



Värriön tutkimusasema, maaliskuu 2022. Kuva: Līva Trasūne.

Värriö Research Station, March 2022. Photo: Līva Trasūne.

Suomen muinaisia ilmastoja luotaamassa: retki Värriön tutkimusasemalle

J. SAKARI SALONEN, NIINA KUOSMANEN, LĪVA TRASŪNE JA JAN WECKSTRÖM

Itä-Lapissa, Värriön matalan tunturiketjun kupeessa sijaitseva Värriön tutkimusasema on yksi Helsingin yliopiston kaikkiaan kahdeksasta kenttätutkimusasemasta. Vuonna 1967 avatulla Värriön asemalla tehdään luonnontieteellistä tutkimusta laajalla kirjolla, liittyen esimerkiksi metsä- ja tunturiluontoon ja sen vuodenaikaiseen kiertoon sekä ilmakehän prosesseihin ja ilmansaasteiden kulkeutumiseen. Värriön tutkimusaseman rakennukset sijaitsevat noin 350 metrin korkeudella merenpinnasta, Värriön tuntureista pohjoisimman Ykköksen juurella. Erilaisia aseman mittalaitteita on sijoitettu myös läheisille vaaroille ja tuntureille. Aivan aseman kupeessa sijaitsee pieni Kuutsjärvi, joka mainion sijaintinsa vuoksi on päässyt aineistoksi jo kymmeneen, erityisesti arktisia makean veden ekosysteemejä käsitteleviin tutkimuksiin.

Tämän vuoden (2022) maaliskuussa suun-

tasimme Värriön tutkimusasemalle kenttätöihin. Aseman syrjäisen sijainnin vuoksi tai-toimme viimeisen noin 10 kilometrin matkan moottorikelkan kyydissä (kuva 1). Asemalla on aina paikalla kaksi henkilökunnan jäsentä, jotka auttavat asemalle tulevia tutkijoita niin alueella liikkumisessa kuin ruokahuollossakin, mikä luo oivalliset olosuhteet kenttätöihin keskittymiseen. Aseman pihapiirissä voi törmätä monenkirjavaan eliöstöön. Tutkimusasemaa ympäröivä luminen metsä sekä meitä tervehtimään tulleet kuukkelit ja taviokuurnat – sekä aseman liepeillä liikkunut puolikesy poro (kuva 2) – tarjosivat unohtumattomia elämyksiä viikon aikana.

Värriön tutkimusasema sijoittuu vuonna 1981 perustetun Värriön luonnonpuiston sisälle. Suomen kaikki yhdeksäntoista luonnonpuistoa ovat maamme ankarimmin suojeltuja ympäristöjä. Kansallispuistoista poike-

ten useimmissa luonnonpuistoissa saa kulkea vain tutkimustarkoituksessa, jotta alueet säilyisivät täysin luonnontilaisina. Tieteelliselle tutkimukselle koskemattomat luonnonpuistot tarjoavat mittaamattoman arvokkaita vertailualueita tutkittaessa niin luonnon omaa muutosta kuin ihmisen ympäristövaikutustakin.

Paleoklimatologia: ikkuna maapallon menneisyyteen

Värriön alueella tekemämme kenttätööt pureutuvat pienen luonnontieteellisen tutkimusalan, paleoklimatologian, avoimiin kysymyksiin. Paleoklimatologia – jonka voi kääntää muinaisilmastojen tutkimukseksi – tutkii maapallon ilmaston kehitystä kaukaisessa menneisyydessä, viimeisten tuhansien tai jopa miljoonien vuosien aikana. Paleoklimatologisen tutkimuksen aineistona käytetään erilaisia maankamaraan kerrostumia, jotka voivat kertoa jotain maapallon muinaisista olosuhteista. Esimerkiksi puiden vuosirenkaat, napa-alueiden jääkerrokset, suot, järvien pohjakerrostumat ja vanhat maakerrokset ovat eräänlaisia luonnon arkistoja, joihin tallentuu tietoa muinaisten ajanjaksojen ilmasto-oloista.

Muinaisten ilmastojen tutkimus kytkeytyy vahvasti nykyiseen ilmastomuutokseen. Paleoklimatologiset aineistot olivat keskeisessä asemassa vuosituhannen vaihteen aikoihin,

kun ilmastotutkijat pyrkivät kuumeisesti arvioimaan, onko maapallon ilmastossa tapahtumassa sen pitkäaikaisesta, vuosituhantisesta luonnollisesta vaihtelusta poikkeavaa lämpenemistä. Lopputuloksena oli selvä: nykyään tiedetään, että tämänhetkinen, noin 1,1 asteen nousu on nostanut maapallon keskilämpötilan korkeimmalle tasolle koko nykyisen lämpökauden, noin 12 000 vuotta sitten alkaneen holoseenin aikana (IPCC 2021).

Lämpenevässä maailmassa paleoilmatot tarjoavat myös monia mahdollisuuksia tulevaisuuden parempaan ymmärtämiseen. Maapallon muinaiset ilmastovaiheet, niin kylmät kuin lämpimät, tarjoavat ilmastotutkijoille tärkeän vertailuaineiston. Ne kertovat miten ilmasto reagoi erilaisiin vaikuttimiin, kuten muutoksiin kasvihuonekaasujen pitoisuuksissa. Ilmaston kehitystä tulevien vuosikymmenien aikana pyritään ennustamaan tarkoilla, supertietokoneilla ajettavilla simulaatioilla. Näiden simulaatioiden kehitystyö nojaa osaltaan myös paleoilmatotietoon. Ilmastotutkijat testaavat mallejaan ajamalla niitä tavallaan taaksepäin: yrittämällä ”ennustaa” muinaisia ilmastovaihteita, joiden todellinen tila tunnetaan paleoklimatologien keräämien aineistojen perusteella. Kosmologi Carl Sagan laushti jo vuonna 1980, että ihmiskunnan on tunnettava historiansa voidakseen ymmärtää nykyisyyttä. Tämä ajattelutapa on mitä konkreet-

Kuva 1. Matkalla kohti Värriön tutkimusasemaa. Kuva: Niina Kuosmanen.

Figure 1. Snowmobile transit to the Värriö Research Station. Photo: Niina Kuosmanen.





Kuva 2. Värriön tutkimusaseman sivurakennuksia. Utelias, aseman henkilökunnan Kaalepiksi ristimä poro oli käyskennellyt jo kuukausien ajan aseman lähistöllä. Kuva: J. Sakari Salonen.

Figure 2. Side buildings of the Värriö Research Station. A curious reindeer, named Kaaleppi by the resident staff, had hung around the station for months. Photo: J. Sakari Salonen.

tisimmin käytössä ilmastotutkimuksessa, kun paleoklimatologinen tieto auttaa parantamaan ennusteita tämän vuosisadan suurimmasta kehityskysymyksestä. Myös arviot monista ilmastomuutoksen seurannaisvaikutuksista, kuten maapallon napajäätiköiden sulamisesta ja merenpinnan noususta, nojaavat siihen, mitä tiedetään jäätiköiden kehityksestä muinaisten lämpökausien aikana.

Lapin muinaiset ilmastomuutokset: avain tulevaan?

Värriössä tekemämme tutkimukset perustuvat alueen järvien pohjakerrostumista kairattuihin näytesarjoihin (kuva 3). Meille paleoklimatologeille suomalaisten järvien saviset ja liejuiset pohjasedimentit tarjoavat mainioita aikasarjoja menneistä muutoksista. Järvialtaiden pohjalle, veden alle kerääntyy vuosituhansien kuluessa parhaimmillaan useita metrejä paksuja, aikajärjestyksessä olevia häiriintymättömiä

kerrossarjoja, jotka ovat tutkijalle todellisia aarreaittoja. Eri-ikäiset kerrokset sisältävät esimerkiksi fossiilisia siitepölyjä, isompia kasvi-fossiileja ja myös monien vedessä elävien organismien, kuten levien ja hyönteisten, jäänteitä. Kaikki nämä pienet tiedonjyvät yhdessä mahdollistavat parhaimmillaan hyvinkin tarkan tuhansien vuosien takaisten ilmasto-olojen arvioimisen. Lisäksi tiedonlähteenä toimivat esimerkiksi kerrostumien kemialliset muistijäljet: alkuaineiden, kuten vedyn ja hapen eri isotoopit ja niiden välisten suhteiden vaihtelu säilövät nekin tietoa muinaisista ilmastosta. Myös pohjamudan fysikaaliset ominaisuudet kuten sedimentin orgaanisen aineksen pitoisuus, sedimentin raekoko tai sedimentin magneettisuus voivat auttaa ymmärtämään tuhansien vuosien takaisia olosuhteita.

Värriön asema ja sen lähialueet ovat olleet tärkeässä roolissa Suomessa tehtävässä paleoil-mastotutkimuksessa. Noin viidentoista kilometrin päässä Värriöstä sijaitsevasta Soklista on kerätty Suomen ajallisesti kattavin paleo-ilmastoaineisto, joka ulottuu 120 000 vuoden takaiselle Eem-lämpökaudelle (Salonen 2018; Salonen & Helmens 2018). Eem-kausi on tärkeä vertailujakso ilmastotutkimukselle, koska sen käsitetään olevan viimeisin kerta maapallon historiassa, jolloin ilmasto lämpeni merkittävästi verrattuna ihmisen ilmastovaikutusta edeltävään tasoon.

Tämänhetkisissä Värriön tutkimuksissa keräämme tarkkoja aineistoja nykyisestä lämpökaudesta, holoseenista, täydentämään tätä pitkää aineistoa muinaisesta ilmastokehityksestä. Samalla Värriö ja Sokli tarjoavat meille tutkijoille kiehtovan ”toistokokeen” maapallon ilmaston kehityksestä. Kun Värriön tutkimukset ovat valmiina, meillä on alueelta tarkat aineistot kahdesta lämpökaudesta, joita muovasivat osin samanlaiset mutta osin tyystin erilaiset tekijät. Lämpimyydestään kuuluisan Eem-kauden ilmastoon vaikuttivat voimakkaasti maapallon kiertoradan muutokset: niin sanottujen Milankovićin syklien ai-

heuttamat vaihtelut planeetan eri osiin lankeavassa auringonsäteilyssä olivat Eem-kaudella valtavia – suurimpia lähes miljoonaan vuoteen. Toisaalta kasvihuonekaasujen tasot eivät olleet poikkeuksellisia: pitoisuudet pysyivät halki niin Eem- kuin holoseenikaudenkin 270–280 miljoonasosan tuntumassa. Tämä on lähellä niin sanottua esiteollista tasoa, jolta ihmisen teollinen toiminta käänsi 1800-luvulta alkaen kurssin kohti nykyisiä, yli 410 miljoonasosan lukemia. Toinen merkittävä ero Eem-kauden ja holoseenin välillä löytyy ihmisen läsnäolosta ja vaikutuksesta ympäristöön. Nykyihminen (*Homo sapiens*) saapui Eurooppaan viimeisen jääkauden aikana, noin 50 000 vuotta sitten. Soklin alueen arkeologisten löytöjen perusteella nykyihminen levittäytyi Itä-Lappiin jo yli 10 000 vuotta sitten, pian mannerjäätikön vetäytymisen jälkeen. Eem-kaudella Eurooppaa asutti vain varhaisemman ihmislajin, neandertalinihmisen huomattavasti pienempi väestö, joka oli lisäksi tiheimmillään kaukana etelässä, Välimeren alueella: Suomesta varmoja merkkejä neandertalien läsnäolosta ei ole. Miten Lapin ilmasto ja muu ympäristö kuten kasvillisuus kehittyivät näiden moninaisten vaikuttimien ristipaineessa? Tähän toivomme Värriön tutkimusaineistojen antavan uusia näkökulmia.

Toisena mielenkiinnon kohteenaamme ovat tuhansien vuosien pituisia lämpökausia lyhyemmät muinaisilmaston piirteet. Paleoklimatologit kutsuvat äkillisiksi ilmastomuutoksiksi muinaisilmastojen vaiheita, joissa voidaan erottaa selvästi ilmaston hitaammasta taustavaihtelusta erottuvia nopeita heilahduksia. Ihmisperspektiivistä nämäkin ilmastovaiheet voivat olla pitkäkestoisia, kestäen useita kymmeniä tai satoja vuosia.

Soklin aineistojen perusteella tehty, 120 000 vuoden takaisen Eem-kauden tutkimus paljasti ohimeneviä kylmiä ilmastovaiheita, jotka on liitetty Atlantin merivirtojen häiriöihin (Salonen 2018; Salonen & Helmens 2018). Samantyyppinen ilmastohäiriö tunnetaan myös nykyisen lämpökautemme



Kuva 3. Yksi tutkimuskohteista oli noin kolmen kilometrin päässä asemalta sijaitseva, virallisesti nimeämätön pieni järvi. Kuvassa sedimenttikaira on laskettu jään läpi järven pohjakerrostumaan. Kuva: Liva Trasūne.

Figure 3. One of the research sites was a small, officially unnamed lake located about three kilometres from the station. In the photo a sediment corer has been lowered to the bottom of the lake. Photo: Liva Trasūne.

holoseenin alkuosassa noin 8200 vuotta sitten, jolloin tapahtui noin parin sadan vuoden pituinen kylmä ilmastovaihe. Tässäkin tapauksessa kylmenemisen syynä on pidetty pohjoisia alueita lämmittävien Atlantin merivirtojen äkillistä hidastumista. Värriö ja Sokli voivat tarjota tästäkin kysymyksestä ainutlaatuisen toistokokeen: minkälaisina Atlantin merivirtojen häiriöt ja niiden ilmastovaikutukset näyttäytyvät, kun maan uumenista kairattujen aineistojen perusteella päästään vertailemaan useita eri tapauksia? Tällaiset äkilliset häiriöt, jotka voivat kääntää pitkäaikaisen ilmastokehityksen pääläelleen ovat Sakari Salosen nykyisen, Suomen Akatemian rahoittaman *Climate shocks* -tutkimushankkeen keskiössä.



Kuva 4. Jan Weckström nostaa pintasedimenttien keräämiseen suunniteltua näytteenotinta järvestä. Kuva: Līva Trasūne.

Figure 4. Jan Weckström raising a sampler designed to retrieve lake surface sediments. Photo: Līva Trasūne.

Kysymys on kutkuttava, kun Eurooppaa lämmittävien merivirtojen on laajalti ennustettu hidastuvan ilmastomuutoksen seurauksena (Salonen 2021). Näitä häiriöitä voi selvittää myös Värriön tutkimusaseman lähialueen järvien sedimenttisarjojen piileväjäänteistä, jotka ovat Jan Weckströmin pääasiallinen työkalu. Piilevät, mikroskooppisen pienet yksisoluiset perustuottajat ovat erinomaisia ympäristömuutoksen indikaattoreita ja muutokset niiden lajisuhteissa kertovat usein tarkastikin menneiden aikojen ympäristöolosuhteista (Weckström ym. 2006).

Ilmastoon liittyvien tutkimuskysymysten lisäksi tutkimusryhmämme mielenkiinnon kohteena oli alueen metsäpalohistorian selvittäminen. Tutkimusasemaa ympäröivässä metsässä on puiden rungoilla nähtävissä menneiden palojen jättämiä paloarpia, jotka kertovat vuosisatojen takaisista paloista. Järvien sedimenttiarkistoihin on kuitenkin tallentunut tietoa alueella tapahtuneista vielä vanhemmista, vuosituhansien takaisista metsäpaloista, kun palojen aikana syntyneet ja ympäristöön levinneet pienet hiiltyneet kapaleet ovat kerrostuneet järviältäiden pohjalle. Tutkimalla näitä kerroksia voidaan määrittää palojen toistuvuudessa tapahtuneita muutoksia. Vielä syvemmälle muinaiseen metsäpalo-

historiaan päästään tutkimalla itse hiilihiukkasia mikroskoopissa: hiukkasten muodon perusteella voidaan selvittää myös palojen mahdollista voimakkuutta ja palaneen materiaalin alkuperää (Kuosmanen 2019). Kun näin saatu tieto palotapahtumista yhdistetään siitepölyaineistoihin, jotka kertovat alueen muinaisesta kasvillisuudesta, päästään lopulta sukeltamaan metsäpalojen ja kasvillisuuden pitkäaikaiseen vuorovaikutukseen: miten palot ovat vaikuttaneet metsäkasvillisuuteen ja miten kasvillisuuskoostumus vaikuttaa palojen esiintymiseen.

Kenttätöön arktisia haasteita

Nykyään Värriö on yksi Suomen kylmimmistä paikoista. Tammikuussa 1999 Naruskassa, joka sijaitsee 40 kilometriä Värriöstä etelään, mitattiin järisyttävä $-54,3^{\circ}\text{C}$ pakkaslukema. Suomen virallinen kylmyysennätys tämä ei ole, vaan tuo kunnia kuuluu Kittilässä samana yönä mitatulle $-51,5^{\circ}\text{C}$ lukemalle. Naruskassa ei sijainnut tuolloin Ilmatieteen laitoksen virallista asemaa, vaan epävirallinen hirmulukema mitattiin Oulun yliopiston hallinnoimalla anturilla (Koski 2016).

Itä-Lapin ankarat olosuhteet asettavat samalla suuria rajoitteita kenttätöille. Lauhassa ja trooppisessa ilmastovyöhykkeessä vastaavia järvien pohjakerrostumia kairataan erilaisten veneiden tai lauttojen päältä, mutta työ on helppompaa pohjoisten järvien vakaalta jääkannelta. Keskellä kylmintä talvea työ olisi kuitenkin äärimmäisen vaikeaa. Tuulisella järven jäällä jäätyvät tällöin nopeasti paitsi tutkijat erityisesti myös kairauskalusto, joka nostetaan pohjasta järiveden kastelemana (kuva 4). Liikkuminenkin on alueella keskitalvella vaikeampaa, sillä puuterilumi ei kanna moottorikelkkaa kovinkaan hyvin. Vaikka järvien jääpeite kestää Värriön alueella pitkään, noin toukokuun lopulle, emme kuitenkaan voineet odottaa kovin pitkälle kevääseen. Kelien lämmitessä ja paksujen kinosten sulaessa järvien jäälle ker-



Kuva 5. Niina Kuosmanen, Sakari Salonen ja Līva Trasūne kaira-aineistojen kanssa. Kuva: Jan Weckström.

Figure 5. Niina Kuosmanen, Sakari Salonen and Līva Trasūne with collected sediment core sections. Photo: Jan Weckström.

tyy niin paljon vettä, ettei jäällä liikkuminen saati kairaaminen ole enää mahdollista. Näin mahdollinen aikaikkuna kenttätöille rajautuu käytännössä muutamaan alkukevään viikkoon.

Maaliskuun toiselle viikolle sijoittuneissa kenttätöissämme olosuhteet olivat lopulta suosiolliset. Päivälämpötilat liikkuivat kenttätöille mukavissa lukemissa, noin viidessä pakkasasteessa. Lunta Värriössä oli luonnollisesti paljon, noin metrin paksuudelta, mikä asetti sinänsä odotetut rajoitteet liikkumiselle. Värriön aseman tutkimusteknikko Tarmo Kylli siirsi kairauskaluston moottorikelkan perävaunussa kohdejärvien lähistölle. Me tutkijat liikuimme aseman ympäristössä joko umpihankeen soveltuvilla metsäsuksilla tai lumikengillä. Ilman apuvälineitä aseman piha-alueen ulkopuolelle ei olisi ollutkaan asiaa, sillä pehmeään lumihankeen upposi äkkiä ja ylöspääsy hangesta ilman apua oli sangen vaikeaa. Suotuisissa oloissa myös itse kairaus sujui hyvin: onnistuimme keräämään täydellisen näytesarjan aseman lähellä sijaitsevan järven pohjakerrostumasta (kuva 5). Työmme jatkuu nyt aineiston radiohiiliajoittamisella. Tämän jälkeen kansainvälinen tutkijaryhmämme alkaa analysoida erilaisia fossiilien ryhmiä ja alkuaineiden isotooppeja, joista lopulta voidaan muodostaa kokonaiskuvaa Itä-Lapin ilmaston

ja kasvillisuuden kehityksestä viimeisten reilun 10 000 vuoden aikana.

FT J. SAKARI SALONEN
(sakari.salonen@helsinki.fi)

FT NIINA KUOSMANEN
(niina.kuosmanen@helsinki.fi)

FM LĪVA TRASŪNE
(liva.trasune@helsinki.fi)

GEOTIETEIDEN JA MAANTIETEEN
OSASTO
Helsingin yliopisto

FT JAN WECKSTRÖM
(jan.weckstrom@helsinki.fi)

EKOSYSTEEMIT JA YMPÄRISTÖ
-TUTKIMUSOHJELMA
Helsingin yliopisto

J. Sakari Salonen, Niina Kuosmanen ja Jan Weckström ovat Helsingin yliopiston tutkijoita, jotka tutkineet Värriön ja Soklin alueen paleoilma-aineistoja kymmenen vuoden ajan. Līva Trasūne on tekemässä Helsingin yliopistossa väitöstutkimustaan kasvifossiilien käytöstä paleoilma-aineistotutkimuksessa.

Summary

Probing Finland's ancient climates: a trip to Värriö Research Station

The Värriö Research Station, located within the municipality of Salla in eastern Finnish Lapland, is one of the total eight field stations maintained by the University of Helsinki. Established in 1967, the Värriö station falls within the Värriö Strict Nature Reserve and is consequently one of the most rigorously protected natural areas of Finland, with access only granted for research purposes.

In March 2022, we spent a week at the station to collect materials for palaeoclimate

research, the study of Earth's climate change through geological history. The area around Värriö has seen active palaeoclimate studies for some time: the Sokli site, located some 15 km from Värriö, has yielded a much-studied, long climate time series, spanning through the last ice age and into the preceding Eemian interglacial period (ca. 115,000–130,000 years ago). Our current research at Värriö focuses on obtaining high-resolution geological sequences for the current interglacial, the Holocene (past 11,700 years), to complement the Sokli datasets.

Our work is based on sedimentary sequences cored from the region's many lakes. For palaeoclimatologists the lakebed sediments, up to several metres thick, provide a plethora of information. Different groups of fossils (pollen grains, macroscopic plant remains, insects, microscopic algae) as well as isotopic analyses can all play a role in creating a high-resolution reconstruction of past climates.

Our research questions are manifold. On one hand, we are interested in the interglacial periods themselves, which are important reference periods for climate science. As past cases of warm climate, both the Eemian interglacial and the Holocene play a role in understanding the current warming, as well as in tuning the climate simulations used to predict future climatic evolution. At the same time, our research interests include so-called abrupt climate events which have occurred during the Eemian and Holocene interglacials. These are relatively short-lived (from decades to centuries) climate disturbances, often connected to disruptions in the North Atlantic oceanic circulation. The vegetation history, revealed by the lakebed plant fossils, allows us to pursue a further research direction, namely the long-term history of forest fires in eastern Lapland. How has the frequency and intensity of fires, as well as their interaction with vegetation

development, varied over the past millennia?

The Värriö station is located in one of the coldest regions of Finland, presenting considerable challenges to fieldwork. Coring of Finnish lakes is, in general, easiest in the cold season when it can be done from the lake ice cover. However, the severe cold of Eastern Lapland mid-winter would make the operation of the coring equipment near impossible, while moving around would also be difficult due to the soft powder snow of the coldest months which does not support the weight of snowmobiles or skiers. At the same time, the fieldwork cannot be delayed too far into the spring, as the melting of the thick snowpacks accumulates water on the lake ice, also preventing coring. Due to these constraints, the time window for field work is limited to a few early-spring weeks.

Lähdeluettelo

- IPCC, 2021. Summary for Policymakers. https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg1/downloads/report/IPCC_AR6_WGI_SPM.pdf [14.9.2022]
- Koski, S., 2016. Suomen virallisesta pakkasennätyksestä 17 vuotta – sallalaiset tuotuivat ”vääärästä” ennätyksestä. <https://www.iltalehti.fi/uutiset/a/2016012820989350> [16.9.2022]
- Kuosmanen, N., 2019. Metsäpalojen jäljillä. *Geologi* 71 (6), 135–140.
- Salonen, J. S., 2018. Tutkijat löysivät Lapista avaimen jääkautta edeltäneen lämpimän ilmaston dramaattisten vaiheiden selvittämiseen. #Muutoslehti. <https://suomenluonto.fi/artikkelit/tutkijat-loysivat-lapista-avaimen-jaakautta-edeltaneen-lampiman-ilmaston-dramaattisten-vaiheiden-selvittamiseen/> [16.9.2022]
- Salonen, J. S., 2021. Lämpenee vai kylmenee – heikkeneekö Golf-virta? *Natura* 3/2021, 30–35.
- Salonen, J. S. & Helmens, K., 2018. Sokli varoittaa ilmastomuutoksen seurauksista. *Geologi* 70 (5), 124–133.
- Weckström, J., Korhola, A., Erästä, P. & Holmström, L., 2006. Temperature patterns over the past eight centuries in northern Fennoscandia inferred from sedimentary diatoms. *Quaternary Research* 66, 78–86. <https://doi.org/10.1016/j.yqres.2006.01.005>