

A Vardar-zóna egy peperites bazalt előfordulásának vizsgálata (Doboj-Jug, Bosznia-Hercegovina)

Írta: Skoda Péter

Témavezető: Dr. B. Kiss Gabriella

Eötvös Loránd Tudományegyetem Természettudományi Kar
Ásványtani Tanszék



2014

Tartalomjegyzék

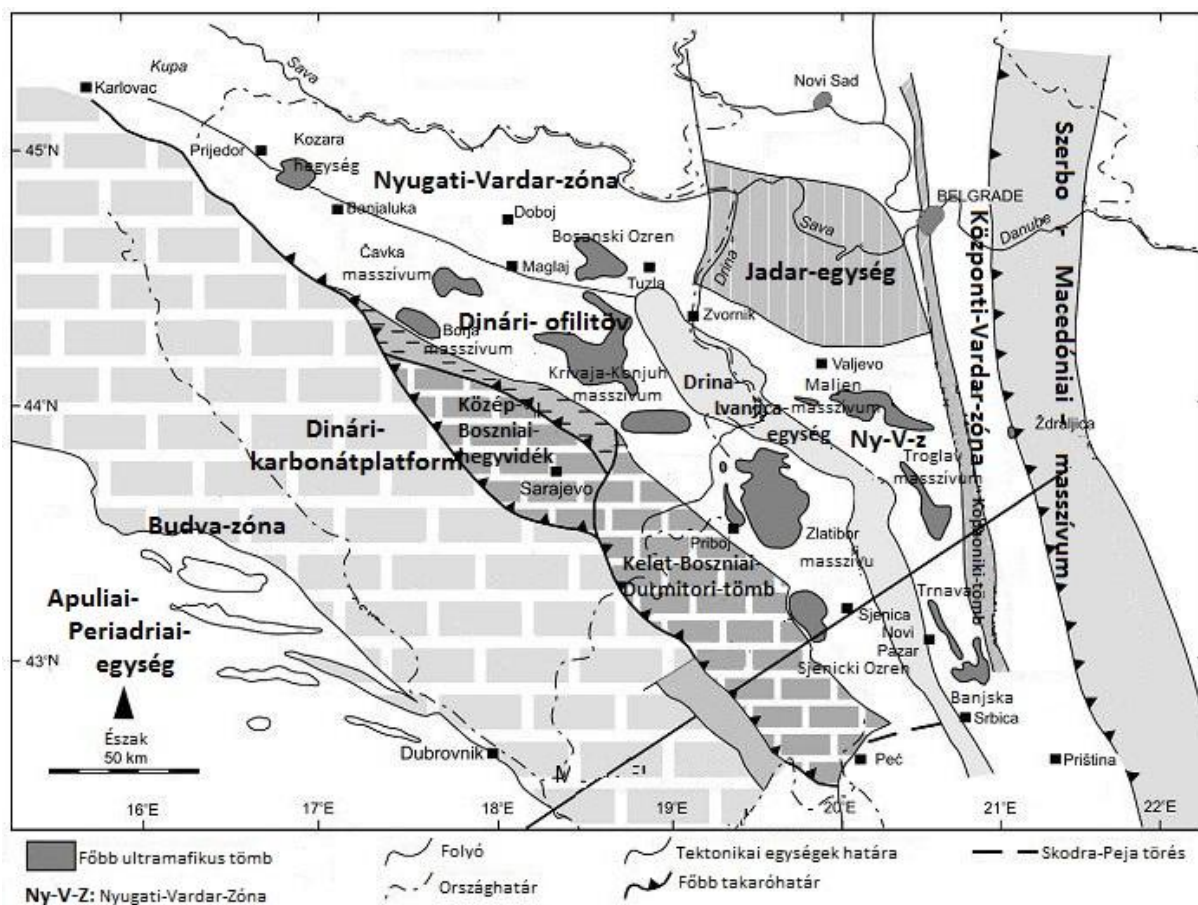
1. Bevezetés	1
2. Földtani háttér	2
2.1. Kontinentális egységek.....	3
2.2 Óceáni kéreghez kötődő egységek.....	4
2.3 A Bosanski Ozren masszívuma	7
3. Vizsgálati módszerek	8
4. Megfigyelések és eredmények	9
4.1. A feltárás	9
4.2. A kőzetminták makroszkópos jellemzése	11
4.3. A minták mikroszkópos leírása.....	12
4.3.1. A bazalt jellemzői	12
4.3.2. Az üledékes kőzet jellemzői	14
4.3.3. A vareši peperites bazalt jellemzői	15
4.4. A SEM+EDX vizsgálatok eredménye	16
4.5. Geokémiai vizsgálatok eredményei	18
5. Diskusszió	20
5.1. Szerkezeti viszonyok	20
5.2. Szövet és ásványos összetétel	20
5.3. A régió peperites fáciesének összehasonlítása	21
5.4. Kémiai összetétel, petrogenézis	22
Köszönetnyilvánítás	26
Függelék.....	27
Irodalomjegyzék.....	28

1. Bevezetés

Észak-Bosznia-Hercegovina területén található Bosanski Ozren hegyvidéke, két óceáni eredetű tektonikai egység határvidékén, a Nyugati-Vardar-zónában fekszik. A hegység nyugati előteréből, Doboj városánál triász korúnak vélt üledékes kőzetet és tengeraljzati vulkanitot is tartalmazó feltárás vizsgálható, ami az első megfigyelések alapján feltehetően egy peperites fáciesű előfordulás. Munkám célja az ezen feltárásból származó kőzetminták részletes jellemzése, mivel a helyiek elmondása szerint az ott megjelenő kőzettestek nincsenek részletesen dokumentálva. Céлом volt továbbá, hogy a peperites fácies jelenlétét igazoljam, hiszen ilyen konszolidálatlan üledék-bazalt kontaktus csak igen szűk földtani körülmények között képződik, így várhatóan a terület geológiájához érdekes adatokkal tudunk hozzájárulni. Fenti céljaim elérése érdekében dolgozatomban a bazaltok polarizációs- és elektromikroszkópos, valamint XRF vizsgálatából próbálok következtetni a keletkezési körülményekre, majd az eredményeket a szomszédos Dinári-ofiolitövből jól ismert, a Neotethys felnyílásához kapcsolódó riftesedés előrehaladott állapotában képződött illetve a Vardar-zóna kréta ív mögötti medence felnyílásához kötődő peperites fáciesű előfordulásaival is összehasonlítom.

2. Földtani háttér

A szűkebb értelemben vett Dinaridák az Apuliai-Periadriai-egység, a Tiszai-egység, a Szerbo-Macedóniai-masszívum és a kora kainozoikumban kialakult Skodra-Peja törés közt elhelyezkedő, összesen 200-300 kilométer széles, 450-600 kilométer hosszú, délnyugati vergenciájú takarókból álló terrén. A hegységrendszert felépítő - az országoként eltérő nevezéktan egyszerűsítése érdekében Robertson és Karamata (2009) elnevezéseit használva – kontinentális övezetek a következők: Budva-zóna, Dinári-karbonátplatform, Közép-boszniai-hegyvidék, Kelet-Boszniai-Durmitori-tömb, Drina-Ivanjica-egység, Kopaoniki-tömb, Jadar-egység; míg az óceáni kéreg eredetű egységek az alábbiak: Dinári-ofiolitív Nyugati-Vardar-zóna, Központi-Vardar-zóna. (1., 2. ábrák) Az alábbiakban a dolgozatom szempontjából is fontos, a mai Bosznia-Hercegovina területén található egységek geológiájáról nyújtok rövid összefoglalást.



1. ábra: A Balkán-félsziget északi területének tektonikai egységeinek egyszerűsített térképe Karamata nyomán (Robertson et al., 2009)

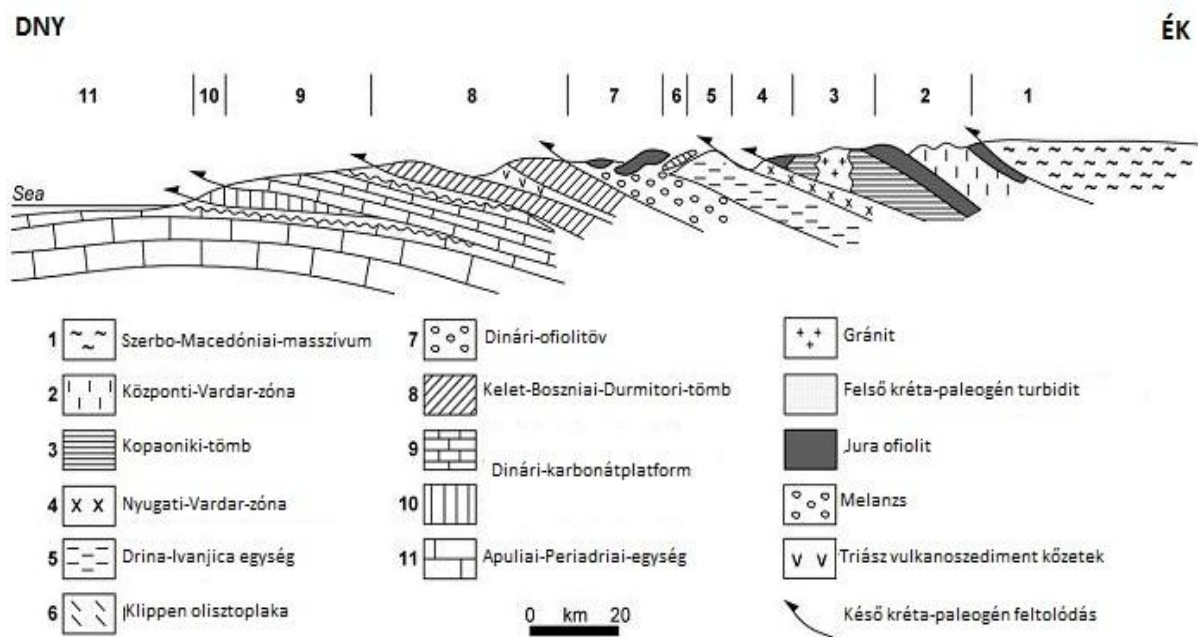
2.1. Kontinentális egységek

Bosznia-Hercegovina nyugati részén a *Dinári-karbonátplatform* képződményei nyomozhatóak. A karbon-perm sziliciklasztos és karbonátos üledékekre a triászban platformkarbonátok települtek. A középső-triászban flis, illetve alkáli és szubalkáli vulkanizmus termékei jelentek meg, ugyanakkor az egység északi részei szárazulatok maradtak. A lutéciaiig - kisebb megszakításokkal - folytatódott a platformkarbonát kifejlődése (Gusic és Jelaska, 1993). Ezen rétegeket az egymástól különálló medencékben - a Közép-Boszniai-hegyvidék rátolódása kapcsán képződött - törmelékes üledékösszletek fedik (Császár, 2003).

Északkelet felé haladva a következő egység a *Közép-boszniai-hegyvidék*. A területen megfigyelhető rétegsor szilur agyagkőzet protolittal rendelkező, zöldpala fáciesű metamorfitekkel kezdődik. A devon és a karbon során riolittal és tholeiites metabazalttal közbetelepült dolomit képződött, majd a perm-ben homokkővek halmozódtak fel (Karamata, 2006). A triász időszaki képződmények az előző zónához hasonló megjelenésűek. A jura karbonátos rétegek azonban eltérő kifejlődésűek a hegység területén. A késő-jurától platformkarbonát képződése folyt a szenon végéig, melynek fedője a külön zónaként is értelmezett Boszniai Flis (Pamić *et al.*, 1998).

Az előző egységtől délkeletre található, a *Kelet-boszniai-Durmitori-tömb*, mely több alegységre bontható. A területenként változó összetételű ópaleozoikumot főleg fillitoidok, kvarchomokkővek, konglomerátumok, metamorfizált vulkáni kőzetek, ill. szilur turbiditek alkotják. A perm evaporit, homok- és mészkő rétegekre a triász hasonló kifejlődéssel települ, ám a ladiniban itt már andezites-dácitos vulkanizmus dominál. Ezen rétegekre közvetlenül, vagy platformkarbonáttal és radiolarittal a bázisán települ a jura végéig a Dinári-ofiolitöv obdukciójából származó melanzs (Császár, 2003; Pamić 1982).

A *Drina-Ivanjica-egység* a későbbiekben taglalandó Nyugati-Vardar-zóna és a Dinári-ofiolitöv között helyezkedik el, az ország középső részén. Az egység északnyugat felé, Tuzla környékén kiemelkedik, ahol találkozik a Nyugati-Vardar-zóna és a Dinári-ofiolitöv. A kambrium-karbon rétegek zöldpala fáciesig metamorfizálódott szárazföldi törmelékekből, mafikus vulkanitokból és mészkőből épülnek fel. Mindezeket az unkonform módon települő triász kőzetek a fent említettekkel megegyező módon fedik (Milovanović, 1984).



2. ábra: A terület földtani metszete Dimitrijević nyomán (Robertson, 2009)

A kontinentális térréumok mind a megfigyelhető fáciesek, mind pedig az ősmaradványok alapján gondwanai rokonságot mutatnak (Robertson *et al.*, 2009). A középső triász riftesedés nyomai mindenütt megfigyelhetőek, ám a folyamat centrumától távolabbi zónákban a vulkáni kőzetek egyre savanyúbb jelleget öltenek (Császár, 2003).

A Közép-boszniai-hegyvidék és a Kelet-Boszniai-Durmitori-tömb kontinentális lejtő környezetet indikálnak, míg a rétegsorok hasonlósága alapján a Drina-Ivanjica-egységet egy a Kelet-Boszniai-Durmitori-tömből - a Neothetys triászban történő kinyílása során - leszakadt kontinensfragmentumként értelmezik (Robertson és Karamata, 1994).

2.2. Óceáni kéreghez kötődő egységek

A Drina-Ivanjica-egységtől délnyugatra elhelyezkedő *Dinári-ofiolitöv* két alapvető alkotóeleme a melanzs és a több 100 km² kiterjedésű obdukált ofiolit tömbök. A melanzs turbiditból származó mátrixának korát kora triász - késő juraként állapítják meg. Ez a mátrix gravitációsan áthalmazott, változatos méretű, karbon granitoid, triász-jura korú sekélyvízi és pelágikus mészkő, radiolarit és mafikus magmatit, szerpentin anyagú olisztolitokat és olisztoplakákat fogad be. Délnyugaton a karnitól a titonig, diszkontinuálisan települő radiolarit alkotja az öveget, passzív kontinentális peremi viszonyokat jelezve, bazalt effúziókkal közbetelepülve (Pamić, 1982; Hrvatović, 2006).

Az ofiolitos masszívumok dél felé haladva az övezetben a következők: Dél-Kozara, Cavka, Borja, Krivanja-Konjuh, Varda, Zlatibor, Bistrica, Sjenicki Ozren, Tuzinje és Brezovica (3. ábra). A bázikus kiömlési kőzetek a területen főként jura időszaki, normál óceánközépi hátság eredetű (N-MOR), plagioklász és klinopiroxén tartalmú - néhol mészkővel, homokkővel és radiolarittal közberétegzett és – párnaláva kifejlődésű, masszív- és breccásodott bazaltok, melyek óceánaljazati hidrotermás átalakuláson estek át (Robertson és Karamata, 1994). Az effúzív kőzetek közt helyenként triász riftesedéshez köthető peperites fáciesű bazaltok is találhatóak (Kiss *et al*, 2012).

Az övezet peridotjai egymástól eltérő geodinamikai környezeteket jeleznek. A zóna déli és centrális részein harzburgitos, harzburgitos-lherzolitos összetételűek, ellenben az északi részeken és a Kelet-boszniai-Durmitor tömbhöz közelebbi területeken fertilis spinell lherzolitos kifejlődésűek. A harzburgitos összetétel szupraszubdukciós környezetben való képződésre, míg az utóbbi összetétel szubkontinentális eredetre utal, melynél a blokkok a triász riftesedéshez kapcsolódó extenzió során rotálódtak, majd a jura végére feltolódtak, és exhumálódtak. Ebben az esetben azonban nem beszélhetünk valódi ofiolitokról, azaz a peridotitokra a bázikus kőzetek diszkordánsan települtek, nem komagmatikusak (Bazylev *et al.*, 2009).

Egyes ofiolitos blokkok környezetében amfibolit fáciesű metamorfitek jelennek meg, melyek kora K/Ar mérések alapján 181-157 millió év. A képződményekre lokálisan kora kréta sekélyvízi üledékek rakódtak (Karamata, 2006).

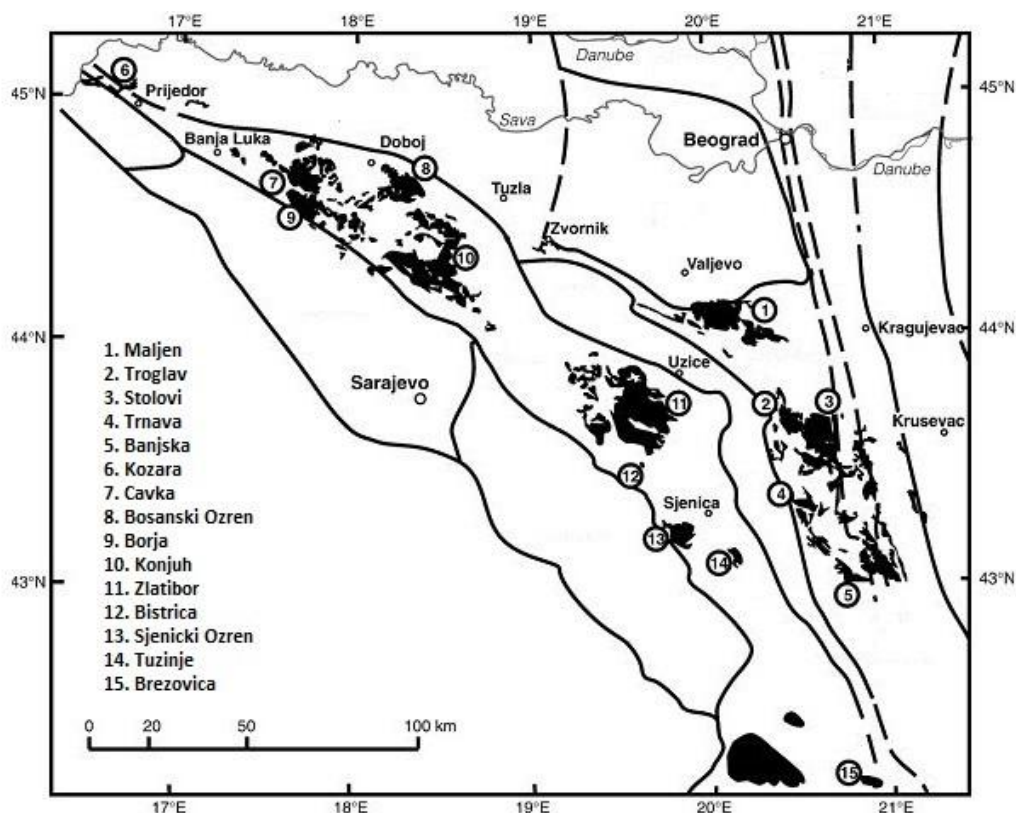
A fent leírtak alapján az egység a triász végén kinyílt, és a kréta elejére bezáródott, északkeleti irányba szubdukált - a Neotethys egy ágaként - a Dinarida-Mirdita-Pindos óceánként értelmezhető (Robertson, 2002).

A Drina-Ivanjica egységtől keletre jelenik meg a *Nyugati-Vardar*-zóna. Az övezet a Dinári-ofiolitövhöz hasonlóan - a Dinaridák másik szutúrájaként – melanzsból és obdukált ofiolittömbökből áll. A melanzs mátrixának anyagát kvarchomokkő, kvarc- és agyaggazdag palák alkotják melyek korát kora krétára datálják (Ercegovać, 1975). Az exotikus tömbök között triász-kréta mészkő, zöldpala fáciesű metamorfít illetve metabazalt, és metagabbró ismerhető fel. A Száva völgyében ezeken felül ismeretesebb barrémi korú kékpala fáciesű blokkok is (Milovanović *et al.*, 1995). A zóna központi és déli részein az üledékre az úgynevezett „paraflis”, az északnyugati ágában késő-kréta-paleogén flis és a Pannon-medence neogén üledékei települnek (Császár, 2003).

A zónában található Észak-Kozara, Bosanski Ozren, Maljen, Troglav, Stolovi, Trnava és Banjska (3. ábra) ofiolitos komplexumainak kiömlési kőzetei óceánaljazati hidrotermás

metamorfózison átesett afanitos szövetű andezin, augit, szeladonit, klorit, kalcit és opakásvány tartalmú bazaltok. Az ofiolitok callovi-felső kimeridgei emeleteiben az extruzív kőzetek néhol triász korú riftesedéshez kapcsolódó vulkanitokon törnek át; vulkáni szigetív bazalt (IAB) típusú geokémiai összetételét mutatva (Dimitrijević, 1983, Robertson és Karamata, 1994). A Kozara-hegység északi részén - a mikrofauna alapján - késő kréta korúra datált peperites fáciesű bazaltok találhatók a felszínen. A vulkanitok vörös színű kvarcból és csillámból álló terrigén üledékkel és mikrites mészsizappal keveredtek (Grubić et al., 2009). A kréta kori magmatizmus jelenléte a területen - a déli részekkel ellentétben - még meglévő óceáni állapotot jelez (Schmid et al., 2008).

A masszívumok peridotitos részei Szerbia területén jelennek meg, délről haladva észak felé növekvő olvadási fokú, harzburgitosis összetételt mutatnak, melyek azonos óceáni medencén belüli, szupraszubdukciós környezetre utalnak (Bazylev et al., 2009). Az ofiolitokat övező metamorfitek kora radiometrikus mérések alapján 157-146 millió évnél bizonyult. Mindezek alapján az övezet a triász folyamán kinyílt és az északi felén késő krétaig nyitva maradt óceán maradványaként értelmezhető (Robertson et al., 2009).



3. ábra: A régió ultramafikus komplexumai (Karamata, 2005)

2.2.1. A Bosanski Ozren masszívuma

A munkámban vizsgált, feltehetően triász korú (Hrvatović szóbeli közlése, 2011) vulkanitot tartalmazó feltárás a Dinári-ofiolitöv és a Nyugati-Vardar-zóna határán elhelyezkedő Bosanski Ozren ofiolitkomplexumának nyugati előterében található.

Az Ozren-masszívum peridotitjai a lherzolitos összetételük ellenére (Lugović *et al.*, 1991) feltételezhetően folyamatos lherzolit-harzburgit összetételű - széles skálán változó olvadási fokú- átmenetbe tartoznak, melyek szintén szupraszubdukciós eredetre, valószínűsíthetően szízetív mögötti zónára utalnak (Bazylev *et al.*, 2009). Ezen megállapítás és Hrvatović szóbeli közlései (2011) a Nyugati-Vardar-zónához kapcsolódó eredetet erősítik meg - szemben a korábbi Dinári-ofiolitövbe való besorolással – mivel a Dinári-ofiolitöv északi területein található peridotitok összetétele jelentősen eltérő, szubkontinentális eredetű. A diákköri munka keretein belül vizsgált minták ezen modell esetében a masszívum nyugati előterében fekvő, délnyugati vergenciájú akkréciós prizmából származnak.

3. Vizsgálati módszerek

A területről témavezetőm által gyűjtött kőzetminták álltak rendelkezésemre, melyekhez pontos terepi dokumentációt is kaptam. A minták makroszkópos, kézinagyítós jellemzése után polírozott felszínű vékonycsiszolatokat készítettem szabványos üveglemezre, kétkomponensű Araldite ill. WEICON típusú műgyanta segítségével. Mindezekon felül, összehasonlítás céljából, a Dinári-ofiolitövből származó vékonycsiszolatokat is vizsgáltam, melyeket témavezetőm bocsátott rendelkezésemre. A mikroszkópos megfigyeléseket Nikon Alphaphot-2 típusú polarizációs mikroszkóppal végeztem, a fotókat Olympus Camedia C-5060 kamerával készítettem.

A teljesközet kémiai elemzések az Eötvös Loránd Tudományegyetem Ásványtani Tanszékén készültek, Siemens SRS3300 típusú hullámhossz diszperzív szekvenciális röntgen-fluoreszcens spektrométerrel. A műszer szcintillációs és proporcionális detektorokkal végezte a mérést. A mérés során használt gyorsítófeszültség 30 KeV, az áramerősség 100 mA volt. Mivel a műszer jelenleg tesztüzemben van, így a kapott eredményeket nagy biztonsággal csak kvalitatív eredményekként értékelhetjük. Az eddigi teszteredmények alapján azonban a főelemek tekintetében a mérések igen megbízhatónak és reprodukálhatónak bizonyulnak (készültek akkreditált labor eredményeivel való összehasonlító mérések bazalt mintákból is).

A csiszolatok klinopiroxén és plagioklász ásványainak összetételét az Eötvös Loránd Tudományegyetem Kőzettani Tanszékén, AMRAY 1830 típusú, EDAX PV9800 EDX detektorral felszerelt scanning elektromikroszkóppal vizsgáltuk. A mérést 20 KeV gyorsítófeszültséggel, 1 nA áramerősséggel végeztük. A sugárátmérő 100 nanométer, a mérési idő 100 másodperc volt. A berendezéssel nátriumnál kisebb rendszámú elemek voltak detektálhatóak.

4. Megfigyelések és eredmények

4.1. A feltárás bemutatása, terepi megfigyelések

A feltárásról témavezetőmtől által készített jegyzőkönyvi és fényképes dokumentációk álltak rendelkezésemre. Ezek alapján a kőzetminták a boszniai Doboj városától megközelítőleg 7 kilométerre délre, az északi szélesség $44^{\circ}41'40''$ és keleti hosszúság $18^{\circ}03'54''$ elhelyezkedő, az M17-es út melletti kőfejtőből származnak. A mesterséges feltárás megközelítőleg 40 m hosszú, és délnyugat-északkelet irányú.

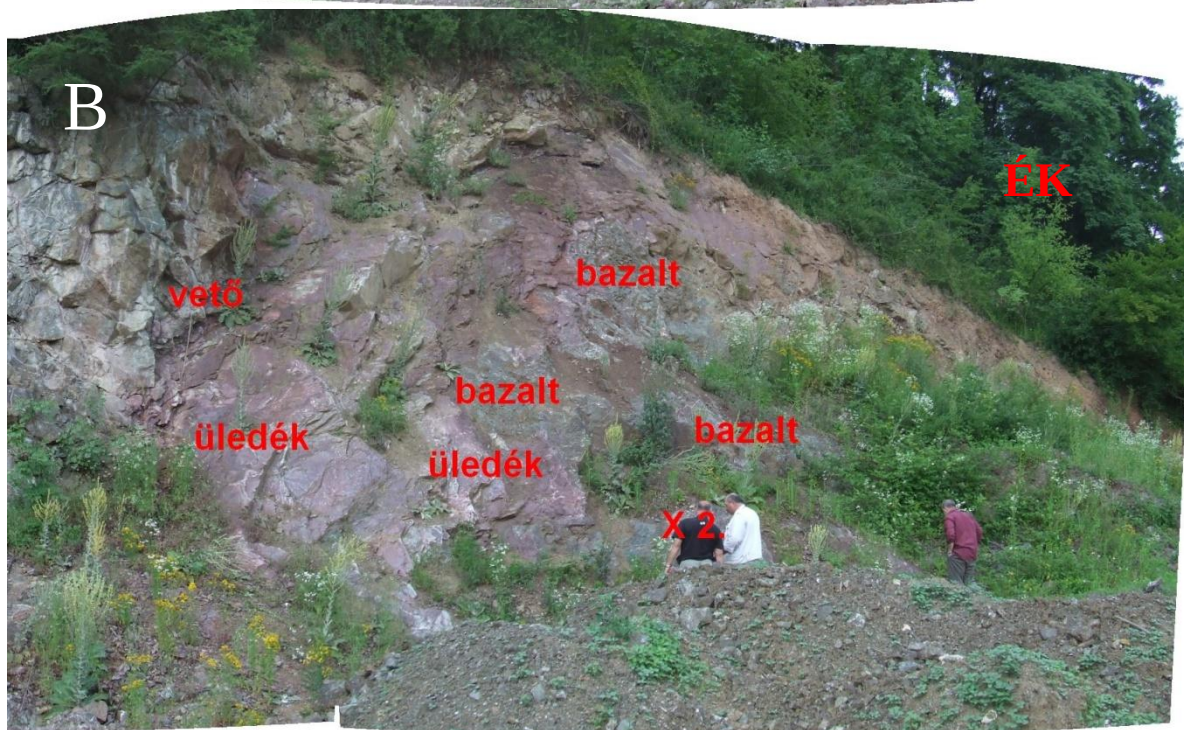
A kőfejtő délnyugati felében zöld, durvaszemcsés bazalt található. A kőzet szemmel láthatóan átalakult, számos utólagos kalcitérrel átjárt, ám néhány helyen kivehető a párnaláva kifejlődés, ami alapján a tömött illeszkedésű párnaláva fáciesbe sorolható.

Ezek a kőzetek északkelet felé haladva egy erősen tektonizált zóna mentén érintkeznek a feltárás másik felén megjelenő vörös színű, főként üledékes kőzetből álló összlettel. Az összletet pala, radiolarit és kevés meszes üledékes kőzet alkotja, bazalt blokkokkal keveredve. A bázikus kiömlési kőzetek itt úgy nevezett peperites fáciest mutatnak: a feldarabolódó magmás kőzet konszolidálatlan vagy gyengén konszolidált, víztartalmú üledékbe nyomult be és keveredett azzal *in situ* módon (White *et. al.*, 2000). A szabálytalan-amőboid alakú bazalt testek, több méteres lóbákként jelennek meg (5. ábra). Sűrű, központi részük felé hatoló repedéshálózatok figyelhetők meg, melyek az akkor még konszolidálatlan üledékből származó vörös anyaggal és kalcittal töltődtek ki (4. ábra).

A mintázás valamennyi főbb kőzettípust reprezentálóan történt.



4. ábra: Az egykor konszolidálatlan üledék és a benyomuló, hűlési repedésekkel tagolt bazalt kontaktusa. Jól látszik, hogy az üledék a repedésekbe is behatolt (nyilakkal jelölve).



5. ábra: A feltárás tömött illeszkedésű párnabazaltos- (A), és peperites kifejlődésű, kaotikusan keveredő (B) részei és a mintagyűjtési helyek (X 1, X 2)



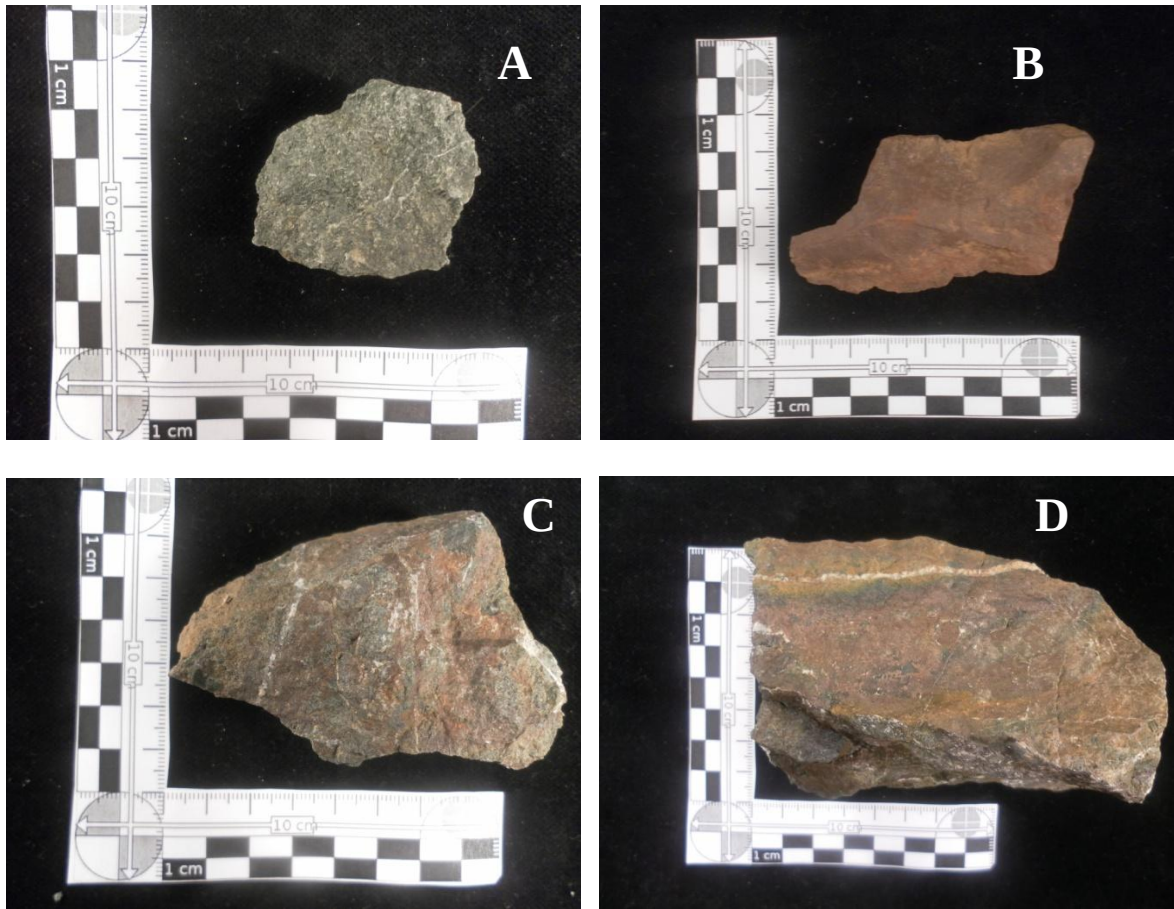
6. ábra: Bazalt és üledék kaotikus keveredése

4.2. A kőzetminták makroszkópos jellemzése

A feltárás délnyugati végéből származó bazalt minták szürkészöld színűek. Szövetük porfíros; friss törési felületen szabad szemmel milliméteres nagyságú plagioklász fenokristályok voltak kivehetőek a mátrixban, körülbelül 40% mennyiségben.

A peperites fáciesből származó kőzetek jelentős része szürkészöld színű bazalt. Felületük erősen mállott, átalakult, többségüket átlagosan 0,25 centiméter széles, kalcittal kitöltött erek szabdalják. Az erezéseket néhol sárga színű átalakulási zónák kísérik. A kézipéldányok szürke tömegében áthaladó, kiékelődő, szabálytalan lefutású vörösbarna sávok figyelhetőek meg. A kőzet szövete az erősen tektonizált zóna másik oldaláról származó vulkanitokéval megegyező.

A bazaltok körül található üledékes kőzet vörösbarna színű, tömeges megjelenésű, jól osztályozott, kagylósan törő, keményen cementált pélites kőzet. Pora sósavban enyhén pezseg, kalcittartalmat jelezve.



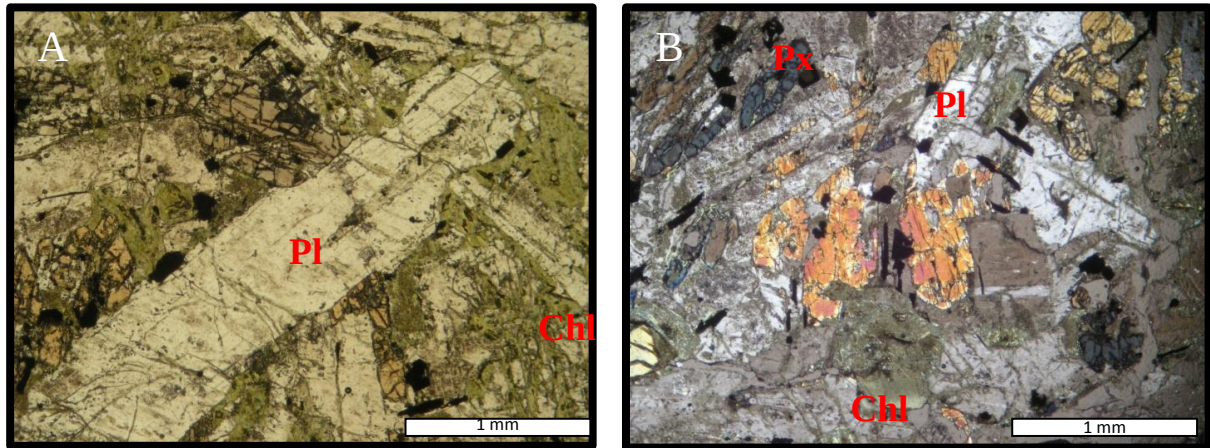
7. ábra: A DNY részről gyűjtött zöld bazalt (A), a keveredő üledékes kőzet (B) és az ÉK-i rész peperites bazalt darabjai (C-D).

4.3. A minták mikroszkópos leírása

4.3.1. A bazalt jellemzői

A feltárás délnyugati oldaláról származó átalakult bazalt a csiszolatok tanúsága szerint interszertális szövetű. Fő alkotói a plagioklász, a piroxén és a finomszemcsés, helyenként üveges alapanyag. A táblás és nyúlt 0,75- 5 milliméter hosszú, 0,25-0,5 milliméter széles idiomorf, orientálatlan elhelyezkedésű plagioklász kristályok legtöbbször poliszintetikusán ikresedettek, széleiken és belsejükben kloritosodás, szericitedés, néhol epidotosodás figyelhető meg. Arányuk a kőzetben körülbelül 32%. A plagioklászok között nyúlt-táblás termetű, 0,2-0,8 milliméter hosszú, hipidiomorf, erősen repedezett, feldarabolódott, átalakult szegélyű, néha 100 szerint ikresedett piroxén szemcsék jelennek meg. Sok esetben kloritból álló gyűrű övezi a kristályokat. Az ásványok darabjai a plagioklászok zárványai közt is jelen vannak, relatív mennyiségük a teljes kőzetben megközelítőleg 32%. A maradék teret sokszor

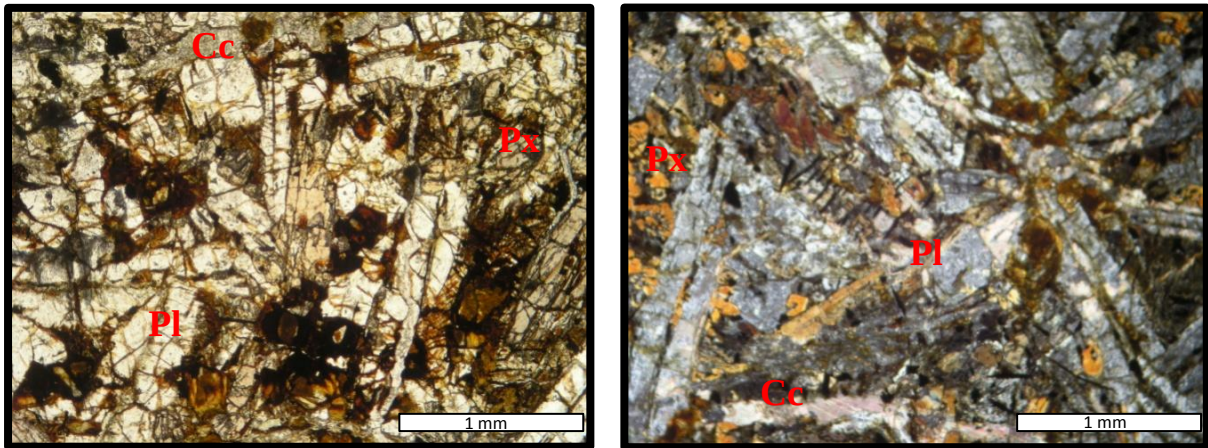
az előző ásványok pszeudomorfózáiként, finomszemcsés, tömeges klorit ill. mikrokristályos, üveges anyag tölti ki, körülbelül 32% mennyiségben. Zárványokként, illetve a szemcsék között 0,1 milliméteres izometrikus, sokszög alakú magnetit és nyúlt-tűs - befogadó plagioklász ásványokban a megnyúlásra merőleges orientációjú - ilmenit található opakásványként, a kőzet körülbelül 4 %-át alkotva.



8. ábra: Párnabazalt szöveti képe: plagioklászok közti piroxének és átalakult alapanyag (A, 1N)
Rendellenes kioltású piroxének, klorit piroxén utáni pszeudomorfózái (B, + N)

A peperites mintákból készített csiszolatokon szabad szemmel is elkülöníthető részek láthatóak. A bazaltra emlékeztető, szürke színű területeket vörösbarna régiók övezik. Mikroszkópos vizsgálatnak alávetve azonban a két rész szövete megegyező; mindkét területen interszertális szövetű bazalt figyelhető meg. A kőzetet főleg táblás, 0,5-4,5 milliméter hosszú, 0,5 milliméter széles idiomorf plagioklász szemcsék alkotják megközelítőleg 30%-ban. A kristályok sokszor poliszintetikusán ikresedettek, szélük többnyire rezorbeálódott. Az ásványok egy része szericitesedett, agyagásványosodott, epidotosodott és kloritosodott. A vörösbarna részeken a minták összetétele és az ásványok alakja több különbséget mutat. A plagioklászok hossz tengelyük mentén többször hasadtak, melyen hézagokat a fentebb említett másodlagos ásványok, illetve piroxéntörédek töltenek ki. Számos helyen többgenerációs, 0,125-1 mm széles kalciterek figyelhetők meg, melyek keresztülhatolnak a plagioklász kristályokon, kalcitos kitöltődést eredményezve. Ez utóbbi ásványok részaránya a kőzetben 15%. A kalcit mellett elenyésző pumpellyit erezések is megfigyelhetők. A karbonátos erek mentén vörösbarna, finomszemcsés, valószínűsíthetően vas dús anyag színezi meg csiszolatokat - körülbelül 12% mennyiségben - gyakran a piroxének szegélyén ill. környezetében koncentrálódva, néha a földpátok repedései közé is behatolva. A kőzet klinopiroxénjei - a feltárás dél-nyugati végében megfigyelhető bazaltétól eltérően - léces-tűs

formában jelennek meg, 0,25-1,75 milliméter hosszúak, hipidiomorfak, arányuk a kőzetben körülbelül 20%. Ezen lécek a plagioklászokkal és a megközelítőleg 15% mennyiségben megjelenő átalakult, finomszemcsés kloritos alanyaggal fogazódnak össze. A piroxének környezetében jelentősebb mennyiségben 0,05 milliméter nagyságú, izometrikus, limonitos szegélyű magnetit szemcsék és 0,1 milliméteres nyúlt ilmenit ásványok jelennek meg, mennyiségük körülbelül 8 %.



9. ábra: Kalcitos repedések menti vörösbarna alapanyagkitöltés peperites bazaltban (1N és +N) képszélesség 3mm

Mind a két bazalttípus esetében elmondható, hogy a földpátok jellemzően színtelenek, törésmutatójuk a többi ásványhoz képest kisebb. Az ásványok poliszintetikusán ikresedettek, több irányba is jól hasadnak. Elsőrendű szürke interferencia színűek, a kioltási szögük 5° - 10° . Főzóna jellegük negatív, pozitív optikai jellegűek és két optikai tengelyűek. Ezen tulajdonságok alapján savnyú plagioklász összetétel jellemzi őket.

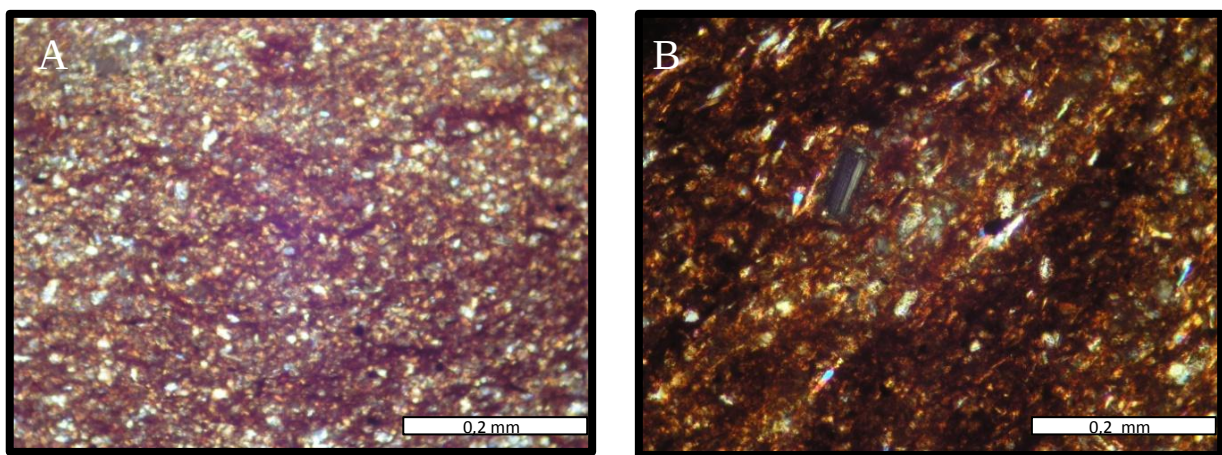
A piroxének halványbarna, halványsárga színűek, gyengén pleokroósak. Törésmutatójuk a színtelen elegyrészeknél nagyobb, sokszor repedezettek, megnyúlás irányába jól hasadnak, 100 szerint ikresedettek. Interferencia színük másodrendű kék- narancssárga, sokszor zónásság figyelhető meg. Kioltási szögük maximum 50° , teljes kioltás nem mindig figyelhető meg. Optikai jellegük pozitív, főzóna jelleg nem volt pontosan meghatározható. Összetételük az optikai jellemzők alapján augitos, néhol feltételezhetően titánaugitos.

A kőzetben megjelenő klorit zöld színű és enyhén pleokroós. Törésmutatója a plagioklászok és a piroxének közötti. Interferencia színe elsőrendű szürke – fehéressárga. Főzóna- valamint optikai jelleg a szemcsék kis mérete miatt nem volt határozható.

A kalcit színtelen, törésmutatója iránymintán változó nagyságrendű, hasadása jól megfigyelhető. Interferencia színe negyedrendű sárgásfehér-rózsaszín-zöld, optikai jellege negatív.

4.3.2. Az üledékes kőzet jellemzői

Az üledékes kőzet törmelékes szöveti jellemzőket mutat. A vörös színű, optikai mikroszkóppal nem kivehető mérettartományú alapanyagban tűs-oszlopos termetű, 0,05-0,1 milliméter hosszú, többnyire orientáltan elhelyezkedő muszkovit szemcsék foglalnak helyet körülbelül 25% mennyiségben. Kerekített, 0,05 milliméter átmérőjű kvarc szemcsék és táblás, 0,075-0,1 milliméteres földpáttöredékek találhatók, mely utóbbiakon sokszor poliszintetikus ikresedés is megfigyelhető. Részarányuk hozzávetőlegesen 30%, eloszlásuk homogén. A mátrixban kvarc és csillám szemcsék 0,5 milliméter hosszú, 0,1 milliméter széles ásványaggregátumokat alkotnak, melyekben kalcit szemcsék is találhatók.



10. ábra: Törmelékes üledék szöveti képe (A, +N) képszélesség 1,2 mm, Poliszintetikus ikresedésű plagioklász töredék (B, + N)

A kvarc és muszkovit kristályok színtelenek. A kvarc elsőrendű szürke, a csillám másodrendű sárga-kék-zöld színű. Mindkét ásványnál hullámos kioltás figyelhető meg. A muszkovit főzónajellege pozitív, optikai jelleg meghatározása a kis szemcse méret miatt nem volt lehetséges.

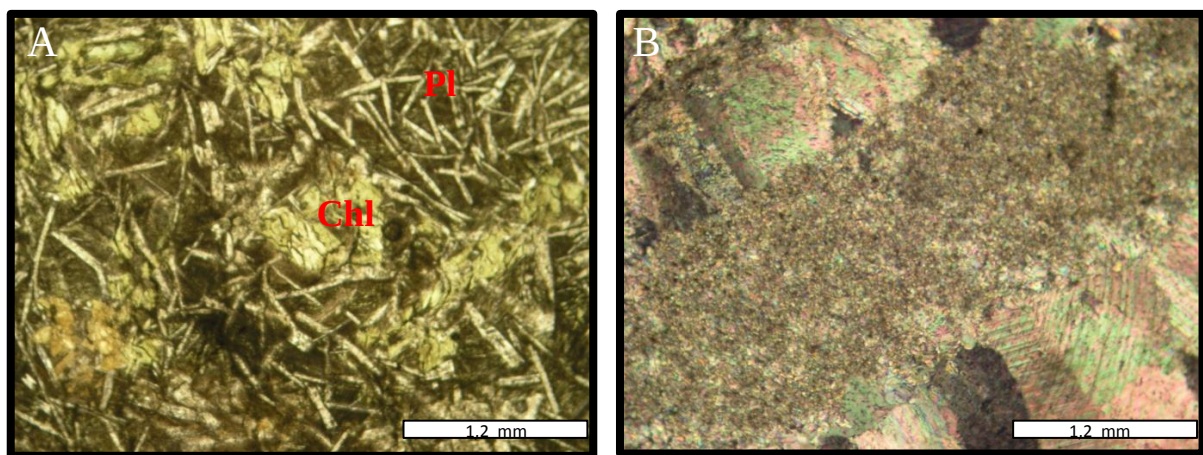
A plagioklászok a bazaltos mintákban jelenlévőkkel megegyező optikai tulajdonságúak, amik alapján albitos összetételűek.

4.3.3. A vareši peperites bazalt jellemzői

Összehasonlító munka végzésének érdekében, megvizsgáltam a 60 kilométerre délre fekvő Varešből származó, bizonyítottan triász korú, dinári-ofiolitív-beli peperites bazalt feltárás (Kiss *et al.*, 2012) kőzeteit is.

A Varešből származó bazalt az előzőektől eltérően variolitos szövetű, mind a peperites fáciesű, mind pedig a tömött illeszkedésű párnaláva fáciesű részen. Tűs, maximum 0,5 milliméter hosszú plagioklász kristályok találhatók az alapanyagban 40% mennyiségben,

nagy részük átalakult, kloritosodott, kis mennyiségben szferulitokat alkot. A földpátokon túl fontos közetalkotók a többnyire izometrikus, 0,5 milliméter nagyságú klinopiroxén szemcsék is. A klorit és a mikrokristályos, üveges anyag körülbelül 50 %-os mennyiségben jelenik meg. A peperites fáciesben a klorit 0,3-0,5 milliméter nagyságú olivin utáni kerekded és 0,7-1 milliméteres földpát utáni táblás átalakokat vesz fel. A párnabazaltokban helyenként 1 milliméteres hosszú, rostos-szálas megjelenésű, az egykori piroxén fenokristályok helyét tölti ki. A mintákban több 0,5 milliméter széles, belül apró, kívül durva kristályokkal kitöltött kalcitér is megfigyelhető, melyek környezetében 0,5- 1 milliméteres különálló szemcsék találhatóak.



11. ábra: Variolitos szövetű bazalt tús plagioklászokkal és kloritosodott piroxén fenokristályokkal (A, 1N)
Mikrites kitöltésű kalcitér (B, + N)

A plagioklászok és kalcit optikai tulajdonságai az előbbi csiszolatoknál leírtakkal megegyeznek.

A piroxén utáni kloritok a mintákban szálas termetűek, színtelenek. Törésmutatójuk a plagioklászok és a piroxének közötti. Interferencia színük fehéressárga, rendellenes vörös és ibolya. Kioltása egyenes, főzóna jellege negatív.

4.4. A SEM+EDX vizsgálatok eredménye

Az elektromikroszkópos vizsgálatokat egy a feltárás délnyugati végéből származó bazaltból és egy az északkeleti végéből származó peperites bazaltból készült csiszolatokon végeztük el. A mérések során a plagioklász és a klinopiroxén összetételének elemzése volt a cél, megerősítendő az optikai megfigyeléseket.

A polarizációs mikroszkópos elemzéseknek megfelelően a plagioklászok albitos [Ab96An4], a piroxének augitos [(Ca,Mg, Fe)(Mg, Fe, Ti) (Si, Al)₂O₆] összetételt mutattak.

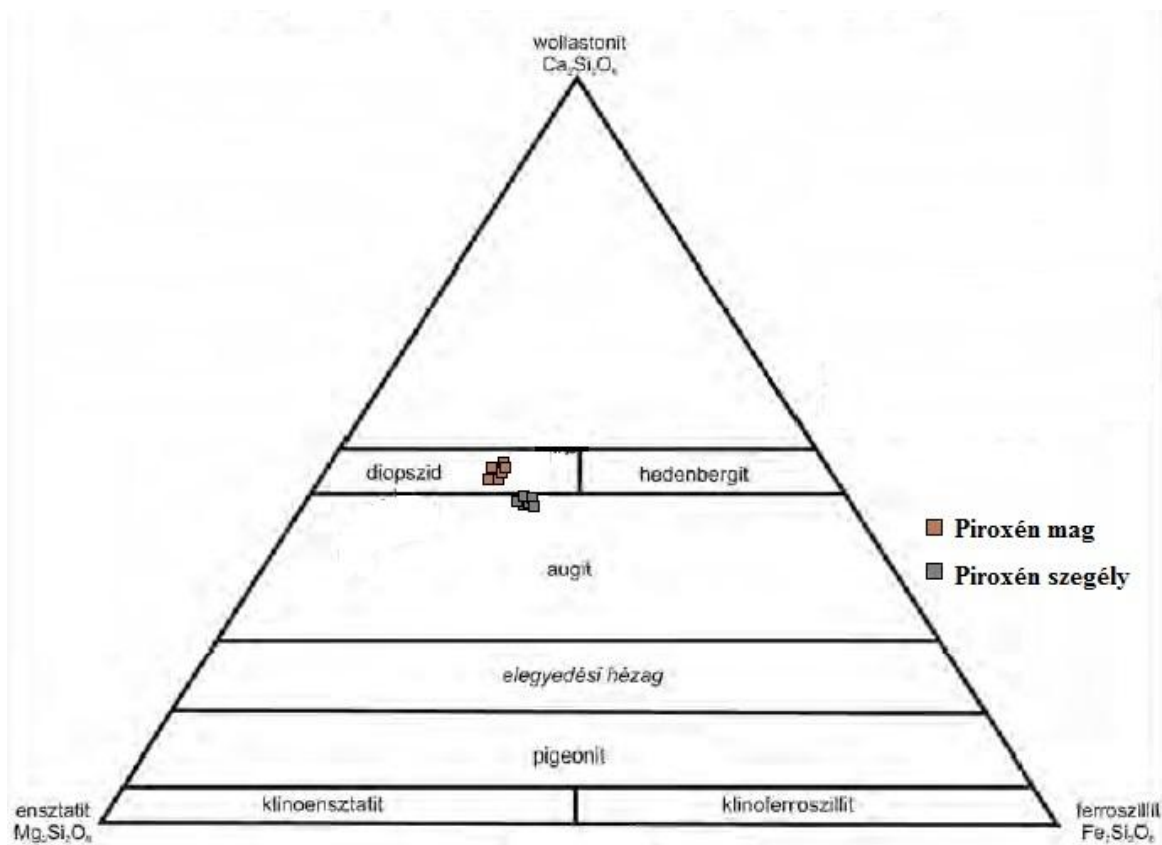
Minden augit szemcsénél az ásvány központi és peremi részeiről külön mérés készült. Ezek alapján megfigyelhető a kristály belseje felé haladva az SiO₂ tartalom csökkenése, melyet az Al₂O₃ növekedése ellensúlyoz. Az ásványok centrumában dúsul a MgO, a TiO₂ és a Cr₂O₃, míg a szegélyi részeken a FeO, és a MnO magasabb részaránya figyelhető meg.

	OBB pl1*	OBB pl2*	OBB pl3*	OBB px1_c*	OBB px1_r*	OBB px2_c*	OBB px2_r*	OBB px3_c*	OBB px3_r*
SiO ₂	68,07	68,07	68,13	47,86	49,27	48,72	51,06	46,08	49,48
Al ₂ O ₃	19,6	19,6	19,78	5,66	3,49	4,47	2,64	6,95	3,22
CaO	0,99	0,78	0,53	22,26	20,2	21,31	20,16	21,27	20,09
Na ₂ O	11,34	11,55	11,57	-	-	-	-	-	-
TiO ₂	-	-	-	2,7	2,07	2,31	0,94	3,73	1,6
FeO	-	-	-	9,19	13,06	10,13	13,45	9,17	13,4
MgO	-	-	-	12,22	11,57	12,86	11,36	12,44	11,76
MnO	-	-	-	-	0,33	0,2	0,41	0,18	0,26
Cr ₂ O ₃	-	-	-	0,1	-	-	-	0,17	0,2

1. táblázat: A párnabazaltok klinopiroxénjeinek és plagiolászainak tömegszázalékos összetétele
* pl: plagioklász, px_c: piroxén mag, px_r: piroxén szegély

	OBP pl1*	OBP pl2*	OBP pl3*	OBP px1 c*	OBP px1 r*	OBP px2 c*	OBP px2 r*	OBP px3 c*	OBP px3 r*
SiO ₂	68,13	68,24	67,89	46,64	47,25	46,23	47,75	47,85	48,9
Al ₂ O ₃	19,78	19,62	19,68	6,35	5,54	5,84	4,58	5,94	3,91
CaO	0,53	0,6	0,96	21,5	21,01	21,08	21,01	21,41	21,2
Na ₂ O	11,57	11,54	11,47	-	-	-	-	-	-
TiO ₂	-	-	-	3,34	2,67	3,6	2,82	2,35	2,27
FeO	-	-	-	10,09	13,41	11,65	13,98	11,27	12,58
MgO	-	-	-	11,76	9,72	11,27	9,59	13,87	10,81
MnO	-	-	-	0,1	0,4	0,22	0,27	0,1	0,34
Cr ₂ O ₃	-	-	-	0,22	-	0,11	-	0,2	-

2. táblázat: A peperites bazaltok klinopiroxénjeinek és plagiolászainak tömegszázalékos összetétele
* pl: plagioklász, px_c: piroxén mag, px_r: piroxén szegély



12. ábra: A vizsgált piroxének összetétele Morimoto (1989) nevezéktana alapján.

4.5. Geokémiai vizsgálatok eredményei

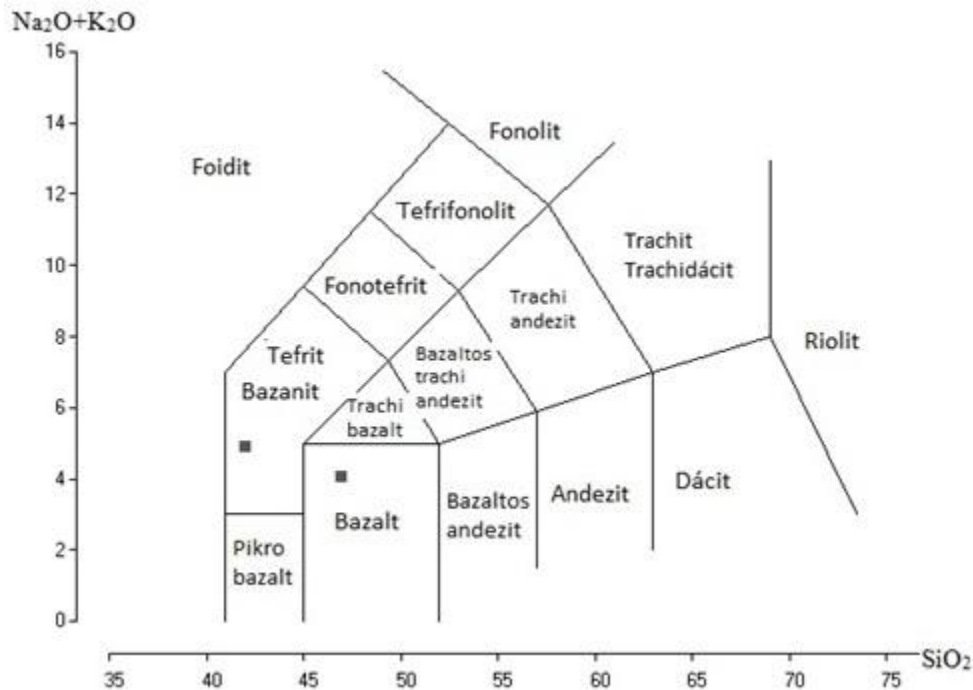
A tömött illeszkedésű párnaláva fáciesű vulkanitok legkevésbé átalakult példányának fő- és nyomelem tartalmának meghatározása a várakozásoknak megfelelő, bazaltos összetételt eredményezett. A peperites fáciesből származó minta összetételében a sűrű kalciterezés és az üledék hatása figyelhető meg a CaO és K₂O koncentráció emelkedésében. A műszer tesztüzeme miatt az eredmények megbízhatósága a nyomelemek tekintetében alacsonyabb. A kapott értékeket a 3. és 4. táblázat mutatja be.

	SiO ₂	Al ₂ O ₃	MgO	FeO	Na ₂ O	CaO	P ₂ O ₅	TiO ₂	SO ₃	K ₂ O	MnO
Párnaláva fácies	46,790	17,680	11,200	8,103	3,990	7,940	0,664	2,210	0,175	0,047	0,167
Peperites fácies	42,950	16,100	5,100	7,657	3,740	19,140	0,492	1,870	0,232	1,560	0,193

3. táblázat: A bazaltminták oxidszázalékos összetétele

	Sr	Ni	Cu	Zr	Cr
Párnaláva fácies	30	80	50	10	190
Peperites fácies	40	180	-	-	-

4. táblázat: A bazaltminták nyomelem tartalma ppm-ben



13. ábra: A minták ábrázolása TAS diagramon (leBas *et al.*, 1986)

5. Értékelés

5.1. Szerkezeti viszonyok

A tömött illeszkedésű párnabazaltok és a peperites bazaltok ásványos összetételük és szöveti képük alapján ugyanazon vulkáni tevékenységhez köthetők, komagmatikusak. Azonban míg az előbbi effuzívum kifejlődése a tengeraljzati lávafolyás központi zónájához közelebb eső térrészekhez köthető, addig az utóbbi az aljzatot borító konszolidálatlan üledékben alakul ki, azaz a kiömlési terület disztális részein (Palinkaś, 2008). A két fácies egymás mellett történő, átmenetek nélküli előfordulása így tektonikus mozgásokra vezethető vissza.

A szöveti jellemzők alapján megállapítható, hogy egyértelműen peperites fáciessel van dolgunk, mivel a láva konszolidálatlan üledékkel való keveredésének számtalan bizonyítéka leírható volt: a bazalt hűlési repedéseiben található üledék, bazalt-üledékes kőzet kaotikus kontaktusa, bazalt eredetű földpát törmelékek az üledékes kőzetben. A peperites fáciesben előforduló fluidális formákat és lóba szerű megjelenést a víztartalmú üledékbe benyomuló magma határán kialakuló kritikus állapot közeli vízgőz réteg okozza, mely alacsony konduktivitása miatt csökkenti a hőcserét az intrúzív és a befogadó anyag között (Wohletz, 2002). A hőmérséklet csökkenésével a vapor réteg összeomlik, és az olvadék külső rétegének

megszilárdulását követő, autobreccsásodás, hülési repedések kialakulása vezet a helyenként fragmentált megjelenésű bazalt üledékkel való keveredéséhez.

5.2. Szövet és ásványos összetétel

A különböző fáciesekből származó vulkanitok szöveti képe megegyező, egyaránt interszertális. Továbbá a peperites kőzetek szürke, központi zónái a párnabazaltokéval azonos ásványi összetételűek: főként albit, augit-titánaugit, és klorit kristályokból állnak; ez indokolja a két fácies anyagának rokonítását.

A bazaltos plagioklászokra jellemző magas kalcium tartalom hiánya a kőzet óceánaljazati hidrotermás átalakulásával magyarázható. A tengervízzel történő kontaktus hatására a nátrium részarányának megnövekedése a földpátokban [Ab96An4] jól detektálható, míg az eredeti kalcium tartalom hidrotermás ásványként, például kalcitként van jelen a kőzetben.

A SEM+EDX mérések során a piroxénekből zónásság volt megfigyelhető, melynek oka az augitból diopszidba történő átmenet erősödése a központi részek felé haladva. Ennek jele a CaO és a Cr₂O₃ tartalom növekedése és a FeO illetve az azt helyettesítő MnO részarányának csökkenése. A SiO₂ peremi részek felé történő relatív dúsulása, és az ezzel együtt bekövetkező Al₂O₃, MgO tartalom csökkenése a szegélyeken végbemenő átalakulás következménye. Ez alapján a kőzet MgO tartalma valószínűsíthetően a kloritokban dúsul.

Az előző részeket övező, vörös árnyalatú zónákban nagyobb az átalakulás mértéke, azonban a következtethető eredeti ásványos összetétel ezeken a területeken sem tér el. Az intenzívebb átalakulás a klinopiroxének alacsonyabb MgO tartalmában is megnyilvánul, melynek oka a bazaltok ezen területének sűrű - főként kalcitos kitöltésű -, repedezettségéből adódó magasabb permeabilitása lehet. Ezen kalcitos erek mentén helyenként észlelt sárga sávok epidotos átalakulással magyarázhatóak, míg a pumpellyit jelenléte is a tengeraljazati hidrotermás folyamatok jelenlétére utal. A karbonátos erezések mentén koncentrálnak a kőzet mikroszkópikus szinten is megfigyelhető vöröses árnyalatát okozó finomszemcsés - valószínűsíthetően hematitos, limonitos anyag, mely a környező üledékekből, vagy akár utólagos mállási folyamatokból is származhat.

A környező üledékes kőzet kvarc szemcséinek hullámos kioltása metamorf eredetet mutat. A muszkovitok orientált elhelyezkedése ülepedésre utal. A csillámok irányítottága néhol konszolidálatlan üledékre utaló csuszamlásokat is kirajzol. Az átalakulásnak ellenálló ásványok, a muszkovit és kvarc jelenléte, valamint az utóbbi ásvány kerekítettsége nagy szállítási távolságra utal. A plagioklász töredékek a vulkáni kőzetek albitjaival megegyezők, ami igazolja, hogy a bazaltos láva még nem konszolidált üledékbe nyomult be, és azzal

kaotikusan keveredve létrehozta ezt a speciális kifejlődést, a peperites fáciest. A terepi fotók és megfigyelések alapján a bazalttól való kontaktustól távolodva az üledékes összlet mésztartalmának növekedése várható.

5.3. A régió peperites fáciesének összehasonlítása

A Varešből származó mafikus minták mind szövetileg, mind összetételben eltérnek az ozreni kőzetektől. Az előbbi példányok szövete variolitos míg az utóbbira kevesebb krisztalitot és több jól kifejlett kristályt tartalmazó interszertális szövet jellemző. A szöveti különbség eltérő hűlési sebességet indikál, amely alapján a két minta közül a vardar-zónabeli bazaltok feltehetően nagyobb mennyiségben jelentek meg, ami így alacsonyabb víz/kőzet arányt eredményezett. Az eredeti ásványos összetétel különbsége az átalakulás miatt nehezen nyomozható. Az általam készített csiszolatok opakásványokban gazdagabbak, míg a vareši bazaltokra jellemző olivin utáni klorit pszeudomorfózák nincsenek jelen. A dinári-ofiolitövbeli peperites fácies repedéseiben az üledékből származó mikrites mészkő található, míg a Dobojból származó példányokban az üledék kalcitban szegény volt, mely akár pelágikus, hemipelágikus mélyebb vízi – ám a kalcium kompenzációs szint feletti – környezetet is jelezhet. Mindezek alapján egyértelműen megállapítható, hogy a dolgozatban vizsgált kőzetek nem mutatnak rokonságot a Dinári-ofiolitöv triász peperites kifejlődéseivel.

A Bosanski Ozren nyugati előterében és tőle 100 kilométerre északkeletre - szintén a Nyugati-Vardar-zóna és a Dinári- ofiolitöv határán – fekvő Kozara-hegység északi részén található peperitek azonban számos hasonlóságot mutatnak. A bazalt ott rendszerint fanerites, interszertális szövetet mutat, ám az effuzívumok közt porfíros, idiomorf olivineket tartalmazó változatok is találhatóak. A kiömlési kőzeteket közvetlenül fedő vörös színű üledékréteg összetétele a Dobojnál található pélitekéhez hasonló: kvarc, csillám és földpát alkotja. A kontaktustól távolabbi rétegek felé haladva a kalcittartalom növekvő tendenciát mutat az üledékben. A területen zajló magmatizmus kora - a mafikus kőzeteken végzett U/Pb mérések, és a velük keveredett üledék foraminifera (*Globigerinidea*, *Globotruncanae*) tartalma alapján - késő santoni - kora campaniai, 81 millió év (Grubić *et al*, 2009; Ustaszewski *et al*, 2009).

5.4. Kémiai összetétel, petrogenézis

A tömött illeszkedésű párnaláva fáciesű kőzeteken végzett geokémiai elemzés során kapott eredmények teljes alkáliák szilikáttartalomhoz való viszonyítása (TAS- diagram, 12. ábra) alapján történő azonosítása bazaltos összetételt mutat. Az összetétel óceánközepi hátság- (MORB), óceáni szigetív tholeiites -(IAT) és óceáni sziget bazaltjaival (OIB) való

összevetése szerint (5. táblázat) a vizsgált kőzetre alacsonyabb SiO_2 , CaO , K_2O és FeO tartalom jellemző, míg a MgO , TiO_2 , Na_2O és P_2O_5 aránya azoknál magasabb értékeket vett fel (Wilson, 1989)

	Doboj Jug	MORB-Atl. ó.	MORB-Csend.ó.	MORB-Ind.ó.	IAT	OIT
SiO_2	46,790	50,68	50,19	50,93	51,9	50,51
Al_2O_3	17,680	15,6	14,86	15,15	16	13,45
MgO	11,200	7,69	7,1	7,69	6,77	7,41
FeO	8,103	9,85	11,33	10,32	9,56	13,45
Na_2O	3,990	2,66	2,66	2,32	2,42	2,28
CaO	7,940	11,44	11,44	11,84	11,8	11,18
P_2O_5	0,664	0,12	0,14	0,1	0,11	0,28
TiO_2	2,210	1,49	1,77	1,19	0,8	2,63
K_2O	0,047	0,17	0,16	0,14	0,44	0,49

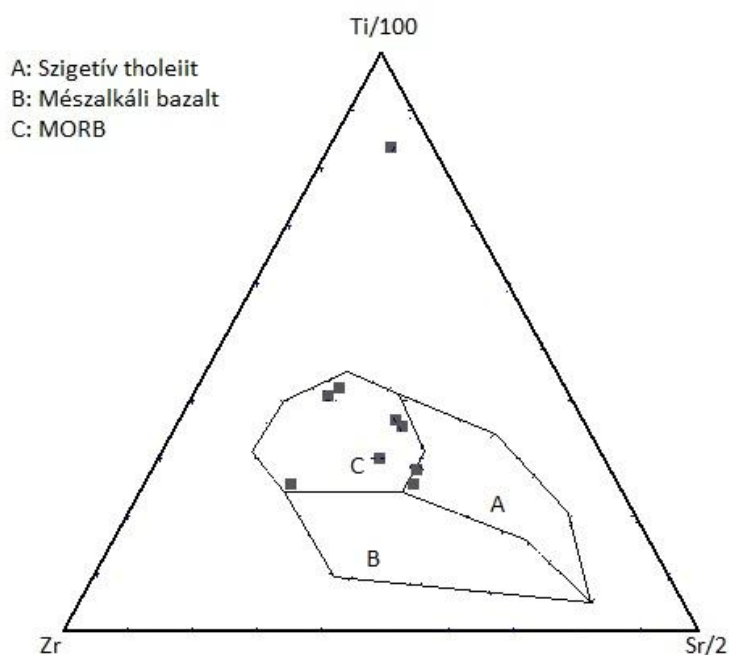
5. táblázat Az általam vizsgált bazalt összetételének hasonlítása tipikus óceánközépi hátság bazalt ill. szigetív és óceáni sziget tholeiit összetételekhez (Wilson, 1989).

A Bosanski Ozrenből és tőle délnyugatra fekvő dinári ofiolitövbeli Krivaja-Konjuh masszívum (Trubelja *et al.*, 1995) és Vareš (Kiss *et al.* 2012) területéről származó mafikus kőzeteket összehasonlítva (6. táblázat) mindkét területen nagyobb mérvű óceánaljzati hidrotermás átalakulás nyilvánul meg, melynek Na_2O dúsulás és CaO tartalom csökkenés a következménye. A doboji példányokban a mobilis vas tartalom eltávozott, míg a magnézium a kőzet jelentős részét alkotó kloritokban dúsul. A többi helyről származó minták Al_2O_3 , MgO tartalommal korreláló növekedése ugyancsak a magnézium kloritokban történő felhalmozódást sejteti. A magas TiO_2 koncentrációjú bazaltokat összehasonlítva megfigyelhető a K_2O alacsony részaránya, mely annak nagy mobilitásával hozható összefüggésbe. Mindezekből jól látszik, hogy a főelemgeokémia alapján végzett összehasonlítások a tengeraljzati, tehát jelentősen átalakult mafikus kőzetek esetében nem adnak elég pontos információt a kőzet forrásáról.

	Doboj	Ozren diabáz 026	Varas *	Konjuh diabáz 013	Konjuh diabáz 08	Visegrad diabáz 02B	Visegrad diabáz 06	Ribnica diabáz 016A	Ribnica diabáz 017
SiO ₂	46,79	49,50	45,7	48,17	48,17	49,26	49,96	50,45	50,19
Al ₂ O ₃	17,68	19,30	15,8	16,31	13,73	14,24	15,00	15,99	17,12
MgO	11,20	8,37	5,53	8,61	6,07	6,86	8,51	7,09	9,15
FeO	9,01	9,50	6,632	9,68	13,85	12,00	10,05	9,60	8,76
Na ₂ O	3,99	3,55	3,41	3,66	4,07	4,04	3,09	2,98	3,88
CaO	7,94	9,43	13,55	11,25	9,63	10,59	11,09	11,49	8,58
P ₂ O ₅	0,664	-	0,15	-	-	-	-	-	-
TiO ₂	2,21	1,29	0,92	1,34	2,86	2,21	1,32	1,32	0,96
K ₂ O	0,047	0,25	0,15	0,06	0,08	0,08	0,11	0,30	0,41
SO ₃	0,175	0,07	0,92	0,1	0,03	0,5	0,06	0,05	0,25
MnO	0,167	0,15	0,34	0,17	0,24	0,21	0,17	0,15	0,14
Sr	30	259	100	163	180	141	148	187	172
Cu	50	65	24	57	29	64	19	89	68
Ni	80	123	59	134	54	63	92	80	157
Zr	10	98	113	66	161	113	64	95	63
Cr	190	286	370	273	-	131	221	385	437

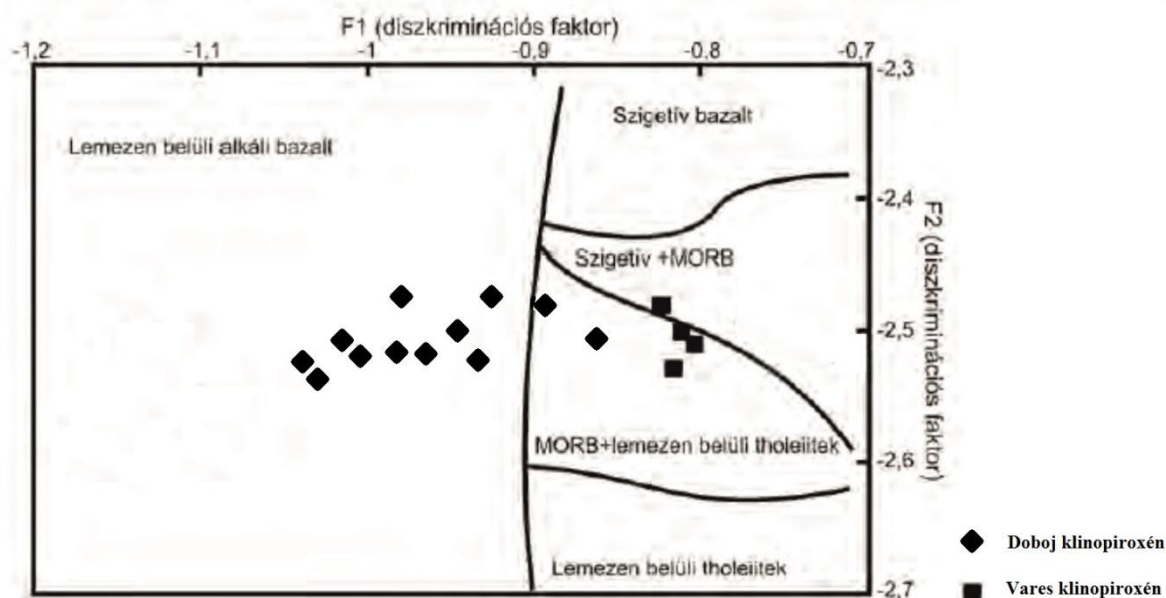
6. táblázat: Doboj és környezetében előforduló mafikus kőzetek tömegszázalékos összetétele (adatok forrása Trubelja *et al.*, 1995; * Kis *et al.*, 2012)

A Ti-Zr-Sr arányait ábrázoló diszkriminációs diagram (Pearce, 1973) alapján a Trubelja (1995) általi területen vizsgált bazaltok többnyire MORB jellegűt mutatnak, illetve az ozreni és ribnicai minták összetétele az IAB-MORB határ közelében található. A Dobojból származó minta összetétele élesen elkülönül a többtől, – valószínűleg a mérés nyomelemekre vonatkozó alacsony megbízhatósága miatt is – kívül esik ezen esetben az értelmezési tartományon.



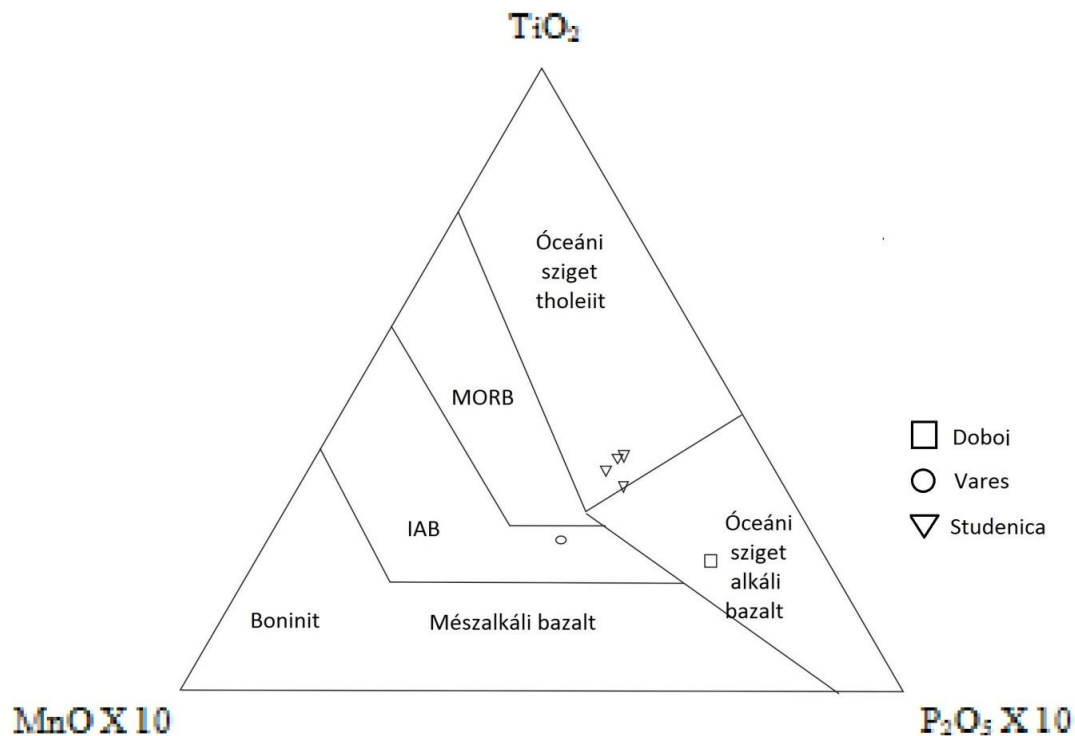
14. ábra: Az Ozren környezetéből származó bazaltok Ti-Zr-Sr diszkriminációs diagramja (Pearce, 1973)

A klinopiroxének SEM+EDX vizsgálata során kapott összetételt Nisbet és Pearce (1977) féle diszkriminációs diagramon elhelyezve az általam vizsgált minták a környező bazaltoktól egyértelműen eltérő geodinamikai körülmények közt keletkeztek. Szemben a varesi előfordulás MORB-lemezen belüli tholeiites vulkanizmusával, a doboji példányok lemezen belüli alkáli vulkanizmushoz köthetőek.



15. ábra: A régió klinopiroxénjeinek diszkriminációs diagramja Nisbet és Pearce (1977) alapján (varesi adatok forrása: Kiss *et al.*, 2012)

A Nyugati-Vardar-zóna nyugati szegélyén a tektonikai kondíciók következtében más - az általam vizsgált kiömlési kőzetekhez hasonló módon - gazdagodott magmából kialakult bazaltos képződmények is megtalálhatóak. A Drina-Ivanjica-egység keleti határán, Studenica közelében fellelhető bazaltok (Robertson és Karamata, 1994) – mintáimra is alkalmazott - TiO_2 , P_2O_5 és MnO diszkriminációs diagramja (Mullen, 1983) óceáni sziget eredetet mutatnak. Robertson és Karamata (1994) nem közölte a minták pontos származási helyét és korát, de lemezen belüli bazalt (WPB) eredetüket határozottnak véli. A Kozara-hegység északi előterében található - mintáimmal hasonló kifejlődésű - peperitekhez kapcsolódó mafikus vulkanitokban ugyancsak inkompatibilis TiO_2 és P_2O_5 elemekben gazdagodott magmát írtak le. Azonban ott a kőzetek MgO tartalma szignifikánsan alacsony, és a területet neutrális-savanyú vulkanizmus kíséri. Ez alapján képződése - a mai Izlandhoz hasonlító, hideg, szubdukált óceáni kérget tartalmazó köpenyrész feletti – gazdagodott, ívmögötti MOR bazaltokhoz kapcsolódik (Usztaszewski *et al.*, 2006).



16. ábra: A doboji és varesi, valamint a Nyugati Vardar-zóna szegélyéről származó gazdagodott bazaltok Ti-Mn-P diszkriminációs diagramja (Mullen, 1983)

A geokémiai mérések és Mullen (1983) osztályozása alapján (15. ábra) a Dobojban fellelhető peperites fáciesű bazaltok egy óceáni, gazdagodott magmát produkáló vulkáni sziget - alkáli jellege miatt lehetségesen annak kezdeti fázisában történő - működése során képződtek. A bazalttal keveredő üledék szárazföldi eredete, a nagyobb mennyiségű mafikus kőzetből képződött üledék hiánya is ezt a korai állapotot támaszthatja alá. Összegezve tehát kimondhatjuk, hogy a dolgozat keretein belül vizsgált feltárás jellemzői tekintetében egyértelműen elkülönül a Dinári-ofiolitöv kifejlődéseitől, és hasonlóságot mutat több nyugati-vardar-zóna-beli előfordulással. A korábbiakban feltételezett, triász időszaki riftesedéshez kötődő eredet azonban e peperites előfordulás esetében elvethetőnek látszik, csakúgy, mint a Nyugati-Vardar-zóna másik ismert peperites előfordulásának, a kréta időszaki Krivanja-terület peperites bazaltjainak az ív mögötti medence helyzete. A kapott eredmények alapján valószínűsíthető, hogy a vizsgált feltárás egy olyan blokkot reprezentál az ofiolitos melanzsban, amelynek keletkezése óceáni sziget kialakulásához kötődött, azaz a kialakulásakor már óceáni állapot lehetett jellemző.

6. Konklúzió

Az évek alatt megváltozott, immár a Nyugati-Vardar-zónába történő besorolású Bosanski Ozren - valószínűsíthetően szupraszubdukciós eredetű ofiolitos komplexumának - nyugati előterében, annak akkréciós melanzsában megtalálható peperites fáciesű triász korúnak vélt bazaltok a Dinári-ofiolitövben leírt hasonló vulkanitoktól több vonatkoztatásban is eltérnek.

A Dobojból származó minták szövete interszertális, szemben a közeli dinári-ofiolitövbeli vareši példányok variolitos megjelenésével, mely alapján a magma/víz arány utóbbinál kisebb volt. A magmával keveredett üledékek összetétele is eltér. Míg a Dinári-ofiolitöv peperites kifejlődéseiben a meszes üledékek dominálnak, melyet a bazaltok repedéseibe is behatoló mikrit is jelez, addig a mintáimban keveredő anyag pélites, jellemzően sziliciklasztos volt. A peperites fácies bazaltjainak üledékkel való kontaktusát a vörös színű mészben szegény finomszemcsés vas dús anyag borította, míg a kalcit tartalom a vulkanitoktól távolodva egyre magasabb értékeket vesz fel az üledékes összletben..

A petrogenetikai körülményekben is különbségek jelentkeznek a két terület között. Teljesközet- és klinopiroxén összetétel eredményei a vizsgált nyugati-varadar-zónabeli peperites kőzeteknél lemezen belüli szigethez köthető alkáli bazaltos vulkáni működést határoztak meg, míg a triász korú vareši peperitek képződése a Neothetys kinyílásához kapcsolódó előrehaladott rift állapotot jelzi.

A Nyugati-Vardar-zóna nyugati szegélye mentén, a közeli Kozara-hegység északi előterében található peperitek megjelenésükben hasonlóak a Dobojnál jelenlévőkhöz, ám késő kréta koruk és vélhetően ívmögötti medencéhez kapcsolódó petrogenetikájuk a kapcsolat létét a két hely között megcáfolja.

Óceáni szigethez köthető peperites alkáli bazaltok jelenléte a Nyugati-varadar-zónában eddig csak ezen a lelőhelyen történt meg, amivel a Vardar-óceán fejlődéstörténetének egy újabb fázisát ismerhettük meg.

Köszönetnyilvánítás

Szeretném köszönetemet kifejezni Józsa Sándor Tanár Úrnak, a csiszolatok leírásában valamint azok állagmegőrzésében nyújtott segítségért. Köszönetem illeti Bendő Zsoltot, a SEM+EDX mérések lebonyolításáért és témavezetőmet, B. Kiss Gabriellát építő tanácsaiért és dolgozat elkészültét biztosító munkájáért.

1. Függelék

Dolgozatom témájául szolgáló, Dobó városánál található feltárásról készített fényképes dokumentációk és az onnan származó kőzetminták elemzése során a következő munkafolyamatokat végeztem el.

A feltárás elhelyezkedését a tágabb majd szűkebb régió földtani környezete alapján vételeztem szemre. A helyszínen készült fényképek és terepi jegyzőkönyv segítségével végeztem elemzést a feltárás geometriájáról, a jelenlévő kőzetek fácieséről, tektonikai viszonyairól.

A kézipéldányokat makroszkóposan vizsgáltam, mely során azonosíthattam a fenokristályokat illetve a az üledékes kőzet kötőanyagát, továbbá fényképes dokumentációt készítettem róluk.

A mintákból összesen 10 vékonycsiszolatot készítettem, melyek reprezentálták az összes feltárásban megtalálható fáciest. A csiszolatokat polarizációs mikroszkóp és opakmikroszkóp alatt egyaránt tanulmányoztam. Ezen művelettel során felismerhetőek vált a jelenlévő ásványfázisok többsége. A túlságosan finomszemcsés anyagok vizsgálatára munkám során nem került sor.

A bazaltos kőzetcsiszolatok a földpátjain és klinopiroxénjein az ELTE-TTK Kőzettani tanszékén készült SEM+EDS mérési eredményeinek elemzése megerősítette a plagioklászok albitos összetételét, és bázisául szolgált a klinopirokének összetételén alapuló petrogenetikai környezet meghatározásának.

Az ELTE-TTK Ásványtani tanszékén elvégzett XRF mérésekből megállapított párnabazalt és peperites fáciesek teljeskörű kémiai összetételéből további lehetőség nyílt számomra más, a térségből származó bazaltokkal való összevetésre, valamint további petrogenetikai bélyeg meghatározására.

Irodalomjegyzék

Bazylev, B., Popević, A., Karamata, S., Kononkova, N.N., Simakin, S.G., Olujić, J., Vujnović, L., Memović, E. 2009. Mantle peridotites from the Dinaridic ophiolite belt and the Vardar zone western belt, central Balkan: a petrological comparison. *Lithos* 108, 37–71.

Császár Géza 2003. Magyarország és környezetének regionális földtana I. ELTE Eötvös Kiadó, Budapest 89-101 p.

Dimitrijević, M.D., 1983. Point No. 18. Locality: Studenica River Gorge. Guide-book Field Meeting International Working Group IGCP Project 5, 'Correlation of Prevariscan and Varsican Events in the Alpine-Mediterranean Mountain Belt in Yugoslavia'. Yugoslavian Comm. IGCP, Beograd, 65.

Ercegovać, M., 1975. On Lower Palaeozoic microfauna within "the Drina Palaeozoic" of western Serbia. *Comptes rendus des séances de la Société serbe de géologie pour l'année 1974*. Belgrade, 17–19.

Grubic, A., Radović, R., Knežević, M., Cvijic, R. 2009. Occurrence of Upper Cretaceous pelagic carbonates within ophiolite related pillow basalts in the Mt. Kozara area of the Vardar zone western belt, northern Bosnia. *Lithos* 108, 126-130.

Gussic, I., Jelaska, V., 1993. Upper Cenomanian–Lower Turonian sea-level rise and its consequences on the Adriatic–Dinaric carbonate platform. *Geol. Rundsch.* 82, 676–686.

Hrvatović, H., 2006. Geological guidebook through Bosnia and Herzegovina, Geological Survey of Federation Bosnia and Herzegovina, Sarajevo 78. p.

Karamata, S., 2006. The geodynamical framework of the Balkan Peninsula: its origin due to the approach, collision and compression of Gondwanian and Eurasian units. In: Robertson, A.H.F., Mountrakis, D. (Eds.), *Tectonic Development of the Eastern Mediterranean Region*. Geological Society, London, Special Publication 260, 155–178.

Kiss, G., Molnár, F., Palinkaš, L.A., Kovács, S., Hrvatović, H. 2012 Correlation of Triassic advanced rifting-related Neotethyan submarine basaltic volcanism of the Darnó Unit (NE-Hungary) with some Dinaridic and Hellenidic occurrences on the basis of volcanological, fluid–rock interaction, and geochemical characteristics *International Journal of Earth Sciences* 101, 1503-1521.

Lugović, B., Altherr, R., Raczek, I., Hofmann, A.W., Majer, V., 1991. Geochemistry of peridotites and mafic igneous rocks from the Central Dinaric Ophiolite Belt, Yugoslavia. *Contributions to Mineralogy and Petrology* 106, 201–216

Milovanović, D., 1984. Petrology of low metamorphic rocks of the middle part of the Drina–Ivanjica Paleozoic. *Bulletin, Museum d'histoire naturelle de Belgrade A*, Belgrade 39, 13–139.

Mullen, E.D., 1983. MnO/TiO₂/P₂O₅: a minor element discriminant for basaltic rocks of oceanic environments and its implications for petrogenesis. *Earth and Planetary Science Letters*, 62, 53-62.

Nisbet, E.G., Pearce, A. J. 1977. Clinopyroxene composition in mafic lavas from different tectonic settings *Contributions to Mineralogy and Petrology* 63, 149-160.

Palinkaš, L.A, Bermanec, V., Šoštarić, S.B., Kolar-Jurkovšek, T., Palinkaš, S.S., Molnar, F., Kniewald, G. 2008 Volcanic facies analysis of a subaqueous basalt lava-flow complex at Hruškovec *Journal of Volcanology and Geothermal Research* 178, 644–656.

NW Croatia — Evidence of advanced rifting in the Tethyan domain

Pamić, J., Gusic, I., Jelaska, V. 1998. Geodynamic evolution of the Central Dinarides *Tectonophysics* 297, 251-268.

Pamić, J., 1982. Some geological problems of the Dinaridic ophiolites and their associations. *Earth Evol. Sci.* 2, 30–35.

Pearce, J.A., Cann, J.R., 1973. Tectonic setting of basic volcanic rocks determined using trace element analyses: *Earth and Planetary Science Letters*, 19, 290-300.

Robertson, A.H.F., Karamata, S., Saric, K. 2009. Overview of ophiolites and related units in the Late Palaeozoic–Early Cenozoic magmatic and tectonic development of Tethys in the northern part of the Balkan region. *Lithos* 108, 1–36.

Robertson, A.H.F, Karamata, S. 1994. The role of subduction-accretion processes in the tectonic evolution of the Mesozoic Tethys in Serbia. *Tectonophysics* 234, 73–94

Robertson, A.H.F., 2002. Overview of the genesis and emplacement of mesozoic ophiolites in the Eastern Mediterranean Tethyan region. *Lithos* 65, 1–67.

Schmid, S. M., Bernoulli, D., Fügenschuh, B., Matenco, L., Schefer, S., Schuster, R., Tischler, M., Ustaszewski, K. 2008. The Alpine-Carpatian-Dinaridic orogenic system: correlation and evolution of tectonic units, *Swiss Journal of Geoscience* 101, 139-183.

Trubelja, F., Marchig, V., Burgath, K. P., Vujović, Z. 1995. Origin of the Jurassic Tethyan Ophiolites in Bosnia: A Geochemical Approach to Tectonic Settings *Geol. Croat. Zagreb* 48/1, 49-46.

Ustaszewski, K., Schmid, S. M. , Lugović, B. , Schuster, R., Caron, M., Rettenmund, C, Kounov, A. 2006. Does the Sava-Zone represent a remnant of the Vardar ocean and when did it close? - structure, geochemistry and age of the Kozara ophiolites (northern Bosnia-Herzegovina) Mesozoic ophiolite belts of northern part of the Balkan Peninsula, *Proceedings / Resimić-Šarić, K. (ur.). - Beograd : Faculty of Mining and Geology, University of Belgrade* , 136-138.

Ustaszewski, K., Schmid, S. M. , Lugović, B., Schuster, R., Schaltegger, U., Bernoulli, D., Hottinger, L., Kounov, A. , Fügenschuh, B., Schefer S. 2009 Late Cretaceous intra-oceanic magmatism in the internal Dinarides (northern Bosnia and Herzegovina): Implications for the collision of the Adriatic and European plates, *Lithos* 108, 106-125.

White, J.D.L., McPhie, J., Skilling, I. 2000. Peperite: a useful genetic term. *Bull Volc* 62, 65–66.

Wilson, M. 1989. *Igneous Petrogenesis. A global tectonic approach.* Harper Collins Academic, London, 466 p.

Wohletz, K. 2002. Water/magma interaction: some theory and experiments on peperite formation *Journal of Volcanology and Geothermal Research* 114, 19-35.