

## *Karhu kiertää – Geologian alan väitöksiä lukuvuodelta 2014–2015*

Ninna Immonen,  
28.11.2014, Oulun yliopisto

### **Glaciations and climate in the Cenozoic Arctic. Evidence from microtextures of ice-rafted quartz grains.**

Väitöstutkimuksessa havaittiin, että merisedimenttien kvartsirakeiden pintamuodot ilmentävät hyvin läheisten mantereiden ympäristöolosuhteita. Tutkimuksen tulokset antavat uutta tietoa jäätiköiden esiintymisestä Arktisella alueella sen ilmastohistorian eri aikoina. Tulosten avulla voidaan tarkentaa tulkintoja jäätiköiden levinneisyydestä ja dynamiikasta, sekä arvioida kahden eri jäätyyppin – jäävuorien ja merijään – osallisuutta sedimentin kuljetuksessa mantereelta merelle. Työssä tutkittiin Jäämeren keskiosassa sijaitsevan merenalaisen Lomonosovin harjanteen sedimenttirakeiden pintatekstuuriominaisuuksia pyyhkäisyelektronimikroskopian avulla. Jokaisesta tutkittavasta kvartsirakeesta kuvattiin ja laskettiin mekaanisesti ja kemiallisesti syntyneet pintatekstuurit sekä niiden esiintyminen eri näytteissä. Pintatekstuuri- ja tilastollisten analyysien avulla määritettiin jäätikköprosesseissa syntyneet pintatekstuurit, niiden luonne ja suhteellinen osuus tutkimusaineistossa. Jäätiköt ja merijää vaikuttavat ilmastoon eri tavoin. Siksi on tärkeää selvittää niiden osallisuudet tutkittaessa menneitä ilmastotapahtumia. Jäätikköperäistä sedimenttiainesta voi kerrostua syvän meren pohjaan ainoastaan silloin, kun jäätikkö virtaa riittävän syvään veteen ja siitä irtoavat jäävuoret kuljettavat sen pohjaosiin kiinnittynyttä sedi-

menttiä mukanaan avomerelle. Myös merijää voi kuljettaa matalalle mannerjalustavyöhykkeelle kerrostunutta sedimenttiä. Merijään kuljettama sedimentti kuitenkin eroaa pintatekstuuriominaisuuksiltaan jäävuorien kuljettamasta sedimentistä. Sekä merijää että jäävuoret kulkeutuvat merellä pääsääntöisesti meren pintavirtausten mukaisesti. Jään sulaessa siihen kiinnittynyt sedimenttiaines kerrostuu merenpohjaan. Väitöstyössä tarkasteltiin jään kuljettaman sedimenttiaineksen laadullista ja määrällistä vaihtelua Arktisen alueen ilmastohistorian eri vaiheissa viimeisen 65 miljoonan vuoden aikana. Erityisenä tarkastelun kohteena oli viimeinen jääkausi, jolloin jäätiköiden levinneisyydessä oli suuria vaihteluja. Väitöskirja osoittaa pintatekstuurianalyysin soveltuvan hyvin jäätiköitymishistorian tutkimukseen. Tuloksia voidaan hyödyntää moniaineistotutkimuksissa rekonstruoidessa menneitä ilmastotapahtumia ja arvioitaessa tulevaisuuden ilmastoa.

Immonen, N., 2014. Glaciations and climate in the Cenozoic Arctic : evidence from microtextures of ice-rafted quartz grains. Acta Universitatis Ouluensis, Series A, Scientiae rerum naturalium 635. Koosteväitöskirja. <http://jultika.oulu.fi/Record/isbn978-952-62-0608-0>



Mirva Koskinen,  
12.12.2014, Aalto-yliopisto

### ***Plastic anisotropy and destruction of soft Finnish clays***

Tämän työn tarkoituksena oli laatia ja suorittaa laaja geotekninen laboratoriooesarja, jolla em. materiaa-  
limallien oikeellisuutta voitiin tarkistaa. Koemateriaaleiksi laboratoriokeisiin valittiin neljä tyyppillistä pehmeää savea eri puolilta Suomea. Savet olivat Otaniemen ja Vanttilan savet Espoosta, POKO:n savi Porvoon–Koskenkylän moottoritien varrelta ja Murron savi Seinäjoelta. Nämä savet ovat kohtalaisesti sensitiivisiä tai hyvin sensitiivisiä, mikä osoittaa niissä olevan kohtalaisesti tai runsaasti savipartikkeleiden välisiä sidoksia luonnontilassa. Koesarja käsitti kymmeniä kolmiaksaalikokeita sekä luonnontilaisille että rakennetuille näytteille. Rakennettuja näytteitä koestamalla voidaan tutkia saven anisotropiaa ilman partikkelien välisten sidosten vaikutusta. Luonnontilassa kuitenkin saven rakenne on sekä anisotrooppinen että sitoutunut. Kolmiaksaalikokeet olivat konsolidointikokeita eri jännityssuhteilla sekä suljettuja ja avoimia leikkauskokeita. Lisäksi tehtiin ödometrikokeita sekä luokituskokeita. Työssä laskettiin myös Murron koepenkereen käyttäytymistä.

Koetuloksista määritettiin parametrit S-CLAY1- ja S-CLAY1S -materiaalimalleja varten, ja koetulokset simuloitiin jännityspistetasolla ko. malleilla. Simuloinneista nähtiin, että anisotropian huomioiminen parantaa huomattavasti mallinnuksen tarkkuutta verrattuna isotrooppiseen materiaa-  
limalliin rakennetuilla näytteillä. Tietyillä parametrivälillä anisotrooppisella S-CLAY1-mallilla voitiin ennustaa myös luonnontilaisen saven muodonmuutoksia, joskin S-CLAY1S-mallin

erityisen sidosten tuhoutumiseen liittyvän lujuuslain käyttäminen paransi tuloksia entisestään. Myös Murron koepenkereen käyttäytymistä voitiin mallintaa realistisesti S-CLAY1S-mallilla verrattuna painuma- ja sivusiirtymähavaintoihin.

S-CLAY1- ja S-CLAY1S -mallit eivät ota huomioon aikavaikutusta eivätkä kimmoisten muodonmuutosten anisotropiaa, mutta tästä kehitystarpeesta huolimatta malleja voidaan pitää lupaavina tulevaisuuden apuvälineinä geoteknisessä suunnittelussa. Mallit ovat myös oiva pohja materiaa-  
limallien kehittälyssä.

Koskinen, M., 2014. Plastic anisotropy and destruction of soft Finnish clays. Aalto University publication series DOCTORAL DISSERTATIONS, 169/2014. Koosteväitöskirja. <https://aaltodoc.aalto.fi/handle/123456789/14468>

Juha Saarinen,  
16.12.2014, Helsingin yliopisto

### ***Ecometrics of large herbivorous land mammals in relation to climatic and environmental changes during the Pleistocene***

Kenotsooisella ajalla (65 miljoonaa vuotta sitten nykyaika) maapallon ilmasto on lämpimän alkuvaiheen jälkeen muuttunut enimmäkseen kylmemmäksi, keskileveysasteilla kuivemmaksi ja kausittaisemmaksi. Tämä ilmaston pitkäaikainen kehitys huipentui pleistoseeniin eli jääkausi-  
aikaan, joka vallitsi noin 2,6 miljoonaa 10 000 vuotta sitten. Pleistoseenijalla ilmasto vaihteli voimakkaasti ja sen seurauksena pohjoisella pallonpuoliskolla esiintyi vuorotellen melko lämpimiä ilmastovaiheita joiden aikana metsät olivat hallitsevia elinympäristöjä ja

kylmiä glasiaalivaiheita, jolloin kylmän ja kuivan ilmaston seurauksena syntynyt aro- ja tundrakasvillisuuden vyöhyke, niin kutsuttu mämmuttiaro, levittäytyi laajalle alueelle pohjoisessa Euraasiassa. Kasvillisuuden ja eläimistön piti sopeutua näihin voimakkaisiin ilmastoon ja elinympäristöjen muutoksiin. Tässä väitöskirjassa selvitetään miten kenotsooisien ajan globaalin ilmaston vaihtelut vaikuttivat nisäkkäiden ruumiin koon evoluutioon ja keskitytään tarkastelemaan tarkemmin miten suurten kasvinsyöjänisäkkäiden ruumiin koko ja ravinto vaihtelivat ympäristön ja kasvillisuuden muutosten mukaan keski- ja myöhäispleistoseenin Euroopassa. Liitukauden lopun massasukupuutossa (noin 65 miljoonaa vuotta sitten) suurten maaselkärankaisten ekologisia lokeroita hallinneet dinosaurukset hävisivät, mikä mahdollisti nisäkkäiden voimakkaan monimuotoistumisen niiden levittäytyessä vapaaksi jääneisiin suurten maaselkärankaisten ekolokeroihin. Tämä laukaisi eksponentiaalisen maksimiruumiinkoon kasvun useissa nisäkäslahkoissa kenotsooisien ajan alkupuolella, mutta keski-eoseenian ajan (noin 40 miljoonaa vuotta sitten) jälkeen maksimikoon evoluutio tasoittui ja alkoi seurata ilmaston muutoksia. Sama ilmiö on nähtävissä maksimikoon esiintymisfrekvenssissä hyvin erilaisissa nisäkäslahkoissa ja maailmanlaajuisesti. Erityisen voimakas maksimiruumiinkoon esiintymisen huippuvaihe on pleistoseenin jääkausiajalla, mikä viittaa siihen että ilmaston kylmeneminen ja siihen liittyvät ympäristönmuutokset suosivat erityisen suuren ruumiin koon kehittymistä useimmissa nisäkäslahkoissa. Tämän ilmiön aiheuttivat todennäköisesti monet ilmastoon ja ympäristöjen muutoksiin liittyvät tekijät, jotka ovat monimutkaisempia kuin usein esitetty suuren koon hyöty ruumiinlämmön ylläpitämiseksi kylmässä ilmastossa (niin kutsuttu Bergmannin sääntö). Suuri koko auttaa nisäkkäitä selviämään kausittai-

sesta ravinnon niukkuudesta ja mahdollistaa tehokkaan vaeltamisen ravintokohteita seuraten. Toisaalta jäätiköiden aiheuttama voimakas eroosio tuotti ravintorikkaita maannoksia mahdollistaen suuren perustuotannon kasvillisuudessa kasvukausien aikana ja kylmät ja karut olosuhteet paransivat ravinnon laatua heikentäen kasvien kemiallisia puolustusmekanismeja. Tämä mahdollisti suuren ruumiin koon kasvattamisen suotuisina vuodenaikoina. Pääasiallinen suurten kasvinsyöjänisäkkäiden ruumiin kokoa säätelevä tekijä populaatiotasolla on useiden tutkimusten mukaan ravinnon saatavuus, jota puolestaan säätelevät perustuotanto, kasviraivon laatu, nisäkäslajin populaatiotiheys (lajinsisäinen ravintokilpailu) ja lajien välinen kilpailu ravinnosta. Keskeisten kasvinsyöjänisäkäslajien ruumiin koon vaihtelun vertailu niiden yhteydestä kerättyihin siitepölyaineistoihin keski- ja myöhäispleistoseenin Euroopan keskeisiltä fossiililöytöpaikoilta viittaa siihen että erilaisten lajien ruumiin koon vaste kasvillisuuden avoimuuteen vaihtelee riippuen lajien ekologiasta tavalla, joka tukee käsitystämme ravinnon saatavuuden ja populaatiotiheyksien vaikutuksesta yksilöiden ruumiin kokoon. Lajit jotka esiintyvät tyypillisesti pieninä ryhminä ja ovat ekologisesti joustavia (kuten useimmat hirvieläimet) ovat keskimäärin suurikokoisempia avoimissa ympäristöissä, joissa ravinto on hyvälaatuista ja sitä on runsaasti tarjolla, liikkuvuus on vähemmän rajoittunutta kuin suljetuissa ympäristöissä ja suuri koko on etu petojen välttämiseksi. Suurina laumoina avoimissa ympäristöissä esiintyvät, avoimiin ympäristöihin erikoistuneet lajit (kuten hevoset) ovat keskimäärin pienikokoisempia tällaisissa ympäristöissä mikä johtuu todennäköisesti siitä että suuri populaatiotiheys rajoittaa yksilökohtaista ravintoresurssien saatavuutta. Suljetuissa ympäristöissä tällaisten lajien populaatiotiheydet jäävät pieniksi koska avomaan kasvilli-



suutta (kuten heinää), jota nämä lajit ovat erikoistuneet hyödyntämään, on tarjolla vähemmän ja se esiintyy laikuittaisemmin, jolloin populaatiotiheys ei rajoita yksilökohtaista ruumiin kokoa ja keskimääräinen ruumiin koko on suurempi. Suurten kasvinsyöjänisäkkäiden ravinto vaihteli keski- ja myöhäis-pleistoseenin Euroopan löytöpaikoilla ja olisi keskimäärin merkitsevästi yhteydessä kasvillisuuden rakenteeseen. Useimmat lajit söivät keskimäärin voimakkaammin hampaita kuluttavaa ravintoa (pääasiassa heinää) avoimissa ympäristöissä, mikä voitiin todeta vertailemalla keskimääräisiä hampaiden purupinnan kulumismuotoja fossiilisissa kasvinsyöjänisäkäsyhteisöissä samojen löytöpaikkojen siitepölyaineistoihin. Tästä on kuitenkin poikkeuksia, erityisesti pleistoseenin Euroopan löytöpaikoilla yleinen, runsas ja ekologisesti joustava isokauris eli saksanhirvi (*Cervus elaphus*). Sen ravinto on sen sijaan keskimäärin kuluttavampaa (runsaammin heinää sisältävää) löytöpaikoilla, joilla esiintyy runsaasti muita samankaltaista lehtevää kasviainesta hyödyntäviä lajeja, erityisesti metsäkaurista (*Capreolus capreolus*). Tämä viittaisi siihen että lajien välinen kilpailu saa ekologisesti joustavan isokauriin muuttamaan ravinnonkäyttöään riippumatta kasvillisuuden rakenteesta. Tämä havainto osoittaa että käytettäessä kasvinsyöjänisäkkäiden ravinnonkäyttöanalyysijä elinympäristöjen paleoekologisessa rekonstruoinnissa tulee olla varovainen ja tulkintojen tulisi mahdollisuuksien mukaan perustua mahdollisimman kattavaan nisäkäsfauunan analysointiin. Laajentaaksemme mahdollisuuksia nisäkkäiden makroskooppiseen hampaiden kulumismorfologiaan (niin kutsuttuun mesowear-analyysiin) perustuvien ravinnonkäyttöanalyysimenetelmien hyödyntämiseen fossiilisten nisäkäsyhteisöjen analysoinnissa, kehitimme uudenlaisen, kulmamittauksiin perustuvan menetelmän hampaiden purupinnan suhteel-

lisen topografian mittaamiseen norsuilla ja niiden fossiilisilla sukulaisilla (Proboscidea). Tällaisen menetelmän etuna on sen helppokäyttöisyys, nopeus ja vertailukelpoisuus verrattuna muihin ravinnonkäyttöanalyysimenetelmiin. Alustavien tulostemme mukaan menetelmä antaa erinomaisia tuloksia norsueläinten ravinnon kuluttavuudesta, mikä osoittaa erityisesti heinäkasvien määrää kasvinsyöjien ravinnossa.

Saarienen, J., 2014. Ecometrics of large herbivorous land mammals in relation to climatic and environmental changes during the Pleistocene. Department of Geosciences and Geography A28. University of Helsinki. Unigrafia, Helsinki. Koosteväitöskirja. <https://helda.helsinki.fi/handle/10138/144131>

Lauri Järvinen,  
30.1.2015, Åbo Akademi

### ***Surface studies of limestones and dolostones: characterisation using various techniques and batch dissolution experiments with hydrochloric acid solutions***

**I** denna doktorsavhandling användes stegvis titrering med saltsyra för att uppmäta kemiska reaktiviteter och hur snabbt man löser upp malda kalkstensprover och dolomitstensprover med olika geologiska ursprung (sedimentära, metamorfa eller magmatiska). Beräkningarna utfördes på två sätt: 1) en förstgradsmatematisk modell användes för att räkna ut extrapolerade initiala reaktiviteter (och upplösningshastigheter) vid pH 4, och 2) en andragsgrads matematisk modell användes för att räkna ut integrerade genomsnittliga specifika kemiska reaktionskonstanter (och upplösningshastigheter) vid

pH 5. Uträkningarna av reaktiviteter och upplösningshastigheter baserade sig på förändringshastigheten i pH och partikelstorleksfördelningar. De senare uppmättes med laserdiffraktion. De initiala upplösningshastigheterna vid pH 4 var i upprepade experiment större än tidigare publicerade värden, medan upplösningshastigheterna vid pH 5 liknade de som tidigare publicerats. Reaktiviteterna och upplösningshastigheterna varierade mycket för dolomitstenar, men inte för kalkstenar och kalkhaltiga stenar. Variationerna för kalkstenarna och de kalkhaltiga stenarna kan förklaras med hjälp av relativt stora standardavvikelser i uppmätta värden. Dolomitstenarnas initiala reaktiviteter vid pH 4 kan ordnas i nedåtgående ordning: 1) metamorfa dolomitstenar som innehåller mera än ungefär 6 % kalcit, 2) sedimentära dolomitstenar som inte innehåller kalcit, 3) metamorfa dolomitstenar som innehåller mindre än ungefär 6 % kalcit. Reaktiviteterna och upplösningshastigheterna kompletterades med flera experimentella metoder för att karakterisera proverna, utreda hur olika stenar förändras under lösningsprocessen och utreda vilka faktorer som påverkar stenarnas kemiska reaktiviteter. Kemiska och morfologiska förändringar på provernas ytor erhöles genom att använda X-ray Photoelectron Spectroscopy (XPS) och Scanning Electron Microscopy (SEM). X-Ray Fluorescence (XRF) användes för att erhålla provernas kemiska sammansättningar, och Inductively Coupled Plasma-Mass Spectrometry (ICP-MS) och Inductively Coupled Plasma-Optical Emission Spectrometry (ICP-OES) för att mäta kemiska sammansättningar från lösningarna i reaktivitetexperimenten. Information om de modala kompositionerna erhöles med X-Ray Diffraction (XRD), och Energy Dispersive X-ray analysis (EDX), och undersökningar av tunnslip med ett petrografiskt

mikroskop. BET- (Brunauer, Emmet, Teller) ytor bestämdes via kvävetvets fysisorptionsdata. Ett sedimentärt ursprung, en högre kalsit-konsentration och en lägre kvartskonsentration ökade den kemiska reaktiviteten av dolomitstenar och kalkhaltiga stenar. Härutöver, kan det antas att en mindre kornstorlek och större BET-yta kan öka reaktivitet även om en säker korrelation inte kunde påvisas. Elementhalterna korrelerade inte med reaktiviteterna. Till skillnad från de metamorfa dolomitstenarna hade de sedimentära dolomitstenarna porösa ytor efter upplösningen. Härutöver användes X-ray Photoelectron Spectroscopy (XPS) och synkrotronljus baserad (HRXPS) X-ray Photoelectron Spectroscopy för att studera de kemiska bindningarna på kalsit- och dolomitytorna. Båda proverna är icke-ledande, och därför användes en elektronflödeskanon med en ledande mask för neutralisering av ytorna. Kemiska ytskift på  $0,7 \pm 0,1$  eV uppmättes i Ca 2p spektrum av kalcit och  $0,75 \pm 0,05$  eV i Mg 2p och Ca 3s spektra av dolomit. Några satelliter i Ca 2p, C 1s och O 1s spektra föreslogs härröra från bulk plasmoner. Ursprunget till karbidbindningarna föreslogs vara interaktionen mellan elektronstrålen och kolvätet på ytan. Resultaten som presenteras i denna doktorsavhandling kan utnyttjas av byggnadsindustrin, och kolkraftverk som vill ta bort svavel ur (desulfurisera) förbränningsgaserna. Våt desulfurisering av förbränningsgas har större nytta av en hög reaktivitet medan byggnadsindustrin har större nytta av en lägre reaktivitet för karbonatstenens yta, då dessa ofta används i fasader. Information om de kemiska bindningarna bidrar till att skapa noggrannare modeller för växelverkan mellan vatten och karbonatytan.

Järvinen, L., 2015. Surface studies of limestones and dolostones: characterisation using various techniques and batch dissolution

experiments with hydrochloric acid solutions. Åbo Akademi. Doktorsavhandling (sammanläggning). <https://www.doria.fi/handle/10024/103339>

*Amélie Beucher,  
8.4.2015, Åbo Akademi*

### ***Spatial modelling techniques for mapping and characterization of acid sulfate soils***

**S**ura sulfatjordar (SSJ) utgör ett stort miljöproblem eftersom surt vatten med stora mängder metaller kan frigöras och belasta vattendrag med allvarliga ekologiska skador som följd. Eftersom även små förekomster av SSJ kan påverka stora delar av kustvattnen så är det viktigt att kartera de mest kritiska områdena (s.k. "hot spots") för att kunna tillämpa olika miljömetoder där de gör störst nytta. Traditionell kartering kräver omfattande och tidskrävande fältarbete och är därför mycket dyrt. För att avgränsa och identifiera de viktigaste områdena måste kompletterande och mer kostnadseffektiva metoder utvecklas. Den primära målsättningen med denna avhandling är att utvärdera olika rumsliga modelleringsmetoder för kartering och karakterisering av markegenskaper som är relevanta för miljöriskhantering av SSJ, med hjälp av mark- och vattendata samt befintligt data över geologi, geofysik och höjdförhållanden. Olika metoder för rumslig modellering tillämpades på enskilda avrinningsområden eller på större regioner längs med den finländska kusten. Vid utvärderingen tillämpades två olika metoder baserade på s.k. Artificiella Neurala Nätverk (ANN), Radial Basis Function (RBF) -baserade ANN och Radial Basis Functional Link Net (RBFLN), på Sirpuu å:s avrinningsområde (c. 440 km<sup>2</sup>) i

sydvästra Finland, medan en metod baserad på s.k. Fuzzy logic tillämpades på bl.a. den södra delen av Finlands kustområden (c. 17,300 km<sup>2</sup>). Modellerna baserades på data över kvartärgeologi, aerogeofysik och markens lutning (härlätt ur en digital höjddatamodell). Utöver dessa krävdes också en uppsättning punktdata (dvs. markprofiler motsvarande kända SSJ eller ej kända-SSJ förekomster) för inlärning och/eller validering av modelleringssprocesserna. Genom att tillämpa dessa metoder genererades kartor över sannolikheten för förekomst av SSJ och samtidigt gjordes försök att modellera olika markegenskaper (svavelhalt, organiskt material och kritiskt sulfiddjup). Båda ANN metoderna fungerade bra för kartering av enskilda avrinningsområden. Avgränsningen av områden med mest och minst sannolika sulfatjordsområden var något noggrannare med RBFbaserade ANN än med RBFLN. Lovande resultat för karakteriseringen av olika markegenskaper i de mest sannolika SSJ områden inom enskilda avrinningsområden erhöles också med den RBF-baserade ANN-metoden. Det är också värt att notera att resultaten blev bättre när modernt material med höjddata från flygburen laserskanning (LiDAR) utnyttjades. Kartor över sulfatjordars utbredning samt deras egenskaper utgör ett viktigt verktyg för att kunna anpassa och rikta olika miljömetoder till strategiskt viktiga områden, bl. a. inom jordbruket eftersom de mest produktiva jordbruksmarkerna ofta förekommer på SSJ. Modellering med ANN-metoder kräver lämpliga datapunkter över förekomsten av sulfatjordar och icke-sulfatjordar för inlärning och validering, och precisionen på kartor och modellerade markegenskaper blir bättre ju mer punktdata som finns till förfogande. Är den befintliga punktdata mängden däremot mer begränsad så är metoder baserade på fuzzy logic ett enklare och snabbare sätt att objektivt



genomföra preliminära undersökningar på enskilda avrinningsområden eller i större regional skala. I och med att man då snabbt kan begränsa och prioritera de mest sannolika SSJ förekomsterna fungerar då modelleringen som ett viktigt verktyg vid upplägg av fältstudier. Tack vare att metoderna enkelt kan utvidgas att omfatta nya områden så kan större regioner modelleras och mycket tid kan sparas genom att minimera en tidskrävande manuell analys. Utnyttjande av olika tekniker för rumslik modellering har gett goda resultat och utgör en vidareutveckling av karteringen av SSJ. Kvaliteten på SSJ på kartor producerade med olika metoder (ANN och fuzzy logic) samt med konventionell kartering för sammanlagt 24 avrinningsområden längs med den finländska kusten (c. 21,300 km<sup>2</sup>) utvärderades också genom jämförelse med vattenkemiskt data insamlat från respektive avrinningsområde. Två vattenkemiska indikatorer som under ideala förhållanden är direkt relaterade till förekomsten av SSJ (sulfathalt och sulfat/klorid-förhållande) i åvatten jämfördes med den modellerade omfattningen av SSJ för de undersökta avrinningsområdena. Omfattningen av SSJ stöds av de vattenkemiska indikatorerna data, vilket indikerar att kartorna är tillförlitliga och jämförbara sinsemellan. Användningen av kemiska indikatorer i vatten utgör således ett kompletterande och oberoende verktyg för att granska pålitligheten av SSJ sannolikhetskartor.

Beucher, A., 2015. Spatial modeling techniques for mapping and characterization of acid sulfate soils. Åbo Akademi. Doktorsavhandling (sammanläggning). <https://www.doria.fi/handle/10024/103742>

Jussi Mattila,  
10.4.2015, Turun yliopisto

## ***Genesis and evolution of brittle structures in southwestern Finland and western South Africa – insights into fault reactivation, fluid flow and structural maturity in Precambrian cratons***

A jan saatossa erilaisten deformaatio- vaiheiden ja jäännityskenttien vaikutuksesta vanhat kiteiset peruskallion alueet saturoituvat hauraiden rakenteiden osalta. Saturoitumisen jälkeen kallioperä deformerituu pääasiallisesti vanhojen rakenteiden uudelleenaktivoitumisen kautta sen sijaan, että kallioperään syntyisi uusia hauraita rakenteita. Tätä saturoitunutta tilannetta kuvataan termillä 'rakenteellinen kypsyys'. Olkiluoto sijaitsee Lounais-Suomessa ja on ehdolla mahdolliseksi korkea-aktiivisen ydinjätteen loppusijoituspaikaksi. Vertaamalla Olkiluodosta ja Etelä-Ruotsista kerättyä aineistoa voitiin todeta, että eteläinen Svekofenninen kuori saturoitui hauraiden rakenteiden suhteen ja saavutti siten rakenteellisen kypsyyden jo Mesoproterotsooisena maailmankauden aikana. Tämän perusteella vaihe, jolloin uusia hauraita rakenteita muodostui, oli suhteellisen lyhyt verrattuna vaiheeseen, jonka aikana kallioperän deformaatio on tapahtunut olemassa olevien rakenteiden uudelleenaktivoitumisen kautta. Samanlainen kallioperän kehityskulku on havaittavissa myös Namaquamaan alueella Etelä-Afrikassa, jossa ensimmäiset hauraat rakenteet muodostuivat Neoproterotsooisella maailmankaudella. Tämän jälkeen hauras deformaatio tapahtui olemassa olevien st-

rike-slip -tyyppisten siirrostien uudelleenaktivoitumisen kautta. Näissä olosuhteissa on odotettavaa, että mahdollinen seismisyys keskittyy vanhoihin rakenteisiin, jotka ovat otollisessa asennossa vallitsevaan jännityskenttään nähden. Namaquamaan osalta seismisyyden osoitetaan keskittyvän slip tendency -analyysin avulla tunnistettuihin siirroksiin ja Olkiluodossa puolestaan Mesoproterotsooiseen siirrokseen, joka aktivoitui maanjäristyksessä Neoproterotsooisella maailmankaudella. Yhdistämällä rakennegologiset havainnot, paleojännitysanalyysin tulokset sekä suhteelliset että absoluuttiset ikämääritykset oli Olkiluodon alueelta mahdollista määritellä seistämän erilaista paleojännityskenttää: (1) NW-SE - NNW-SSE -suuntainen transpressio, joka vaikutti pian 1.75 Ga jälkeen kun kallioperä jäähdytti tasolle jossa hauraiden rakenteiden muodostuminen oli mahdollista. Tämän vaiheen aikana muodostui NNW-SSE- ja NE-SW-suuntaisia strike-slip -siirroksia ja kaakkoon loivasti kaatuvat hirttovyöhykkeet ja liuskeisuustasot uudelleenaktivoituivat synkinemaattisesti. Tätä vaihetta seurasi (2) N-S - NE-SW -suuntainen transpressio, joka aiheutti ensimmäisen vaiheen aikana muodostuneiden rakenteiden osittaista uudelleenaktivoitumista; (3) NW-SE -suuntainen ekstensio Gothian orogenian sekä rapakivigraniittien ja diabasisjuonien muodostumisen aikana; (4) NE-SW -suuntainen transtensio, joka vaikutti aikavälillä 1.60–1.30 Ga ja jonka seurauksena muodostui NW-SE-suuntainen Satakunnan graben-rakenne, joka sijaitsee n. 20 km Olkiluodosta pohjoiseen. Tämän vaiheen aikana muodostuivat myös Olkiluodon alueen greisenjuonet. (5) NE-SW kompressio, joka on iältään nuorempi kuin alueen 1.56 Ga-ikäiset rapakivigraniitit ja 1.27 Ga-ikäiset oliviinidia-

baasit; (6) E-W-suuntainen transpressio Mesoproterotsooisen Svekonorjalaisen orogenian alkuvaiheessa ja joka myös edelsi lähes koaksiaalista (7) E-W -suuntaista ekstensiota Svekonorjalaisen orogenian loppuvaiheen romahduksen aikana. Kiteisten kivien rakosysteemiin kinemaattinen analyysi antaa myös viitteitä kehykset fluidien ja kivimassan vuorovaikutusten tarkastelemiseen hauraissa olosuhteissa. Tämänkaltaisen tarkastelu on oleellista monissa rakennusgeologian sovelluksissa, kuten pohjavesien liikkeiden mallinnuksessa, CO<sub>2</sub>:n väliaikaisessa ja pitkäkestoisessa varastoinnissa sekä jätteiden pysyvän loppusijoituksen paikatutkimuksissa. Fluidien virtausta Olkiluodon kallioperään raoissa kontrolloi nykyisen jännitystilan aiheuttama alhainen normaalijännitys sopivan suuntaisissa raoissa. Tämä hydromekaaninen kytkentä poikkeaa yleisesti hyväksytystä käsityksestä, jonka mukaan fluidit virtaavat kallioperään niissä raoissa, jotka ovat ns. kriittisessä jännitystilassa. Ero johtuu Olkiluodon rakojen sijainnista kallioperän pintaosassa, jossa alhaisten differentiaalijännitysten vuoksi raot aktivoituvat mekaanisesti alhaisten normaalijännitysten ja dilataation kautta. Kallioperän syvemmissä osissa fluidien virtausta raoissa määrittää suurempi differentiaalijännitys, jonka seurauksena raoissa tapahtuu dilataation sijaan siirrostumista.

Mattila, J., 2014. Genesis and Evolution of Brittle Structures In Southwestern Finland and Western South Africa. Insights into Fault Reactivation, Fluid Flow and Structural Maturity in Precambrian Cratons. Annales Universitatis Turkuensis A II 300. Koosteväitöskirja. <https://www.doria.fi/handle/10024/103775>



Anne Rautio,  
16.6.2015, Helsingin yliopisto

## **Groundwater-surface water interactions in snow-type catchments: integrated resources**

**P**ohja- ja pintavettä on aikaisemmissa hydrologisissa ja hydrogeologisissa tutkimuksissa tarkasteltu erillisinä vesivarastoina. Tämä perinteinen lähestymistapa on sekä aliarvioinut pohjavesi–pintavesi vuorovaikutuksen yleisyyttä että yksinkertaistanut vesivarojen hallinnoimiseen liittyviä tekijöitä. Tässä väitöskirjatyössä selvitettiin aikaisemmin huonosti tunnettua pohjavesi–pintavesi vuorovaikutusta Pyhäjärven ja Vantaanjoen valuma-alueilla. Tutkimuksessa hyödynnettiin fysikaalisia, kemiallisia (pääionikoosumus, liuennut silikaatti, happi- ja vetyisotoopit) sekä termisiä menetelmiä, erityisesti helikopterista toteutettua lämpökamerakuvausta. Tutkimuksessa pyrittiin paikantamaan vuorovaikutuskohdat, selvittämään vuorovaikutuksen voimakkuus ja laajuus, arvioimaan käytettyjen tutkimusmenetelmien soveltuvuutta sekä hankkimaan perustietoa kemiallisten muuttujien vuodenaikaisesta vaihtelusta tutkituilla valuma-alueilla sekä tarjoamaan menetelmiä aikaisempaa kokonaisvaltaisemman vesienhallinnan tueksi. Pyhäjärven valuma-alueella kenttätutkimukset osoittivat pohjaveden purkautumisen suoraan järveen tapahtuvan pääasiassa järven koillisrannan 10 km pituisella osuudella ja liittyvän harjumuodostumiin. Pohjaveden purkautumisnopeus vaihteli paikallisesti paljon järven heterogeenisestä pohja-aineksesta johtuen. Eri menetelmillä saadut tulokset tukivat toisiaan ja vahvistivat pohjaveden purkautuvan järveen koillisrannalla, mutta myös järviveden imeytyvän akviferiin järven pohjoiskulmassa. Vuoden kestävä seurantaohjelma toi perustietoa veden stabiili-

lien isotooppien ja hydrogeokemiallisten muuttujien vuodenaikaisvaihtelusta Pyhäjärven valuma-alueella. Veden peruskemiallisissa isotooppisuhteissa ja liuennun silikaatin pitoisuuksissa havaittiin voimakas vuodenaikainen vaihtelu vesistön eri osissa. Tätä saatua tietoa vuodenaikaisvaihtelun systematiikasta voidaan hyödyntää pohjavesi–pintavesi vuorovaikutustutkimuksissa pohjoisilla alueilla. Kevätsulannan ja rankkasateiden aikana kerätyt näytteet voivat olla sekä näytteenotollisesti ongelmallisia että tulkinallisesti moniselitteisiä. Vantaanjoessa ja sen sivu-uomissa tunnistettiin 370 pohjaveden purkautumispaikkaa kahtena perättäisenä vuotena lennetyissä lämpökamerakuvauksissa. Kunnallisten vesilaitosten läheisyydessä havaittuja vuorovaikutuspaikkoja voidaan pitää potentiaalisina riskeinä vedenotamoille sekä tulva-aikoina että alivirtaamakaudella suurilla pumppausmäärillä, ja vuorovaikutuspaikat tulisi ottaa huomioon vesivarojen hallinnassa muuttuvissa ilmasto-oloissa. Tämä työ havainnollistaa pohjavesi–pintavesi vuorovaikutuksen olevan paljon aikaisemmin luultua yleisempää tutkituilla valuma-alueilla. Tutkimus osoitti, että vesivarojen hallinnassa tulisi pyrkiä aikaisempaa kokonaisvaltaisempaan lähestymistapaan. Vuorovaikutus on dynaaminen ilmiö sekä ajallisesti että paikallisesti, ja se myös vaihtelee suuruudeltaan ja suunnaltaan. Tulevaisuudessa muuttuvat ilmasto-olosuhteet tulevat korostamaan kokonaisvaltaisen tutkimusnäkökannan tarpeellisuutta vesivarojen hallinnassa. Tämä väitöskirjatyö korostaa useamman tutkimusmenetelmän samanaikaisesta käyttämisestä saatavaa hyötyä.

Rautio, A., 2015. Groundwater-surface water interactions in snow-type catchments: integrated resources. Department of Geosciences and Geography A32. University of Helsinki. Unigrafia, Helsinki. Koosteväitöskirja. <https://helda.helsinki.fi/handle/10138/155060>

## Using modern and fossil pollen data for climate and human influence reconstructions in China

Assessing the numerical relationships among pollen spectra, human influence and climate is a critical prerequisite for obtaining reliable and robust pollen-based quantitative reconstructions for past climatic variations and human-induced environmental changes. Here, modern pollen data from small river catchments in human-influenced mountainous ecosystems of northern China are collected to investigate the pollen/vegetation/land-use relationships. The effects of human influence index (HII) in comparison with key climate variables on influencing modern pollen distribution are evaluated using a continental-scale dataset. The importance of different climate variables accounting for modern pollen distribution is quantified for identifying the determinant variables that can be reconstructed in different bioclimatic regions of China. Furthermore, pollen-based calibration models for HII and climate parameters are developed and applied to a set of fossil pollen data for quantitative human influence and climate reconstructions. In addition, the bias caused by long-term and intensive human influence on vegetation in quantitative pollen-based palaeoclimatic reconstructions is examined, and pollen-based climate reconstructions are used to validate the reliability of climate model simulations. The results reveal that pollen assemblages from surface sediment samples in the Tuoliang and Qipanshan catchments from northern China are dominated by *Artemisia*, *Chenopodiaceae*, *Pinus* and *Selaginella sinensis*. Pollen types indicative of human activities such as *Cerealia*-

type are common but not abundant. *Artemisia* and *Chenopodiaceae* percentages decline with decreasing altitude, whereas *Pinus* and *S. sinensis* percentages increase, suggesting that saccate *Pinus* pollen and *S. sinensis* spores can be transported further than non-saccate pollen types and that pollen sorting is taking place over water transportation. There is a positive linear relationship between percentages of *Cerealia*-type pollen and proportions of farmland, whereas correlation between percentages of trees, shrubs and herbs pollen and proportions of woodland, scrubland and grassland respectively is poor. This can be attributed to the differences in pollen productivity, deposition and dispersal. These findings may provide the basis for a modeling approach to reconstruct past land-cover changes at small catchment scale in northern China. The effects of HII on accounting for modern pollen distribution are smaller than annual precipitation (PANN) or annual average temperature (TANN) in most regions of China, with the exception of east-central China that has a significant pollen–HII relationship. The importance of six climate variables (PANN; TANN; actual/potential evapotranspiration ratio, Alpha; mean temperature of the warmest month, MTWA; mean temperature of the coldest month, MTCO; annual sum of the growing degree days above 5 °C, GDD5) for the geographical distribution of modern pollen data differs among regions in China. Hydrological variables are more important than temperature-related variables in north-western and -eastern China and the Tibetan Plateau, whilst temperature-related variables are dominant in east-central and southern China. This suggests that the critical climate variables which can be optimally reconstructed from pollen data vary regionally in China. These regional differences are common to other large-scale surface pollen

datasets and need to be taken into considerations in pollen-based climate reconstructions. The calibration models for HII, PANN and TANN show good statistical performances and are applied to a fossil pollen sequence from Lake Tianchi in east-central China. The inferred HII increases abruptly at 1100 cal. yr BP and remains high until present-day. Correspondingly, the reconstructed PANN shows a sudden decrease since 1100 cal. yr BP, whereas TANN displays an increase. However, other independent palaeoclimatic records mostly contradict the reconstructed climatic trends for the last 1100 years, suggesting that the Tianchi climate reconstructions for this period are biased by the intensification of human influence. Such a bias probably occurs in other palaeoclimatic reconstructions based on pollen data from other regions where human impact on vegetation is also intensive and long-lasting. The calibration models for the summer monsoon precipitation ( $P_{jja}$ ) also exhibit good predictive performances and are applied to a set of fossil pollen data from monsoonal China. The Holocene  $P_{jja}$  reconstructions from northern China are stacked to one record, showing that  $P_{jja}$  increases since 9500 cal. yr BP, reaches the maximum at 7000–4000 cal. yr BP, and falls down to present-day. The reconstructions are compared with  $P_{jja}$  simulations from the Kiel Climate Model (KCM). The model output and reconstructions are different for the early-Holocene for which the model suggests higher  $P_{jja}$ . The simulated  $P_{jja}$  changes for the Holocene summer monsoon maximum (HSMM) are smaller than the reconstructed changes. The increasing or decreasing  $P_{jja}$  trends before or after the HSMM are more pronounced in the reconstructions than in the model results. Other palaeoclimatic data show substantial Holocene monsoon precipitation changes. This suggests that the KCM underestimates the magnitude of the summer monsoon



## 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.



precipitation changes. The results obtained in this work highlight the necessity for critically assessing the modern pollen/human-influence/climate relationships at various spatial scales and can be used to improve the correctness and robustness of pollen-based climate and human influence reconstructions in China and other regions of the world with largescale surface pollen datasets. The pollen-based calibration models and their forthcoming applications can be employed to further

quantitatively explore the past environmental changes and climatic dynamics and to validate the accuracy of climate model out.

Li, J., 2015. Using modern and fossil pollen data for climate and human influence reconstructions in China. Department of Geosciences and Geography A34. University of Helsinki. Unigrafia, Helsinki. Koosteväitöskirja. <https://helda.helsinki.fi/handle/10138/155632>

## UUSI IGCP-PROJEKTI ALKANUT!

Supermannertutkimuksen viimeaikaiset tulokset viittaavat siihen, että maapallon geodynaamiikkaa hallitsevat ns. supermannersykli eli eri mantereiden yhteenliittymiset ja hajoamiset. Tulokset osoittavat kiistatta, että paleotsoosta Pangea-supermannerta edelsivät prekambriiset supermantereet Rodinia (1100–700 miljoonaa vuotta sitten) ja Nuna (1880–1200 miljoonaa vuotta sitten) sekä mahdollisesti arkeinen-paleoproterotsooinen Kenorland (2700–2400 miljoonaa vuotta sitten) superkratoni. Viimeaikaiset geofysikaaliset ja geokemialliset tulokset viittaavat siihen, että maapallon litosfäärilaa-  
tat, vaippa ja ydin ovat kiinteässä vuorovai-  
kutuksessa, mikä johtaa supermannersyklar-  
syntyn.

YK:n (UNESCO) alainen Kansainvälinen geologinen korrelaatio-ohjelma (IGCP) on hyväksynyt ohjelmaansa uuden hankkeen "Supermannersykli ja globaali geodynaamiikka" (IGCP-648). Ohjelmaa rakennettiin useita vuosia (Suomesta mukana mm. professori Lauri J. Pesonen) ja se hyväksyttiin IGCP:n tieteellisen neuvottelukunnan kokouksessa helmikuussa 2015. Uusi hanke pyrkii kokoa-  
maan tutkijoita poikkitieteellisesti. Hankkeen 5-vuotisohjelma (2015–2019) tullaan raken-



tamaan sen ensimmäisessä työko-  
kousessa, joka pidetään Havaijilla  
joulukuussa 2015 (ks. [http://  
geodynamics.curtin.edu.au](http://geodynamics.curtin.edu.au)).  
Hankkeen tavoitteena on myös  
koota yhteisiä ja kaikille avoimia  
GIS-pohjaisia geoalojen tietokantoja  
(esim. HY:ssa rakennettu PALEOMA-  
GIA-tietokanta, [http://h175.it.helsinki.fi/  
database](http://h175.it.helsinki.fi/)). Aikaisempien supermannertut-  
kimukseen liittyvien IGCP-hankkeiden (IGCP-  
509 ja IGCP-440) tavoin myös tämän uuden  
hankkeen puitteissa järjestetään kansainvälisiä  
työkokouksia, konferensseja, seminaareja ja  
kenttäekskursioita, joihin suomalaiset geotietei-  
lijät ovat tervetulleita osallistumaan.

Allekirjoittaneilta saa lisätietoja hankkeesta.  
Otamme myös vastaan vinkkejä ja ehdotuksia  
hankkeen ohjelman päivittämiseksi vuosille  
2016–2019.

Kumpulassa 4.9.2015

JOHANNA M. SALMINEN  
JA LAURI J. PESONEN  
Kiinteän maan geofysiikan laboratorio  
Helsingin yliopisto  
[johanna.m.salminen@helsinki.fi](mailto:johanna.m.salminen@helsinki.fi)  
[lauri.pesonen@helsinki.fi](mailto:lauri.pesonen@helsinki.fi)