

Karhu kiertää – tuoreimpia geologian alan väitöstutkimuksia

31.3.2017 Riikka Kietäväinen,
Helsingin yliopisto

Syvän kalliopohjaveden kehitys
Outokummussa, Itä-Suomessa:
meteorisesta vedestä suolaiseksi
kaasupitoiseksi fluidiksi (*Deep
groundwater evolution at Outokum-
pu, Eastern Finland: from meteoric
water to saline gas-rich fluid*)

Suolaisia ja kaasupitoisia pohjavesiä tavataan ympäri maailmaa vanhoilla peruskallioalueilla. Koostumukseltaan ne eroavat selvästi merivedestä ja makeista pohja- sekä pintavesistä. Kallioperän lisääntynyt käyttö muun muassa kalliorakentamisessa, ydinjätteiden loppusijoituspaikkana, kaivostoiminnassa ja geoenergian tuotannossa tarkoittaa, että myös tiedon tarve syvistä kalliopohjavesistä on jatkuvasti kasvanut.

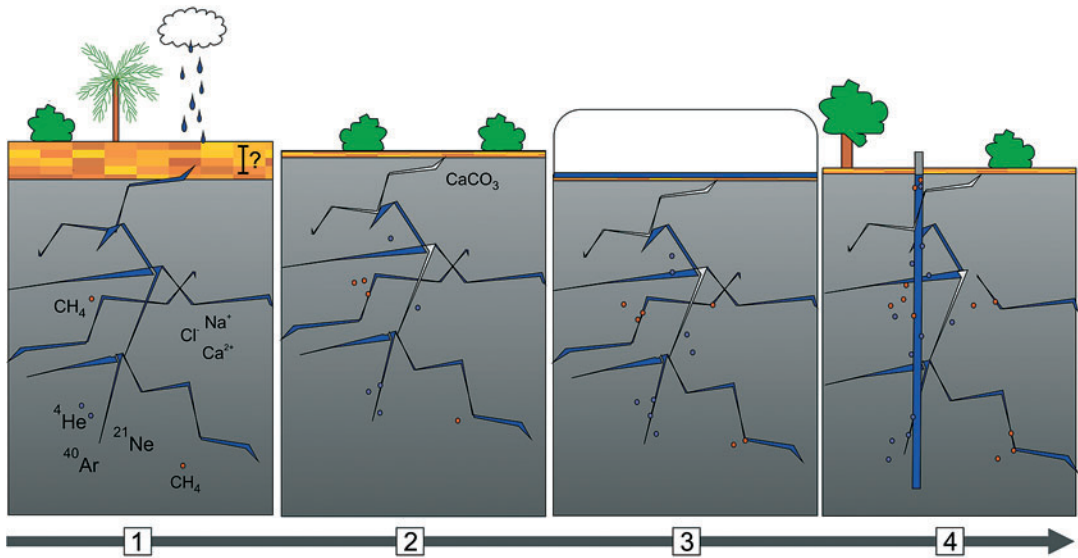
Syvien kalliopohjavesien on esitetty muovautuneen meriveden haihtumisen tai jääytymisen ja sitä seuranneen imeytymisen, tai toisaalta kiven ja veden välisen vuorovaikutuksen tuloksena. Vastaavasti niiden iästä on esitetty monenlaisia arvioita, jotka vaihtelevat tuhansista vuosista yli miljardiin vuoteen. Syvissä pohjavesissä elävien mikrobiyhteisöjen merkitystä ympäristönsä muokkaajina tunnetaan myös huonosti.

Väitöstyössä tutkittiin syvien kalliopohjavesien alkuperää ja kehitystä Itä-Suomessa,



Outokummussa sijaitsevasta, 2,5 km syvästä kairareistä käyttäen geokemiaan ja isotooppihin perustuvia menetelmiä. Vesi- ja kaasunäytteet otettiin reiästä käyttäen letkunäytteenottoa, pumppausta sekä paineellisenä. Näistä paineellisten menetelmien osoitettiin soveltuvan kaasujen tutkimukseen parhaiten. Lisäksi tutkittiin kallion rakopinnoille kiteytyneitä mineraaleja.

Tulosten perusteella Outokummun syväreiän pohjavesi voidaan jakaa viiteen vesityyppiin, joiden koostumus heijastelee kivilajien vaihtelua ja osoittaa vesien kehittyneen eristyksissä sekä toisistaan että maan pinnalta. Syvien pohjavesien kehityksestä laadittiin malli, joka käsittää veden suotautumisen kallioon nykyistä lämpimämmän ilmaston vallitessa, veden koostumusmuutoksen ja suolapitoisuuden kasvun kivi-vesi -vuorovaikutuksen seurauksena, sekä hiilivetyjen muodostumisen geologisissa ja mikrobiologisissa prosesseissa (kuva 1.). Veden stabiileihin isotooppihin



Kuva 1. Havainnekuva syvän kalliopohjaveden kehityksestä: 1) pohjaveden suotautuminen kallioperään lämpimän ilmastovaiheen aikana, 2) kalliopohjaveden eristyminen kallioperän kohoamisen ja rakotäytteiden muodostumisen seurauksena, 3) jäätiköitymisvaihe, jonka vaikutus syvään kalliopohjaveeseen on vähäinen ja 4) kairauksen ja näytteenoton aiheuttamat häiriöt (sekoittuminen ja kaasujen vapautuminen paineen laskiessa). Vaiheissa 1 ja 2 esitetyt kaasujen muodostuminen ja mineraalien kiteytyminen rakopinnoille jatkuu myös myöhemmissä vaiheissa. Kuva: GTK/Riikka Kietäväinen

Figure 1. Schematic of the deep groundwater evolution: 1) groundwater recharge phase, 2) isolation phase, 3) glaciations that have minor impact on deep groundwater, and 4) disturbances caused by drilling and sampling (mixing and gas release). The reactions producing gases and ions into the water shown in step 1 as well as precipitation of calcite (CaCO₃) shown in step 2 continue throughout the groundwater evolution. Figure: GTK/Riikka Kietäväinen

sekä jalokaasujen kertymiseen perustuvat, toisistaan riippumattomat menetelmät osoittivat, että Outokummun syväreiän vesi on ollut erillään maan pinnan vesikierrosta eoseeni-mioseenikausilta lähtien, keskimäärin 30 miljoonan vuoden ajan.

Tulokset valaisevat syvien kalliopohjavesien ajallista ja paikallista kehitystä geokemiallisten ja mikrobiologisten prosessien tuloksena. Syvien pohjavesisysteemien monimutkaisuus tulee ottaa huomioon, kun kallioperää hyödynnetään. Tulokset tarjoavat tärkeää taustatietoa myös ydinjätteiden loppusijoituksen pitkäaikaisturvallisuuden arviointiin.

Väitöskirja verkossa:

<https://helda.helsinki.fi/handle/10138/176711> sekä
 GTK:n erikoisjulkaisu http://tupa.gtk.fi/julkaisu/erikoisjulkaisu/ej_097.pdf

13.4.2017 Olli-Pekka Siira,
 Oulun yliopisto

Perämeren maankohoamisrannikon järviäldaiden kehityspiirteitä
(Developmental features of lacustrine basins on the uplift coast of the Bothnian Bay)

Perämeren maankohoamisrannikolla uusia järviäldaita syntyy jatkuvasti. Järviäldaita muodostuu pääasiassa kahdella tavalla: merenlahdekkeiden kuroutumisen ja dyynilampien patoutumisen seurauksena. Väitöstutkimus sisältää tutkimuskohteita Hailuodon, Oulunsalon, Lumijoen, Kuivaniemen ja Simon alueilta.

Maaperän geokemiallisilla ominaisuuksilla on suuri merkitys järviäldaiden ravinteisuuden

kehittymiselle. Hailuodon tutkimuskohteilla havaittiin, että merellisen vaikutuksen vähe-
tässä maankohoamisrannikon järviältä luon-
taisesti karuuntuvat, happamoituvat ja soistu-
vat. Järviältä voitiin luokitella veden laadun,
pohjasedimentin geokemian ja piikuoristen
levien lajiston perusteella viiteen eri ryhmään,
jotka edustavat maankohoamisrannikon jär-
viäntaiden eri kehitystasoa. Tunnusomaista
ranta-aitalle verrattuna sisämaan alaisiin oli-
vat korkeammat suolojen ja ravinteiden pitoi-
suudet.

Väitöstutkimuksessa kuvataan tieteellisin
menetelmin maankohoamisrannikon vesi-
luontotyyppien, fladojen ja kluuvilampien,
ravinneverkostojen kehittymistä. Luonnon-
mukaisesti kehittyneen järviällassarjan veden
laadun, maaperän ja sedimentin geokemian
sekä sedimentin piileväkoostumuksen tutki-
mus tarjoaa tausta-arvoja, joita voidaan hyö-
dyntää esimerkiksi arvioitaessa vesialueen ti-
laa ympäristötutkimuksissa.

Väitöskirja verkossa: [http://jultika.oulu.fi/Record/
ISBN978-952-62-1517-4](http://jultika.oulu.fi/Record/ISBN978-952-62-1517-4)

2.5.2017 Ferhat Kaya, Helsingin yliopisto

Paleobiogeographic and Paleo- ecologic Development of the Old World Savanna Paleobiome during the Neogene (*Vanhan maailman savannipaleobiomin paleokasvi- maantieteellinen ja paleoekologinen kehitys neogeenissä*)

The main objective of this study is to connect
local knowledge to broader scale perspectives
to understand the development and changes
in the distribution of mammal communities
between Eurasia and Africa during the Neo-

gene. Large and small mammal fossil data were
gathered during fieldwork campaigns in Ana-
tolia, and the most recent data from the New
and Old Worlds database of fossil mammals
were assembled. Genus-level faunal resemb-
ling index (GFRI), mean hypsodonty (mHYP)
and genus-locality occupancy analyses were
used to assess the paleobiogeographic and pa-
leoenvironmental development.

The results illustrate that Neogene mam-
mals were profoundly influenced by climate
trends. Three significant paleobiogeographi-
cal stages in the faunal development of mam-
mal communities in response to the changing
environmental conditions were detected. In
the first stage, the pre-Neogene tropical hu-
mid forest ecosystem prevailed, followed by
the early- to middle Miocene protosavanna-
type habitats. In the second stage, late Mio-
cene Eurasian and African open habitat fau-
nas developed as one spatially and temporally
connected entity, defined as the Old World
savanna paleobiome (OWSP). The OWSP
flourished under the influence of the middle
and late Miocene global cooling and aridifi-
cation, when it eventually fragmented into
Eurasian and African branches. The third sta-
ge was characterized by increasing faunal pro-
vinciality and mHYP of Plio-Pleistocene mam-
mal communities throughout the Old World.

This study shows that high faunal and
ecological similarity among the African and
Eurasian chronofaunas developed as a spatial-
ly and temporally interconnected entity wit-
hin broadly similar climatic boundaries in
mid-Miocene. Its Eurasian part disappeared
at the Miocene-Pliocene boundary 5 million
years ago, but the African branch survived and
gave rise to the modern African savanna fau-
na.

Väitöskirja verkossa:
<https://helda.helsinki.fi/handle/10138/178919>

7.6.2017 Marttiina Rantala,
Helsingin yliopisto

Tilallis-ajallinen perspektiivi akvaattisen hiilen kiertoon ja limnoekologiseen muutokseen ilmastoherkissä järvissä (*Spatio-temporal perspectives on aquatic carbon dynamics and limnoecological change in climate-sensitive lakes*)

Ilmastonmuutos vaikuttaa voimakkaasti pohjoisten järvien ekologiseen tilaan. Nämä herkkä vesiekosysteemit ovat erottamaton osa arktista ja subarktista luontoa ja merkittävä osatekijä globaalissa biogeokemiallisessa kierrossa. Tässä työssä pyrittiin selvittämään ilmastovaikutuksia matalien subarktisten järvien tilaan hyödyntäen sekä alueellisia että pitkän ajan vertailuaineistoja. Erityishuomion kohteena oli valuma-alueelta peräisin oleva eloperäinen hiili, joka kontrolloi tärkeitä biogeokemiallisia prosesseja järvissä sekä sitoo ne vahvasti globaaliin hiilen kiertoon.

Ilmaston epäsuoria, valuma-alueen muutokseen liittyviä vaikutuksia havainnoitiin tutkimalla vaihtelua Lapin puurajan järvien limnologiassa sekä pohjasedimenttien biologisissa ja geokemiallisissa ominaisuuksissa suhteessa valuma-alueen piirteisiin. Muuttuvan ilmaston viimeaikaisia (~ 600 vuotta) sekä pitkän aikavälin (~ 11 500 vuotta) vaikutuksia järvien ekologiaan ja hiilen kiertoon tutkittiin kahdesta sedimenttiakasarjasta hyödyntäen sedimentin geokemiallisia sekä paleobiologisia arkistoja.

Valuma-alueen suopeite nousi tutkimuksen alueellisessa tarkastelussa tärkeimmäksi järveden hiilen määrää ja laatua määrääväksi muuttujaksi havumetsävyöhykkeeltä tundralle. Soilta peräisin olevan, valon läpäisyä vedessä vaimentavan, eloperäisen hiilen vaiku-



Kuva 2. Monet tekijät vaikuttavat hiilen kiertoon subarktisisa järvissä. Kuvassa Nammajavri Pohjois-Lapissa. Kuva: Marttiina Rantala

Figure 2. Many factors affect carbon cycling in subarctic lakes, such as Nammajavri in northern Lapland. Photo: Marttiina Rantala

tus järvien perustuotantoon oli vähäistä tutkituissa matalissa järvioltaissa. Samanaikainen valuma-alueen ravinnekuorma näkyi sen sijaan perustuotannon kasvuna. Valuma-alueen geomorfologiset piirteet sekä niihin liittyvät hydrologiset prosessit osoittautuivat vastaavasti tärkeiksi vesipatsaan kemiaa sekä hiili- ja ravinnepitoisuuksia määrittäviksi tekijöiksi. Tulokset lyhyemmästä, myöhäisen neoglasiaalinen kattavasta sedimenttisarjasta indikoivat voimakasta kytköstä lämpötilavaihteluiden, perustuotannon, piilevien yhteisökoostumuksen sekä hiilen varastoitumisen välillä. Todennäköisimpänä muutoksia ajavana tekijänä pidettiin lämpötilan vaikutusta jääpeiteajan kesto- on. Muutokset pidemmässä, koko jääkauden jälkeisen ajan kattavassa sedimenttisarjassa sen sijaan heijastivat erityisesti sadannan vaihteluita, jotka näkyivät ennen kaikkea piilevyhteisöjen rakenteessa. Tärkeimpänä taustalla olevana prosessina pidettiin kosteusolojen vaikutusta vesipatsaan turbulenssiin sekä vedenpinnan korkeuteen.

Kaikkiaan tutkimus nosti esiin kirjon joko valuma-alueen vaihteluun tai suoremmin lämpötilan ja sadannan muutoksiin liittyviä tär-

keitä mekanismeja. Samalla tulokset lisäävät tietoa näihin prosesseihin liittyvistä biologisista vasteista ja vuorovaikutuksista sekä merkityksestä järvien hiilen kierron kannalta. Tutkimuksen tulokset rakentavat parempaa ymmärrystä globaalin muutoksen vaikutuksista matalien subarktisten järviökosysteemien tilaan.

Väitöskirja verkossa:

<https://helda.helsinki.fi/handle/10138/185247>

12.6.2017 Saija Saarni, Turun yliopisto

Keski- ja Itä-Suomen vuosilustoisten järvisedimenttien ilmastoherkkyys myöhäisholoseenissa (*The sensitivity of annually laminated lake sediments in central and eastern Finland to the Late Holocene climate*)

Tämä väitöskirja esittelee viisi uutta vuosikerallista eli lustosedimenteistä luotua aikasarjaa myöhäisholoseenin ympäristö- ja ilmasto- vaihteluiden ymmärtämiseksi. Yhteensä tutkittiin kolme yli 3000 vuotta pitkää lustoaikasarjaa, joista Kalliojärvi ja Kuninkaisenlampi ovat klastis-biogeenisiä lustosedimenttejä ja Kallio-Kourujärvi on biogeeninen lustosarja. Lisäksi tutkittiin kaksi viimeiset sata vuotta kattavaa aikasarjaa kahdesta järvestä, Kanteleesta ja Linnanlammesta. Kustakin järvestä otettiin useita näytteitä sekä mäntäkairalla että jääsormitekniikalla lustokronologian luomiseksi, lustojen fysikaalisten ominaisuuksien mittaamiseksi sekä kemiallisia ja magneettisia analyyseja varten. Lustojen fysikaaliset ominaisuudet, kuten luston kokonaispaksuus sekä lustorakenteiden paksuudet, mitattiin joko digitaalisen kuva-analyysimenetelmän avulla röntgenkuvista tai pimeäkenttävalaistusta ja stereomikroskooppia käyttäen ohuthieistä. Lustokronologian oikeellisuuden vahvistamis-

keksi paleosekulaariset vaihtelut mitattiin pitkistä sedimenttinäytteistä, joista laskettiin inkliinaatio- ja dekliinaatioheilahdukset. Havaitut paleosekulaariset vaihtelut ovat ajallisesti yhdenmukaisia sekä Pohjois-Karjalasta että Fennoskandiasta mitattujen vaihteluiden kanssa. Tilastollisia menetelmiä käytettiin lustoparametrien sekä ilmasto- ja hydrologisten aineistojen välisien riippuvuuksien selvittämiseksi.

Tulokset osoittavat, että järven valuma-alueen ominaisuuksilla on suuri vaikutus siihen, kuinka ilmastonmuutokset tallentuvat lustoihin. Klastisen lustonosan paksuus ja valuma-alueen eroosion määrä on liitetty aiemmin lumen määrään ja sen sulamista seuraavan kevättulvan voimakkuuteen. Tutkimuksen tuloksena havaittiin kuitenkin, että hienoainesmoreenialueella klastinen lustopaksuus korreloi negatiivisesti lumimäärien ja talvikauden sadannan kanssa. Tämä johtuu todennäköisesti hienoainesmoreenin routaherkkyydestä ja routimisesta, joka on voimakkainta vähälumisina talvina. Sulamiskauden aikainen routa lisää pintavalumaa, jolloin eroosio voimistuu. Biogeenisen lustonosan paksuus sen sijaan riippuu sadannasta erityisesti alhaisen trofiatason järvissä, joissa biogeenistä tuotantoa kontrolloi ravinteiden saatavuus. Runsaat sateet lisäävät ravinteiden kulkeutumista järveen valuma-alueelta, mutta myös terrestrisen orgaanisen aineksen kulkeutumista järveen. Tutkimus osoittaa, että Pohjois-Atlantin oskillaatio kontrolloi merkittävästi Keski-Suomen alueen lumimääriä. Hienoainesmoreenialueella sijaitsevan Kuningaisenlammen klastisen lustonosan havaittiin heijastelevan auringon aktiivisuuden muutoksia. Tämä aiheutuu todennäköisesti alhaisen auringon aktiivisuuden aikana vallitsevista ilmakehän paineolosuhteista, jonka seurauksena talvet ovat kylmiä ja vähälumisia.

Väitöskirja verkossa:

<http://www.utupub.fi/handle/10024/135285>

29.9.2017 Yurui Zhang,
Helsingin yliopisto

Holocene temperature trends in the Northern Hemisphere extratropics
(Holoseenin lämpötilatrendit tropiikin ulkopuolisella pohjoisella pallonpuoliskolla)

During glaciations the Northern Hemisphere was partly covered by the ice sheets, and their influence lasted well into the Holocene. In this study, the influence of main climate forcings on the climate-ocean system was investigated using sets of simulations. In particular, two possible freshwater flux scenarios were tested considering the relatively large uncertainty in reconstructed ice-sheet melting. Moreover, four Holocene simulations performed with the LOVECLIM, CCSM3, FAMOUS and HadCM3 models were compared to identify the regions where the multi-model simulations are consistent and where they are not. The multi-model simulations were then compared with data-based reconstructions in Fennoscandia, Greenland, North Canada, Alaska and high-latitude Siberia. Additionally, the contribution of climate change, together with forest fires and human population size, to the variation in Holocene vegetation cover in Fennoscandia was assessed by variation partitioning.

The models showed that the melting ice caps had a strong cooling effect on the local climate, but also in regions further away. In addition, the meltwater caused a weaker heat transport in the Atlantic Ocean, which also had a cooling effect in Europe. The models were unambiguous in regions where the influence of the ice caps was the strongest, especially Canada, Northern Europe and Greenland. In these regions, the models also corres-

ponded well with the geological archives. In other areas, however, the results varied considerably. The comparison with the geological archives showed that the models could not properly simulate the climate history of Alaska and Siberia. Finally, climate change was the most important factor in explaining vegetation dynamics in Scandinavia before the start of agriculture, while the size of the human population became a more important at 7–6 ka in Sweden and 4–3 ka in Finland.

Doctoral thesis online:

<https://helda.helsinki.fi/handle/10138/222480>

3.11.2017 Anu Kaskela,
Helsingin yliopisto

Itämeren merenpohjan maisemat: merenpohjan geologinen karakterisointi spatiaalisiin analyysitekniikoin
(Seabed landscapes of the Baltic Sea: Geological characterization of the seabed environment with spatial analysis techniques)

Maapallon pinta-alasta n. 70 prosenttia on merien peitossa. Tietämys merenpohjista on vielä suhteellisen vähäistä, vaikka tietoa on kerätty vuosikymmeniä. Lisäksi, olemassa olevat tietoaaineistot ovat usein hajallaan eri organisaatioissa. Hajanainen ja hankalasti saatavilla oleva tieto haittaa tehokkaan merialuesuunnittelun toteuttamista. Olemassa olevan aineiston sekä paikkatieto- ja tilastomenetelmien avulla on kuitenkin voitu laajentaa tietämystä meriympäristöstä.

Tämä väitöskirja koostuu yhteenvedosta ja neljästä artikkelista, joissa tarkastellaan Itämeren meriympäristöä ja sen geologiaa piirteitä paikkatietoaineistojen ja -menetelmien avulla. Analyysissä on koostettu paikkatieto-

aineistoa merialueilta ja kehitetty alueellisesti kattavia esityksiä merenpohjan geomorfologisista piirteistä, merenpohjan maisemista ja geodiversiteetistä. Geodiversiteetillä tarkoitetaan geologista monimuotoisuutta, joka on määritetty kallioperän, pohjanmuotojen ja maalajien vaihtelun avulla. Tutkimuksessa on tarkasteltu myös yhden avainelinympäristön, kallioriutan, esiintymistä Saaristomerellä.

Tulokset lisäävät ymmärrystämme Itämeren geologisista piirteistä ja niiden alueellisesta vaihtelusta. Itämeren pohjan maisemaa luonnehtivat erilaiset tasangot ja altaat. Pohjanmuodot, kuten kohoumat ja merenpohjan laaksot, ovat tyypillisiä tietyillä Itämeren alueilla. Itämeren pohjan geodiversiteetti vaihtelee myös alueittain; geologinen monimuotoisuus on suurempaa pohjoisosissa kuin etelässä ja rannan lähellä kuin avomeren pohjassa. Saaristoalueet ovat geologisesti erityisen monimuotoisia. Merenpohja on yleensä monimuotoisempaa kiteisen kallioperän alueella kuin sedimenttikivialueella. Erot Itämeren eri alueiden geologiassa piirteisä johtuvat kallioperästä, glasiaalihistoriasta ja nykyisistä prosesseista.

Tulosten mukaan geodiversiteetti ja saaristoisuus voivat vaikuttaa biodiversiteettiin, sillä geologisen monimuotoisuuden ajatellaan heijastavan pohjaeläinten fyysisen elinympäristön kirjoa. Lisäksi ne voivat vaikuttaa epäsuorasti biodiversiteettiin esimerkiksi ohjaamalla veden virtauksia. Geodiversiteetti pitäisikin ottaa huomioon ekosysteemilähtöisessä merialuesuunnittelussa, koska se tarjoaa monia abioottisia ekosysteemipalveluita ja se on liitetty myös biodiversiteettiin. Väitöskirjan tuottama paikkasidonnainen tieto on tärkeää erityisesti merialuesuunnittelijoille ja tutkijoille.

Väitöskirja verkossa:

<https://helda.helsinki.fi/handle/10138/225294>

15.12.2017 Mimmi Oksman,
Helsingin yliopisto

Piileviin pohjautuvat ilmasto- ja meriolosuhteiden rekonstruktiot Huippuvuorilta ja Baffininlahdelta viime jääkauden maksimivaiheen jälkeen (*Diatom-based reconstructions of climate and ocean conditions from Svalbard and Baffin Bay since the Last Glacial Maximum*)

Nykyisellä ilmastonmuutoksella on vakavia vaikutuksia ilmastollisesti herkkään arktiseen ympäristöön. Tutkimalla menneitä pitkän aikavälin ilmasto-olosuhteita sekä vuorovaikutuksia ilmastosysteemin komponenttien (meri, mannerjätikkö, ilmakehä) välillä, voidaan löytää analogioita nykyiselle ilmastonmuutokselle ja ymmärtää paremmin nykyisiä ja tulevia muutoksia arktisessa ympäristössä. Lisäksi jäätikön reunan läheisyydestä saatavan tiedon avulla pystytään tutkimaan muinaisia meren ja jäätikön välisiä vuorovaikutuksia, mikä on tärkeää arvioitaessa nykyisiä meren pintaveden lämpenemisen vaikutuksia mereen päättyviin jäätikköihin.

Tässä työssä tutkitaan jääkauden jälkeisiä merenpinnan olosuhteiden (meriveden pintalämpötilan, merijään ja merivirtojen) vaihteluita kahdelta eri pohjoiselta tutkimusalueelta: Baffininlahdelta (10 000–14 000 vuotta sitten) sekä Huippuvuorilta (viimeiset 4200 vuotta). Olosuhteiden vaihteluita tutkitaan merenpohjan sedimenttisarjoista käyttäen piileväyhteisöihin perustuvia kvantitatiivisiä ja kvalitatiivisiä menetelmiä. Meren ja jäätiköiden välistä vuorovaikutusta tutkitaan sedimentin raekokoanalyysin avulla. Työssä tutkitaan myös yleisempien pohjoisella Pohjois-Atlantilla esiintyvien piilevien ekologiaa sekä lajikohtaisia meriveden pintalämpötila- ja meri-

jääpeitevasteita, ja pyritään selvittämään parhaimmat indikaattorilajit tutkituille ympäristömuuttujille sekä edistämään lajien käyttömahdollisuuksia paleotutkimuksissa.

Tulokset osoittavat, että Baffininlahdella meren pintavedet olivat lämpimiä kylmän nuoremman Dryas-kauden aikana (11 700–12 900 vuotta sitten), mikä viittaa siihen, että meren pintaosien olosuhteet poikkesivat Grönlannissa vallinneista ilmasto-olosuhteista. Lämpimät olosuhteet aiheutuivat alueella lisääntyneestä atlanttisesta merivirtauksesta sekä pohjoisella pallonpuoliskolla lisääntyneestä auringonsäteilystä. Lämpimällä merivedellä oli suuri vaikutus Länsi-Grönlannissa sijaitsevan Jakobshavn Isbræ -jäätikövirran romahtamiseen. Pohjoisilla Huippuvuorilla olosuhteissa tapahtui merkittävä muutos noin 2500 vuotta sitten, kun lämpötilanvaihtelu lisääntyi.

Alueella sijainnut jäätikkö vetäytyi samaan aikaan tutkimusalueen läheisyydestä kauemmaksi. Muutos korostaa arktisen alueen herkkyyttä ilmastonvaihteluille.

Tutkimus piilevien lajikohtaisista ympäristövasteista ja ekologiasta jakaa lajit kylmän-, lämpimän- ja lauhkeanveden indikaattoreiksi sekä merijää-indikaattoreiksi vahvistaen nykyistä tietämystämme Pohjois-Atlantin piilevälajiston ympäristövasteista. Tulokset osoittavat, että kaikilla merijäähän yhdistetyillä lajeilla ei ole tilastollisesti merkittävää suhdetta merijäähän. Tämän perusteella voidaan sanoa, että tietyillä lajeilla on luultua monimutkaisempi ekologia ja kyseenalaistaa joidenkin lajien nykyinen käyttö jääindikaattoreina paleotutkimuksissa.

Väitöskirja verkossa:

<https://helda.helsinki.fi/handle/10138/228790>



Kuva 3. Lämmin merivesi vaikutti Grönlannin jäätiköihin nuoremmalla Dryas-kaudella. Kuvassa mereen päätyvä jäätikkö Länsi-Grönlannista Kuva: Niels J. Korsgaard

Figure 3. Warm ocean temperatures influenced Greenland glaciers in the Younger Dryas. The photo shows a marine terminating glacier in West Greenland. Photo: Niels J. Korsgaard

19.1.2018 Yuan Zhang,
Helsingin yliopisto

Provenance and sedimentology of Red Clay and loess in northern China (*Pohjois-Kiinan punaisen saven ja lössin provenanssi ja sedimentologia*)

Red Clay and overlying loess-palaeosol sequences are typical for the area in northern China, known as the Chinese Loess Plateau (CLP). These primarily aeolian sediments provide one of the best terrestrial archives of Neogene-Quaternary climate change, and their formation has been linked to the uplift of the Tibetan Plateau, the progressive aridification of East Asia and the onset of and changes in the East Asian monsoon. In the present study, the sediment provenance was reconstructed using a combination of analytical techniques (grain size and shape analysis, dynamic image analysis, Zircon U–Pb dating, spectral, trajectory, and end-member modelling) that allowed better understanding of the (long-term) shifts in sediment delivery in response to changes in the climate and tectonic evolution.

The results indicate that the Red Clay in the southern and western CLP was mainly derived from the Northern Tibetan Plateau (NTP) and the Taklimakan Desert. In contrast, Red Clay in the northeastern CLP is derived from a broad area of the Central Asian Orogenic Belt. In addition, the northeastern Red Clay shows increased contributions from the west around 3.6 Ma, possibly suggesting an intensified westerly wind strength and/or aridity. This could also be caused by the onset of enhanced Yellow River drainage in response to the increased NTP denudation since 3.6 Ma. The results of

further analysis suggest that the Yellow River floodplain north of the Mangshan Loess Plateau (MLP) has served as a major dust source at least since 900 ka. Furthermore, the dynamic image analysis results revealed a decrease in the aspect ratio of the particles as a function of increasing grain size, indicating systematic shape sorting during the aeolian transport.

The final part of this thesis research comprised a pilot study on the use of the trace-element composition of quartz as a provenance tool. It revealed that quartz in the Mangshan loess deposits is largely derived from the Qaidam Basin of the NTP. The likely dust contribution from the Taklimakan Desert to the Red Clay deposits in Baode is also reflected in the trace element content of quartz. These results are comparable with the source signal obtained from the zircon U–Pb age spectra, suggesting that the trace element composition of quartz could be applied as an alternative tool to other single-grain provenance analytical approaches to track the dust source and dust pathways of the aeolian sediments.

Doctoral thesis online:

<https://helda.helsinki.fi/handle/10138/230112>

26.1.2018 Ekaterina
Kaparulina, Oulun yliopisto

Euraasian arktisten jääkenttien muutokset – vaikutukset ilmastoon, ympäristöön ja merivirtoihin (*Eurasian Arctic ice sheets in transitions – consequences for climate, environment and ocean circulation*)

Väitöstutkimuksessa tutkittiin sedimenttikairanäytteitä keskiseltä Jäämereltä ja lounaiselta

Barentsinmereltä sekä tarkasteltiin sedimenttiseurantoja Kuolan niemimaalla tarkoituksena selvittää myöhäisen keskipleistoseeni- ja myöhäispleistoseenian arktisten jääkenttien keskinäiset vuorovaikutukset erityisesti merellisten isotooppivaiheiden 6 ja 1 (MIS 6 ja MIS 1) välillä. Väitöstyön yhtenä päätavoitteena oli määritellä sedimenttien lähdealueet, kuljetusmekanismit ja näiden perusteella riippuvuudet arktisiin jäätikköihin ja Kuolan niemimaalla tapahtuneeseen myöhäiskeski- ja myöhäispleistoseenin kehitykseen.

Mineraloginen ja geokemiallinen tieto Lomonosovin harjanteen kairareistä 96/12-1pc keskisellä Jäämerellä toimi perustana arvioitaessa jääkuljetusmekanismeja ympäröiviltä arktisilta jäätiköiltä ja arvioitaessa valuma-alueiden osuutta suhteessa näiden jäätiköiden häviämiseen. Lounaisen Barentsinmeren sedimentit sisältävät tärkeää tietoa viimeisen jäätiköitymisen loppuvaiheen ja holoseenin sedimenttien lähdealueista ja suhteista jäävirtauksiin ja jääkuljetukseen eri aluesektoreilla.

Tutkitut lounaisen Barentsinmeren sedimentit olivat todennäköisimmin peräisin suhteellisen kaukaisilta Fennoskandian lähdealueilta, paikallisista mesotsooisista merenpohjan kerrostumista ja merijään kuljettamasta materiaalista. Kuolan niemimaalla tehty tutkimus osoittaa, että Eem-kauden (MIS 5e) meriympäristö Viananmeren altaassa ja rannikkoalueilla muuttui vähitellen glasiolakustriseksi ympäristöksi MIS 5d:n ja MIS 5a:n välisenä aikana. Sen jälkeen Skandinavian jääkenttä (SIS) peitti Kuolan niemimaan, todennäköisimmin koko MIS:n 4 ajan. Skandinavian jääkentän lopullinen deglasiatio alkoi Kuolan niemimaalla kuitenkin myöhäisen Veiksel-jääkauden (MIS 2) aikana noin 16 000–12 000 vuotta sitten.

Väitöskirja verkossa: <http://jultika.oulu.fi/Record/isbn978-952-62-1776-5>

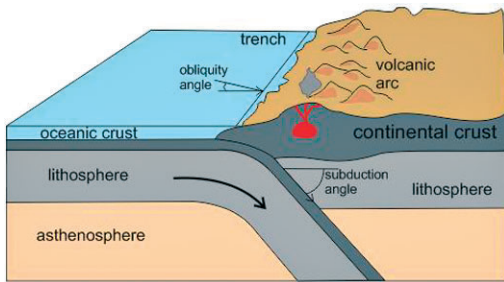
13.2.2018, Jorina Schütt,
Helsingin yliopisto

Alityöntövyöhykkeen dynamiikka Etelä-Amerikan Andeilla (3D *dynamics of crustal deformation along the western Andean margin*)

Väitöskirjani käsittelee subduktio- eli alityöntövyöhykkeitä. Alityöntövyöhykkeiden muodostuminen on osa Wilsonin vuonna 1966 ehdottamaa mannerlaattojen liikkeiden elinkaarta, nk. Wilsonin sykliä. Wilsonin elinkaari kuvaa, miten koskematon manner jakautuu repeytymällä ja muodostaa valtamerialtaan, joka myöhemmin, kun merellinen kuori vanhenee ja uppoaa toisen mantereeseen alle, taas sulkeutuu.

Alityöntövyöhykkeitä kuvaavia piirteitä ovat muun muassa uppoavan laatan alityöntökulma (engl. *subduction angle*, kuinka jyrkästi laatta taipuu ylityöntyvän laatan alle), lähestymiskulma (engl. *obliquity angle*, missä kulmassa laattojen reunat kohtaavat), alityöntövyöhykkeen tulivuoritoiminnasta johtuva vaihteleva vahvuus mannerkuoressa, ja konsepti, jota kutsutaan kuoren ositukseksi. Kuoren ositus kuvaa, miten osa ylityöntyvää laat-
taa irtoaa ja liikkuu laattojen välisen reunan suuntaisesti. Väitöskirjassani on tutkittu, mitkä edellä mainituista ominaisuuksista ohjaavat kuoren osittumista alityöntövyöhykkeellä.

Pohjoisen Etelä-Amerikan alue on hyvä esimerkki osittumista ohjaavien ominaisuuksien vaihtelusta. Etelä-Amerikan länsireunan alityöntövyöhyke kulkee koko mantereeseen pituudelle, noin 7000 km matkalle, muodostaen Andien vuoriston. Merellisen Nazca-laatan alityöntö alkoi Etelä-Amerikassa jo liitukaudella, noin 138 miljoonaa vuotta sitten. Tänä Andit muodostavat maailman pisimmän



Kuva 4. Kaavamainen esitys alityöntövyöhykkeestä.

Figure 4. Schematic presentation of a subduction zone.

ja korkeimman vuorijonon Aasian ulkopuolella. Alueet, joissa on laajaa tulivuoritoimintaa, suuret alityöntö- ja lähestymiskulmat ja tarkkarajainen kuoren ositus, sekä alueet ilman tulivuoritoimintaa ja merkittävää kuoren ositusta vaihtelevat Andeilla pohjois-etelä-suunnassa.

Väitöskirjan numeeriset mallit ja niillä tehdyt erilaiset kokeet suunniteltiin vinosti kohtaavan alityöntövyöhykkeen dynamiikan tutkimiseksi Etelä-Amerikan esimerkissä.

Mallin tuloksien ja luonnollisten havaintojen välillä tunnistettiin hyvä korrelaatio. Mallit vahvistavat, että kuoren osituksen tapauksessa alityöntövyöhykkeet tarvitsevat suurta lähestymiskulmaa, mantereisen kuoren vähäistä lujutta ja mahdollisesti myös pientä alityöntökulmaa. Tuloksista voidaan päätellä myös, että mantereisen kuoren vähäisellä lujudella on suurempi vaikutus kuoren osittamiseen kuin alityöntökulmalla.

Väitöskirja verkossa:

<https://helda.helsinki.fi/handle/10138/232003>



27.4.2018 Kirsi Luolavirta, Oulun yliopisto

Keivitsan intruusion magmaattinen evoluutio ja siihen liittyvän Ni-Cu-(PGE) malmin synty (*Magmatic evolution of the Keivitsa igneous complex, northern Finland, and its relation to the associated Ni-Cu-(PGE) mineralization*)

Väitöstutkimuksessa selvitettiin Keski-Lapissa sijaitsevan mafis-ultramafisen Keivitsan syväkivi-intruusion magmaattista syntyhistoriaa ja siihen liittyvän Ni-Cu-(PGE)-sulfidimalmin muodostumiseen vaikuttavia tekijöitä. Tutkimus tehtiin osaksi yhteistyössä Keivitsan kaivoksen kanssa tavoitteena edistää uusien varantojen etsintää. Tutkimustuloksissa korostuu dynaamisen magman intrudoitumisen merkitys sulfidimalmin muodostuksessa.

Mafis-ultramafiset intruusiot syntyvät maan kuoreen tunkeutuneen magnesium-riikkaan vaipasta peräisin olevan sulan erilaistuksessa ja kiteytyessä kivilajisarjoiksi. Ne sisältävät taloudellisesti merkittäviä malmimetalleesiintymiä (esim. Ni, Cu, Co, Pt, Pd ja Cr), mikä johtuu ensisijaisesti vaippaperäisen sulan korkeasta metallipitoisuudesta, mutta malmin syntymisen edellytyksenä ovat myös oikeanlaiset olosuhteet. Erilaiset magman erilaisumisprosessit (fraktioiva kiteytyminen, kontaminaatio, magmojen sekoittuminen jne.) vaikuttavat syntyvien kivilajisarjojen koostumukseen ja mineralogiaan ja voivat olla erityisen tärkeitä malminmuodostuksessa. Näiden prosessien tunnistaminen ja niiden merkityksen ymmärtäminen malmimineralisaation synnyssä on ensisijaisen tärkeää tehokkaan malmietsinnän kannalta.

Tutkimuksessa hyödynnettiin geologista ja geokemiallista aineistoa, mineraaliekemaa sekä

strontiumin ja rikin isotooppikoostumusta Kevitsan intruusion sisäisen rakenteen, magmasäiliön prosessien ja malminmuodostusmekanismien selvittämiseksi.

Tutkimustulokset osoittavat, että Kevitsan syväkivet ovat kiteytyneet eriaikaisissa magmaattisissa vaiheissa. Intruusion malmipitoista osaa luonnehtii epäsäännöllinen kivilajien vaihtelu, lukuisat sivukivistä revityt kappaleet sekä selkeä geokemiallisen ja isotooppisen koostumuksen vaihtelu. Tämä viittaa siihen,

että merkittävä malminmuodostus tapahtui dynaamisessa systeemissä, jossa magmakammioon virtasi uutta magmaa useassa eri vaiheessa. Rikin isotooppikoostumus viittaa sen kuorelliseen alkuperään, minkä perusteella voidaan sanoa, että sivukivistä tullut kontaminaatio oli tärkeää sulfidimalmin synnysssä.

Väitöskirja verkossa:

http://www.oulu.fi/resterr/jutut/A37_Luolavirta.pdf

Ohjesääntö

Veistoksen symboliikka

1 § Väittelijä yrittää kavuta tieteen huipulle, missä on vähän tilaa, sillä siellä on jo suuri tutkija.

Hallussapito-oikeus

2 § Veistoksen ja siihen liittyvän kunniakirjan hallussapito-oikeus on vain viimeksi geologiassa väitelleellä tohtorilla.

3 § Hallussapito-oikeus lakkaa sinä päivänä, jolloin joku muu yrittää julkisesti kavuta tieteen huipulle.

Luovutus

4 § Toiseksi nuorin tohtori luovuttakoon kunniakirjan ja veistoksen nuorimmalle tohtorille a. karonkassa henkilökohtaisesti, b. karonkassa välitysmiehen kautta, c. muuten mahdollisimman nopeasti.

Tulkinnallisia huomautuksia

5 § Hallussapito-oikeuden keinotekoinen jatkaminen tulkittakoon joko seuraavan yrittäjän tieteellisen panoksen aliarvioimiseksi tai oman panoksen yliarvioimiseksi.

