

Kaivoksia, ympäristöongelmia ja ofioliitteja –

**Geotalon ekskursion
Kosovoan ja Albaniaan**

TEKSTI: MIRA TAMMELIN, SABINA KRAATZ JA KAISA NIKKILÄ
KUVAT: MIRA TAMMELIN, MIRADIJE RAMA JA PETER ÖSTERHOLM

Lokakuaisena aamuna 6.10.2019 Turun lentoaseman odotusaula täyttyi Geotalon eli Åbo Akademin ja Turun yliopiston geologian opiskelijoista, jatko-opiskelijoista ja tutkijoista. Edessä oli viikon mittainen ekskursio Balkanin niemimaalle Kosovoon ja Albaniaan, Pohjois-Makedonian pääkaupungin Skopjen kautta (kuva 1). Ekskursio jakautui kahteen osaan. Ensimmäisessä osassa tutustuimme Kosovon geologiaan, kaivoksiin ja kaivostöinnän aiheuttamiin ympäristöongelmiin. Toisessa osassa perehdyimme Albanian hyvin säilyneisiin ofioliitteihin.





Kuva 1. Åbo Akademin ja Turun yliopiston ekskursion pääkohteet Kosovossa ja Albaniassa.

Figure 1. The main stops in Kosovo and Albania during the excursion of Åbo Akademi University and University of Turku.

Balkanin niemimaan geologia on monipuolinen ja mielenkiintoinen. Keski-Balkan kuuluu Dinaaris-Hellenistiseen alppien poimuvyöhykkeeseen, joka on pääosin syntynyt mesotsooisella ja kenotsooisella aikakaudella päättyen Tethysmeren sulkeutumiseen (mm. Schmid *et al.* 2008, Meshi *et al.* 2014). Alueen kallioperän vyöhykkeet ovat enimmäkseen luode-kaakoskuuntaisia ja sisältävät mm. ekskursion kannalta mielenkiintoisen Vardarin malmirikkaan vyöhykkeen Kosovossa sekä ofiolitiitit Albaniassa.

Kosovo

Pohjois-Kosovossa tutus-
tuimme Mitrovican yliopis-
toon sekä kaupungin lähel-
lä, Vardarin vyöhykkeessä
sijaitsevaan Trepcan kaivok-
seen, joka oli yksi ekskur-

sionme pääkohteista (kuva 2). Vyöhykkeen kallioperä koostuu pääosin paleotsooisista saviliuskeista, sedimenteistä ja niiden päällä olevista vulkanoklastisista kivilajeista sekä karbonaateista (Hyseni *et al.* 2010). Kaivoksen Pb-Zn-Ag-mineralisaatiot esiintyvät saviliuskeiden ja joko karbonaattien tai breksioiden välisissä siirrostuneissa kontaktivyöhykkeissä, ja ne ovat yhteydessä hydrotermisiin prosesseihin.

Trepcan kaivoksen lyijy-, sinkki- ja hopea-
malmivarat ovat Euroopan suurimmat, ja kai-
vostoiminta alkoi alueella jo keskiajalla (Hy-
seni *et al.* 2010). Malmiesiintymillä ja eten-
kin Trepcan kaivoksella oli myös merkittävä
rooli Serbian ja Kosovon välisessä sodassa
1990-luvulla. Serbian ja Kosovon albaanien
jännite onkin tällä alueella edelleen havaitta-
vissa muun muassa erillisinä asuinalueina. Ym-
märtääksemme paremmin maan nykytilannet-
ta ja lähihistoriaa vierailimme geologisten koh-
teiden lisäksi sodassa surmatun Kosovon va-
pautusarmeijan johtajan muistomerkiksi
muunnatulla talolla Prekazin kylässä.

Jugoslavian aikana, ennen sotaa Trepcan
kaivoksella työskenteli jopa 3000 ihmistä,



Kuva 2. Ekskursion osallistujat Trepcan kaivoksella valmiina laskeutumaan kaivoskuiluun.

Figure 2. Excursion participants at Trepca mine ready to descend the mineshaft.

mutta nykyisin työntekijöiden määrä on huomattavasti pienempi. Malmia louhitaan käsin, joten nykyinen tuotanto ei riitä pitämään kaivoksen rikastamoa päivittäisessä toiminnassa. Kaivoksen ja rikastamon rakennukset ovatkin huonossa kunnossa, eikä niiden ensi näkemältä uskoisi olleen vuosikymmeniin toiminnassa. Kaivosmiesten työskentelyolosuhteissa on myös paljon toivomisen varaa. Työmiehillä ei ole juuri suojavarusteita, eikä kaivoskäytäviä ole tuettu mitenkään. Ilmastointi on johdettu vain osaan pölyisistä ja kuumista käytävistä, jotka ulottuvat noin 765 metrin syvyyteen eli merenpinnan tasoon saakka. Trepcan kaivos vaatisikin laskelmien mukaan satojen miljoonien eurojen investoinnit saavuttaakseen tehokkaan länsimaisen kaivostoiminnan tason.

Kaivostoiminnan tehostamisen lisäksi investointeja tarvitaan ympäristöongelmien hillitsemiseksi, sillä teollisuus- ja yhdyskuntajätteen käsittelyn infrastruktuuri on Kosovossa lähes olematon. Sekä Trepcan rikastamon prosessivedet että rikastushiekka-alueen kautta virtaavat vedet laskevat käsittelemättöminä purojen kautta suurempiin jokiin. Purot ja joet

toimivat myös asukkaiden yleisinä kaatopaikkoina ja kaupunkien jätevesiviemäreinä. Yksi ekskursion keskeisistä tavoitteista olikin vedenlaadun tutkiminen paikan päällä sekä vesi- ja maanäytteiden ottaminen Geotalolla tehtävää laajempaa analysointia varten (kuva 3). Purojen ja jokien sähkönjohtavuudet olivat melkoisia, mutta hapanta kaivosvalumaa ei karbonaattirikkaan kallioperän puskurointikyvyntakia esiintynyt. Vedet olivat myös pääosin kirkkaita, eivätkä sisältäneet juurikaan humusta, kuten Suomen vesistöt.

Jätevesien lisäksi Kosovon fossiilisiin polttoaineisiin tukeutuva energiantuotanto aiheuttaa ympäristö- ja terveysriskejä. Obiliqin kivihiilikaivos sijaitsee Kosovon altaassa, jossa on noin 10 miljoonan tonnin hiilivarasto (kuva 4). Avolouhos on maan suurin ligniitin lähde ja tuottaa energiaa lähes koko maalle. Jopa 110 metriä paksu ligniittikerros muodostui suuren ja matalan makeanveden altaan pohjalle kerrostuneen turpeen puristuessa hiileksi noin yhdeksän miljoonaa vuotta sitten. Hiilen heikohkon laadun takia sen polttaminen on erityäin saastuttavaa. Poltossa vapautuu suuri



Kuva 3. Näytteenottoa rikastamon prosessivesistä sekä Mitrovican kaupungin läpi virtaavasta Ibar-joesta.
Figure 3. Sampling from the process water of the refinery and River Ibar, which flows through the city of Mitrovica.



Kuva 4. Obiliqin ligniittikaivos on erittäin tärkeä Kosovon energiantuotannolle.

Figure 4. Obiliq's lignite mine is extremely important for Kosovo's energy production.

määrä ilmansaasteita, kuten metaania, rikki-dioksidia ja raskasmetalleja. Jäljelle jäävä tuhka voi puolestaan sisältää huomattavan määrän esimerkiksi fosforia ja alumiinia. Kaivoksen haasteisiin luokituvat lisäksi hienojakoisen kivihiilen pölyäminen hihnakuljetuksen aikana sekä itsestään syttyvät tulipalot, joita on miltei mahdoton sammuttaa. Haasteista ja riskeistä huolimatta Obiliqin kaivoksen suunnitelmissa on louhinta-alueen laajentaminen.

Obiliqin kaivoksen lähistöllä näimme maan ainoan kaatopaikan, jonka suunnittelutavoitteissa ympäristöseikat pyrittiin

poikkeuksellisesti huomioimaan. Valitettavasti kaatopaikka kuitenkin on sijoitettu entiseen kaivoskuoppaan, joka pumppauksen lopettamisen jälkeen on täyttynyt vedellä muodostaen järven osittain kaatopaikan päälle. Toimivan infrastruktuurin, resurssien, koulutetun työvoiman ja kieltojen puutteen takia teollisuus- ja yhdyskuntajätteen aiheuttama ympäristön likaantuminen ja terveyshaitat tulevat jatkumaan, kunnes maan tilanne kohenee ja asioihin puututaan. Lisäksi kehitystä haittaavat korruptio, harmaa talous sekä rikollisuus.

Albania

Kosovon tehokkaiden ekskursiopäivien jälkeen jatkoimme bussilla kohti Albaniaa. Matkan varrella näimme komeita vuoristomaisemia



Kuva 5. Matkalla Kosovosta Albaniaan.

Figure 5. On our way from Kosovo to Albania.

sekä vuorten välissä kiemurtelevia jokilaaksoja (kuva 5). Albaniassa pääkohteenamme olivat ofioliittimuodostumat. Albaniasta löytyy täydellinen ofioliitti, josta on näkyvissä koko merellisen kuoren leikkaus sekä osa vaipasta, sekä ofioliitti, joka on ollut mukana ekstensiossa ja jota ydinkompleksirakenteelle tyypillinen detachment-pinta on hiertänyt.

Ensimmäisenä päivänä kävimme läpi häiriintymättömän ofioliitin ja saimme pidellä käsissämme vaipan kappaleita (kuva 6), peridotiittia, lherzoliittia, harzburgiittia ja duniittia, katsella alakuoren gabromuodostumia ja tarkastella moottoritiesillan alle jäävää laajaa levyjuonistoa. Etenimme kerros kerrokselta ja vuoristotien mutka mutkalta kohti ofioliittien ylimpiä kerroksia ja lopulta basalttiseen tyyny-laavamuodostumaan (kuva 7). Matkan pahimpaan liikenneuhkaan juutuimme juuri tyyny-laavapaljastu-

malla vuohipaimenen ohittaessa ryhmämme lauma vuohia perässään (kuva 8). Maisemat ja lämmin, aurinkoinen sää olivat kuitenkin kohdallaan, joten pieni viivästys ei matkante-koa haitannut.



Kuva 6. Kuinka usein sitä saakaan pitää vaipan kappaleita käsissään? Pala vaippaa eli harzburgiittia.

Figure 6. Just asking: how often you can hold a piece of mantle in your hand, in this case harzburgite.



Kuva 7. Tyyny-laavapaljastuma Pohjois-Albanian vuoristossa on mitä erinomaista taustaa ryhmäkuvalle.

Figure 7. A pillow lava outcrop is a great backdrop for a group photo.



Kuva 8. Liikennoruuhka vuoristotiellä. • Figure 8. A traffic jam on a mountain road.

Toinen ofioliittimuodotuma on käynyt läpi haastavimmat tektoniset olosuhteet. Osa opiskelijoista taisikin tippua kyydistä jo alkumetreillä ihailemaan kauniita maisemia hiertyneiden vaipan kivien sijaan. Ydinkompleksirakenne on tuonut Albaniassa näkyviin Mohorovičićin epäjatkuvuuspinnan, eli mohon, joka on myös toiminut rakenteen detachment-pintana. Hiertymisestä johtuen vaipan kivissä oli nähtävissä voimakas lineaatio ja paikoin myös hiertopoimutusta. Matkatulliaisiksi molemmista ofioliittikomplekseista otettiin näytesarja, jota tulevaisuuden opiskelijat voivat ihailla mikroskoopilla.

Kahden vuoristossa vietetyn kenttäpäivän jälkeen matkasimme Golemissa sijaitsevasta hotellistamme Albanian rannikkoa pitkin etelään Divjaka-Karavasta-luonnonpuistoon (kuva 9), joka perustettiin vuonna 2007. Puisto kattaa noin 222 km² Shkumbin- ja Semanjokien muodostamasta suistoalueesta Albanian rannikolla. Voimakkaan jokivirtauksen, tulvimisen ja meren läheisyyden muodostama dynaaminen ympäristö muovaa jatkuvasti sedimentin merestä erottamia matalia laguuneja. Laguunien lisäksi puistossa voi nähdä esi-

merkiksi tulvatasankoja, erilaisia metsämaita ja kosteikkoja sekä hiekkadyynejä. Luonnon monimuotoisuus on puiston alueella merkittävää, mikä tekee siitä ainutlaatuisen vierailukohteen. Muun muassa laguunit ovat linnuille, kuten uhanalaisille dalmatian pelikaaneille, tärkeä elinalue. Tapasimmekin vierailullamme puistonvartijana työskentelevän Johnnypelikaanin ja pääsimme myös kiikaroimaan flamingoja.

Kuva 9. Dalmatian pelikaani Johnny on puistonvartija Albanian rannikolla sijaitsevassa Divjaka-Karavasta-luonnonpuistossa.

Figure 9. Dalmatian pelican Johnny is a park ranger in the Divjaka-Karavasta National Park located on the coast of Albania.



Kaivoksiin, ympäristöongelmiin ja ofioliitteihin perehtymisen jälkeen sulatimme kaikkea oppimaamme bussimatkalla Pohjois-Albanian ja Kosovon halki Pohjois-Makedonian Skopjeen. Opiskelijavoimia tarvitsimme bussin hevosvoimien tueksi vain kerran matkan



Kuva 10. Kun hevosvoimat loppuvat bussista, matka jatkuu opiskelijavoimin.

Figure 10. When the horsepower runs out, the journey continues with student power.

aikana (kuva 10). Auringonlaskussa kylpevä Skopje tarjosi ryhmällemme vielä viimeisen elämyksen ennen aamuyön paluulentoa takaisin Turkuun. Kaupunki on erikoinen yhdistelmä vanhoja, tunnelmallisia basaarikujia sekä toinen toistaan pröystäilevämpiä, neonvaloilla valaistuja moderneja patsaita ja rakennuksia (kuva 11).

Kokonaaisuudessaan ekskursio oli erittäin opettavainen ja maailmankuvaa avartava. Yhteiskunnallisista ja ympäristöongelmista huolimatta sodan jälkeen jaloilleen pyrkivästä Kosovosta ja sen ystävällisistä asukkaista jäi positiivinen mielikuva. Erityismaininnan ja suositelujen arvoinen on myös maan erinomaisen herkullinen ja edullinen ruoka! Albaniasta mieleen jäivät erityisesti kauniit





Kuva 11. Skopje on mielenkiintoinen sekoitus uutta ja vanhaa.
 Figure 11. Skopje is an interesting mixture of old and new.

vuoristomaisemat, ofioliitit läpikotaisin tun-
 tevat oppaamme sekä aurinkoisen kesäinen sää
 keskellä syksyä, pelikaani-Johnnya ja muita
 matkamme eläinystäviä unohtamatta.

FM, DI MIRA TAMMELIN
 Turun yliopisto
 20014 Turun yliopisto

LUK SABINA KRAATZ
 Åbo Akademi
 Akatemiankatu 1
 20500 Turku

FT KAISA NIKKILÄ
 Åbo Akademi
 Akatemiankatu 1
 20500 Turku

*MT on maaperägeologian jatko-opiskelija Turun yliopis-
 tossa.*

*SK on geologian ja mineralogian maisteriopiskelija Åbo
 Akademiassa.*

*KN on geologian ja mineralogian yliopisto-opettaja Åbo
 Akademiassa.*

Summary

Mines, environmental problems and ophiolites – Excursion of Åbo Akademi University and University of Turku to Kosovo and Albania

Master's and PhD students of Åbo Akademi University and University of Turku spent a week in Kosovo and Albania in October 2019 with the aim of exploring mining activities and their environmental impacts in the Balkans, as well as learning about ophiolites. The formation of the ores and the ophiolites are related to the subduction of the Tethys Ocean during the Paleozoic, which also formed the Dinaric Alps. The Trepça shaft mine and the open pit mine of Obiliq in Kosovo and the ophiolite outcrops in the mountainous northern Albania were the main sites of the excursion, in addition to water and soil sampling in the vicinity of the mines and their tailings.

Trepça mine has extensive lead, zinc and silver resources and a long history of operation, but the efficiency is low due to manual labour. The ores are related to hydrothermal processes and located in the Trepça belt within contact zones between slates and either carbonates or breccias. Obiliq lignite mine is the main energy resource in Kosovo. The lignite formed in a shallow freshwater basin approximately nine million years ago as organic matter accumulated and transformed into coal under pressure. The lignite bed is up to 110 meters thick, but its quality is not the best. Emissions from coal combustion are high and process waters from the Trepça refinery, water flowing through the tailings, as well as sewage from the city of Mitrovica discharge into streams untreated. Only one landfill, now partly covered by a lake, exists in Kosovo, so most of the waste is discarded into the forests and streams.

According to field measurements, electrical conductivities of the streams were high, but the carbonaceous bedrock in the area is buffering the waters against acid mine drainage.

The ophiolite zone in northeastern Albania is 250 km long and comprises two types of ophiolites: a subduction related and an extensional one. The first one is an unbroken section of an ophiolite having mantle peridotites, gabbros, sheeted dykes and pillow lavas. The latter one has been involved in a core complex formation and the Mohorovičić discontinuity has acted as a detachment zone, thus the upper mantle and lower crustal rocks have been sheared and mylonitized. To delight future students, a set of samples was collected from both ophiolites.

At the end of the excursion, we relaxed in the sunny Divjaka-Karavasta National Park in western Albania. The coastal park includes lagoons, estuaries, floodplains, forests etc. This dynamic environment is home to diverse flora and fauna, such as the threatened Dalmatian pelican.

Lähdeluettelo

- Hyseni, S., Durmishaj, B., Fetahaj, B., Shala, F., Berisha, A. ja Large, D., 2010. Trepça Ore Belt and Stan Terg mine-Geological overview and interpretation. Kosovo (SE Europe). *Geologija*, 53(1):87–92.
- Meshi, A., Tremblay, A. ja Muceku, B., 2014. A geological transect through the Northern Albanian ophiolites: stratigraphy, structure and metallogeny. Field Trip FT1. *Buletini i Shkencave Gjeologjike*. Special issue, vol. 3.
- Schmid, S.M., Bernoulli, D., Fügenschuh, B., Matenco, L., Schefer, S., Schuster, R. *et al.*, 2008. The Alpine-Carpathian-Dinaridic orogenic system: correlation and evolution of tectonic units. *Swiss Journal of Geosciences* 101:139–183.