

Karhu kiertää...

Karhu kiertää -palstalla seurataan geologian alan uusia väitöksiä. Seuraavassa lyhyt kuvaus tämän vuoden väitöskirja-sadosta.

Juho Junntila, Oulun yliopisto, 5.4.2007

Clay minerals in response to Mid-Pliocene glacial history and climate in the polar regions (ODP, Site 1165, Prydz Bay, Antarctica and Site 911, Yermak Plateau, Arctic Ocean)

Keskiplioseenin (n. 3 miljoonaa vuotta sitten) aikainen lämpöjakso oli viimeisin pitkäaikainen lämmin jakso, jolloin ilmasto oli lämpimämpi nykyiseen verrattuna. Aikaisempien tutkimusten mukaan pintaveden vuotuinen keskilämpötila Pohjois-Atlantilla on voinut olla 5 astetta lämpimämpää ja Itä-Antarktiksella lähellä 5.5 astetta lämpimämpää kuin nykyisin. Napa-alueiden tutkimus keskiplioseenin ajanjaksona on tärkeää, koska ne edustavat suurimpia maapallon ilmastoa kontrolloivia alueita. Menneistä äärimmäisistä lämpöjaksoista ja vallinneista olosuhteista on tärkeää kerätä uutta tietoa, kun halutaan tehdä vertailua nykyisyyteen tai tarkentaa ennustettua kehitystä. Tämä geotieteellisen tutkimuksen alue on kehittynyt merkittävästi viime aikoina.

Väitöskirjatutkimus perustuu merenpohjan sedimenttien savimineraalitutkimukseen, joka yhdistettynä muuhun muinaiseen ilmastolliseen tietoon voi merkittävästi parantaa tietoa keskiplioseenin ilmastosta. Tutkimuksen tavoitteena oli selvittää kuinka keskiplioseenin lämmin ajanjakso on tunnistettavissa savimineraaleissa sekä tutkia jääkenttien kehitystä Itä-Antarktiksella ja merijään historiaa pohjoisella Jäämerellä.

Ensimmäinen tutkimuskohteista sijaitsee Prydzinlahden mannerrinteellä, Itä-Antarktiksella ja toinen kohde Yermakin tasanteella, Huippuvuorten pohjoispuolella pohjoisella Jäämerellä.

Väitöskirjatutkimuksen mukaan keskiplioseenin aikaiset smektiitti-savimineraalit Itä-Antarktiksella ovat pääosin kulkeutuneet Itä-Antarktiksella mantereelta jäätikön alaisten vesivirtausten mukana, viitaten jääkentän olleen lämpimöhäinen nykyiseen kylmähöjaiseen verrattuna. Keskiplioseenin aikaiset smektiitti-savimineraalit pohjoisella Jäämerellä ovat kulkeutuneet pääosin Laptevin- ja Karanmereltä merijään sisästä, jota on kuljettanut Transpolar Drift -virtauk-

sen Siperian haara. Tulokset viittaavat siihen, että Jäämerellä esiintyi merijäätoimintaa, vaikkakin aikaisempien tutkimusten mukaan merijää on saattanut sulaa kokonaan kesäaikaan. Väitöskirjatutkimuksen mukaan keskiplioseenin lämpöjakso voidaan havaita sekä Itä-Antarktiksella että Jäämeren savimineraaleissa.

Väitöskirjatutkimus on tehty kansanvälisen Integrated Ocean Drilling Program (IODP) -ohjelman puitteissa ja perustuu sitä edeltäneen Ocean Drilling Program (ODP) -ohjelman kairausaineistoon. Oulun yliopiston Thule-instituutissa ja geotieteiden laitoksella tehdään merkittävää IODP-ohjelmaan liittyvää tutkimusta, jonka erityisenä kohteena on maapallon korkeiden leveyspiirien alueet.

<http://herkules.oulu.fi/isbn9789514283680/>



Kuva: Mikko Haaramo



Karhu kiertää...

Teija Alenius, Helsingin yliopisto, 12.4.2007

Environmental change and anthropogenic impact on lake sediments during the Holocene in the Finnish - Karelian inland area

Tutkimuksessa selvitettiin asutus- ja viljelyhistorian varhaisimpia vaiheita ja seurattiin niiden kehittymistä kohti nykyaikaa jääkauden jälkeisellä holoseenijalla. Erityisenä mielenkiinnon kohteena oli ihmistoiminnan selvittäminen sisämaan huonosti tunnetulla ajanjaksolla nk. varhaismetallikaudella, joka vastaa rannikon pronssikautta, mutta ajoitetaan kuitenkin pitemmälle ajanjaksolle noin 1800 eKr.–300 jKr. Keskeisenä tutkimusmenetelmänä oli järven pohjasedimentistä tehtävä siitepölyanalyysi. Tutkimusaineisto koostui neljästä, pikkujärven pohjasedimentistä kairatusta pitkästä sedimenttisarjasta. Tutkitut järvet sijaitsivat sisämaassa 61o 40' sekä 61o 50' leveyspiirin välissä Keski- ja Itä-Suomessa sekä Laatokan pohjoisrannalla. Siitepölyanalyysissä havaittujen tapahtumien ajoituksiin käytettiin radiohiiliajoitusta, paleomagneettista ajoitusta sekä vuosilustokronologiaa.

Keski- ja Itä-Suomessa sijaitsivat järvet ovat kuroutuneet Itämerestä 9600–7600 eKr., ja niiden pitkät sedimenttisarjat mahdollistavat kasvillisuudenkehityksen tarkastelun varhaiselta holoseenikaudelta lähtien. Laatokan pohjoispuolella sijaitseva lampi on kuroutunut Laatokasta itsenäiseksi pikkujärvekseen noin 1300 eKr. Ensimmäiset, todennäköisesti ihmisen aikaansaamat muutokset on nähtävissä varhaismetallikauden alusta 1880–1600 eKr., ja selkeytyvät varhaismetallikauden loppuun mennessä. Kaskiviljelyn alku ajoittui rukiin siitepölyjen esiintymisen perusteella 300–880 jKr.

Yleispiirteissään ihmisen vaikutus säilyy vähäisenä myöhäisrautakauden alkuun noin 800 jKr. saakka, jonka jälkeen ihmistoiminta voimistuu, asutus kiinteytyy ja merkkejä peltoviljelystä ilmaantuu. Itäisissä tutkimuskohteissa tulen käyttö lisääntyy 800–900 jKr., voimaperäisin kaskiviljelykausi ajoittuu aikavälille 1700–1900 jKr.

<http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-10-2615-7>



Päivi Picken, Helsingin yliopisto, 13.4.2007

Geological factors affecting on after-use of Finnish cut-over peatlands: with implications on the carbon accumulation

Suomalaisessa turvetuotannossa turvekerros hyödynnetään huolellisesti, lähelle pohjamaan (mineeraalimaan) pintaa. Tässä tutkimuksessa selvitettiin, kuinka pohjamaan ominaisuudet vaikuttavat eri jälkikäyttövaihtoehtojen sopivuuteen ja tätä kautta myös tulevaisuuden maankäyttäjäkautaan.

Pohjamaiden rikkipitoisuus sekä suoaltaiden syvennykset tiiviine pohjamaalajeineen rajoittivat jälkikäyttöratkaisuja yhteensä noin viidenneksellä pinta-alasta. Nämä alueet eivät siis soveltuneet ns. taloudelliseen käyttöön vaan niille voitiin suositella lähinnä uudelleensoistamista. Soistaminen oli syvänteille usein tekojärviä parempi vaihtoehto pohjamaan kemiallisten ominaisuuksien vuoksi. 57 % turvetuotantopinta-alasta soveltui hyvin metsitykseen ja 42 % soveltui hyvin perinteiseen puutarha- tai peltoviljelyyn tai peltoenergian tuotantoon. Maa- ja metsätalouden osuus voisi olla selkeästi suurempikin, mikäli myös hyvin karkeat tai hienojakoiset sedimentit otettaisiin käyttöön hyödyntäen jäljellä olevaa turvepatjaa ominaisuuksien tasapainottamisessa. Yksi jälkikäyttömuoto soveltui harvoin koko tuotantoalueelle. Aineiston avulla pystyttiinkin määrittelemään kolme suopohjamallia kuvaamaan erilaisten pohjamaalajien jakautumista yksittäisten turvetuotantoalueiden sisällä.

Geologisten alueiden ominaisuudet heijastuivat soiden pohjamaalajeihin. Suuret rikkipitoisuudet olivat tyypillisiä rannikon Litorina-vyöhykkeellä sekä Laatokan–Perämeren vyöhykkeellä. Litorina-vyöhykkeellä tarkoitetaan erään varhaisemman Itämeren vaiheen peittämää aluetta. Laatokan–Perämeren vyöhyke on kallioperän ominaisuuksiin liittyvä vyöhyke ja tunnettu esim. sulfidimalmeistaan. Arkeisten gneissien alueella ja Keski-Suomen granitoidialueella kohtuullinen ravinteiden pidätyskyky (maa- ja metsätaloutta ajatellen) edellytti enemmän hienoaainesta pohjamaassa kuin muilla tutkituilla alueilla.

Maalajien sopivuuden perusteella tehtiin ennusteita tulevasta maankäyttökautasta nykyisillä turvetuotantoalueilla, käyttäen erilaisia taloudellisia painotuksia. Näille maankäyttöennusteille laskettiin myös hiilenkertymäskenaariot.



Karhu kiertää...

Lisäaineiston avulla arvioitiin myös kolmen tyyppillisen turvetuotantoon harkitun suon hiilensidon-takapasiteettia ennen käyttöönottoratkaisua. Pitkän aikavälin hiilenkertymä vaihteli välillä 13–24 g (C) vuodessa neliometrillä ja se oli hidastunut suon kehityksen edetessä.

<http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-10-2613-3>

Timo Parviainen, Oulun yliopisto, 25.5.2007

Ruokohelpiviljelyn optimointi suopohjilla. Turvetuotantoalueiden geologisen ympäristön, pohjaturpeen sekä kierrätyslannoitteiden käytön vaikutus ruokohelpin käyttämiin alkuaineisiin ja satoon

Suopohjien ruokohelpiviljelyllä puhdasta bioenergiaa

Uusiutuvan bioenergian voimakkaampi käyttö energiantuotannossa on yleisesti hyväksytty menetelmä kasvihuonekaasupäästöjen vähentämiseksi. Turvetuotannosta vapautuneilla suopohjilla toteutettu ruokohelpiviljely on erinomainen tapa tuottaa puhdasta biomassaa energiantuotannon tarpeisiin. Väitöstutkimuksessa todettiin, että jo ensimmäisenä kasvukautena ruokohelpiviljelyllä saadaan muutettua hiililähteenä toimiva entinen turvetuotantoalue hiilinieluksi.

Tutkimuksessa selvitettiin miten turpeen ja suopohjan ympäristöalueiden ominaisuudet sekä viljelyyn käytetyt lannoite- ja kalkitusaineet vaikuttavat ruokohelpin käyttämiin alkuaineisiin ja satoon. Tutkimustulokset perustuvat useilta suopohjilta ja ruokohelpin viljelykokeilta kerättyyn laajaan tutkimusaineistoon. Tutkimustulosten perusteella suopohjat ovat hyvin niukkaravinteisiä sekä erittäin puhtaita raskasmetalleista, eivätkä turpeen tai ympäristön ominaisuuksien vaihtelu vaikuta suopohjien alkuainepitoisuuksiin ruokohelpiviljelyn kannalta merkittävästi.

Ruokohelpiviljelyn lannoituskustannukset suopohjilla ovat usein korkeat, joten maaperän luontainen ravinnetila kannattaa huomioida viljavuussuunnitelman avulla. Väitöstutkimuksessa laadittiin turvetuotantoalueille yleisesti käyttökelpoinen viljavuusanalyysi lannoitussuunnitelman kannalta tärkeimpien ravinteiden osalta. Tutkimuksen perusteella teräskuona soveltuu voimalaitostuhkaa

paremmin ruokohelpin kalkitukseen. Tutkimuksessa käytetty voimalaitostuhka sisälsi kuitenkin runsaasti hyödynnettäviä ravinteita. Kumpikaan kalkitusaine ei aiheuttanut raskasmetallihaittaa maaperässä tai kasvissa. Turkiseläinten lantakomposti soveltuu puolestaan ruokohelpiviljelyyn puhtaaksi lannoitteeksi etenkin fosforin osalta.

Väitöstutkimuksen mukaan suopohjien ruokohelpiviljelyssä voidaan hyvin käyttää lannoitukseen ja kalkitukseen maatalouden ja teollisuuden sivutuotteita, minkä avulla säästetään neitseellisiä luonnonvaroja. Ruokohelpiviljelyllä tuotetulla biomassalla voidaan lisäksi korvata fossiilisia polttoaineita energiantuotannossa Kioton ympäristösopimuksen tavoitteiden mukaisesti.

<http://herkules.oulu.fi/isbn9789514284588/>

Taija Torvela, Åbo Akademi, 8.6.2007

The Sottunga-Jurmo Shear Zone - Structure and Deformation History of a Crustal-Scale Ductile Shear Zone in SW Finland

Etelä- ja Keski-Suomen kallioperä muotoutui noin 1900–1800 miljoonaa vuotta sitten ns. Svekofenisen vuorijonopoimutuksen (=orogeenian) aikana, jolloin useita nuoria vulkaanisia saarikaaria törmäsi toisiinsa. Ennen orogeeniaa ja sen alussa syntyi suuria määriä magmaattisia ja vulkaanisia kivilajeja kuten granitteja. Törmäyksen jatkuessa maankuori kuitenkin hiljalleen paksuni ja jäykistyi, ja se alkoi myös vähitellen jäähtyä, ja nuoret kivilajit painuivat kasaan ja alkoivat poimuttua orogeenian paineen seurauksena. Viimein kuori ei enää kyennyt vastaanottamaan orogeenian painetta pelkästään poimuttamalla, koska siitä oli tullut liian paksu ja jäykkä. Orogenian aiheuttamat jännitteet aloivat sen sijaan purkautua suuria kallioperän liikuntovyöhykkeitä pitkin. Kun tällainen hiertovyöhyke syntyy, kaksi suurta, 10-100 kilometrin mitakaavaista kuoren palaa alkavat liukua toistensa ohitse. Kallio ei kuitenkaan murru 10-20 km:n syvyydellä vallitsevien kovan paineen ja korkeiden lämpötilojen seurauksena, vaan kivi muovautuu plastisesti, purukumin lailla. Toisaalta tällaiset suuret plastiset hiertovyöhykkeet aktivoituvat usein uudelleen myöhemmin, kun maankuo-



Karhu kiertää...

ren alaosat kohoavat ylöspäin eroosion seurauksena ja kuori jäähtyy, tällöin kivi halkeilee vaikka se saattaa silloinkin olla vielä useiden kilometrien syvyydessä.

Väitöstyö käsittelee suuren Svekofennisen hiertovyöhykkeen kehittymistä Ahvenanmaan saaristossa. Tämä nk. Sottunga-Jurmo hiertovyöhyke on yli 50 km pitkä, ja sen voi helpoiten havaita osassa pohjoista ja koillista Kökaria (Hellsö) sekä Kyrkogårdsön ja Husön alueilla, joissa kallioperä on selvästi ”raitainen” luode-kaakkoissuunnassa. Työ selvittää kallioperän rakennetta sekä hiertovyöhykkeessä että sen lähialueilla. Lisäksi väitöskirja käsittelee hiertovyöhykkeen kehityshistoriaa magmaattisesta jaksosta 1880 miljoonaa vuotta sitten läpi kolmen plastisen aktiivisuusjakson (1850, 1830 ja 1790 miljoonaa vuotta sitten), ja lopuksi kohti viimeistä aktiivisuusjaksoa yli 1600 miljoonaa vuotta sitten kun voimakkaat maanjäristykset ravistelivat nykyistä saaristomerta ja jättivät jälkiä kalliioon.

<http://urn.fi/URN:ISBN:978-951-765-377-0>

Kaisa-Leena Hutri, Helsingin yliopisto, 14.6.2007

An approach to palaeoseismicity in the Olkiluoto (sea) area during the early Holocene

Tutkimuksessa selvitettiin Olkiluodon ja sitä ympäröivien merialueiden jääkauden jälkeistä maanjäristyshistoriaa kallioperän jäätiköitymissimulaatioiden, merenpohjan akustis-seismisten luotausten ja sedimenttitutkimusten avulla. Olkiluodon saaren kallioperä koostuu pääasiassa syväkivien lävistämistä migmatiittisista gneisseistä. Ympäröivän merialueen pohja muodostuu paleoproterotsooisesta kallioperästä, jonka päälle mesoproterotsooiset sedimenttikivet ovat kerrostuneet. Useat ikivanhat ruhjeet ja raot halkovat alueen kallioperää.

Kallioperän käyttäytymistä simuloitiin erilaisen jääkausiskenaarioiden mukaisesti. Kallioliuhkojen suurimmat siirtymät liittyivät yleensä suurimpiin jäätikön kuormituksiin. Perusskenaariolla siirtymät loppusijoitusvyyhdellä, noin 500 metriä, olivat muutamia senttimetrejä.

Merkkejä mahdollisista maanjäristyksistä merenpohjan sedimenttikerrostumissa kartoitettiin

akustis-seismisillä menetelmillä. Holoseenin aikaisista kerrostumista löytyi erilaisia liukumarakenteita, siirroksia, maanvyörymiä, turbidiittisia rakenteita ja pohjaveden tai kaasujen purkautumisaukkoja, jotka saattavat olla kytköksissä maanjäristyksiin. Merenpohjan kerrostumissa esiintyvät siirrokset ja purkautumisaukot sijaitsevat kallioperän ruhjeiden läheisyydessä, mikä viittaa ruhjeiden uudelleenaktivoitumiseen jäätikön vetäytymisvaiheessa.

Olkiluodon alueella löydetty savisedimenttien siirrokset ajoitettiin paleomagnetismin, piileväanalyysin ja litostratigrafian avulla syntyneen noin 10 650–10 200 kalenterivuotta sitten. Myös muilla tutkituilla merialueilla havaitut siirrokset esiintyvät samalla stratigrafisella tasolla. Merkkejä nuoremista tai toistuvista siirroksia ei havaittu, mikä vahvistaa käsitystä siitä, että jääkauden jälkeinen seisminen aktiivisuus on ollut suurimmillaan heti jäätikön vetäytyttyä alueelta.

Kaasu/pohjavesipurkausten alkuperä ei tutkimuksessa selvinnyt. Luotausprofiilien perustella voidaan päätellä, että osa purkauksista on peräisin savikerrostumista mutta osa voi tulla myös kallioperästä. Lisätietoa purkausten alkuperästä voitaisiin saada purkauskasujen ja/tai -veden analyyseillä.

Tutkimuksessa saatuja tietoja voidaan käyttää hyväksi käytetyn ydinpolttoaineen loppusijoituksen turvallisuusanalyysin ennusteiden ja oletusten verifiomisessa.

<http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-478-223-4>

Sari Lukkari, Helsingin yliopisto, 19.6.2007

Magmatic evolution of topaz-bearing granite stocks within the Wiborg rapakivi granite batholith

Tutkimuksessa selvitettiin fluoririkkaiden topaasipitoisten graniittien magmaattista evoluutiota petrografian, geokemian, sulasulkeuma ja kokeellisen petrologian tutkimuksien avulla. Tutkimuksen kohteena olivat Kaakkois-Suomen Viipurin rapakivikompleksissa esiintyvät Artjärven, Säaskjärven ja Kymin topaasipitoiset graniittistokit, jotka edustavat rapakivimagman viimeisimpiä ja kehittyneimpiä intruusiofaaseja.

Tutkimukset osoittivat, että Artjärven ja Säaskjärven stokit ovat monifaasisia intrusioita, joissa



Karhu kiertää...

kehittynein faasi on topaasigraniitti. Kymin stokin kaikki faasit ovat topaasipitoisia ja siinä on hyvin kehittynyt vyöhykerakenne: keskiosa on porfyyristä graniittia, sen ympärillä tasarakeista graniittia ja koko stokkia ympäröi reunapegmatiitti (stockscheider). Geokemiallisesti topaasigraniitit ovat rikastuneet F, Li, Be, Ga, Rb, Sn ja Nb alkuaineista sekä köyhtyneet Mg, Fe, Ti, Ba, Sr, Zr ja Eu alkuaineista. Topaasigraniittien geokemialliset ja mineralogiset erikoispiirteet (anomaalisuudet) ovat alkuperältään ensisijaisesti magmaattisia; myöhäismagmaattiset reaktiot ovat vain hieman muuttaneet topaasigraniittien koostumusta.

Artjärven ja Kymin stokkien ulkoreunalla esiintyvät reunapegmatiittivyöhykkeet (stockscheider) kuvastavat mm. fluidifaasin erottumista graniittisulasta ja konsentroitumista magmasäiliön yläreunoille. Artjärven stocheider koostuu stokin yläkontaktin kanssa samansuuntaisista biotiitti-rikkaita kerroksista (schlieren) ja pegmatiittikerroksista. Kenttähavainnot, petrografiset ja geokemialliset tutkimukset viittaavat schlieren-kerrosten syntyneen magman virtausnopeuden muutoksen seurauksena ja pegmatiittikerrosten syntyneen jäännösmagmasta, joka tunkeutui topaasigraniitin jäähtyessä ja kutistuessa muodostuneisiin kontaktin suuntaisiin rakoihin. Kymin stokin vyöhykerakenne on syntynyt magmasäiliön syvemmistä osista nousseen jäännösmagman tunkeutuessa osittain sulan porfyyrisen topaasigraniitin ja stokkia ympäröivän rapakivigraniitin rakoilleeseen kontaktiin. Tasarakeinen topaasigraniitti ja reunapegmatiitti kiteytyivät tästä geokemiallisesti kehittyneemmästä magmasta.

Kokeellisen petrologian laboratoriotutkimuksiin valittiin lähtömateriaaliksi Kymin tasarakeinen topaasigraniitti, joka on sulatettu ja jähmetetty lasiksi. Homogeeniselle lasille tehtiin kiteytämiskokeita eri paine ja lämpötila olosuhteissa, sekä erilaisilla H₂O-aktiivisuus arvoilla ja fluoripitoisuuksilla, jolloin saatiin selville graniitissa esiintyvien mineraalien (topaasi, fluoriitti, kvartsi, plagioklaasi, kalimaasälpä, kiille) stabiilisuuskentät. Kiteyttämiskokeet osoittivat, että topaasi ja fluoriitti kiteytyvät suoraan magmasta, mutta sulan fluoripitoisuuden on oltava yli 2.5–3.0 wt % ennen kuin topaasi kiteytyy. Kokeiden tuloksena määritettiin fluorin keskimääräiseksi jakautumiskertoimeksi biotiitin ja lasin välillä 1.29. Jakautumiskertoimen avulla voidaan laskea biotiitin kanssa tasapainossa olleen alkuperäisen sulan fluoripitoisuus.

Kiteytyneet sulasulkeumat Kymin topaasigraniittien topaasissa ja kvartsissa homogenisoitiin 3 kbar paineessa ja 700 °C lämpötilassa ja pegmatiitin sulasulkeumat 1 kbar paineessa ja 900 °C lämpötilassa. Lasiksi jähmettyneet sulasulkeumat analysoitiin elektronimikroanalyysointorilla. Kemiallisten analyysien perusteella saatiin selville alkuperäisen 1600 miljoonaa vuotta sitten sulana olleiden graniittisten ja pegmatiittisten magmojen koostumukset. Sulasulkeumien koostumukset osoittavat Kymin topaasigraniittien ja pegmatiitin kiteytyneen hyvin vesirikkaista magmoista. Sulasulkeumatutkimukset antoivat viitteitä myös erittäin fluoririkkaasta magmasta ja mahdollisesti kahden sulan olemassaolosta Kymin stokin kiteytyessä.

Yhdistetyt petrologiset, kokeelliset ja sulasulkeumatutkimukset Kymin tasarakeisesta topaasigraniitista viittaavat siihen, että graniitin kiteytyminen alkoi plagioklaasin kiteytymisellä lähes vesikylläisissä olosuhteissa magman fluoripitoisuuden ollessa vähintään 2 wt % ja paineen ollessa alle 2 kbar.

<http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-10-2618-8>





Karhu kiertää...

Asko Käpyaho, Helsingin yliopisto, 8.8.2007

Archaean crustal evolution in eastern Finland : New geochronological and geochemical constraints from the Kuhmo terrain and the Nurmes belt

Tässä väitöskirjatyössä on tutkittu Kuhmon alueen ja Nurmeksen vyöhykkeen arkeisten granitoidien, migmatiittien ja gneissien ikää sekä alkuperäisiä geokemiallisin ja isotooppigeokemiallisin menetelmin. Iänmäärittämiseen käytettiin U-Pb -isotooppiin pohjautuvaa sekundaari-ionimassaspektrometriä yksittäisten zirkonikiteiden osista sekä perinteistä termiseen ionisaatioon perustuvaa U-Pb -isotooppianalytiikkaa zirkoni- ja titaniittiraepopulaatioille. Kivilajien karakterisoinnissa käytettiin lisäksi kokokivigeokemiaa sekä Sm-Nd -isotooppianalytiikkaa.

U-Pb -isotooppianalytiikka paljasti, että osa zirkonikiteistä, jotka ajoitettiin migmatiitin mesosomista Kuhmon vihreäkivivyöhykkeen itäpuolelta, ovat 2.94 miljardia vuotta vanhoja. Kiteiden tulkittiin edustavan kiven magmaattista ikää. Kolmen muun alueelta otetun migmatiitinäytteen mesosomien zirkoneista saatiin pääosin 2.79–2.84 miljardia vuotta vanhoja ikä. Jälkimmäiset iät vastaavat erästä vulkaanista vaihetta viereiseltä Tipasjärvi-Kuhmo-Suomussalmi -vihreäkivivyöhykkeeltä. Tämän seurauksena on mahdollista, että joillakin vihreäkivivyöhykkeen kivillä ja sitä ympäröivillä kivillä on geneettinen yhteys.

Tutkimusalueen kivistä saadut uudet U-Pb -iänmäärittäykset yhdessä aiempien iänmäärittäysten ja uuden geokemiallisen datan kanssa vahvistivat käsitystä, että syväkivien geokemiallinen kehitys on sidoksissa ikään. Vanhimmat tunnetut tutkimusalueen ei-migmatiittiset kivet ovat tonaliitteja, joiden ikä vaihtelee 2.83–2.75 miljardin vuoden välillä. Noin 2.74 miljardia vuotta vanhoissa ja osassa sen jälkeen syntyneissä syväkivissä havaitaan arkeisille sanukitoidi-sarjan kiville tyypillinen geokemiallinen luonne. Myöhäisimmät tunnetut arkeiset syväkivet ovat pääosin leukokraattisia graniitteja ja granodioriitteja. Niiden syntymisen päävaihe on ajoitettu 2.70 ja 2.68 miljardin vuoden välille. Migmatiittien leukosomeista havaittiin myös samanikäisiä zirkonikiteitä. Sm-Nd -isotooppien perusteella tutkimusalueen tonaliitit ovat verrattain juveniilia materiaalia, kun taas valtaosa myöhäisistä leukokraattisista granodioriiteista ja -graniiteista vaikuttaisi olevan peräisin pääosin aiemmin syntyneestä maankuoresta.

Nurmeksen vyöhykkeelle ominainen piirre on sedimentäärisperäisten gneissien, eli paragneissien yleisyys. U-Pb -isotooppianalytiikan perusteella paragneissien lähtökivilaji on pääosin peräisin noin 2.70–2.75 miljardia vuotta vanhasta materiaalista. Ottaen huomioon analyttiset virherajat, sedimenttikiven kerrostuminen on tapahtunut noin 2.69 ja 2.71 miljardia vuotta sitten. Myöhäisin tunnettu tektonoterminen vaihe alueen arkeisen kuoren kehityksessä on kivien metamorfoosi, joka tutkimusalueelta analysoidujen näytteiden perusteella on 2.72–2.63 miljardia vuotta vanhaa.

<http://urn.fi/URN:ISBN:978-951-690-993-9>

MERKKIPÄIVIÄ

10.2.	Antti Kanto	75 v.			
11.12.	Kurt Karlsson	60 v.	11.2.	Jarmo Lahtinen	60 v.
21.12.	Bo Lindberg	60 v.	26.12.	Timo Kilpeläinen	50 v.
27.12.	Risto Juntunen	60 v.	8.1.	Jarmo Kohonen	50 v.
1.2.	Ulpu Väisänen	60 v.	8.2.	Petteri Pitkänen	50 v.