



Geologian alan väitöksiä lukuvuodelta 2013–2014

Reijo Pitkäranta 25.10.2013 (TY)

Lithostratigraphy and age of pre-Late Weichselian sediments in the Suupohja area, western Finland

Myöhäis-Veikseliä vanhempien maaperäkerrostumien litostratigrafia ja ikä Suupohjan seudulla Länsi-Suomessa

Väitöskirjassa tutkittiin monikerroksisia sora- ja hiekkavaltaisia kerrostumia Suupohjan seudulla Etelä-Pohjanmaan eteläosassa. Tarkoituksena oli paitsi kartoittaa ja dokumentoida kerrostumien laajuutta, litostratigrafiaa ja eri sedimentaatioyksiköiden rakenteita myös selvittää kerrostumien syntyhistoriaa ja ikää sekä edelleen Keski- ja Myöhäis-Kvartaarin jäätiköitymishistoriaa Länsi-

Suomessa. Suupohjan alue on jo ennestään tunnettu monimuotoisesta maaperägeologiastaan ja soveltuu siksi muinaisten jäätiköitymisvaiheiden ja niiden välisten lämpimämpien ilmastovaiheiden tutkimuksiin. Tutkimuksissa hyödynnettiin kairauksia, koekaivantoja, maaleikkaushavaintoja, seismisiä ja maatulkuutuksia, mikrofossiilitutkimuksia sekä OSL-ajoituksia.

Sedimentaatioyksiköitä/-yksikköseuraantoja nimettiin muodollisilla litostratigrafisilla termeillä. Tutkituista kerrostumista erotettiin kolmenlaisia kerrostumatyyppisiä. Näitä ovat laajat ja paksut hiekkavaltaiset monikerroksiset kerrostumat, moreenipeitteiset soravaltaiset selänteet (moreenipeitteiset harjut) sekä edellisistä erillään olevat, pääasiassa sorasta ja hiekasta koostuvat yksittäiset kerrostumat, jotka eivät muodosta harjumaista selänteitä. Kaikki kerrostumatyyppit on tulkittu Myöhäis-Veikselivaihetta (noin 24 000 vuotta) vanhemmiksi maaperämuodoiksi ja niitä peittää yksi tai useampi moreeniyksikkö. Lisäksi alueella on viimeisen jääkauden lopulla kerrostuneita moreenipeitteittämiä harjuja.

Kerrostumista erotettiin yhteensä 22 litofasietta/litofasiesyhdistelmää, kerrostumisyksikköä, joista kukin edustaa omaa sedimentaatiotapahtumaa. Syvällä olevista vanhimmista yksiköistä on vain muutamia epätäydellisiä kairauksenhavaintoja, kun sen sijaan pinnimmaisista yksiköistä on useita havaintoja maaleikkauksissa. Yksittäisiä kerrostumisyksiköitä on monin paikoin vaikea korreloida alueellisesti keskenään, koska monet yksiköt ovat alueellisesti rajoittuneita ja siten kerrosseuraannot vaihtelevat alueittain toisistaan poikkeavina yhdistelminä. Tästä huolimatta kerrostumista voitiin yksilöidä useita varsin laaja-alaisia yksiköitä, jotka voidaan liittää tiettyihin Myöhäis- tai jopa Keski-Kvartaarin tapahtumiin.

Monipuolisin litostratigrafia ja paksuimmat maaperäkerrostumat ovat tutkimusalueen keskellä Kauhajoen Karhukankaan ja Lumikankaan alueil-

la, joissa maakerrokset ovat useasta kymmenestä metristä lähes sataan metriä paksuja. Näissä alimmat havaitut yksiköt ovat kerrostuneet todennäköisimmin ennen Myöhäis-Kvartaarivaihetta, josta tarkempaa ikäarviota ei voida antaa. Alimmissa kerroksissa on useita jäätikön kerrostamia moreeniyksiköitä, joiden välissä on jään sulamisen kerrostumia ja kokonaan jäättömien vaiheiden aikana kerrostuneita yksiköitä. Näille kerroksille on annettu epämuodollinen termi ”Karhukangas lower deposits”.

Edellisten päällä oleva Kankalo Hiekka Muodostuma (Kankalo Sand Formation) on näkyvissä useissa maa-ainesleikkauksissa varsin yhtenäisenä, pääasiassa keskikarkeasta hiekasta koostuvana yksikkönä, jossa on havaittavissa sekä jäätikön sulamisen että tuulen kerrostamaa hiekkaa. Kankalo Hiekka on tulkittu kerrostuneen Saale-vaiheessa, yli 130 000 vuotta sitten.

Kankalo Hiekan päällä on erotettu kymmenkunta yksikköä, jotka on tulkittu kerrostuneen Myöhäis-Kvartaariin kuuluvissa Eem- ja Veiksel-vaiheissa eli alle 130 000 vuotta sitten. Näissä kerrostumissa on kaksi jäätikön kerrostamaa moreeniyksikköä, jäätikön sulamisen yhteydessä kerrostuneita glasifluviaalisia sedimenttejä, rantakerrostumia, seisovaan veteen laskeutuneita ja tuulen kerrostamia sedimenttejä. Näissä on havaittu myös toisaalta suhteellisen lämpimien ilmasto-olosuhteiden aikana muodostuneita podsol-maannoksia ja toisaalta hyvin kylmissä olosuhteissa muodostuneita ikiroudan tuottamia rakenteita, kuten konvoluutioita ja jääkiilavaloksia.

Tutkimustulokset puoltavat jo monissa aikaisemmissa tutkimuksissa muodostunutta käsitystä, että viimeisin Veiksel-jääkausivaihe, joka alkoi noin 115 000 vuotta sitten ja päättyi 10 000 vuotta sitten, oli eteläisessä Suomessa suurimmaksi osaksi jäätön. Mannerjäätikkö kuitenkin eteni ilmeisimmin ajoittain lähelle Suomen rannikkoa. Kerrostumien ja ajoitusten perusteella on päätelty, että

jäätikkö eteni Suupohjan seudulle Varhais-Veikselin aikana, suunnilleen 115–100 000 vuotta sitten, mutta ei edennyt kauemmas itään tai etelään. Mannerjäätikkö eteni koko eteläisen Suomen yli vasta Keski-Veikselin aikana noin 60–50 000 vuotta sitten. Senkin jälkeen on ollut jäätön vaihe, aikaisempien tutkimusten mukaan suunnilleen 35–28 000 vuotta sitten, kunnes massiivinen jäätikkö peitti koko Suomen Myöhäis-Veikselin aikana.

Tutkimuksessa pohdittiin myös mahdollisia syitä, jotka ovat vaikuttaneet siihen, että viimeistä jäätiköitymisvaihetta vanhempia kerrostumia on säilynyt Suupohjan seudulla. Näitä ovat ensisijaisesti: 1) alueen sijainti lähellä muinaisten Skandinavian jäätiköitymisten jäänjakajavyöhykettä, jossa jäätikön liike on yleensä vähäisempää kuin kauempana jäänjakajasta; 2) alueella oleva hiekkakivi, kalliorapautumat ja mahdollisesti aikaisemmissa prosesseissa säilyneet sedimentit ehjiä peruskallioalueita huokoisempina ovat mahdollistaneet jäätikön pohjalle kerääntyneen veden imeytymisen alustaansa aiheuttaen jäätikön (-öiden) passivoitumista; 3) sedimentit olivat valmiiksi ikiroutaantuneet mannerjään peittäessä alueen ja ovat siten säilyneet jäätikön kulutukselta; 4) keskeinen osa tarkastelun alueen kallioista on ympäröivää kallioperää syvemmällä, mikä on suojannut aluetta eteneviltä jäätiköitä; 5) Lauhanvuorelle ja sen ympäristöön on saattanut jäätiköitymisvaiheissa muodostua oma pieni jäätikkö ennen laajempaa jäätiköitymistä, mikä on suojannut alueen kerrostumia; 6) jotkin hienoainespiteiset kerrokset ovat toimineet liukupintoina ja suojannut alla olevia kerrostumia yksittäisiltä jäätiköiden etenemisiltä. Mahdollisia syitä on muitakin. Yllä mainitut syyt ovat osittain toinen toisiinsa vaikuttavia, ja on ilmeistä, että kerrostumien säilyminen on usean tekijän summa.

Suupohja tarjoaa paitsi arkiston jäätiköitymis-historian ja menneiden ilmastovaiheiden tutkimukseen, se voisi olla myös potentiaalinen geomat-kai-

lukohde. Paksut maaperäkerrostumat sisältävät myös huomattavan pohjavesi- ja maa-ainesreservin.

<https://www.doria.fi/handle/10024/93225>

Fredrik Karell 1.11.2013 (ÅA)

Structure-related magnetic fabric studies: Implications for deformed and undeformed Precambrian rocks

Kivien magneettiset ominaisuudet ovat parametreja, joita käytetään paljon geologisissa ja geofysikaalisissa tutkimuksissa. Tutkimalla kivilajien rakenteita voidaan määrittää, miten kivet ovat kehittyneet ja asettuneet paikalleen maankuoresa. Monessa tapauksessa kiven sisäiset rakenteet eivät näy silmällä tai edes mikroskooppilla. Magneettisen susceptibiliteetin anisotropiamittauksilla (AMS) voidaan määrittää suuntauksia kivessä ja selvittää kiven hieno-rakenteita. Näin voidaan tulkitä muun muassa magmavirtauksen suuntaa ja eri deformaatiovaiheita. Mittaamalla kiveen eri geologisissa prosesseissa syntyneitä remanentin magnetoituman komponentteja ja niiden suuntaa voidaan taas saada tietoa milloin ja missä vaiheessa kivilajit ovat syntyneet.

Väitöstutkimus käsittelee kahta erilaista geologista ympäristöä: rapakivigraniitteja ja kultaminalisaatioita. Rapakivigraniitit ovat erityisiä deformaationettomia graniitteja, jotka ovat muodostuneet n. sataviisikymmentä miljoonaa vuotta Svekofennisen orogeenin (vuorijonomuodostumisen) jälkeen. Suomessa rapakivigraniitit kattavat laajoja alueita pääasiassa Kaakkois-Suomessa, Varsinais-Suomessa ja Ahvenanmaalla. Vertaamalla AMS-mittaustuloksia ja magneettisia anomaliaita lentogeofysiikassa on voitu paikantaa ja havainnollistaa rapakivien rakenteita ja selvittää, miten pienemmät rapakivi-intruusiot yhdessä muodostavat laajoja rapakivialueita Suomessa.

Väitöskirjassa käsiteltyt kultaesiintymät Etelä-Suomessa liittyvät Svekofennisen orogeenin hydrotermiseen aktiivisuuteen ja hiertorakenteisiin. Näiden tutkimusten tarkoituksena on ollut testata remanentin magnetoituman ja AMS:n hyödyntämistä selvitetessä sitä, missä vaiheessa kultapitoiset hydrotermiset liuokset ovat asettuneet kultaa kontrolloiviin rakenteisiin. Tutkimuksissa selvisi, että mineralisoivaa fluiditoimintaa on tapahtunut hydrotermisen aktiivisuuden päävaiheen jälkeen eli deformaation myöhäisessä vaiheessa.

Janne Toivonen 22.11.2013 (ÅA)

Effects of anthropogenic and natural hydrological changes on the behavior of the acidic metal discharge from acid sulfate soils in a river- and lake system in western Finland

Luodon-Öjanjärvi Pohjanmaalla luotiin teollisuutta varten patoamalla osa sisäsaaristoa 1960-luvulla. Siitä lähtien järviolueen vesi on happamoitunut johtaen toistuvii kalakuolemiin, ja patoamista on pidetty syynä tähän.

Väitöskirja tutkii happamuuden syitä, mm. maankäytön, hydrologian ja ilmastomuutoksen vaikutuksia. Happamuuden seurauksia tutkitaan käyttäen kalanpoikasia bioindikaattorina, ja eri ympäristömenetelmiä testataan. Laajempi tieto happamuudesta mahdollistaa toimenpiteiden käytäntöön panemisen ja kohennetun vedenlaadun saavuttamisen tulevaisuudessa. Pääsyy huonoon vedenlaatuun on rikkipitoisten sedimenttien intensiivinen ojitus viimeisten neljänkymmenen vuoden aikana. Tämä aiheuttaa rikin hapettumisen rikkihapoksi ja happamien sulfaattimaiden muodostumisen. Tämän seurauksena suuria määriä myrkyllisiä metalleja liukenee ja huuhtoutuu vesistöihin.

Tutkimus osoittaa että Luodon-Öjanjärveen valuu vuosittain kymmeniä tuhansia tonneja rikkihappoa suurien metallimäärien kera happamilta sulfaattimailta. Joet tuovat suurimman osan, mutta yhdistetty kuormitus lukuisista ojista ja puroista on yllättävän suuri. Vuosittaiset rikkihappo- ja metallimäärät, jotka kulkeutuvat jokien ja purojen kautta järveen ovat karkeasti laskettuna noin kymmenen kertaa suuremmat verrattuna Talvivaaran kaivoksen sakka-altaan vuotoon joka tapahtui syksyllä 2012. Muut potentiaaliset syyt happamuuteen, esim. humushapot ja ruoppaukset, osoittautuivat merkityksettömmiksi. Tutkimustulosten mukaan toistuvat happo- ja metallipäästöt pystyvät usein tuhoamaan mateen lisääntymismahdollisuudet, aiheuttaen mahdollisesti enemmän pitkäaikaisia vaikutuksia kalapopulaatioihin kuin suhteellisen harvoin tapahtuvat näkyvät kalakuolemat. Happo- ja metallikuormitus on hyvin riippuvainen hydrologisista olosuhteista, eli suurin kuormitus tapahtuu kevät- ja syystulvien aikana.

Mahdollinen ilmastomuutos voi muuttaa valumaa aiheuttaen enemmän happo- ja metallikuormitusta talvisin. Paras keino ehkäistä vesistöjen tuhoutuminen on jättää rikkipitoiset sedimentit koskematta. Jo olemassa olevilla happamilla sulfaattimailla tehostettu pohjaveden säätäminen voi mahdollistaa tehostetun maankäytön ilman merkittävästi lisääntyviä ympäristöseurauksia.

Mari Tuusjärvi 13.12.2013 (HY)

From a mine to you: Sustainability of the Finnish mining sector in the context of global supply chains of metals

Kaivoksesta sinulle – Suomen kaivossektorin kestävyys metallien kansainvälisten tarjontaketjujen yhteydessä

Yleinen metallien hintojen nousu 2000-luvun alkupuoliskolla on johtanut kaivostoiminnan uuteen kasvuun myös Suomessa. Alkuvaiheessa lisääntyi erityisesti kiinnostus malminetsintää kohtaan ja vuodesta 2007 alkaen uusien kaivosten vaikutuksesta kasvu on näkynyt myös kaivostoiminnan konkreettisena kasvuna. Ennen 2000-luvun vaihdetta kaivosteollisuus ehti olla lähes kaksi vuosikymmentä laskusuhdanteinen ala, jona aikana kotimaisten kaivostuotteiden vähäisen saatavuuden vuoksi metalliteollisuus turvautui yhä enemmän ulkomailta tuotuihin mineraaliraaka-aineisiin. Kaivostoiminnan nopea kasvu on nostanut odotuksia kasvavista yhteiskunnallisista ja taloudellisista hyödyistä, mutta myös pelkoa mahdollisten ympäristöhaittojen laajuudesta. Myös mahdolliset muihin elinkeinoihin, kuten matkailuun ja porotalouteen, kohdistuvat vaikutukset ovat olleet esillä, ja kaivostoiminta onkin viimeaikoina kohdannut Suomessa määrätietoisempaa vastustusta kuin ennen. Vastustus heijastaa 2000-luvun suomalaisen muuttunutta arvomaailmaa sekä kaivostoiminnan ympäristö- ja yhteiskuntavastuun toteutumisen tärkeyttä tässä yhteydessä.

Tämä väitöskirjatyö käsittelee kolmea teemaa: 1) kaivostoiminta globaalien tuotantoketjujen alkupäänä, 2) kaivostoiminnan tulevaisuusskenaariot Suomessa ja 3) kestävän kehityksen teoria sovellettuna kaivostoimintaan Suomessa. Työssä pyritään selvittämään suomalaisen metallikaivostoiminnan ympäristö- sekä yhteiskunnallisten vaikutusten kehittymistä tulevaisuusperspektiivissä. Lisäksi tarkastelin ulkomailta Suomeen tuotujen mineraalirikasteiden tuotantoketjun ympäristövaikutuksia sekä hyvän hallinnon toteutumista tuottajamaisissa. Tarkastelun kohteena olivat myös tuotantoketjujen ympäristövaikutusten arvioinnin metodiikka kohdistuen erityisesti elinkaariarviointiin ja materiaalivirtaanalyysiin, sekä hallinnon, kaivosteollisuuden ja tiedemaailman roolit metallikaivostoiminnan kestävän kehityksen edistämisessä.

Koska Suomen metalliteollisuus on voimakkaasti riippuvainen tuoduista mineraaliraaka-aineista, kohdistuvat tuotantoketjun alkupään ympäristöpaineet enemmän ulkomaille kuin Suomeen. Meneillään olevan kaivostoiminnan kasvun vaikutuksesta tuotantoketjun alkupää on kuitenkin siirtymässä enenevässä määrin takaisin Suomeen, vaikka näköpiirissä ei olekaan se, että kotimainen tuotanto voisi kokonaan korvata ulkomaisista tuontia.

Kotimaisten kaivostuotteiden jatkojalostuspaikkaan vaikuttavat myös nykyisin voimakkaasti ulkomaisten ja kotimaisten sopimusten kilpailutus eikä jatkojalostus kotimaassa ole itsestään selvyyttä. Kasvaneen kaivostoiminnan myötä myös toimintaan liittyvät ympäristövaikutukset tulevat kokonaisuudessaan kasvamaan, vaikka toisaalta toiminnan kasvu luo edellytyksiä myös työllistymiselle ja yleiselle taloudelliselle toimeliaisuudelle erityisesti Itä- ja Pohjois-Suomessa.

Kaivostoiminnan kasvu tuo siis potentiaalisesti sekä yhteiskunnallisia hyötyjä että kasvavaa painetta ympäristöä kohtaan. Jotta tästä kasvusta saataisiin mahdollisimman suuri hyöty mahdollisimman vähäisin haitoin, on kiinteä yhteistyö hallinnon, kaivosteollisuuden ja tiedeyhteisön välillä välttämätöntä. Ympäristön suojelu ja onnettomuuksien välttäminen on keskiössä, mutta myös kaivos-, rikastus- ja jalostusteknologian jatkokehitys parantaa kaivosteollisuuden toimintaedellytyksiä.

Läpinäkyvyyden ja kommunikaation vahvistaminen auttavat yleisen tietoisuuden kasvattamisessa ja kaivostoiminnan sosiaalisen toimiluvan vahvistamisessa sekä huolellinen lainsäädäntö ja kannattavuusarviointi kaivostoiminnan jatkuvuuden turvaamisessa vaihtelevassa taloudellisessa ympäristössä.

<https://helda.helsinki.fi/handle/10138/42173>

Vera Egorova 23.5.2014 (OY)

Mechanisms of differentiation operating at magma chamber margins: insights from marginal reversals in mafic layered intrusions and sills

Magmasäiliöiden reunojen differentiaatiomekanismit: uutta tietoa käänteisesti differentioituneista reunasarjoista mafisissa kerrosintrusioissa ja kerrosjuonissa

Tutkimattaessa emäksisestä magmasta kiteytyneitä magmasäiliöitä ja niihin liittyviä malmeja yksi merkittävistä ongelmista on ollut reunavyöhykkeissä esiintyvä kivien ja mineraalien erilaistuminen, joka on käänteinen sille, mitä basalttisen magman kiteytyminen normaalisti tuottaa. Tällaiset reunavyöhykkeiden reversaalit ovat kehittyneet yleisesti magmasäiliöissä riippumatta niiden iästä, maantieteellisestä sijainnista, koosta, muodosta ja jopa magman koostumuksesta, mikä indikoi, että joku magman koostumuksesta, mikä indikoi, että joku perustavanlaatuisen prosessi on ollut kyseessä. Avainkysymys on, mitkä fysio-kemialliset prosessit ovat tämän yleisen, mutta ilmeisen anomaalisen magmaattisen käyttäytymisen takana? Väitöskirjatutkimus pyrkii löytämään vastauksen kyseiseen petrologiseen ongelmaan.

Tässä työssä on käänteisten reunasarjojen luonnetta selvitetty laajasti käyttäen yksityiskohtaista geologista ja geokemiallista informaatiota kahdesta kerrosintrusioista ja kolmesta doleriittisestä kerrosjuonesta. Kemiallisten komponenttien havaittua käyttäytymistä selittämään on kehitetty uusi petrologinen konsepti. Sen mukaan magmasäiliö kehittyi aluksi avoimena systeeminä ja laajentuu hitaasti ja myöhemmin nopeammin, kun sisään virtaa uutta magmaa, joka muuttuu koostumukseltaan primitiivisemmäksi ajan mukana. Tunkeutuvan magman luonteen muuttuminen on mer-

kittävä tekijä mineraalien ja kivien koostumuksen käänteisen trendin syntyyn.

Tämän työn päätulos on, että magmasäiliöiden kiteytyminen tapahtuu kahdessa erillisessä vaiheessa. Alkuvaihe on *in situ* -kiteytymistä avoimessa systeemissä sisään tulevan magman muuttuessa yhä primitiivisemmäksi ja toinen vaihe etenee normaalisti suljetussa tilassa tapahtuvan fraktioivan kiteytymisen kautta. Koska samanlaisia käänteisiä koostumustrendejä havaitaan monissa malmeja sisältävissä intruusioissa ja kerrossilleissä, esitetty malli saattaa edustaa tavallista prosessia intrusiivisten magmasäiliöiden ja niihin liittyvien malmien (mukana PGE-, Cr-, Cu-, Ni- ja V-malmeja) synnyssä. Tämän työn tulokset auttavat siten kehittämään etsintämenetelmiä uusien malmiesiintymien löytämiseksi Suomesta, jossa on useita maailmalla hyvin tunnettuja ja malmien suhteen potentiaalisia kerrosintruusioita.

Olga Lisitsyna 13.6.2014 (OY)

Modern Pollen Reference Material and its Potential Application

Nykyisen siitepölyreferenssimateriaalin käyttömahdollisuudet kasvillisuus- ja ympäristöolosuhteiden tulkinnoissa

Väitöskirjatyössä on tutkittu nykyisen siitepölylaskeuman käyttömahdollisuuksia rekonstruoitaessa menneiden aikojen kasvillisuus- ja ympäristöhistoriaa. Työn tarkoituksena oli määrittää muun muassa se, miten siitepölykeräimeen, pintaturpeeseen ja järvi-altaiden pintasedimenttiin laskeutuva siitepölystö heijastaa ympäröivää kasvillisuutta ja kasvillisuuden alueellista jakaumaa, ja mitä erilaisiin vanhoihin turve- ja järvisedimentteihin aikanaan kerrostuneet siitepölyt kertovat kerrostumisajankohdan ekologiasta.

Työn tuloksena havaittiin, että yhdistetty siitepölykeräimeen, pintaturpeeseen ja järvi-altaiden pintasedimenttiin laskeutuva moderni siitepölyjakauma kuvastaa hyvin kasvillisuuden pääpiirteitä ja kasvillisuusmuutoksia. Työn analyysitulosten perusteella määritettiin myös ns. kynnysarvot puiden esiintymiselle, joiden avulla voidaan erottaa muun muassa paleoekologisesti tärkeitä kasvillisuus- ja ympäristömuutoksiin liittyviä indikaattoreita.

Paula Salminen 18.6.2014 (HY)

Carbon isotope records of sedimentary carbonate rocks in the Pechenga belt, NW Russia: implications for the Precambrian carbon cycle

Petsamon vihreäkivivyöhykkeen sedimenttisten karbonaattikivien hiili-isotooppikoostumus – lisätietoja hiilen muinaisesta kiertokulusta

Verrattuna siihen millaisena me maapallon tunnemme, varhainen maapallo oli hyvin erilainen. Arkeaisen eonin (4–2,5 miljardia vuotta sitten) ja paleoproterotsooisen maailmankauden (2,5–1,6 miljardia vuotta sitten) rajalla maapallolla tapahtui suuria muutoksia ja ilmiöitä. Yksi näistä suurista tapahtumista oli ilmakehän happipitoisuuden huomattava nousu, jota on kutsuttu suureksi hapettumistapahtumaksi. Toinen merkittävä tapahtuma oli hiilen isotooppikoostumuksissa näkyvä suuri, maailmanlaajuinen häiriö hiilen kiertokulussa, jota on kutsuttu Lomagundi-Jatuli -isotooppitapahtumaksi.

Tämän Lomagundi-Jatuli -ilmiön aikana kerrostui karbonaattisedimenttejä, jotka ovat voimakkaasti rikastuneita hiilen ¹³C-isotoopin suhteen. Yleensä tällaisten karbonaattisedimenttien kerrostuminen kuvastaa runsasta orgaanisen (eloperäisen)

hiilen hautautumista ja hapen vapautumista. Tämän hiili-isotooppianomalian tarkka ajallinen ja kausaalinen yhteys suureen hapettumistapahtumaan on edelleen huonosti tunnettu.

Väitöskirjatutkimus antoi lisää tietoa Lomagundi-Jatuli -ilmiöstä sekä yleisestikin hiilen kiertokulusta varhaisella maapallolla. Yhtenä työn tavoitteena oli tutkia tarkemmin kahden Petsamon vihreäkivivyöhykkeen sedimenttimuodostuman (Kuetsjärvi ja Kolosjoki) hiili-isotooppikoostumuksen muutosta ajan suhteen. Lisäksi väitöskirjatyön tavoitteena oli selvittää Kuetsjärven muodostumassa esiintyvien, tavallisista sedimenteistä poikkeavien karbonaattisaostumien luonnetta. Kaikki tutkitut näytteet olivat peräisin kansainvälisen ICDP ohjelman FAR-DEEP -projektin tuottamista kairasydämistä.

Uudet tulokset täydentävät tietoaamme hiilen kiertokulusta 2,3–1,9 miljardia vuotta sitten. Lomagundi-Jatuli -ilmiön taustalla vaikuttavien asioiden ymmärtämisen vuoksi on tärkeää tuntea tarkoin sedimenttien hiili-isotooppikoostumuksen kehitys kyseisenä aikana. Kuetsjärven sedimenttimuodostuman karbonaattit ovat kerrostuneet Lomagundi-Jatuli -ilmiön loppuvaiheessa. Tutkimuksen tulokset tukevat aiempaa käsitystä ilmiön maapallon laajuisesta luonteesta – kyse ei siis ole paikallisesti rajoittuneista tapahtumista. Kolosjoen sedimenttimuodostumasta saadut tulokset puolestaan antavat uutta tietoa Lomagundi-Jatuli -ilmiön jälkeisestä ajasta. Saatujen tulosten perusteella näyttää siltä, hiili-isotooppikoostumuksen evoluutio oli tuona aikana monimutkaisempi kuin olemme aikaisemmin luulleet.

Kuetsjärven muodostuman karbonaattisaostumat ovat todennäköisesti kerrostuneet kuumasta vedestä, joka sisälsi myös syvältä (maapallon kuoresta tai vaipasta) peräisin olevaa hiilidioksidia. Näitä saostumia voikin siten kutsua travertiineiksi. Nämä travertiinit kuuluvat maapallon varhaisimpiin. Näiden saostumien luonteen selvittämi-

nen antoi lisätietoa Kuetsjärven muodostuman kerrostumisympäristöstä ja samalla myös Lomagundi-Jatuli -ilmiön aikana vaikuttaneista ympäristötekijöistä.

<https://helda.helsinki.fi/handle/10138/45385>

Ohje-sääntö



(c) Jukka Lehtinen

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
- karonkassa henkilökohtaisesti,
 - karonkassa välitysmiehen kautta,
 - muuten mahdollisimman nopeasti.

Tulkinnallisia huomautuksia

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