nedves csiszolással felpolíroztuk, és így elkészült a vékonycsiszolat.

Peridotit zárványból összesen 34 db, bazaltból 5 db csiszolat készült. A vékonycsiszolatok petrográfiai leírása polarizációs fénymikroszkóppal történt Szabó és munkatársai (1989) szempontrendszer alapján. Elsőként a kőzetalkotó ásványokat határoztuk meg interferenciaszín, alak és hasadás alapján. Ezután ezeknek az ásványoknak a térfogatszázalékos mennyisége (geokémiai analízis hiányában csak erre támaszkodhattunk) alapján megneveztük a kőzetet. Utolsó lépésként a kőzet szövetét határoztuk meg a kőzetalkotó ásványok egymáshoz viszonyított mérete és elhelyezkedése alapján.

6. Eredmények

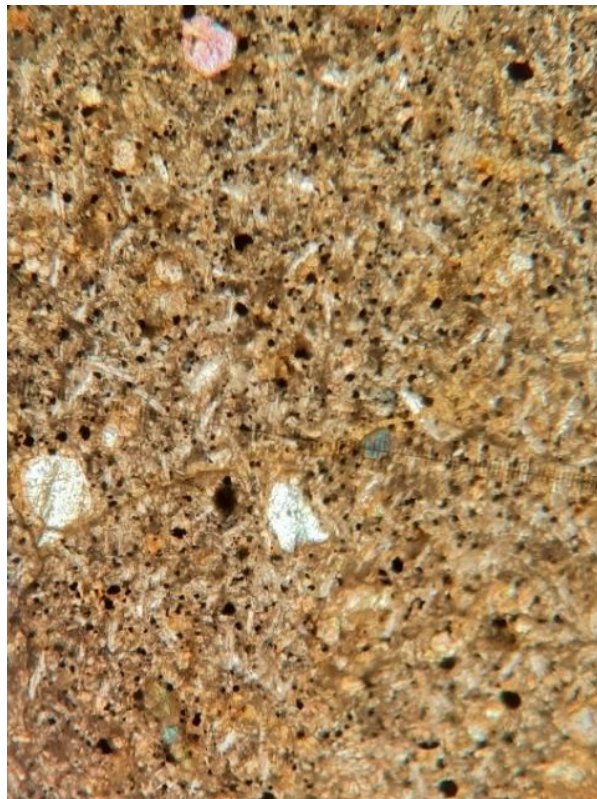
6.1. Bazalt a Hercseg-hegyről

Jól mintázható feltárás a hegy csúcsán található már nem művelt kőbánya. A bazalt egy része tartalmaz hólyagüregeket, melyek azt jelzik, hogy a vulkáni működés végén magas gáztartalommal rendelkező magma nyomult a felszínre. A bazaltban a tufához hasonlóan találunk xenolitokat (5. ábra).

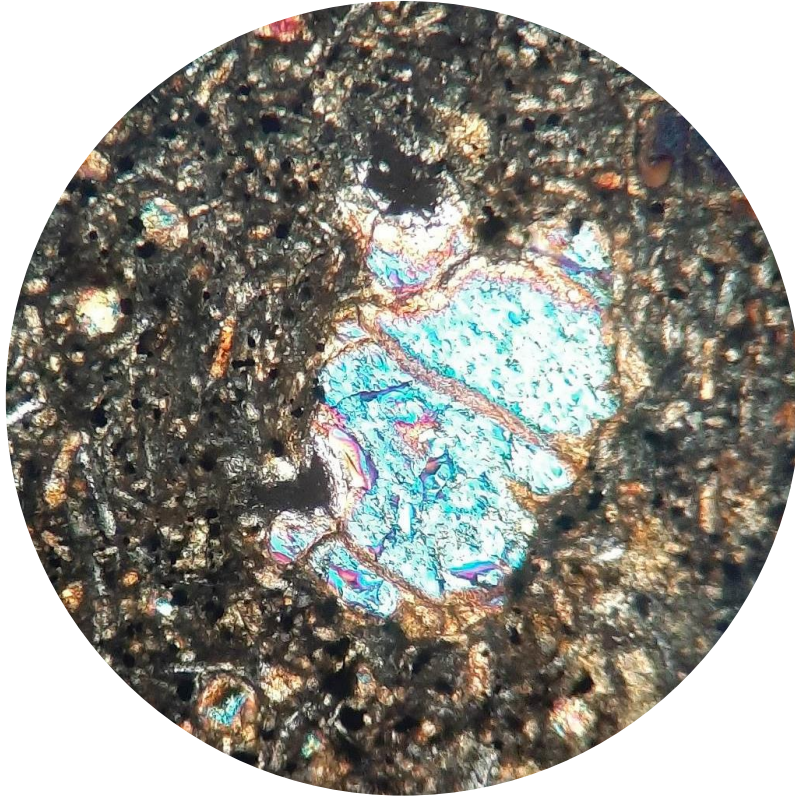
A kőzet nem tartalmaz megakristályt, az ásványait kizárólag polarizációs mikroszkóppal lehet meghatározni. A bazalt szövete ekvigranuláris porfíros, a porfírok minden esetben olivin szemcsék (6. ábra).

Fő kőzetalkotó ásványa a plagioklász földpát. Az apró kristálytűk közel azonos méretűek, azok egyenlően oszlanak el a kőzetben, nagy nagyítással megfigyelhetők bennük a poliszintetikus ikrek. Az alárendelt mennyiségben megjelenő olivinek alkotják a porfírokat, alakjuk általában idiomorf, rajtuk átalakulást alig figyelhetünk meg.

A vártnál nagyobb mennyiségben megjelenő spinellek nagyon kicsik és viszonylag egyenletesen elszórva figyelhetők meg. Színük minden esetben opak, amely utal a kristályrácsban található fémek magas arányára (Kubovics, 1993).



5. ábra: Herczeg-hegyi bazalt mikroszkópos képe (2N; 10x nagyítás).



6. ábra: Olivin porfir a Hercseg-hegyi bazaltban. Felületén minimális szerpentinisedés figyelhető meg (2N; 40x nagyítás).

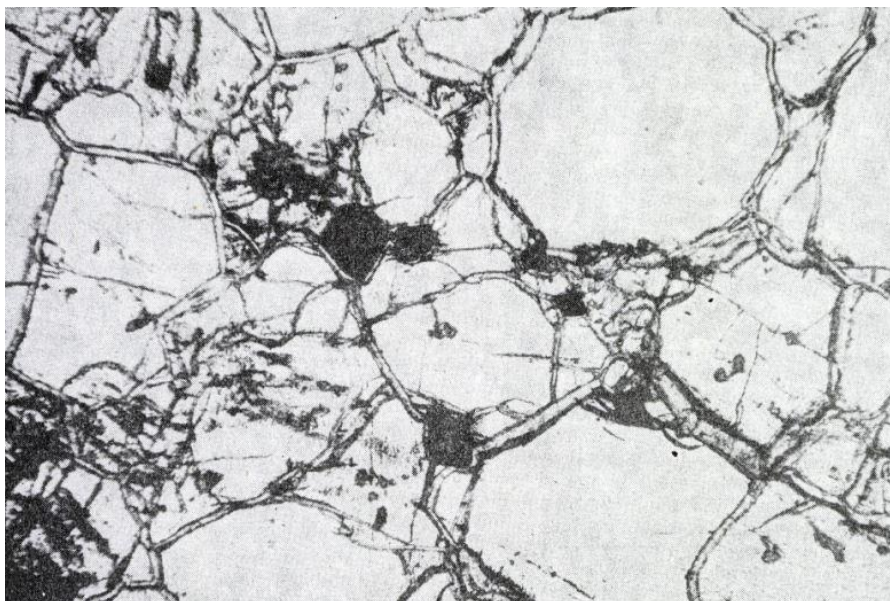
6.2. Xenolitok a Belső-hegy kőbányájából

Ezeknek a zárványoknak a fő tömegét az olivin alkotja, mellette csupán alárendelten jelenik meg a piroxén, még kisebb mennyiségben pedig spinellek figyelhetőek meg. Egyaránt meghatároztunk ekvigranuláris és inekvigranuláris szövetű darabokat.

A legnagyobb ásványok minden esetben az olivinek, egyes darabok idiomorf, mások xenomorf megjelenésűek. Felszínük általában sima, de esetenként töréseket lehet rajtuk megfigyelni. A piroxének interferenciaszíne szürke, felszínükön sok esetben párhuzamos hasadásokat és átalakulási lamellákat lehet megfigyelni. A spinellek nagy része xenomorf és erősen lekerekített, színük opak, vagy interferenciaszínük sötétbarna-vöröses (Horváth, 2022).



7. ábra: Lherzolit mikroszkópos képe (2N; 10x nagyítás).



8. ábra: Lherzolit mikroszkópos képe (1N; 37x nagyítás).

Kép forrása: Embey-Isztin (1984)

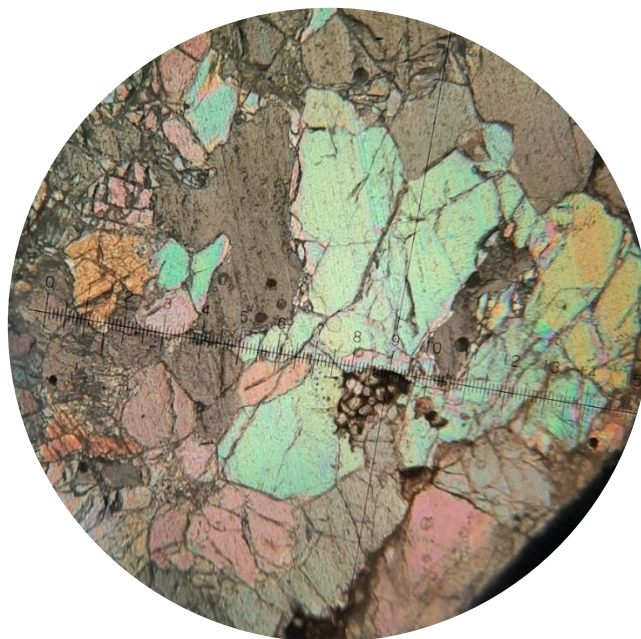
A 7. és 8. ábrán látható Belső-hegyi minták azonos szöveti jelleggel és közel azonos ásványos összetétellel rendelkeznek.

6.3. Xenolitok a Gérce III.-bazalt nevű bányából

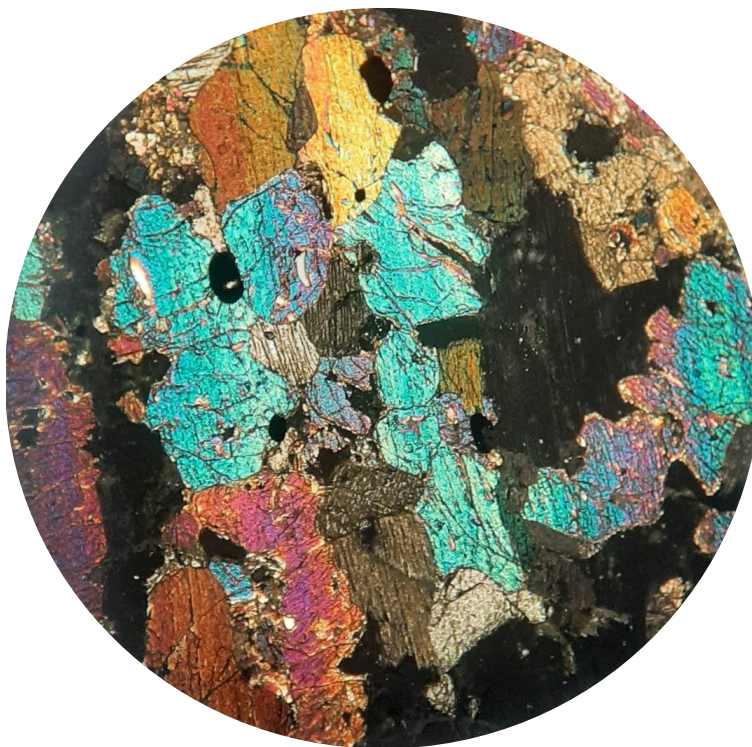
Fő kőzetalkotó ásvány az olivin, ezen kívül piroxének és spinellek jelennek meg (Horváth, 2022). A 28 db minta közül 26 lherzolit, 1 db dunit és 1 db olivin-websterit. A 28 db minta közül 20 db szövete inekvigranuláris porfíros, 8 db ekvigranuláris. A porfírok kivétel nélkül olivinek, felszínük általában sima, de töréseket is meg lehet figyelni néhány darabon. Interferenciaszínük türkizkék, sárgáskék, vagy rózsaszínes (Horváth, 2022).

A kis mennyiségben előforduló ortopiroxének interferenciaszíne szürke, a klinopiroxéneké barnás, sárgás. Megfigyelhetők rajtuk a párhuzamos, vagy a közel derékszöget bezáró hasadási vonalak (Horváth, 2022). Sok csiszolatban látható, hogy a piroxének egy sávban, a nagyobb olivin porfírok között jelennek meg. Néhány darabon átalakulási lamellák figyelhetők meg (16., 17. ábra).

A mintákban kis mennyiségben spinellek is előfordulnak, alakjuk általában lekerekített, színük opak, vagy barnás interferenciaszínű (12. ábra). Némely csiszolatban egyenes vonalat kirajzolva viszonylag nagy mennyiségben fordulnak elő, míg más mintában elszórtan jelennek csak meg.



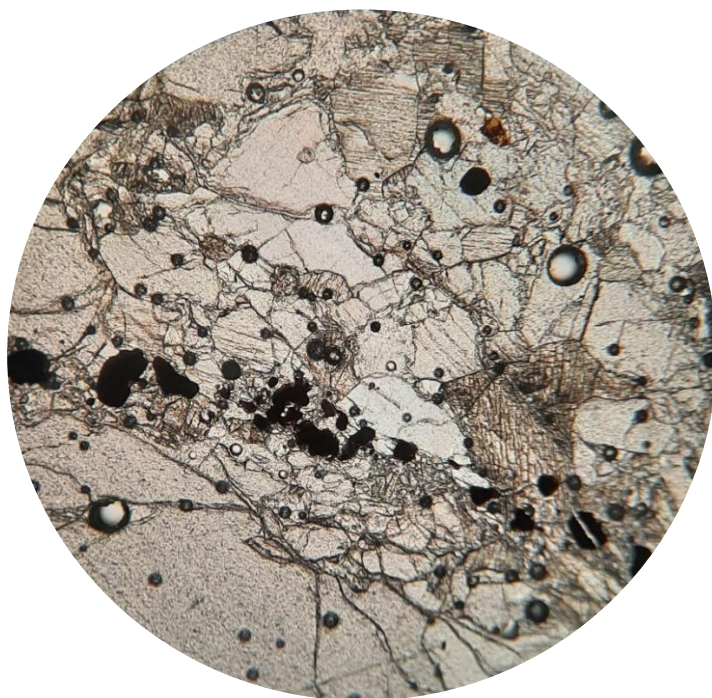
9. ábra: Peridotit mikroszkópos képe (2N; 10x nagyítás)



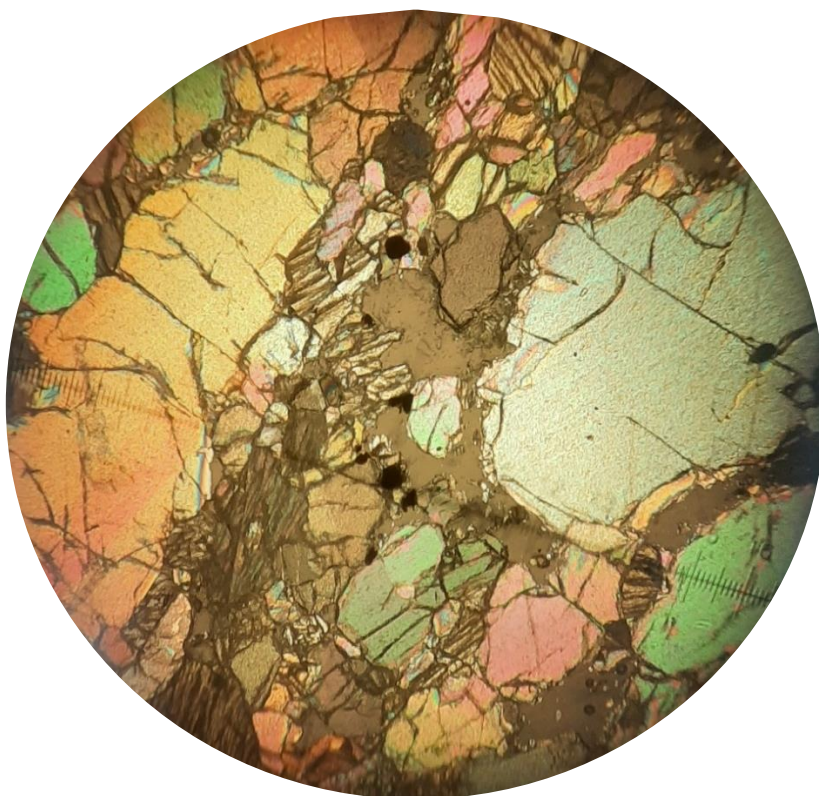
10. ábra: Peridotit mikroszkópos képe (2N; 10x nagyítás)



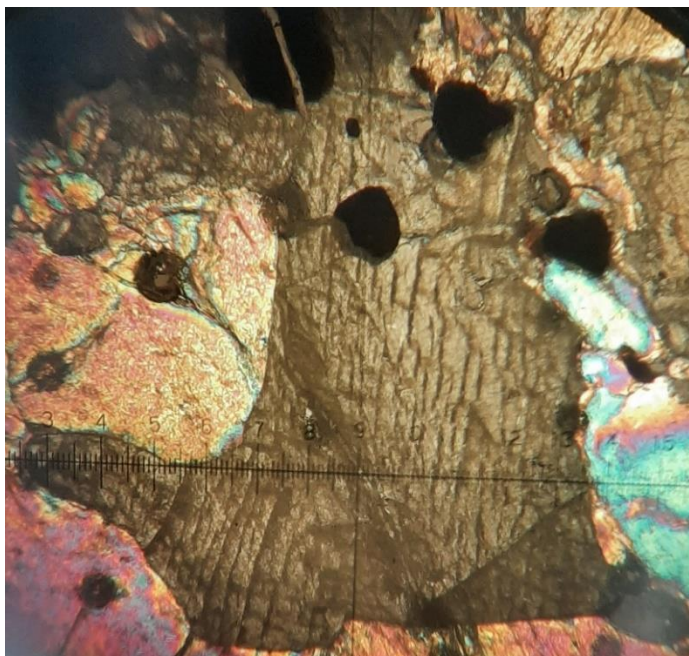
11. ábra: Peridotit mikroszkópos képe (2N; 10x nagyítás)



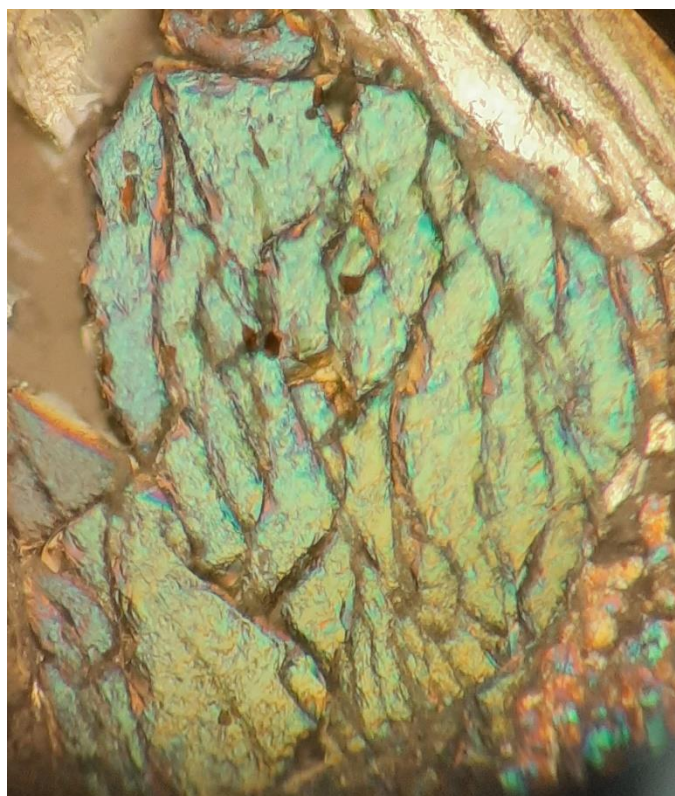
12. ábra: Peridotit mikroszkópos képe, bennük az egyenesre illeszkedő spinellek (1N; 4x nagyítás).



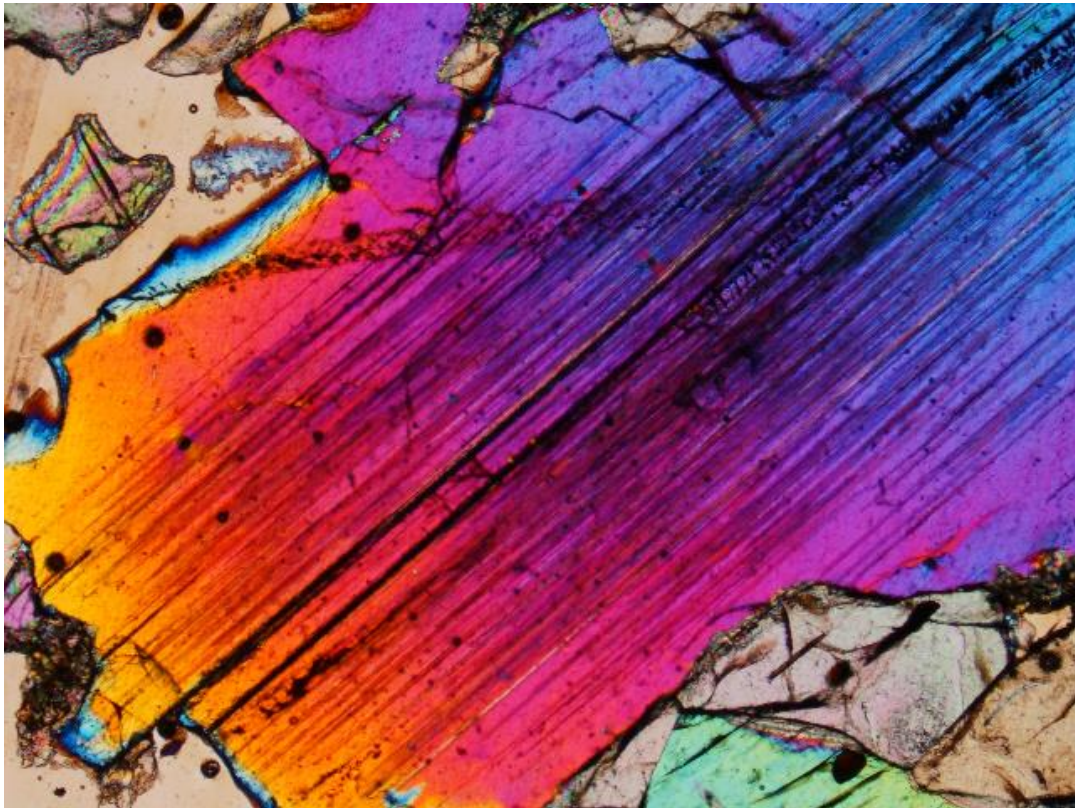
13. ábra: Peridotit mikroszkópos képe (2N; 10x nagyítás).



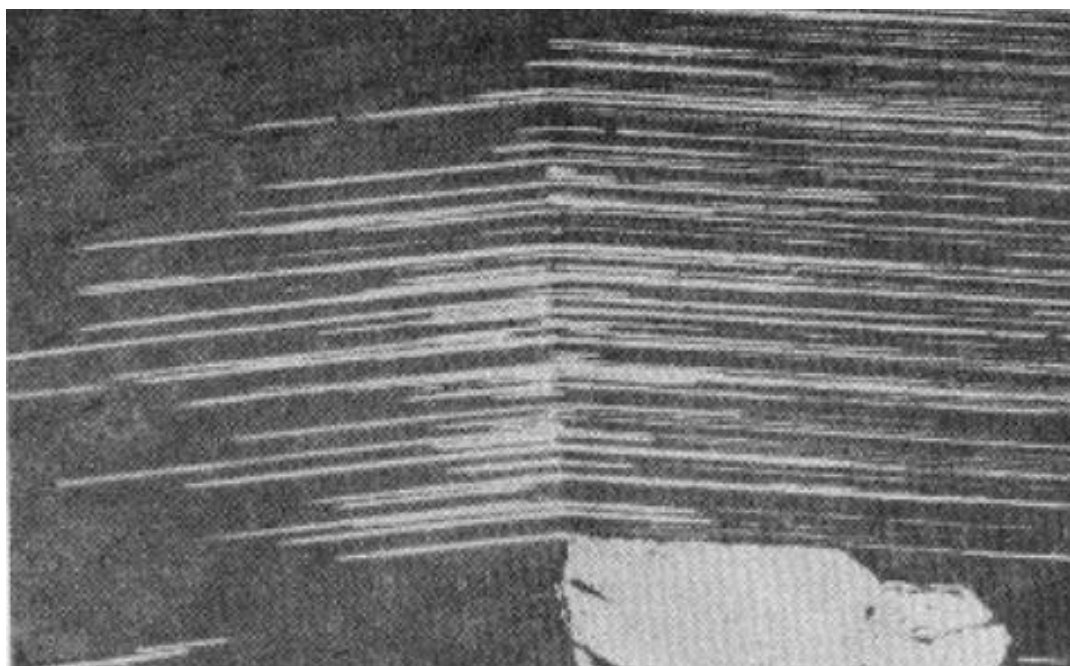
14. ábra: Ortopiroxén jellegzetes közel derékszöget bezáró hasadási vonalakkal peridotitban (2N; 40x nagyítás).



15. ábra: Erősen töredezett olivin peridotitban (2N; 40x nagyítás).



16. ábra: Lamellás ortopiroxén peridotitban (2N; 4x nagyítás).



17. ábra: Lamellás ortopiroxén peridotitban.

Kép forrása: Szabó és Vaselli (1989)



18. ábra: Olivin websterit mikroszkópos képe (2N; 10x nagyítás).

A 28 csiszolat közül 1 olivin websteritnek minősült, mely különlegesnek számít, hiszen a szakirodalmak nem említik a jelenlétét Gércse környékén (18. ábra). A csiszolatban található olivinek aránya nem éri el a 40%-ot, így ennek a mintának a hivatalos elnevezése már piroxenit.

További eltérés, hogy míg a többi peridotitok általában inekvigranuláris szövettel rendelkeznek olivin porfirokkal, addig az olivin websterit szövete ekvigranuláris. Az az állítás, hogy a legnagyobb ásványok minden esetben az olivinek, erre a mintára már nem teljesül.

A kőzet fő tömegét adó ortopiroxéneken megfigyelhetőek a párhuzamos és derékszöges hasadási nyomvonalak. Ezeken azonban nem lehet megfigyelni a korábban leírt lamellákat.

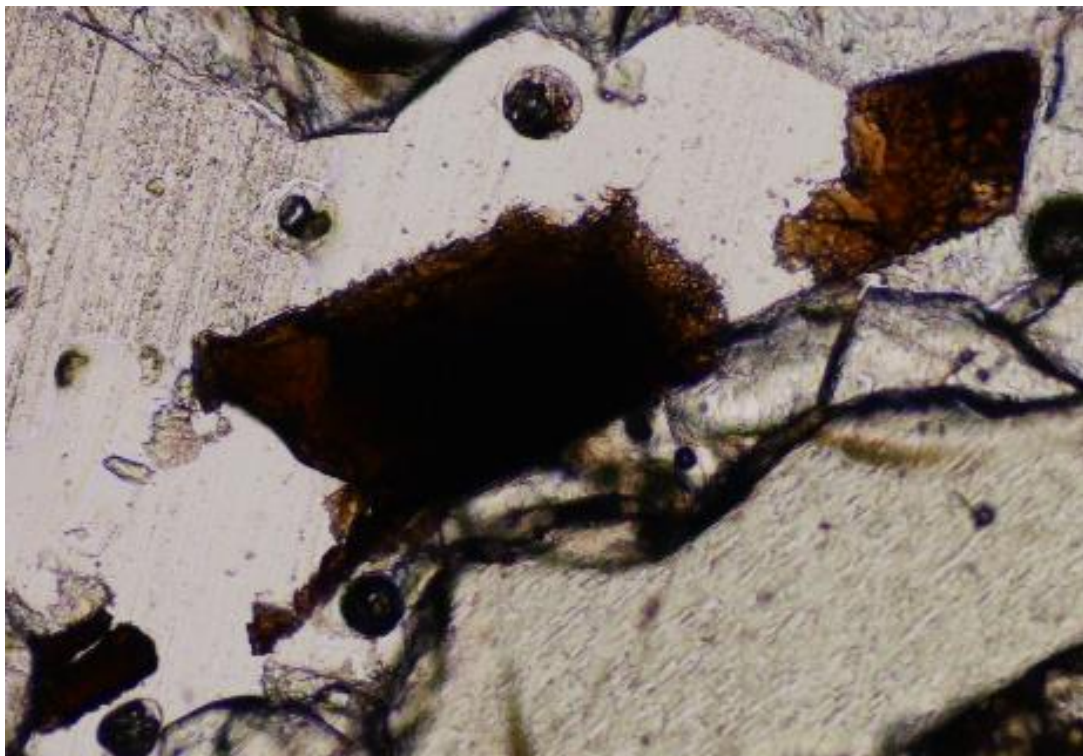
6.4. Spinellek leírása

A vizsgált csiszolataink mindegyikében előfordulnak a spinellek, mint járulékos oxidásványok. Megjelenésük általában véletlenszerű (19. ábra), csak 1 mintában lehet felfedezni viszonylagos rendezettséget (12. ábra).

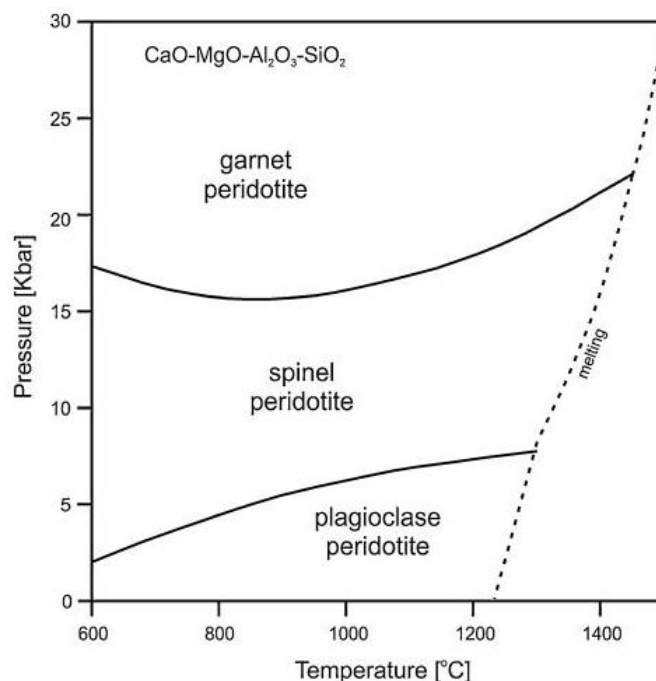
Alakjuk néhány kivételtől eltekintve mindig xenomorf. A Hercseg-hegyi bazaltban általában ellipszoid alakúak, a peridotitokban teljesen szabálytalanok. Színük a legtöbb esetben opak, de akad néhány világosabb, melyek sötétbarna-vöröses interferenciaszínűek (Horváth, 2022).

Színüket elsősorban az befolyásolja, hogy mennyi fém van jelen a kristályrácsban, minél sötétebb a spinell, annál több fémet tartalmaz. Ezek a fémek a vas, mangán, cink, króm, nikkel és titán. A sötétebb szín továbbá a kevesebb alumíniumtartalomra utal (Kubovics, 1993)

Előfordulnak olyan csiszolatok, ahol a látómezőben egyszerre jelen van egy opak és egy világosbarna darab. A spinellek jelenléte a peridotitokban utal arra, hogy a zárvány milyen hőmérséklet és nyomásviszonyok között volt a vulkáni működés előtt (Gasparik, 1984).



19. ábra: Spinellek lherzolitban (1N; 10x nagyítás).



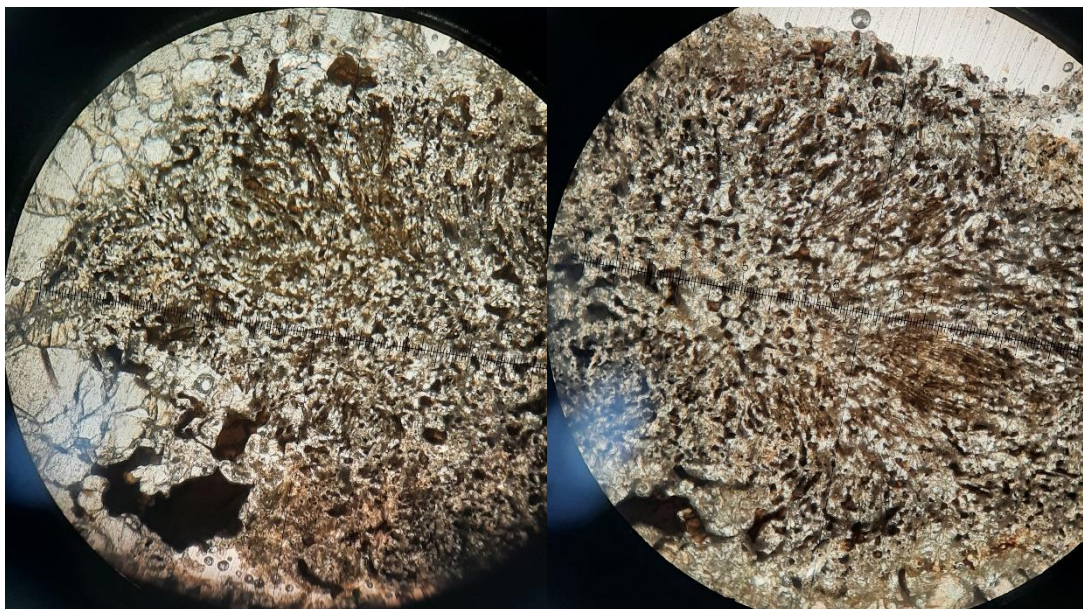
20. ábra: A peridotitokban megjelenő járulékos ásványok stabil PT viszonyai (Gasparik, 1984).

A fázisdiagram alapján kijelenthető, hogy a spinellek csak akkor jelennek meg a peridotitokban, ha azok minimum 5, maximum 20 Kbar nyomású régióból származnak (20. ábra). Ez a nyomásérték nagyjából 35-70 km-es mélységben van (Embey-Isztin, 1976). A vizsgált xenolitjainkban nyoma sincs a plagioklásznak, így kijelenthető, hogy azok ebből a mélységből származnak.

6.5. Szimplektitek leírása

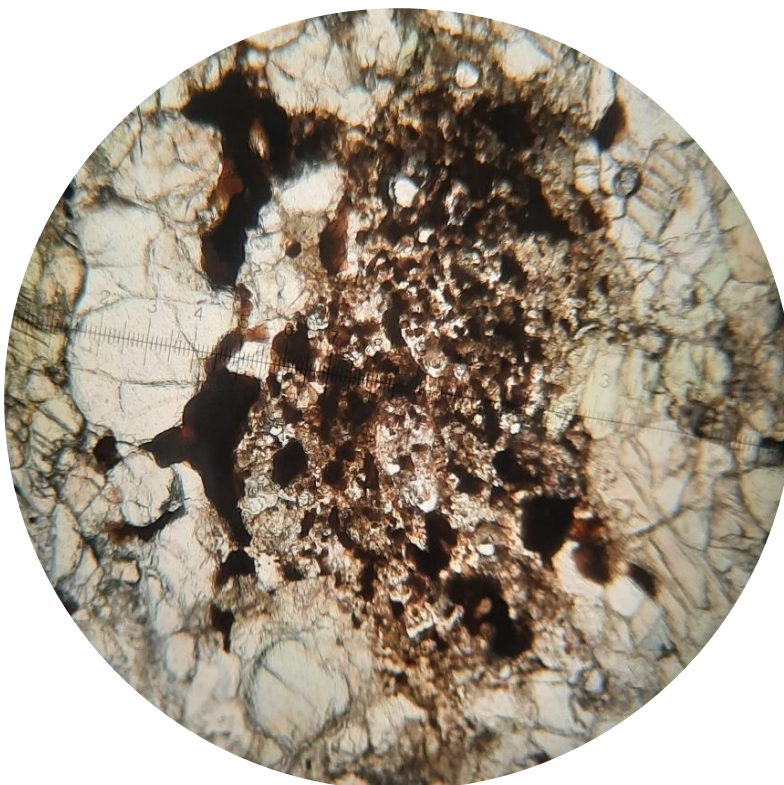
A gércei peridotitok tartalmaznak szimplektitet. Ezt a kimondottan ritka ásványtársulást már Szabó és munkatársai 2007-ben leírták a Belső-hegyi bányából, azonban mi a 2013-ban nyílt Gérce III.-bazalt bányában is megtaláltuk ezeket. 5 vékonycsiszolatot készítettünk belőlük (21., 21. ábra).

Képződésüket az alábbi képlet írja le: $ol + gt = cpx + opx + sp$ (Smith, 1976). A gércei szimplektiteket piroxének és spinellek alkotják, melyek az olivin és gránát átalakulásának eredményeként jöttek létre. A 19. ábrán látható, hogy mely nyomás és hőmérséklet felett stabil a gránát, a szimplektitek jelenléte arra utal, hogy a xenolit ebben a tartományban képződött és csak később került alacsonyabb nyomású régióba. Itt megrekedt, így elég idő állt rendelkezésre az átalakuláshoz (Szabó és munkatársai, 2007).



21. ábra: Szimplektit peridotitban (1N; 4x nagyítás).

Jól látható az átalakulás sugaras iránya, valamint az, hogy a spinellek változatos méretben és színben jelennek meg.

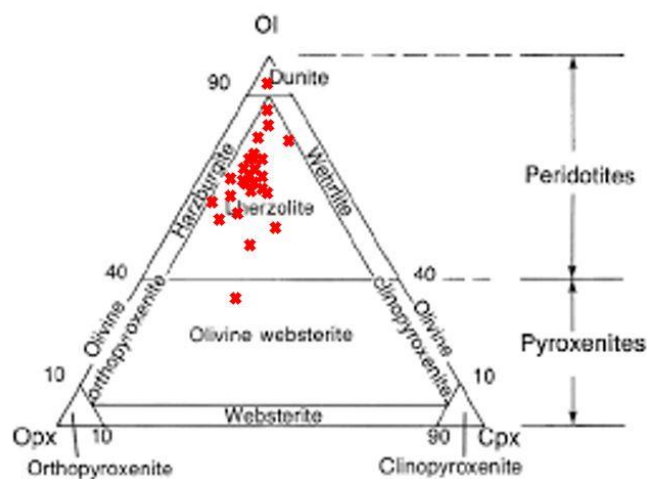


22. Szimplektit peridotitban (1N; 4x nagyítás).

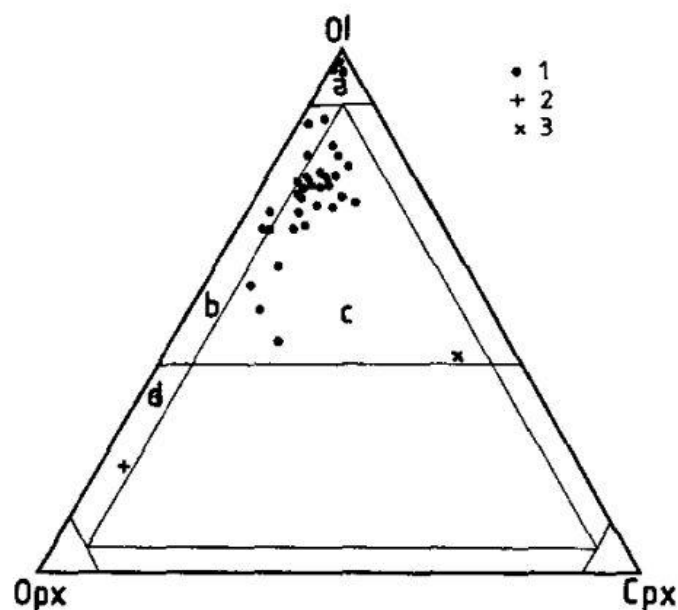
6.6. Eredmények összegzése

Az általunk készített csiszolatok meghatározása után az eredményeket egy peridotit háromszögre helyeztük (23. ábra).

A Gérce III.-bazalt bányából származó 28 db zárványból 26 db lherzolit, ezen kívül 1 db dunitot és 1 db olivin websterit. 2 kivételtől eltekintve a lherzolitok mindegyike úgynevezett négyfázisú lherzolit. Ez azt jelenti, hogy a fő közetalkotó ásványok mennyisége a következőképpen alakul: $ol > opx > cpx > sp$ (Embey-Isztin, 1976). Szoros értelemben véve az olivin websterit már nem tekinthető peridotitnak, hiszen az olivin aránya nem éri el a 40%-ot.



23. ábra: Az általunk szerkesztett háromszög-diagram a Gérce III.-bazalt xenolitjaival.



24. ábra: Szabó és Vaselli (1989) háromszög-diagramja a Belső-hegy xenolitjaival.

7. Következtetések

A felvetésünk, mely szerint a Gérce III.-bazalt bányájából származó peridotitok nagyfokú hasonlóságot fognak mutatni a Belső-hegyen található mintákkal, részben beigazolódott. Ha kizárólag a xenolitok ásványos összetételét vesszük figyelembe, akkor az egyezés egyértelmű (23., 24. ábra). Azonban, ha az egyes ásványok, különös tekintettel az olivinek alakját vizsgáljuk, akkor némi eltérést meg lehet figyelni. A Belső-hegyi minták olivinjeinek nagy része idiomorf és sima felületű (Embey-Isztin, 1976, Szabó és Vaselli, 1989), ezzel szemben a Gérce III.-bazalt peridotitjaiban található olivinek sokszor xenomorf megjelenésűek és a felületükön törések figyelhetők meg.

A sok sötét interferenciaszínű spinellből arra következtethetünk, hogy az asztenoszféra viszonylag magas fémtartalommal rendelkezett (Kubovics, 1993).

A szimplektitek jelenléte azt jelzi, hogy a zárványok nagy mélységben képződtek, ahol stabil volt a gránát, majd a nyomás csökkenésével megindult annak átalakulása. A miocén során kivékonyodó litoszféra és felboltozódó asztenoszféra indukálhatta ezt a nyomáscsökkenést. A miocéntől a pannon kor végéig elég idő állt rendelkezésre a szimplektitek kialakulásához, melyeket aztán a negydedidőszakban elkezdődött vulkanikus folyamatok a felszínre hoztak (Szabó és mtsai., 2007).

Tágabb képet vizsgálva az is elképzelhető, hogy a gércei tufagyűrű és a Hercseg-hegy azonos magmakamrából táplálkozott. Ennek bizonyításához már részletesebb geokémiai vizsgálatok szükségesek.

8. További kutatási lehetőségek

A kutatásunk során elsősorban a polarizációs mikroszkóppal történő petrográfiai leírásokkal foglalkoztunk. Azonban a Gérce III.-bazalt bányából származó xenolitok és szimplektitek egy komplex geokémiai analízis tárgyát képezhetik a jövőben, amelyek révén pedig még pontosabb képet kaphatnánk a képződmények kialakulásáról.

Analógia bőven lenne, hiszen korábban Harangi és Vaselli 1994-ben, valamint Szabó és munkatársai 1995-ben jelentettek meg cikkeket a Belső-hegy peridotitjainak geokémiájából. A szimplektitekről szintén készült geokémiai leírás (Szabó, Cs., és mtsai., 2007).

Több szakirodalom foglalkozik azzal, hogy igen változatos összetétellel rendelkeznek a Belső-hegyi és a Hercseg-hegyi spinell darabok is (Szabó és mtsai., 1995, Harangi és mtsai, 1994, Embey-Isztin és mtsai., 1989, Embey-Isztin, A., Dobosi, G. 2011).

9. Irodalomjegyzék

- Balogh, K., Jám bor, Á., Partényi, Z., Ravasz né, B. L., Solti, G. (1982). A dunántúli bazaltok K/Ar radiometrikus kora. *Magyar Állami Földtani Intézet Évi Jelentése 1980-ról*, 243-260. Budapest.
- Embey-Isztin, A. (1976).: Felsőköpeny eredetű lherzolitzárványok a magyarországi alkáli olivinbazaltos, bazanitos vulkanizmus köze teiben. *Földtani Köz löny*, 106, 42-51. Budapest.
- Embey-Isztin, A. (1984).: Texture types and their relative frequencies in ultramafic and mafic xenoliths from Hungarian alkali basaltic rocks. *A Magyar Természettudományi Múzeum Évkönyve*, 76, 27-42. Budapest.
- Embey-Isztin, A., Dobosi, G. (2011). Poikilites és mozaikos peridotitxenolitok eredete és jelentősége a Pannon-medence nyugati részén. *Földtani Köz löny*, 141(3), 267-281. Budapest
- Embey-Isztin, A., Scharbert, H. G., Dietrich, H., Poultidis, H. (1989). Petrology and Geochemistry of Peridotite Xenoliths in Alkali Basalts from the Transdanubian Volcanic Region, West Hungary. *Journal of Petrology*, 30(1), 79-105.
- Gasparik, T. (1984): Experimental study of subsolidus phase relations and mixing properties of pyroxene in the system CaO-Al₂O₃-SiO₂. *Geochimia et Cosmochimia Acta*, 48(12), 2537-2545.
- Harangi, Sz., Szabó, Cs., Vaselli, O., Harangi, K. R. (1995). Petrogenesis of Neogen extension-related alkaline volcanic rocks of the Little Hungarian Plain Volcanic Field (Western Hungary). *Acta Volcanologica*, 7(2), 173-187. Budapest.
- Horváth, M. (2022). A Gérce környéki bazaltok közetzárványainak vizsgálata. In J. Pipics, R. Szabó, K. Tóth. (Eds.) *Természet és társadalom 2* (pp. 18-21), ELTE SEK Történeti Diákműhely, Szombathely.

- Jugovics, L. (1916).: Az Alpok keleti végződése alján és a vasvármegyei Kis Magyar Alföldön felbukkanó bazaltok és bazalttufák. *Magyar Állami Földtani Intézet Évi Jelentése 1915-ről*, 49-73. Budapest.
- Jugovics, L. (1970).: A Kisalföld bazalt- és bazalttufa-előfordulásai (Die Basalt- und Basalttuffvorkommen der Kleinen Ungarischen Tiefebene). *Magyar Állami Földtani Intézet Évi Jelentése 1970-ről*, 79-101. Budapest.
- Kubovics, I. (1993). *Kőzetmikroszkópia I-II*. Budapest, Magyarország: Tankönyvkiadó
- Kubovics, I. (2008). *Általános kőzettan. – A földövek kőzettana*. Budapest, Magyarország: Mundus Magyar Egyetemi Kiadó Kft.
- Németh, K., Ulrike, M. (2004). Mio/Pliocene Phreatomagmatic Volcanism in the Western Pannonian Basin. *Geologica Hungarica*, 26, Budapest.
- Smith, D. (1976). The origin and interpretation of spinel–pyroxene clusters in peridotite. *Journal of Geology*, 85, 476–482.
- Szabó, Cs., Falus, Gy., Kovács, I., Zajacz, Z., Halter, W. (2004). Symplectite in spinel lherzolite xenoliths from the Little Hungarian Plain, Western Hungary: A key for understanding the complex history of the upper mantle of the Pannonian Basin. *Lithos*, 94, 230-247. Budapest.
- Szabó, Cs., Vaselli, O. (1989). Textural features and modes of ultramafic xenoliths from Sitke, Little Plain (Hungary). *Acta Mineralogica-Petrographica*, 30, 67-79. Szeged.
- Szabó, Cs., Vaselli, O., Vannucci, R., Bottazzi, P., Ottolini, L., Coradossi, N., Kubovics, I. (1995). Ultramafic xenoliths from the Little Hungarian Plain (Western Hungary): a petrologic and geochemical study. *Acta Volcanologica* 7(2), 249-263.